contents

제1편 원자력발전 정책

제1장 국내·외 에너지 정세 ····· 3
제1절 개 요 ····· 3
제2절 세계 에너지 전망 ····· 13
제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망 ····· 26

제2장 전력수급기본계획 ····· 44
제1절 개 요 ····· 44
제2절 제7차 전력수급기본계획의 주요 내용 ····· 46
제3절 향후 계획 ····· 68

제3장 원자력발전 정책 방향 ····· 71
제1절 기본방향 ····· 71
제2절 원전의 안전성 확보 ····· 77
제3절 원전산업의 경쟁력 강화 ····· 82
제4절 원전기술개발의 체계적 추진 ····· 87
제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도 ····· 89
제6절 국민이해 확보 ····· 96
제7절 원전연료 확보 ····· 103
제8절 방사성폐기물 관리 ····· 108

제2편 원자력발전소 운영 및 건설

제1장 원자력발전의 역할 ····· 123
제1절 원자력의 도입 ····· 123
제2절 원자력발전의 필요성 ····· 128

제2장 원자력발전소 운영 ····· 141
제1절 설비용량 현황 ····· 141
제2절 발전량 현황 ····· 143
제3절 이용률 및 가동률 현황 ····· 145
제4절 고장정지 현황 ····· 151
제5절 정비 및 교육훈련 관리 ····· 155

제3장 원자력발전소 건설 ····· 164
제1절 원전 건설사 ····· 164
제2절 원전건설 현황 ····· 179
제3절 원전건설 기술의 발전 ····· 190

제4장 원자력발전소의 주요 운전현황 ····· 197
제1절 계속운전 ····· 197
제2절 월성1호기 압력관교체 ····· 223
제3절 출력최적화 ····· 232

제5장 원자력발전소 영구정지 ····· 237
제1절 고리1호기 영구정지 ····· 237
제2절 원전해체일반 ····· 240

제3편 원전연료 및 방사성폐기물 관리

제1장 원전연료 현황 ····· 249
제1절 원전연료 주기 ····· 249
제2절 각 주기별 수급현황 및 전망 ····· 250
제3절 국내 원전연료 수급계획 ····· 262

제2장 원전연료 설계 및 제조 ····· 264
제1절 경수로 원전연료 ····· 264
제2절 중수로 핵연료 ····· 284

제3장 방사성폐기물 관리 ····· 286
제1절 개 요 ····· 286
제2절 사용후핵연료 관리 ····· 288
제3절 중·저준위 방사성폐기물 관리 ····· 291

제4장 방사성폐기물 관리사업 ····· 303
제1절 방사성폐기물관리사업 계획 수립 ····· 303
제2절 부지선정 과정 ····· 305
제3절 중·저준위방폐물처분시설 부지선정 ····· 323
제4절 한국원자력환경공단 설립 ····· 334
제5절 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 ····· 341
제6절 월성원자력환경관리센터 건설 ····· 352
제7절 사용후핵연료 공론화 ····· 381

제4편 원전의 안전대책

제1장 원전의 안전대책 ····· 401
제1절 원전의 안전개념 ····· 401

제2절 안전관리 체계 ····· 409
제3절 원전의 안전대책 ····· 421
제4절 원전의 지진대책 ····· 438

제2장 방사선 안전관리 ····· 449
제1절 종사자 안전관리 ····· 449
제2절 방사능 방재대책 ····· 461

제3장 일반 환경관리 ····· 471
제1절 환경관리 체계 ····· 471
제2절 일반환경 관리 ····· 472
제3절 온배수 관리 ····· 480

제4장 환경방사선 관리 ····· 488
제1절 관리체계 ····· 488
제2절 환경방사선 관리 ····· 490

제5편 연구개발

제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요 ····· 505

제2장 원자력핵심기술개발사업 ····· 507
제1절 추진 배경 ····· 507
제2절 추진 근거 및 추진 목표 ····· 509
제3절 추진 절차 ····· 511
제4절 투자 규모 및 추진 대상 기술 ····· 512

제3장 원자력연구개발사업 ····· 515
제1절 추진 배경 ····· 515
제2절 추진 근거 및 추진 목표 ····· 517

제3절 추진 절차 ····· 518
제4절 투자 규모 및 추진 대상 기술 ····· 519

제6편 품질보증

제1장 원자력품질보증 개요 ····· 525
제1절 개 요 ····· 525
제2절 품질보증 기준 ····· 528
제3절 품질보증체계 ····· 536

제2장 단계별 품질보증 활동 ····· 539
제1절 건설단계 품질보증 활동 ····· 539
제2절 운영단계 품질보증 활동 ····· 543

제3장 품질문화 확산 및 지속적 개선 ····· 545
제1절 품질문화 확산 ····· 545
제2절 지속적인 품질개선 ····· 546
제3절 품질교육 ····· 547

제4장 국내·외 품질협력 ····· 549
제1절 국내 품질협력 활동 ····· 549
제2절 해외 품질협력 활동 ····· 553

제5장 품질서류 위변조 조사결과 및 검증 강화 등 재발방지 노력 ····· 557
제1절 국내 품질시험성적서 위변조 조사 ····· 557
제2절 품질서류 위변조 재발방지대책 ····· 562

제7편 국민이해와 지역협력

제1장 국민이해 증진 활동 ····· 565
제1절 사회환경의 변화 ····· 565
제2절 국민이해 증진활동 ····· 576
제3절 원자력에 대한 국민인식 ····· 588
제4절 해외 여론동향 ····· 593

제2장 사회공헌을 통한 대국민 신뢰 구축 ····· 604
제1절 개 요 ····· 604
제2절 사회 공헌 추진체계 ····· 605
제3절 사회공헌 자발적 참여 문화 확산 ····· 608
제4절 2014년도 주요 사회공헌 활동 ····· 609
제5절 기능 및 전문인력 양성을 통한 일자리 창출 ····· 617
제6절 지역 다가서기 ····· 621
제7절 2014년도 사회책임경영 주요 성과 ····· 624

제3장 원전 주변지역 지원사업 ····· 625
제1절 개 요 ····· 625
제2절 2014년도 주요사업 실적 ····· 631
제3절 2015년도 지원사업 추진계획 ····· 634

제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과 ····· 636
제1절 건설 기간 중 지역경제 영향 ····· 636
제2절 운영 기간 중 지역경제 영향 ····· 638

제8편 국제협력 및 해외동향

제1장 원자력 국제협력 ····· 643
제1절 국제 원자력 관련 기관 ····· 643
제2절 원자력 국제협력 ····· 653

제2장 해외사업 진출 ····· 683
제1절 개요 ····· 683
제2절 아랍에미리트 원전건설 현황 ····· 685
제3절 국가별 해외사업 추진현황 ····· 689

제3장 원자력 해외동향 ····· 697

부 록

제 1 편

원자력발전 정책

제1장 국내·외 에너지 정세
제2장 전력수급기본계획
제3장 원자력발전 정책방향

01 국내·외 에너지 정세

산업통상자원부 에너지자원정책과 사무관 나한균

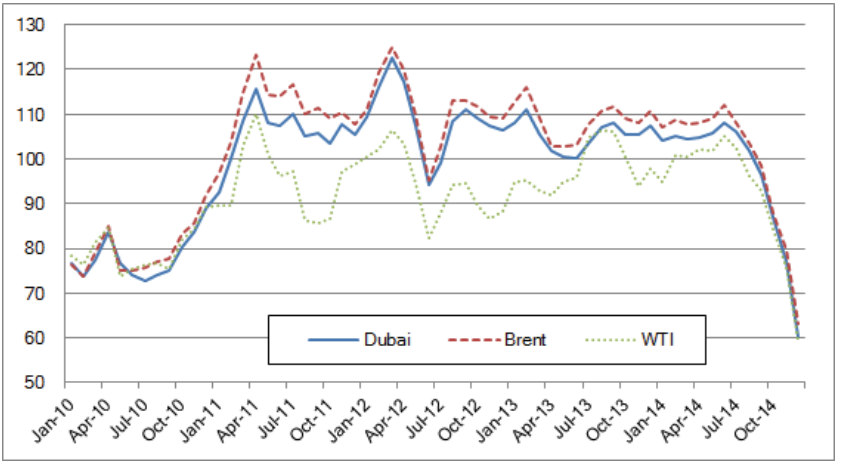
제1절 개 요

2010년 12월 튀니지로부터 시작돼 중동-북아프리카(MENA) 전역으로 확산된 민주화 혁명의 여파가 수년째 계속되면서 배럴 당 100달러를 상회하는 고유가가 2014년 상반기까지 지속되었다.

2013년에는 미국과 유로존의 경제 문제가 유가 하락을 야기 하는 상황을 만들기도 했지만 시리아의 내전과 리비아 내 정정불안의 재발 등으로 MENA 지역의 정세불안이 높아지면서 고유가를 유지시켰다. 2월 중 이스라엘이 시리아를 폭격하면서 두바이 원유가는 113달러대로 상승하였으며, 미국의 자동재정지출 삭감(시퀘스터) 발효와 키프로스의 구제금융 신청, 중국의 성장 둔화 등으로 4월에는 96달러까지 하락하기도 하였다. 6월 중에는 시리아 내전에서 정부군이 화학무기를 사용한 것이 확인되면서 국제사회의 군사적 개입이 논의되었고, 7월부터는 리비아의 원유공급이 시위대의 석유시설 점거로 급감하기 시작해 국제 유가는 다시금 상승세를 보였다. 또한 11월에 이란과 서방간 핵협상이 잠정적인 협상안을 도출하면서 지정학적 불안이 완화됨에도 불구하고 리비아의 원유생산이 시위대들의 석유시설 점거 장기화로 대부분 중단되면서 두바이 원유가는 연말까지 108달러 수준으로 상승하였다. 한편, 2013년 석유시장의 특징은 MENA 지역의 원유공

급이 급감했음에도 불구하고 북미지역인 미국과 캐나다의 공급이 빠르게 증가해 세계 석유수급이 2년 연속 공급과잉을 나타낸 것으로, 이로 인해 유가의 변동성이 2012년에 비해 크게 축소된 점은 주목할 만하다.

(단위: 달러/배럴)



자료: 한국석유공사

〈그림 1-1〉 월별 원유현물가격 추이(2010.1-2014.12)

2014년 들어 기존의 MENA 지역 정세불안과 함께 3월 중 우크라이나 크림반도 사태의 발발로 지정학적 원유공급 불안이 높아졌지만 북미지역의 석유공급 증가세가 지속되고 이란 핵협상의 조기 타결에 대한 기대감, 신흥국 경기둔화로 국제 유가는 하락세로 출발했다. 두바이 유가는 1월에 102달러 수준으로 하향 안정화되는 경향을 보였으며, 4월 중에는 101달러를 기록하기도 하였다. 그러나 러시아의 크림반도 합병 이후 우크라이나에서 동부지역의 분리주의 움직임이 활발

해지면서 내전 양상으로 발전하게 되었고, 리비아에서도 정정불안이 확산되는 한편, OPEC 내에서 두 번째로 많은 원유를 생산해온 이라크에서는 정세불안이 내전으로 번짐에 따라 국제 유가는 6월에 다시 급등세를 보이면서 6월 중 두바이 원유는 111달러까지 상승하였다. 특히, 이라크는 OPEC 산유국들 가운데 유전 개발이 가장 활발해 향후 빠른 원유생산 증가가 기대된 지역이었기 때문에 이라크 사태가 국제 유가에 미친 영향이 상당했다.

그러다 MENA 원유공급 불안이 일부 해소되고 세계 경기둔화에 따른 석유수요 부진이 가속화되면서 석유공급 과잉이 확대됨에 따라 2014년 하반기부터 국제 유가는 가파른 하락세로 전환되었다.

7월 중에 리비아의 원유생산 차질이 석유시설을 점거한 시위대들과의 협상타결로 일정부분 해소되고 8월 중에는 미국이 이라크 내전에 개입하면서 유전 피해 우려가 희석되었다. 여기에 일본과 러시아, 중남미 경제의 침체 가능성이 확대되고 중국과 유로존의 경기둔화가 지속되면서 세계 석유수요 증가세가 크게 훼손되고 석유공급 과잉 우려가 확산되었다. 비록 리비아에서는 다수의 무장조직들이 치안공백을 틈타 세력화하면서 무력충돌이 빈번해지는 등 내전이 재발할 가능성이 높아지고 이란 핵협상이 당초 마감시한인 7월을 넘기면서 정세불안이 재 점화됐지만 이미 석유시장에 만연한 공급과잉 문제를 극복하기는 어려웠다. 이로 인해 7월 초 배럴 당 110달러에 육박했던 두바이 원유가는 10월 초에 95달러 수준까지 하락하게 된다. 그리고 10월에 개최된 OPEC 총회에서 산유량을 유지하기로 결정되면서 석유공급 과잉이 장기화될 것이란 우려가 확산되면서 국제 유가의 하락 속도는

더욱 빨라져 12월 말에는 두바이 원유가 배럴 당 53달러 수준을 기록하기에 이른다. 한편, 2014년 하반기 유가 하락 요인 중 중요한 또 한 가지는 미국 달러화 강세다. 원유가 달러화로 결제되기 때문에 달러화 가치의 상승은 원유의 가치도 동반 상승하게 되기 때문이다. 이 시기에 목격된 미국 달러화 가치의 빠른 상승은 세계 주요국들이 경기 둔화를 겪고 있는 가운데 유일하게 미국의 경제만이 회복세를 나타냈기 때문이기도 하며 이로 인해 미국의 기준금리가 인상될 것이란 기대가 금융시장에 빠르게 확산되었기 때문이기도 하다.

〈표 1-1〉 원별 세계 1차에너지 소비

(단위: 백만toe)

	석유	가스	석탄	원자력	수력	재생에너지	계
2000년	3,519	2,158	2,217	585	617	–	9,096
2010년	4,028	2,858	3,556	626	776	159	12,002
2012년	4,139	2,986	3,724	560	834	241	12,483
2013년	4,185	3,020	3,827	563	856	279	12,730
2014년	4,211	3,066	3,882	574	879	317	12,928
연평균 증가율 (00-14)	1.3	2.5	4.1	-0.1	2.6	–	2.5
연평균 증가율 (10-14)	1.1	1.8	2.2	-2.1	3.2	18.8	1.9

자료: BP Statistics

전세계 1차 에너지 소비는 GDP의 감소추세에도 불구, 2010~2014년 기간 연평균 1.9%의 증가세를 보이고 있다. 에너지원별로 보면, 저렴한 발전원인 석탄과 온실가스 감축 대안인 재생에너지 소비 증가

율이 각각 2.2%와 18.8%로 높은 증가세를 기록하였다.

전세계 석유 생산량은 2000~2014년 동안 연평균 1.2%의 안정적인 증가세를 나타냈다. 2008년 시작된 유럽의 경기침체 영향으로 석유 생산은 2009년에 일시적으로 전년대비 감소세를 기록했다. 전세계 석유생산 증가는 OPEC과 구소연방 국가가 주도했다.

전세계 가스 생산량은 2000~2014년 동안 연평균 2.6%의 비교적 높은 증가세를 나타냈다. 2008년 8월 유럽發 재정위기로 인한 경기침체의 영향으로 2009년 일시적으로 전년대비 생산이 감소했으나 2010년에 바로 기존의 증가추이를 회복하였다. 세계 가스시장의 정세는 미국의 셰일가스 수출, 유럽의 러시아 가스 의존도 축소 가능성, 아시아 LNG 소비증가 지속 여부, 아프리카의 LNG 수출물량 증대 가능성 등의 영향을 받을 것으로 보인다. 그러나 2014년 하반기부터 시작된 국제유가의 급락세가 가스생산량 증가세 지속에 큰 불확실성으로 작용할 것으로 예상된다.

석탄 생산량은 2000~2014년 동안 연평균 4.0%의 높은 증가세를 나타냈다. 석탄 소비증가는 주로 아·태지역(연평균 6.9%)과 중남미(연평균 4.8%)가 주도하였다. 유럽의 경기침체 영향으로 2008년 증가세가 약간 낮아졌으나 2009~2013년 동안 급격한 소비 신장세가 이어졌다. 석탄 교역량은 연료탄을 중심으로 증가하고 있으며, 2013년 석탄 교역량은 12.7억 톤으로 매년 평균적으로 1억톤씩 증가했다. 특히 중국과 인도의 석탄 수입량이 급증했는데, 2013년에 중국의 석탄 수입량은 3.27억톤, 인도의 석탄 수입량은 1.63억톤이었다. 중국은 2010년부터 자국의 주요한 원료탄 수입선을 호주에서 몽골로 전환하였다.

인도네시아, 호주, 러시아, 미국 등의 석탄 수출량이 증가한 반면, 중국의 석탄 수출량은 감소했다. 유럽의 수입 연료탄 가격 하락과 배출권 가격 하락 등으로 발전부문에서 연료탄 수요가 증가하면서 2011년부터 연료탄 수입이 증가하기 시작하였다. 그러나 2014년 들어 세계 경기침체가 지속되고 저유가로 인한 에너지가격 하락세가 두드러짐에 따라 석탄생산량은 전년대비 0.8% 감소한 20.5억톤 수준을 기록하였다.

세계 에너지 소비 구조는 여전히 석유에 대한 높은 의존도를 보이고 있지만 지구환경에 대한 관심이 높아지면서 상대적으로 천연가스의 위상이 점차 증가하고 있다. 북미지역을 중심으로 비전통 에너지 자원 개발이 늘어나면서 세계 에너지의 중심이 석유위주의 중동에서 가스 위주의 미주로 이동하고 있다. 북미지역의 셰일자원 생산 증가는 미국의 석유·가스 수출국 지위확보로 이어졌으며, 2020년에는 가스 순수출국, 2030년에는 석유 순수출국이 예상되고 있다. 중남미 역시 미개발 탄화수소 자원을 많이 보유하고 있으므로 앞으로 남미가 새로운 석유·가스 공급지역으로 부상할 전망이다.

에너지 수요 관점에서는 중국의 경제성장 지속 여부와 인도의 경제성장 속도 등이 크게 작용할 것으로 예상되나 한국, 중국, 일본의 동북아시아지역과 인도의 에너지 소비 증가가 지속되면서 에너지 안보의 중요성이 더욱 높아질 것이다.

에너지의 안정적 수급과 함께 전세계 에너지 정책에서 중요한 부분을 차지하고 있는 이슈는 기후변화 대응이다. 2007년 인도네시아 발리에서 열린 제13차 기후변화협약/교토의정서 당사국총회에서 시작된 Post-2012(2013년 이후) 기후변화체제 협상은 선진국과 개도국의 의

견 대립으로 더딘 진전을 보이며 당초 협상완결 시한이었던 2009년 코펜하겐 당사국총회에서 최종합의 도출에 실패하였다. 선진국에 대한 감축의무를 규정하고 있는 교토의정서는 2012년을 끝으로 1차 공약기간이 종료됨에 따라, 2012년 이후의 온실가스 감축체제를 어떻게 설계할 것인지가 그간의 쟁점이었다. 그런데, 개도국들은 선진국들이 보다 높은 수준의 감축목표를 설정해야 하며 동시에 개도국들에 대한 재정지원도 대폭 확대할 것을 요구한데 반해, 선진국들은 효과적인 범지구적 온실가스 목표 달성을 위해 개도국들도 감축에 적극 동참해야 한다는 상반된 입장을 고수하고 있었기 때문에 합의를 도출하지 못하였다.

하지만 2011년 제17차 남아공 더반 당사국총회에서 더반플랫폼에 합의하면서 기후변화협상에 있어 새로운 전기가 마련되었다. 더반플랫폼은 2020년 이후의(Post-2020) 새로운 기후시스템 구축을 위해 협상을 개시하여 2015년까지 협상을 완료하도록 하고 있다. 더반플랫폼에서 가장 주목받는 부분은 Post-2020 기후변화체제에서 선진국과 개도국이 모두 참여하는 단일 체제의 설립이다. 기존에는 기후변화협약에 명기된 '공통의 차별화된 책임(common but differentiated responsibilities)' 원칙에 의거, 온실가스 배출에 역사적 책임이 있고 기후변화 대응에 필요한 재정과 기술을 가진 선진국이 주도적 역할을 맡는다는 점이 모든 합의에서 확인되어 왔다. 그러나, 선진국만의 온실가스 감축만으로는 효과적인 기후변화대응이 어렵다는 현실과 주요 개도국의 급격한 경제성장으로 인한 개도국에서의 온실가스 배출 급증으로, 선진국과 개도국을 구분하고 있는 현재의 교토의정서 체제를 뛰어 넘는 새로운 Post-2020 기후체제가 요구되게 되었다. 더반플랫

폼은 Post-2020의 신기후체제에선 선진국과 개도국 구분없이 모든 국가가 감축에 참여해야 하는 새로운 국제적 감축체제를 구축토록 하고 있다. 또한, 더반총회는 개도국의 기후변화 적응활동과 신재생에너지 및 에너지효율 향상을 지원하기 위한 특화 기금인 '녹색기후기금(Green Climate Fund)'을 조성한다는 결정과, 현재까지의 감축활동이 2050년까지 기온상승을 2℃ 이내로 억제하는 데 역부족이라는 사실을 인정하고 그 차이를 줄이기 위해 노력하겠다는 결정을 채택하였다.

2013년 12월에 폴란드 바르샤바에서 개최된 기후변화 당사국총회에서는 post-2020 신기후체제의 핵심사항으로 자발적 기여공약(INDC)을 제출하기로 합의하고 자발적 기여에는 온실가스 감축목표 뿐만 아니라 적응, 재정, 기술 등의 지원방안도 함께 제출하기로 합의되었다. 2014년 페루 리마에서 개최된 기후변화 당사국총회에서는 자발적 기여공약(INDC)을 기존의 부속서 I 국가(선진국)와 준비된 비부속서 I 국가(개도국)는 2015년 1분기까지 제출하고 나머지 국가는 2015년 말의 파리 당사국총회 이전에 제출하기로 합의했다.

우리나라는 post-2020 신기후체제 출범 이전까지는 기후변화협약과 교토의정서에서 개도국의 지위를 인정받아 감축의무를 지지 않고 있었다. 하지만 저탄소녹색성장기본법을 제정하고 2020년까지 BAU 대비 온실가스 30% 감축목표를 설정하는 등 온실가스 감축에 대한 선도적인 역할을 수행하고 있으며, 이를 달성하기 위해 다양한 에너지절약 및 효율개선 정책과 신재생 확대시책들을 꾸준히 시행하고 있다. 또한 2012년 10월에는 신기후체제에서 재정문제를 관장할 녹색기후기금(GCF)의 본부를 인천 송도에 유치하는 성과를 거두었다.

post-2020 신기후체제의 합의에 따라 우리나라는 2030년의 온실가스 감축목표와 적응계획을 포함하는 자발적 기여공약(INDC)을 2015년 6월 30일에 유엔 기후변화사무국(UNFCCC)에 제출했다. 2030년까지 기준 배출량(BAU) 대비 37%의 온실가스를 감축하겠다는 것이 핵심내용이다. 기준 배출량 대비 25.7%는 국내의 노력을 통해서 감축하되 나머지 11.3%는 국제탄소시장(IMM)을 활용해서 감축하며 산업부문의 온실가스 감축목표는 기준 배출량 대비 12%에 국한시킨다는 것이다. 정부는 온실가스 감축을 계기로 신에너지산업을 육성하여 세계 신에너지산업을 선점하기 위해 신에너지산업 특별법을 제정하고 산업계의 자발적 온실가스 감축을 지원하기 위해 지원제도를 개선하고 규제를 정비할 계획이다. 이와 같은 국가적 감축목표 설정에 이어 이후에는 부문 및 업종별 감축목표 설정작업이 진행될 예정이다.

우리나라는 세계 10위의 에너지 다소비 국가인 반면, 에너지 수입의존도는 97%에 달하는 에너지빈국이다. 석유, 석탄 등 부존자원이 부족하고, 국토면적 등 자연환경이 신재생에너지 공급에 유리하지도 않다. 또한, 인접국과의 에너지공급망(전력망, 석유가스 Pipeline) 연계가 어려워 에너지공급의 안정성이 취약하다. 한편으로, 우리나라는 OECD 회원국으로서 기후변화 대응을 위한 전세계적 노력에 부응할 것을 대내외적으로 요구받고 있다. 이러한 여건을 고려하여 정부는 안정적으로 에너지를 공급하는 한편, 에너지 효율적인 소비구조를 구축하기 위해 다양한 정책을 수립해왔다. 특히 2030년의 온실가스 감축목표를 달성하기 위해서는 지속적인 경제성장을 유지하면서 온실가스 감축을 달성하기 위해서는 에너지 공급시스템을 저탄소 시스템으로

전환시켜야 하는 과제를 안고 있다.

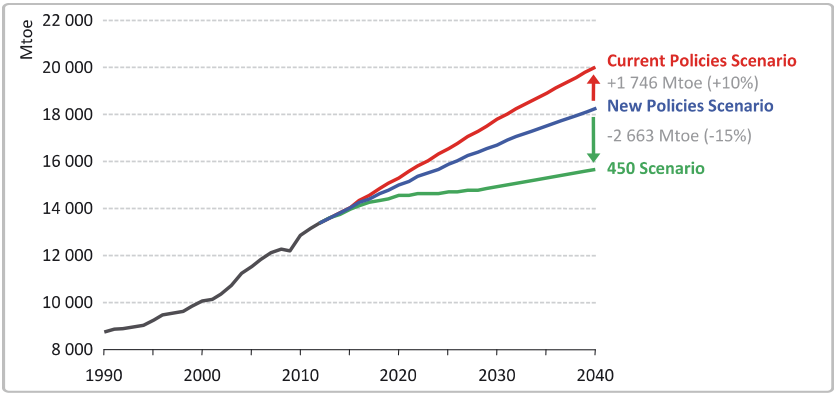
2014년 초 수립된 2차 에너지기본계획에서는 공급확대 중심의 에너지정책에서 수요관리 중심으로 패러다임이 근본적으로 변화하였다. 제 2차 계획의 주요 중점과제는 첫째, 수요 추종방식의 공급확대 정책에서 가격체계 개편·ICT기술을 활용한 효율투자 유인 등 수요관리형 정책으로 중심축을 이동하는 것이다. 두 번째 중점과제는 대규모 집중형 발전시설 확대방식에서 벗어나 분산형 전원을 활성화함으로써 대국민 수용성을 제고하고, 계통 안정화를 도모하는 것이다. 세 번째 중점과제는 에너지수급과 환경이 조화를 이룰 수 있도록 에너지 안보, 온실가스 감축효과, 산업경쟁력, 수용성 등을 고르게 반영하는 에너지믹스를 실현하는 것이다. 마지막으로 국민 신뢰회복을 위해 안전 최우선 원칙이 뿌리 내리도록하고 에너지빈곤층에 대한 에너지바우처 지원 등 복지 사각지대를 해소하는 것이 네 번째 중점과제이다. 제2차 에너지기본계획은 2035년까지의 에너지정책 비전을 담고 있으며, 산업계, 시민단체, 학계인사로 구성된 민관 워킹그룹의 권고안을 최대한 반영하기 위한 개방형 프로세스를 도입한 최초의 계획이다. 에너지기본계획의 하위계획들이 순차적으로 수립되었다. 정부는 지난 2차 에너지기본계획을 바탕으로 2014년 9월에 제4차 신재생에너지기본계획을 발표하였으며, 12월에 제5차 에너지이용합리화계획과 제4차 집단에너지공급기본계획을 발표하였다.

제2절 세계 에너지 전망

1. 세계 총에너지 수요 전망

세계 에너지수요는 IEA의 「WEO(World Energy Outlook) 2014」의 신정책시나리오(New Policy Scenario) 전망에 따르면 2040년에 2012년 대비 약 37% 증가할 것으로 전망된다. OECD를 중심으로 한 선진국의 에너지수요는 다소 감소되거나 정체되겠으나, 개발도상국(Emerging economies) 특히 중국과 인도의 고성장이 예상되어 세계 에너지 수요 증가율은 높은 수준을 유지할 전망이다.

세계 총 에너지수요는 2012년 134억 toe(tonne of oil equivalent)에서 2020년에는 150억toe, 2040년에는 183억 toe로의 증가가 예상된다.



자료: World Energy Outlook 2014, IEA

〈그림 1-1〉 시나리오별 세계 에너지수요 전망

〈표 1-1〉 세계 총 에너지 소비 실적 및 수요 전망

(단위 : Mtoe)

	소비실적		수요전망					연평균 증가율(%) '12~'40
	1990	2012	2020	2025	2030	2035	2040	
OECD	4,522	5,251	5,436	5,423	5,392	5,399	5,413	0.1
미국	1,915	2,136	2,256	2,233	2,197	2,192	2,190	0.1
유럽	1,630	1,769	1,762	1,738	1,717	1,704	1,697	-0.1
일본	439	452	447	440	434	429	422	-0.2
Non-OECD	4,059	7,760	9,151	10,031	10,883	11,656	12,371	1.7
러시아 등	880	741	730	748	770	798	819	0.4
아시아	1,588	4,551	5,551	6,115	6,653	7,118	7,527	1.8
중국	879	2,909	3,512	3,802	4,019	4,145	4,185	1.3
인도	317	788	1,004	1,170	1,364	1,559	1,757	2.9
중동	211	680	800	899	992	1,070	1,153	1.9
아프리카	391	739	897	994	1,095	1,203	1,322	2.1
중남미	331	611	709	784	857	926	985	1.7
총계	8,782	13,361	14,978	15,871	16,720	17,529	18,293	1.1

자료: World Energy Outlook 2014, IEA(2015)

비 OECD 국가인 개발도상국의 에너지수요는 2012~2040년 기간 중 연평균 1.7%씩 증가할 것으로 전망되어 2040년에는 2012년 수준에 비해 59.4%나 늘어날 것으로 예상된다. 반면, OECD 국가들의 같은 기간 에너지수요 증가율은 연평균 0.1%에 불과할 것으로 전망된다. 그 결과 비 OECD 국가의 에너지 소비비중이 2012년 58%에서 2040년 68%로 늘어날 것으로 보인다.

비 OECD 국가들 중 아시아권이 가장 활발한 성장세를 나타내 에너

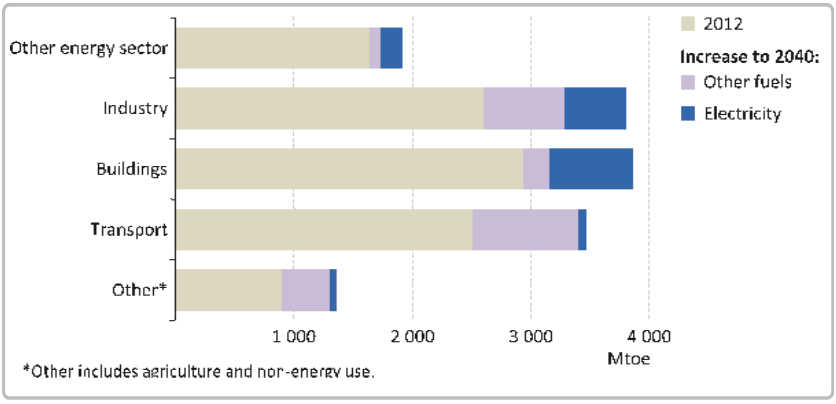
지 소비는 2012년에서 2040년까지 65%의 증가율을 보일 전망이다. 특히 중국과 인도는 비 OECD 국가 중 가장 빠르게 경제가 성장하는 국가로서 이들 국가가 미래에 주요 에너지 소비국이 될 것이다. 1990년 이후 양국의 세계 에너지 소비에서의 비중은 대폭 증가했다. 중국과 인도의 1990년 세계 에너지 소비 비중은 약 14% 이었으나, 2012년 28%에 이르렀으며, 전망기간 중 양국의 경제성장률 강세에 힘입어 2040년 33%에 이를 것으로 예상된다.

한편 전망기간 동안 중동과 아프리카에서 각각 70%, 79% 정도의 빠른 증가가 예상되며, 유럽과 일본의 에너지 소비는 인구감소와 설비 대체에 의한 에너지효율 향상 등 복합 요인에 의해 보다 낮은 증가세를 보여 각각 4%, 7% 정도 감소할 전망이다.

반면 미국의 세계 에너지 소비에서의 비중은 2012년 16%에서 2040년 12%로 낮아질 전망이다.

2. 부문별 최종에너지 수요 전망

최종수요부문(end-use sector)의 에너지 믹스는 석유가 주종을 이루는 수송부문을 제외하면 이용 가능 에너지원, 경제수준, 정치적·사회적 요인, 인구 등에 따라 다양성을 나타내고 있다.



자료: World Energy Outlook 2014, IEA

〈그림 1-2〉 신정책시나리오의 에너지 소비부문별 수요 전망

〈표 1-2〉 부문별 세계 최종에너지 소비 실적 및 수요 전망

(단위: Mtoe)

	최종에너지수요						연평균 증가율(%) 12~40
	2012	2020	2025	2030	2035	2040	
산업	2,595	3,050	3,268	3,454	3,643	3,809	1.4
수송	2,504	2,816	3,017	3,194	3,340	3,467	1.2
건물	2,937	3,211	3,368	3,537	3,699	3,867	1.0
기타	907	1,096	1,183	1,252	1,304	1,345	1.4
합계	8,943	10,174	10,836	11,437	11,986	12,487	1.2

자료: World Energy Outlook 2014, IEA

가. 발전부문

2012년 전력 생산을 위한 발전부문 투입에너지가 세계 일차에너지 수요의 38%를 차지하면서 발전부문이 일차에너지에서 가장 큰 비중을 점하고 있다. 전망기간 동안에 발전부문의 에너지수요는 2012년 약 5,091 Mtoe에서 연평균 1.5% 증가하여 2040년에는 7,719 Mtoe까지

도달하고, 일차에너지수요 증가의 약 53%를 차지할 것으로 보인다.

발전용 에너지 수요 증가의 대부분이 비 OECD 국가에서 증가하는데, 수요 증가의 주요인은 빠른 인구증가율, 가전제품 공급확대 및 OECD에 비해 덜 엄격한 건축조건 등으로 인한 에너지수요 증가가 주원인이다.

독일 등 몇몇 국가들이 원자력발전에 대해 부정적인 입장으로 정책방향을 전환한 것과 온실가스 감축을 위한 대응도 발전용 에너지수요에 크게 영향을 미칠 것으로 예상된다. 발전부문은 2012년 세계 총에너지 수요의 38%를 차지하였지만 그 비중은 2040년 42%까지 증가할 것으로 전망되고 있다.

발전부문에서 화석연료가 차지하는 비중은 2012년의 76%에서 2040년 61%로 하락할 전망이다. 발전에서 석탄의 비중은 10 퍼센트 포인트 낮아져서 2040년에 31%가 되며 재생가능 에너지와(재생가능 에너지의 총 비중은 2030년 대 초에 석탄을 넘어선다) 천연가스가 비중이 증가한다.

원자력발전은 후쿠시마 다이치 사고와 이에 대한 다수 국가들의 연이은 정책변화에 의해 변화를 겪고 있지만 세계 원자력발전량은 2040년 4,644 TWh까지 계속 증가할 전망이다. 2040년 원자력 총설비 규모는 OECD가 624 GW로서 2012년의 451GW에 비해 약 38% 증가할 것으로 보인다.

수력을 포함한 신재생에너지원에서의 총발전량은 2012년 4,808 TWh에서 2040년 13,228 TWh까지 증가하며, 총발전량에서 차지하는 비중도 21%에서 33%까지 확대될 전망이다. 수력이 전망기간 동안 가

장 큰 신재생에너지 발전원으로서의 위상을 지속할 전망이며, 풍력의 발전량은 전망기간 중 거의 5배 가까이 증가하여 2040년 3,345 TWh에 도달할 것으로 보인다.

태양발전(태양광: solar PV, 고집광 태양에너지 발전: concentrating solar power, CSP)은 전 세계적으로 빠르게 성장하는데, 특히 전망기간의 후반기에 높은 성장을 보이며 2040년 1,291 TWh 수준에 도달할 것으로 전망된다.

나. 산업부문

산업부문의 에너지수요는 계속되는 효율 향상과 산업생산 증가 둔화에도 불구하고 전망기간동안 연평균 1.4%의 속도로 증가할 전망이다. 이로 인해 산업부문 에너지소비 비중은 2012년 29%에서 2040년 31%로 소폭 증가할 전망이다. 산업용 에너지소비증가의 거의 50%는 중국과 인도에서 발생하며 나머지는 기타 개발도상국들이 고루 차지하고 있다.

중국은 2020년까지 증가의 거의 절반을 차지하지만 그 이후로는 정체되고, 대신 인도, 동남아시아, 중동이 증가의 대부분을 차지하게 된다. OECD 지역에서는 북미 지역만이 셰일가스 개발 등에 따른 전력과 가스 가격의 경쟁력 향상으로 산업용 에너지 사용이 크게 증가할 전망이다. 종합적으로 OECD의 산업용 에너지 수요는 2020년까지 점진적으로 증가하지만, 그 이후에는 정체될 전망이다.

에너지원별로 보면 석탄소비는 2012년 산업부문 에너지소비에서 28%를 차지하며 가장 큰 비중을 차지하였으나 연평균 0.4%로 완만하게 증가할 것으로 전망됨에 따라 2040년에는 비중이 22%로 낮아질

전망이다. 산업부문 제1의 에너지원으로 부상할 전력수요는 전망기간 동안 연평균 2.0%로 꾸준히 증가하여 2040년 산업부문 에너지수요의 32%를 차지할 전망이다.

다. 건물부문

건물부문의 에너지수요는 2012년 2,937Mtoe 발생하였으나, 연평균 1.0% 증가하여 2040년에는 3,867 Mtoe 수준에 이를 것으로 전망된다. 건물부문 에너지수요가 최종에너지소비 증가율보다 다소 낮은 속도로 증가함에 따라 건물부문이 최종에너지 소비에서 차지하는 비중은 2012년 33%에서 2040년 31%로 다소 감소할 것으로 전망된다.

건물부문에서 발생하는 에너지수요 증가의 1/3이상이 아시아 개발도상국가에서 발생하며, 나머지 대부분은 중동·아프리카·중남미에서 발생한다. 이들 비OECD국가들은 급속한 도시화가 진행되고 있으며, 새로이 도시로 편입되는 인구는 기기, 냉방, 조명 수요를 증가시키기 때문에 주로 전력 수요를 중심으로 가정 부문 에너지 수요를 유발할 전망이다.

세계의 농촌 지역 인구는 절대 규모에서 안정적인 수준을 유지하고 보다 효율적인 취사기기 사용을 정책적으로 장려하지만, 이는 단지 전망 기간 중 취사용 바이오매스의 사용 증가를 억제하는 효과를 창출하게 될 전망이다.

건물부문의 전력소비는 비 OECD 국가들의 전력기기 보급 확대로 전망기간동안 연평균 2.1% 증가할 것으로 보인다. 건물부문에 대한 에너지효율 개선 정책은 세계 신재생에너지(주로 태양열) 수요 증가를 촉진시할 것으로 보인다.

라. 수송부문

수송부문에서의 에너지 수요는 2012년 대비 38% 증가하여 2040년 3,467 Mtoe 수준에 도달할 것으로 보인다. 연평균으로 보면 전망기간 동안 1.2%의 속도로 증가하는데 이는 최근 증가 속도에 비해 현저하게 낮은 속도이다. 이는 최근 멕시코, 인도, 사우디아라비아 등 최근 강화된 연비규제 정책을 도입한 나라들의 환경변화를 반영한 결과이다.

수송 부문의 순 증가는 모두 비OECD 지역, 특히 아시아 개발도상국에서 발생하는 반면 OECD지역의 수송수요는 감소하게 된다. 이는 에너지가격 상승, 효율 증대, 선진국 자동차 시장 포화 및 일부 신흥공업국에서의 보조금 감소 등으로 전망기간 동안 에너지수요 증가는 점차 둔화될 것으로 보이기 때문이다.

석유 기반 연료가 수송용 에너지 수요를 지속적으로 지배하지만, 대체 연료, 특히 바이오연료의 비중이 점차 늘어난다. 수송 연료 중에서, 경유 수요가 가장 빠르게 증가하여 전망기간 후반에는 휘발유를 추월하여 수송 부문의 가장 큰 석유 제품이 된다. 항공용 등유 사용도 강한 증가세를 보인다.

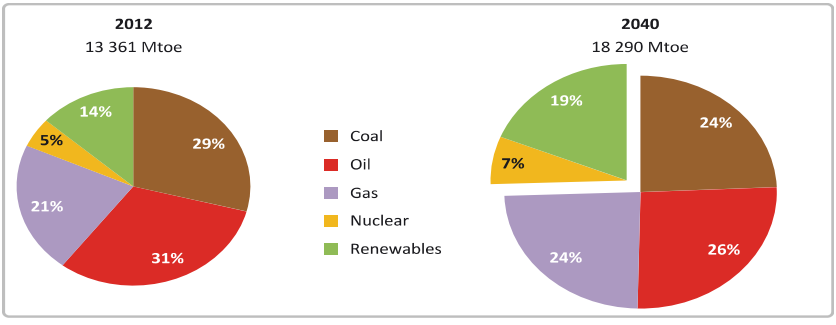
3. 에너지원별 수요 전망

석유는 전망 기간에 걸쳐 가장 큰 단일 에너지원이지만, 총 수요에서 차지하는 비중은 2012년 31%에서 2040년 26%로 하락하여 석탄과 천연가스를 약간 넘어선다. 수요 증가는 점차 낮아져서, 2020년까지 연간 0.9%에서(지난 삼 년 간의 증가 추세와 일치) 2030년 대에는 연

간 0.3%로 하락한다.

물량 단위로 석유 수요는 2013년 90 mb/d에서 2040년 104 mb/d로 증가한다. 고유가, 기술 진보 그리고 정책들이 한데 묶여 에너지 효율 향상, 다른 연료로의 전환(수송 부문의 가스 포함) 그리고 절약을 유발한다. 이러한 요인들은 수송 부문과 다른 석유 관련 서비스의 수요의 지속적인 증가를 일정부문 상쇄한다. 석유 수요 순증가의 거의 대부분은 수송 부문, 산업 부문 그리고 석유화학의 원료용 수요에서 증가한다. 석유 소비는 발전 부문 같은 다른 부문에서는 감소하는데, 이들 다른 용도는 2040년 총 석유 수요의 20%를 차지하여 2013년의 28%에서 감소한다.

석탄 수요는 전망 기간 지속적으로 증가할 것으로 전망되지만, 지난 10년에 비해 훨씬 낮은 속도이다. 수요는 2012-2020년 사이 연간 1% 증가하지만, 2020년 대에는 연간 0.3%, 2030년 대에는 연간 0.2%의 증가에 그친다. 2040년, 석탄 소비는 거의 6 400 Mtce에 도달하여 2012년의 5 540 Mtce보다 여전히 15% 높지만, 전 세계 수요에서의 비중은 29%에서 24%로 하락한다.



자료: World Energy Outlook 2014, IEA

〈그림 1-3〉 신정책시나리오의 일차 에너지 수요비중 전망

〈표 1-3〉 에너지원별 세계 1차 에너지 소비 실적 및 수요 전망

(단위: Mtoe)

	일차에너지수요						연평균 증가율(%) 12~40
	2012	2020	2025	2030	2035	2040	
석탄	3,879	4,211	4,293	4,342	4,392	4,448	0.5
석유	4,194	4,487	4,612	4,689	4,730	4,761	0.5
가스	2,844	3,182	3,487	3,797	4,112	4,418	1.6
원자력	642	845	937	1,047	1,137	1,210	2.3
수력	316	392	430	469	503	535	1.9
바이오	1,344	1,554	1,675	1,796	1,911	2,002	1.4
신재생	142	308	435	581	744	918	6.9
합계	13,361	14,978	15,871	16,720	17,529	18,293	1.1

자료: World Energy Outlook 2014, IEA

석탄은 지난 십 년 간 가장 빠르게 증가한 주요 연료였으며, 2002년에서 2012년 사이 에너지 수요 증가의 거의 절반을 공급했다. 증가의 85% 이상이 현재 세계 제일의 소비국이며 생산국 그리고 수입국인 중국에서 발생했다. 하지만 석탄 사용의 환경 영향에 대한 염려와 약해지는 국내총생산의 증가로 중국의 석탄 수요 증가는 하락할 전망이다.

대부분의 다른 비OECD 지역, 특히 동남아시아와 인도에서의 석탄 사용이 확대되는데, 인도는 2020년까지 미국을 추월하여 세계 두 번째의 석탄 소비국이 된다(하지만 인도의 수요는 2040년 중국의 1/3 수준에 그친다). 반대로, 대부분의 OECD 지역의 수요는 지속적으로 축소된다.

현재의 석탄 수요 폭증에도 불구하고 EU의 수요는 전망 기간 절반 이상이 감소하며(기후 및 지역 오염 정책으로 인해 대부분 2020년 이

후), 미국 수요는 2012년에서 2040년 사이 1/3이 감소한다.

전 세계적으로, 석탄 사용은 주로 발전 부문에 집중되는데, 발전 부문에서는 가장 큰 단일 에너지원으로 남게 된다(하지만 재생가능 에너지 전체가 석탄을 추월한다). 그럼에도 불구하고 세계 전력 생산 전체에서 차지하는 비중은 2012년에서 2040년 사이 10퍼센트 포인트가 하락하여 31%가 된다.

산업 부문의 석탄 사용은 전망 기간 중 정점을 기록한 후 천연가스와 전력으로 대체되면서 하락한다. 또한 건물 부문의 수요도 감소한다. 반대로 CTL(coal-to-liquid)의 석탄 투입은 빠르게 증가한다.

전 세계 천연가스 수요는 다른 두 화석 연료보다 빠르게 증가할 것으로 전망되며, 절대량에서는 2012년과 2040년 사이 어느 연료보다 더 많이 증가한다. 천연가스는 2012년 3.4 tcm에서 거의 선형 증가하여 2040년에는 5.4 tcm에 도달한다.

이는 58% 또는 연간 1.7%의 증가이다. 가스 소비는 2040년 경 에너지 환산 단위로 석탄의 수준에 도달한다. 전 세계 일차에너지 수요에서 가스 비중은 3%p가 뛰어 24%에 도달한다. 비OECD 국가들이 증가의 4/5를 차지하는데, 이는 주로 중국과 아시아 개발도상국이 주도하며 중국은 2030년 경 가스 수요에서 EU를 추월한다. 또한 중동의 수요도 강한 증가를 보인다.

더 성숙한 북미의 가스 시장은 지속적인 확대를 경험하는데, 이는 미국의 발전 부문에서 배출을 감소시키는 수단들로 인해 석탄보다는 가스 사용이 유리하기 때문이다. 하지만, 유럽의 가스 수요는 발전 믹스에서 경쟁력의 발판을 유지하기 위해 어려움을 겪는데, 석탄 수요의

증가는 대부분 석탄화력과 원자력 설비의 폐쇄의 결과이다.

러시아의 수요는 더욱 느린 속도로 증가하며, 일본의 가스 소비는 원자력 프로그램의 재시동과 재생가능 에너지 및 효율에 대한 추진으로 더 낮을 것으로 전망된다. 대부분의 지역에서, 발전 부문은 가장 큰 가스 사용처이며, 따라서 가스가 도로 수송과 양질의 해양 벙커로 사용되기 시작함에도 불구하고 발전 부문은 가스 사용 증가의 주도적인 요인이 된다.

원자력 발전은 전망 기간 거의 90%가 증가하여 2040년 4 600 TWh 이상이 된다(Part B 참조). 설치 용량은 2013년 392 GW에서 2040년 624 GW로 증가하지만 전력 공급의 비중은 현재의 11%에서 12%로 증가하는 것에 그친다(비중은 1996년 18%로 정점을 기록).

원자로를 운영하는 국가들의 수는 새로운 진입자가 원자력을 단계적으로 폐지하는 국가들의 수를 넘어서면서 31개에서 36개로 늘어난다. 현존 원자력 발전소의 거의 2/5가 2040년까지 폐쇄되는데, 이는 거의 200개의 원자로가 포함된다.

2040년의 용량 전망치는 연간 평균 14 GW의 신규 발전소 건설을 포함한다. 이 속도는 1980년 대의 최고 수준보다는 낮은 것이지만 최근의 속도보다는 상당히 빠른 것이다.

재생가능 에너지원의 사용은(전통 바이오매스 제외) 전망 기간동안 보조금, 기술 진보(비용 감소를 기대), 높은 화석 연료 가격 그리고 몇몇의 경우 이산화탄소 가격의 상승으로 인해 활발하게 증가한다.

전 세계 일차에너지 수요에서 재생가능 에너지가 차지하는 비중은 2012년 8%에서 2040년 15%까지 도달한다. 발전 부문이 이러한 증가

의 대부분을 기여한다. 총 발전에서 재생가능 에너지가 차지하는 비중은 2012년 21%에서 2040년 33%로 증가한다. 이러한 증가의 절반 가량이 태양과 풍력이며, 이들 두 에너지원의 발전량은 합해서 거의 연간 평균 8%의 속도로 증가한다.

수력도 또한 확대되지만, 연간 1.9%의 완만한 속도이며, 이는 수자원의 기술적 잠재량 상당 부분이 이미 개발되었고 환경 및 경제적 요인들로 인해 미개발된 자원의(주로 비OECD 지역) 개발이 제한적이기 때문이다.

바이오연료의 사용도 역시 전망 기간 상당히 확대되어 1.3 mb/d에서 4.6 mb/d로 상승하는데, 증가의 상당 부분은 2020년 이후 첨단 바이오연료에서 발생한다. 반대로, 주로 저개발 국가들에서 실내 난방과 취사를 위한 전통 바이오매스의 사용은 감소한다. 전통 바이오매스 사용의 1/3 이상은 사하라 이남 아프리카에서 발생하며, 수요는 2030년 경 정점을 기록하고 이후 점차 감소한다.

최종소비부문에서 사용되는 주요 연료 중에서 전력이 절대량에서 가장 큰 증가와 가장 빠른 수요 증가 속도를 보인다. 전 세계적으로 전력 소비는 2012년에서 2040년 사이 거의 두 배가 되어 연평균 2.1%를 기록하고, 최종에너지 소비에서 차지하는 비중은 18%에서 23%로 상승한다. 다른 모든 연료와 마찬가지로 증가의 상당 부분은 비OECD 국가들에서 발생한다.

〈표 1-4〉 에너지원별 세계 최종에너지 소비 실적 및 수요 전망

(단위: Mtoe)

	최종에너지수요						연평균 증가율(%) 12~40
	2012	2020	2025	2030	2035	2040	
석탄	909	1,016	1,034	1,038	1,032	1,014	0.4
석유	3,642	4,009	4,193	4,329	4,416	4,477	0.7
가스	1,339	1,575	1,723	1,875	2,033	2,191	1.8
전력	1,628	2,008	2,238	2,466	2,697	2,930	2.1
열	287	305	314	321	326	327	0.5
바이오	1,110	1,212	1,270	1,325	1,378	1,418	0.9
신재생	28	49	64	83	104	130	5.6
합계	8,943	10,174	10,836	11,437	11,986	12,487	1.2

자료: World Energy Outlook 2014, IEA

제3절 국내 에너지 수급동향 및 전망

1. 국내 에너지수급 동향

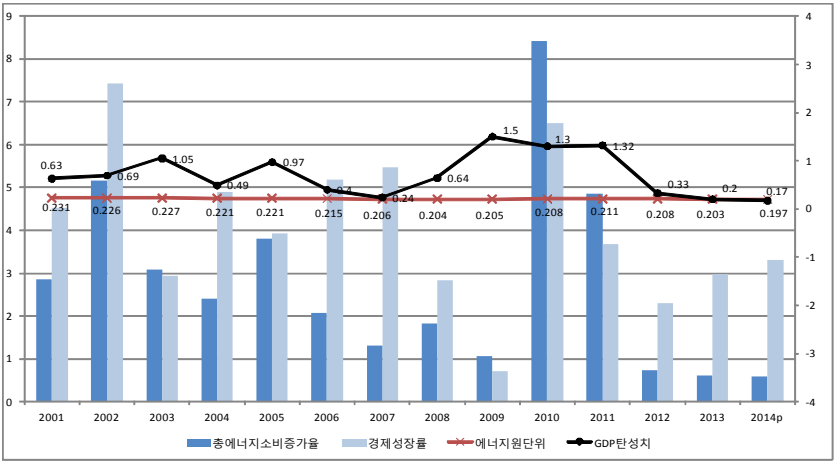
가. 개황

우리나라의 에너지 소비 추이는 경제성장 및 경제구조의 변화와 밀접한 관계를 가지고 있다. 1998년 외환위기를 경험하기 전 우리경제는 두 차례의 석유위기 시기를 제외하고 지속적인 성장을 이룩하였으며 이에 따라 에너지 소비도 높은 증가세를 지속하였다. 특히, 철강, 석유화학 등 중화학공업 위주의 성장으로 에너지소비 증가율이 경제성장률을 상회할 정도로 에너지소비는 빠른 증가세를 보였다. 그러나 외환위기로 경제가 마이너스 성장을 가록하였고, 2000년대 들어서 과거와

달리 저성장 기조가 유지됨에 따라 에너지소비 증가세도 크게 둔화되는 모습을 보여 왔다.

에너지소비 증가의 둔화와 동시에 나타난 특징은 1990년대와 달리 에너지소비 증가율이 경제성장률 보다 낮은 수준에서 지속했다는 점이다. 이는 외환위기 이후 중화학공업 위주에서 정보통신 등 새로운 산업으로 산업구조가 전환되고 있는데 따른 결과이다.

이처럼 에너지소비가 2000년대 들어 과거와 달리 낮은 증가세를 유지하는 가운데 2008년 미국의 금융위기로 촉발된 세계적 경기침체의 영향으로 국내경제가 급격히 위축되자 2009년에서 2011년에는 경제성장률이 에너지소비 증가율보다 더욱 낮아지는 모습을 보였다. 이에 따라 2000년대 들어 2008년까지 총에너지 수요의 GDP 탄성치가 1미만의 수준을 유지하였으나 2009년에서 2011년에는 1을 초과하였다.



〈그림 1-1〉 GDP와 에너지 소비

〈표 1-1〉 주요에너지 지표

구분	단위	'00	'05	'09	'10	'11	'12	'13	'14(p)
1차에너지소비	백만toe	192.9	228.6	243.3	263.8	276.6	278.7	280.4	281.9
(증가율)	(%)	(6.4)	(3.8)	(1.1)	(8.4)	(4.9)	(0.7)	(0.6)	(0.6)
최종에너지소비	백만toe	149.9	170.9	182.1	195.6	205.9	208.1	211.1	213.9
(증가율)	(%)	(4.7)	(2.9)	(-0.3)	(7.4)	(5.3)	(1.1)	(1.4)	(1.4)
에너지 해외의존도	%	97.2	96.6	96.4	96.5	96.5	96.0	95.7	95.6
에너지수입액	억$	379	667	912	1,217	1,725	1,848	1,787	174.1
(증가율)	(%)	(66.6)	(34.5)	(-35.6)	(33.5)	(41.8)	(7.1)	(-3.3)	(-2.6)
총수입중 에너지비중	%	23.6	25.5	28.2	28.6	32.9	35.6	34.7	33.1

※ GDP는 '00년 가격 기준

그리고 2000년대 들어 지속적으로 하락하던 에너지원단위가 상승하는 등 에너지소비와 관련된 지표들이 기존 추세와는 다른 결과가 나타났다. 이는 중·장기적인 에너지효율 개선추세 속에서 에너지다소비산업의 설비증설, 생산 활동 증가 및 전력수요 증가로 일시적으로 발생한 것에 기인한다. 에너지원단위는 2012년 개선 추세로 전환하면서 2014년 0.197로 낮아졌다.

나. 에너지원별 수급 동향

에너지원별로는 '60년대에는 석탄과 신탄이 주요 에너지였으나, '70년대 들어서는 중화학공업 육성 등으로 석유 비중이 급격히 상승하면서 석유가 주요 에너지로 등장하였다.

'80년대 이후에도 석유는 주 에너지원으로서의 위치를 견고하게 유지하였다. 그러나 '90년대 후반에 들어서면서 사용이 편리한 도시가스

및 전력 소비가 크게 증가하면서 석유의 소비 비중은 축소되기 시작하였다. 우리나라의 석유의존도는 2002년에 50% 이하로, 2014년에는 37.2%까지 하락하였다. '80년대 후반에 도입된 LNG는 '90년대에 연평균 20.1%라는 빠른 소비 증가세를 기록하면서, 2013년에는 소비 비중이 18.7%로 확대되었다. 하지만 2014년 LNG 소비 비중은 따뜻한 날씨와 2013년 가동 중지되었던 일부 원자력발전소(신고리 1·2호기, 신월성 1호기)의 재가동으로 LNG 소비가 감소하면서 16.9%까지 하락하였다. 전력 수요 증가에 따라 빠른 증가세를 보이던 유연탄 소비는 2014년에는 제철용 소비가 증가하면서 총에너지 소비의 28.0%를 차지하면서 석유에 이은 제2의 에너지원의 위치를 유지하고 있다. 1960년대에 에너지 소비의 40%를 담당하였던 무연탄 소비는 1988년을 기점으로 감소하기 시작하여 2014년에는 그 비중이 2.0%로 감소하였다.

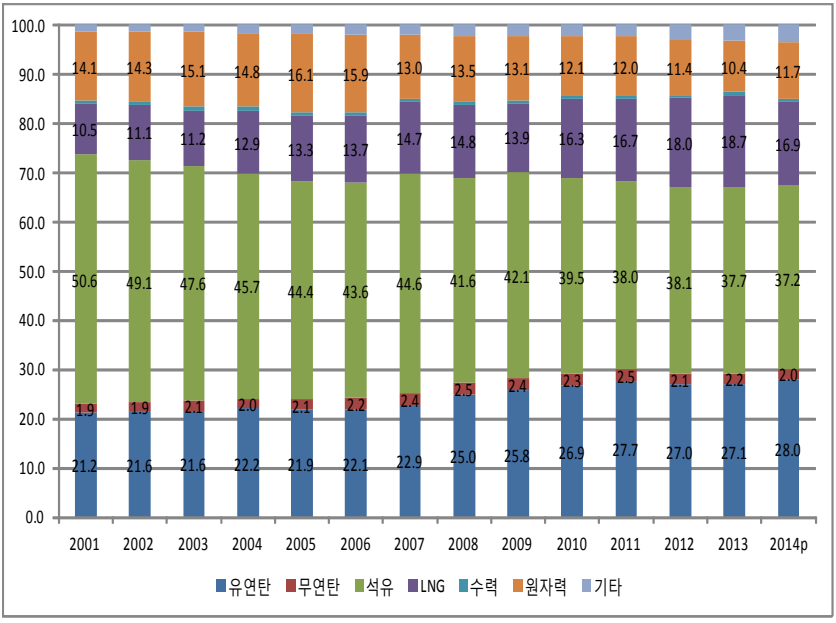
〈표 1-2〉 에너지원별(1차에너지) 소비 현황

		'00	'05	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14(p)
석유(백만B)		742.6 (3.2)	761.1 (1.2)	794.9 (3.9)	760.6 (-4.3)	778.5 (2.4)	794.3 (2.0)	801.6 (0.9)	827.7 (3.2)	825.1 (-0.1)	822.1 (-0.4)
LNG(백만톤)		14.6 (12.3)	23.4 (7.1)	26.7 (8.3)	27.4 (2.9)	26.1 (-4.9)	33.1 (26.8)	35.6 (7.6)	38.5 (8.1)	40.3 (4.7)	36.6 (-9.0)
석탄 (백만톤)	무연탄	6.2 (24.1)	9.0 (11.0)	9.7 (-1.3)	10.2 (5.3)	9.8 (-4.3)	10.1 (3.3)	11.2 (10.7)	10.5 (-6.3)	10.7 (2.3)	10.2 (-5.1)
	유연탄	60.3 (11.4)	75.8 (2.4)	84.4 (8.2)	94.0 (11.3)	98.6 (4.9)	110.9 (12.5)	119.7 (7.9)	117.7 (-1.7)	118.8 (1.0)	123.2 (3.7)
	소계	66.5 (12.5)	84.8 (3.3)	94.1 (7.2)	104.2 (10.7)	108.4 (4.0)	121.0 (11.7)	130.9 (8.1)	128.1 (-2.1)	129.6 (1.1)	133.4 (2.9)
수력 (10억kWh)		5.6 (-7.5)	5.2 (-11.5)	5.0 (-3.4)	5.6 (10.3)	5.6 (1.4)	6.5 (14.7)	7.8 (21.0)	7.7 (-2.3)	8.4 (8.2)	7.8 (-6.8)
원자력 (10억kWh)		109.0 (5.7)	146.8 (12.3)	142.9 (-3.9)	151.0 (5.6)	147.8 (-2.1)	148.6 (0.6)	154.7 (4.1)	150.3 (-2.8)	138.8 (-7.7)	156.4 (12.7)

	'00	'05	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14(p)
기타(백만toe)	2.1 (17.9)	4.0 (-0.4)	4.8 (10.8)	5.2 (7.7)	5.5 (5.4)	6.1 (10.7)	6.6 (9.1)	8.0 (21.4)	9.0 (10.6)	9.7 (7.7)
합계(백만toe)	192.9	228.6	236.5	240.8	243.3	263.8	276.6	278.7	280.3	281.9
(증가율) %	(6.4)	(3.8)	(1.3)	(1.8)	(1.1)	(8.4)	(4.9)	(0.7)	(0.6)	(0.6)

※ ( )는 증가율, p은 잠정치.

우리나라는 1990년~2000년대 에너지 수요의 지속적인 증가와 에너지원별 소비구조 변화에 따라 에너지 자급률도 크게 낮아졌다. 우리나라의 에너지 해외의존도는 1980년 73.5%에서 1990년 87.9%로 상승하였으며, 2000년 이후 95~97% 수준을 유지하고 있다.



〈그림 1-2〉 1차 에너지 소비구조

(1) 석유

석유 소비는 1990년대에 연평균 6.4%의 비교적 높은 증가율을 기록하였으나, 2001년에서 2014년 사이 고유가의 영향으로 연평균 증가율이 0.8%로 크게 둔화되었다. 총 석유 소비에서 납사를 비롯한 비에너지유를 제외할 경우, 2001년 이후 석유 소비는 오히려 연평균 1.7%의 감소율을 기록한 것으로 나타났다. 이는 난방용 에너지가 석유로부터 도시가스, 전력 등으로의 대체가 활발히 진행된데 기인한다.

〈표 1-3〉 부문별 석유 소비 현황

(단위 : 백만 배럴, %)

연도	산업부문	수송부문	가정·상업·공공	전환	합계
'81	69.7	25.9	35.6	48.8	180.1
'82	64.3	29.6	35	50.0	178.9
'83	67.2	38.5	34.4	49.1	189.3
'84	72.7	42.7	37.2	38.5	191.0
'85	74.5	47.7	37.7	29.3	189.2
'86	82.8	54.7	41.7	21.4	200.6
'87	90.0	65.6	46.4	8.4	210.5
'88	101.4	76.4	54	18.6	250.6
'89	110.2	87.3	66.4	23.2	287.1
'90	139.3	101.1	83.6	32.4	356.3
'81~'90	(8.0)	(16.3)	(16.2)	(-4.5)	(7.9)
'91	170.7	115.1	92.8	46.1	424.7
'92	218.4	132.2	104.9	58.7	514.2
'93	234.4	150.7	121.3	58.3	564.6
'94	258.6	170.4	125.9	66.6	621.5
'95	266.0	193.7	141.8	75.7	677.2
'96	281.6	212.7	150.5	76.3	721.1
'97	348.5	228.1	151.1	74.7	793.9

연도	산업부문	수송부문	가정·상업·공공	전환	합계
'98	345.8	187.7	109.2	27.5	670.3
'99	355.7	205.9	127.9	30.2	719.7
'00	362.0	223.5	113.2	43.8	742.6
'91~'00	(8.7)	(7.7)	(2.2)	(-0.5)	(6.4)
'01	359.9	231.1	107.2	45.5	743.7
'02	374.9	244.0	103.4	40.6	762.9
'03	374.7	249.6	98.4	40.3	762.9
'04	383.1	249.1	87.1	33.0	752.3
'05	388.8	255.4	85.7	31.2	761.1
'06	403.7	261.1	69.8	30.8	765.3
'07	429.5	268.4	65.6	31.4	794.9
'08	421.2	258.3	61.5	19.7	760.6
'09	434.9	258.4	58.9	26.3	778.5
'10	442.5	263.9	60.9	26.9	794.3
'11	459.6	262.6	56.7	22.7	801.6
'12	478.0	266.0	52.6	31.2	827.7
'13	482.0	267.4	49.7	26.1	825.1
'14(p)	495.2	266.6	47.2	13.0	822.1
'01~'14	(2.5)	(1.1)	(-6.1)	(-9.2)	(0.8)

※ ( )는 연평균 증가율

(2) LNG

LNG 소비는 1990년대에 연평균 20.1%의 높은 증가율을 기록한데 이어 2000~2014년 기간에도 연평균 6.8%의 높은 증가세를 유지하였다. 2000년대 들어 난방용 도시가스 보급이 점차 포화상태에 근접함으로써 소비 증가세는 한 자릿수로 둔화되었지만, 발전용 LNG 수요 증가는 여전히 1차 에너지원 가운데 가장 빠른 증가속도(2000~2014년 연평균 9.7%)를 보이고 있다.

〈표 1-3〉 용도별 LNG 소비 추이

(단위 : 천톤, %)

연도	발전		도시가스		지역난방		합계	
	물량	증가율	물량	증가율	물량	증가율	물량	증가율
2000	4,353	-5.2	9,528	20.8	335	88.9	14,557	12.3
2001	4,657	7.0	10,300	8.1	630	88.1	15,990	9.8
2002	5,900	26.7	11,194	8.7	609	-3.3	17,768	11.1
2003	5,853	-0.8	11,978	7.0	615	1.0	18,611	4.7
2004	8,242	40.8	12,504	4.4	576	-6.3	21,809	17.2
2005	8,359	1.4	14,077	12.6	685	18.9	23,350	7.1
2006	9,859	17.9	13,957	-0.9	619	-9.6	24,619	5.4
2007	11,296	14.6	14,596	4.6	631	1.9	26,664	8.3
2008	11,175	-1.1	15,489	6.1	603	-4.4	27,439	2.9
2009	9,705	-13.2	15,634	0.9	524	-13.1	26,083	-4.9
2010	14,268	47.0	17,522	12.1	651	24.3	33,083	26.8
2011	14,759	3.4	18,255	4.2	1,760	170.1	35,603	7.6
2012	16,132	9.3	19,558	7.1	2,046	16.2	38,485	8.1
2013	17,577	9.0	19,596	0.2	2,552	24.7	40,278	4.7
2014(p)	15,880	-9.7	18,180	-7.2	2,161	-15.3	36,636	-9.0
'00~'14	(9.7)		(4.7)		(14.2)		(6.8)	

하지만 2014년 도시가스용 LNG 소비는 예년에 비해 따뜻한 날씨로 전년대비 7.2% 감소하였다. 2013년 케이블 문제로 가동이 중지된 일부 원자력발전소(신고리 1·2호기, 실월성 1호기)가 재가동하면서 발전용 LNG 소비는 2014년 전년대비 9.7% 감소하였다.

(3) 무연탄

무연탄 소비는 1986년도에 최고치인 2,700만 톤을 기록한 이후, 국민소득 향상에 따라 깨끗하고 사용이 편리한 고급에너지에 대한 선호로 급격한 감소세를 보여 1997년 420만 톤까지 줄어들었다.

〈표 1-4〉 무연탄 소비 현황

(단위 : 천톤, %)

구 분	산 업	가정상업	발 전	합 계	증가율
1990	283	19,263	1,983	21,529	-9.0
1995	837	3,005	2,421	6,263	-17.0
2000	2,155	1,192	2,850	6,196	24.1
2001	3,217	1,230	2,690	7,137	15.2
2002	3,954	1,175	2,558	7,687	7.7
2003	4,680	1,191	2,710	8,581	11.6
2004	4,396	1,385	2,356	8,137	-5.2
2005	4,670	2,010	2,354	9,034	11.0
2006	5,146	2,327	2,356	9,829	8.8
2007	5,451	2,091	2,156	9,698	-1.3
2008	5,966	2,289	1,960	10,215	5.3
2009	6,476	1,941	1,360	9,777	-4.3
2010	7,406	1,859	839	10,104	3.3
2011	8,817	1,822	543	11,182	10.7
2012	8,055	1,833	591	10,479	-6.3
2013	8,482	1,917	323	10,722	2.3
2014(p)	8,294	1,628	251	10,173	-5.1

그러나 2000년대 들어 산업용 수요 증가와 고유가에 따른 가정·상업용 수요 회복 등으로 증가세(2000~2014년 연평균 3.6%)로 전환되었다. 반면, 발전용 무연탄 소비는 석탄합리화 정책에 따라 2003년 이후 급격한 감소 추세를 지속하며 2014년 251천 톤까지 감소하였다.

(4) 유연탄

유연탄 소비는 산업성장과 전력 소비 급증에 따른 발전설비 증가로 1990년대에 연평균 11.4%의 빠른 성장세를 보였다. 2000년대 들어서도 유연탄 발전 설비의 꾸준한 증설로 발전용 소비(2000~2014년 연평균

6.3%)가 크게 증가하였으며, 철강산업의 생산활동 증가로 인해 원료탄 소비도 2000~2014년 기간 동안 연평균 4.8%의 증가 속도를 기록하였다.

〈표 1-5〉 유연탄 소비 현황

(단위 : 천 톤, %)

구 분	원료탄(제철용)		발전용		산업용		합계	
	물량	점유율	물량	점유율	물량	점유율	물량	증가율
1990	11,735	53.6	5,723	26.2	4,418	20.2	21,876	6.9
1995	16,305	42.8	14,229	37.4	7,555	19.8	38,089	8.5
2000	19,415	32.2	33,305	55.2	7,609	12.6	60,329	11.4
2005	20,810	27.5	47,852	63.1	7,126	9.4	75,788	2.4
2006	20,731	26.6	50,199	64.4	7,068	9.1	77,998	2.9
2007	21,519	25.5	55,487	65.7	7,425	8.8	84,430	8.2
2008	23,568	25.1	62,791	66.8	7,624	8.1	93,983	11.3
2009	20,734	21.0	71,091	72.1	6,777	6.9	98,602	4.9
2010	27,210	24.5	76,674	69.1	7,042	6.3	110,926	12.5
2011	31,762	26.5	80,393	67.2	7,523	6.3	119,678	7.9
2012	31,487	26.8	79,136	67.3	7,044	6.0	117,667	-1.7
2013	32,053	27.0	79,692	67.1	7,087	6.0	118,832	1.0
2014(p)	37,611	30.5	78,227	63.5	7,354	6.0	123,192	3.7

2014년 유연탄 소비는 발전용 소비가 전년대비 1.8% 감소하였지만, 2013년 철강업체의 생산설비 확장으로 제철용 유연탄 소비가 17.3% 증가하면서 3.7%로 증가율이 상승하였다.

용도별로는 전력 수요의 증가에 따라 발전용 유연탄 수요가 1990년 570만 톤에서 2014년 7,823만 톤으로 증가했으며, 점유율도 1990년 26.2%에서 2014년 63.5%까지 높아졌다. 산업용 연료탄의 점유율은 1990년 이후 하락하는 추세를 보이고 있으며 제철용 원료탄 소비는 철강산업의 조강설비 증설(현대제철 1,2고로)로 2010년과 2011년에

크게 상승하였으며, 2013년 일관제철업의 신규 설비 증설(총 800여만톤, 포스코 광양 1고로 재가동, 파이넥스 3공장·현대제철 당진 제3고로 신규 가동)의 영향으로 점유율도 2010년 24.5%에서 2014년 30.5%로 상승하였다.

(5) 원자력

1977년 시험 가동을 시작한 원자력은 주요 발전 에너지원으로서 1990년 이후 지속적으로 성장하여 왔다. 원자력은 2006년까지는 최대 발전원의 위치(총 발전량의 39% 생산)를 유지해 왔다. 그러나 2005년 이후 신규 설비 증설이 없고 유연탄 발전소 건설이 잇따르면서 2007년부터는 유연탄이 최대 발전원으로 부상하였다.

〈표 1-6〉 에너지원별 발전전력량

(단위 : GWh, %)

	수력	무연탄	유연탄	석유	가스	원자력	(점유율)	기타*	발전량
'80	2.0	2.4	-	29.3	-	3.5	(9.4)	-	37.2
'90	6.4	5.0	17.4	16.4	9.6	52.9	(49.1)	-	107.7
'00	5.6	5.3	92.3	26.1	28.1	109.0	(40.9)	-	266.4
'02	5.3	5.1	112.9	25.1	38.9	119.1	(38.8)	-	306.5
'03	6.9	5.4	114.9	26.5	39.1	129.7	(40.2)	-	322.5
'05	5.2	4.5	129.2	17.7	58.1	146.8	(40.3)	3.2	364.6
'07	5.0	4.5	150.2	18.1	78.4	142.9	(35.5)	3.9	403.1
'08	5.6	5.5	168.2	10.1	75.8	151.0	(35.7)	6.4	422.4
'09	5.6	5.6	187.7	14.1	65.3	147.8	(34.1)	7.6	433.6
'10	6.5	4.4	193.5	12.9	96.7	148.6	(31.3)	12.1	474.7
'11	7.8	3.3	196.9	12.5	101.7	154.7	(31.1)	20.0	496.9
'12	7.7	7.1	191.7	15.1	114	150.3	(29.5)	23.7	509.5
'13	8.5	3.9	196.5	15.8	127.7	138.8	(26.8)	25.9	517.1
'14(p)	7.8	4.6	198.8	25.0	114.7	156.4	(30.0)	14.7	522.0

※ 석유에서 기타 분리('04 부터), 기타 : 집단에너지, 풍력, 매립가스, 태양광 등

다. 부문별 에너지소비동향

최종에너지 소비는 1990년 75.1백만TOE에서 2014년 213.9백만TOE로 24년 동안 185% 증가하였다. 2014년 최종에너지 소비는 경기회복세 미약에 따른 산업활동 부진의 영향으로 전년대비 1.4% 증가하는 데 그쳤다. 에너지원별로는 석탄은 10.8% 상승했으며, 도시가스는 10.2% 감소, 전력과 석유는 각각 0.6%, 1.3% 상승에 그쳤다.

〈표 1-7〉 부문별 최종에너지 소비

(단위 : 백만TOE)

구 분		2010	2012	구성비 (%)	증가율 (%)	2013	구성비 (%)	증가율 (%)	2014 (p)	구성비 (%)	증가율 (%)
부문별	계	205.9	208.1	100.0	1.1	211.1	100.0	1.4	213.9	100.0	1.4
	산업	126.9	128.3	61.7	1.1	130.9	62.0	2.0	136.5	63.8	4.3
	수송	36.9	37.1	17.8	0.7	37.3	17.7	0.5	37.3	17.4	-0.1
	가정·상업	42.1	42.7	20.5	1.3	42.8	20.3	0.4	40.1	18.8	-6.3
에너지원별	석탄	33.5	32.0	15.4	-3.0	32.7	15.5	2.3	36.5	17.1	10.8
	무연탄	6.6	5.6	2.7	-7.1	5.9	2.8	5.2	5.6	2.6	-4.6
	유연탄	26.9	26.4	12.7	-1.9	26.8	12.7	1.6	30.9	14.4	14.9
	석유	102.0	101.7	48.9	2.3	101.9	48.2	0.3	103.0	48.1	1.3
	도시가스	23.7	25.4	11.9	9.7	26.1	12.2	3.7	23.4	10.8	-10.2
	전력	39.1	40.1	19.3	2.5	40.8	19.3	1.8	41.1	19.2	0.6
	열에너지	1.7	1.8	0.8	2.9	1.7	0.8	-3.2	1.6	0.7	-7.6
	기 타	5.8	7.1	3.4	22.1	7.9	3.7	10.7	8.4	3.9	6.2

※ 가정·상업 부문에 공공·기타 부문이 포함되어 있음.

(1) 산업부문

1990~1997년 연평균 11.6%의 높은 증가율을 기록하였던 산업부문의 에너지 소비는 1998~2007년 기간에는 연평균 증가율이 3.0%로

둔화되었다. 이후 2010년과 2011년에 에너지다소비산업의 설비증설로 에너지소비가 급증하기도 하였으나, 2012~2013년에는 글로벌 경기둔화의 영향으로 미약한 증가세를 시현하였으며 2014년에는 원료용(납사 및 유연탄) 소비의 증가로 4%로 회복하였다. 산업부문의 최종에너지 소비 점유율은 1991년 51.2%로 총 소비의 절반 이상을 차지한 이래, 점진적인 상승추세를 보여 1998년에는 최고치인 57.5%를 기록한 후 감소추세가 지속되었다. 2000년대 들어서 55~56%대에서 안정적인 수준을 유지하고 있었으나, 최근 들어 점유율이 다시 상승하여 2014년에는 63.8%를 차지하였다.

(2) 수송부문

수송부문은 1980년대 연평균 16.0%의 증가에 이어 1990년대에도 연평균 8.1%의 높은 증가율 기록하였으나, 2000년대에는 증가율이 크게 둔화되었다. 2014년 수송부분 최종에너지 소비는 경유 및 항공유 소비의 증가에도 불구, 휘발유 및 해상운송용 중유 소비가 감소하면서 전년대비 0.1% 감소하였다. 에너지소비량 중 수송부분 점유율은 1990년대 20%대의 수준을 유지하다 2008년 이후 하락세를 보이며 2014년에는 17.4%의 점유율을 기록하였다. 한편, 자동차 등록대수는 2014년 말 기준 2,012만대로 전년대비 3.7% 증가하였다.

(3) 가정 · 상업 · 공공부문

가정·상업·공공부문의 최종에너지소비는 2000년까지 연평균 4%에 가까운 증가율을 보였으나 2000년 ~ 2010년에는 연평균 증가율이 1.4%로 하락했으며 이후 1% 이하로 정체하고 있다. 2014년 가정·상업·

공공부문의 최종에너지 소비는 2013년 대비 따뜻한 날씨의 영향으로 전력소비와 난방용 도시가스 소비가 감소하며 전년대비 6.3% 하락했다. 총 에너지소비 중 점유율은 1990년 33% 이었으나 점차 감소하여 2000년에는 23.3%, 2014년에는 18.8%을 기록하였다.

라. 에너지수입

우리나라는 국내 에너지소비량의 95% 이상을 수입에 의존하고 있다. 2014년 에너지 수입액은 원유도입 단가 하락과 경제성장 둔화로 인한 원유수입량 감소 등으로 전년대비 2.6% 감소한 1,741억불로 추계되며, 이는 국내 총 수입액의 33.1%을 차지한다. 주요 에너지원별 수입액은 원유가 4.5% 감소한 949억불로 가장 많았으며 석유제품은 1.0% 증가한 350억불, LNG가 2.5% 증가한 314억불, 유연탄이 7.8% 감소한 107억불로 나타났다.

〈표 1-8〉 에너지수입현황

(단위 : 억불, %)

	'00	'05	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
총에너지 수입액	378.9 (66.6)	667.0 (34.5)	1,414.7 (49.0)	911.6 (-35.6)	1,216.5 (33.4)	1,724.9 (41.8)	1,848.0 (7.1)	1,787.0 (-3.3)	1,741.4 (-2.6)
에너지 수입액 비중	23.6	25.5	32.5	28.2	28.6	32.9	35.6	34.7	33.1
원유	252.2 (70.6)	426.1 (42.4)	858.6 (42.3)	507.6 (-40.9)	686.6 (35.3)	1,008.1 (46.8)	1,083.0 (7.4)	993.3 (-8.3)	949.1 (-4.5)
석유제품	63.8 (67.9)	97.2 (16.3)	222.7 (47.8)	158.1 (-29.0)	222.4 (40.7)	285.4 (28.3)	323.7 (13.4)	346.3 (7.0)	349.8 (1.0)
무연탄	0.7 (56.5)	4.3 (84.2)	9.9 (121.2)	6.7 (-32.3)	10.2 (51.2)	17.7 (74.7)	13.6 (-23.2)	11.4 (-16.0)	9.2 (-19.4)

	'00	'05	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
유연탄	20.3 (8.9)	48.0 (23.4)	111.6 (96.6)	90.0 (-19.3)	114.3 (27.0)	160.5 (40.5)	142.2 (-11.4)	116.3 (-21.0)	107.2 (-7.8)
LNG	38.8 (96.8)	86.5 (32.0)	198.1 (56.5)	138.7 (-29.9)	170.1 (22.6)	238.6 (40.3)	273.6 (14.7)	306.5 (12.0)	314.0 (2.5)
우리늄	2.2 (1.4)	2.9 (-15.0)	7.3 (48.9)	7.2 (-0.9)	6.1 (-14.9)	8.1 (31.3)	7.0 (-13.9)	10.2 (46.4)	7.3 (-28.2)

※ ( )는 전년 대비 증가율, ※자료: 에너지경제연구원 에너지통계월보

2. 2015년 에너지수급전망

가. 개 요

2015년 총에너지 수요는 평년기온 회복과 유가 하락으로 인한 석유 수요 증가로 전년대비 3.5% 증가한 291.7백만TOE에 이를 전망이다. 기저효과의 영향으로 총에너지 수요는 경제성장률(3.4%)과 비슷한 증가율을 보일 전망이다. 부문별로는 유가하락으로 수송부문이 4.0% 증가하며 최총에너지 중 가장 빠른 증가세를 보일 전망이다. 2015년 에너지소비는 에너지원단위가 하락하고, 석유 의존도가 감소하는 등 2000년대에 나타난 주요 특징을 지속할 것으로 예상된다.

나. 2015년 에너지원별 소비 전망

에너지원별로 보면, 석유수요는 유가하락에 따른 수송부문의 수요 증가로 전년대비 2.1% 증가할 것으로 전망된다. 중국 관광객들의 지속적인 증가와 국내 저가항공사들의 성장으로 항공수송용 석유 수요가 견조한 성장세를 보일 것으로 전망된다. 한편, 2015년 납사수요는 주요 석유화학 업계의 에틸렌 시설의 정기보수 계획 등으로 지난해 대비

1.2%p 감소한 2.1% 증가에 그칠 전망이다.

지난해 급락한 LNG 소비는 기저효과 및 평년기온 회복으로 가정상업 부문의 소비가 마이너스 성장에서 반등할 것으로 예상됨에 따라 2015년에는 2.7% 증가할 것으로 예상된다. 전력수요의 회복에도 불구 기저(석탄 및 원자력)발전설비의 증설로 발전용 LNG 수요는 전년대비 비슷한 수준을 유지할 것으로 전망된다.

석탄은 산업용 소비의 급증세는 크게 둔화되겠으나, 발전용 소비가 증가세로 반등하며 전년대비 4.3% 증가할 전망이다. 산업용 석탄 소비는 철강 및 시멘트업의 설비증설 및 사업구조조정 효과가 사라지며 전년대비 보합세를 기록하겠으나 발전용 소비는 기저효과와 2014년 하반기에 상업운전에 돌입한 신규 발전설비(영흥 석탄화력 5·6호기)의 가동으로 증가세로 반등할 전망이다.

〈표 1-9〉 1차에너지 수요 전망

구 분		2014(잠정)			2015(전망)		
		소비량	증가율 (%)	구성비 (%)	소비량	증가율 (%)	구성비 (%)
석 유	(백만BBL)	822.1	-0.4	37.2	839.4	2.1	36.7
L N G	(백만톤)	36.6	-9.0	16.9	37.6	2.7	16.7
석 탄	(백만톤)	133.4	2.9	30.1	139.1	4.3	30.3
· 유연탄	(백만톤)	123.2	3.7	28.0	128.7	4.5	28.3
· 무연탄	(백만톤)	10.2	-5.1	2.0	10.4	2.2	2.0
원 자 력	(TWh)	156.4	12.7	11.7	165.0	5.5	11.9
수 력	(TWh)	7.8	-6.8	0.6	8.5	9.1	0.6
기 타	(백만TOE)	9.7	7.7	3.4	10.5	8.8	3.6
1차에너지	(백만*TOE)	281.9	0.6	100	291.7	3.5	100

* 자료 : 「KEEI 에너지수요전망」 2014.3, 에너지경제연구원(2014)

원자력은 지난해 2월과 10월 이후 발전을 중단했던 신고리 2호기와 한빛 3호기가 재가동되고 2015년 7월 신월성 2호기 준공으로 수요가 전년대비 5.5% 증가할 전망이다.

에너지원별 소비구조를 보면 석유, LNG의 비중은 감소하고 원자력, 석탄의 비중은 증가할 전망이다. 석유는 점유율이 감소하기는 하지만, 1차에너지의 36.7%를 차지하여 여전히 가장 중요한 에너지원으로서의 위치를 유지할 것으로 예상된다.

다. 부문별 수요 전망

2015년 최종에너지 수요는 수송과 가정부문의 에너지 수요 회복으로 전년대비 3.0% 증가한 220.3백만TOE를 기록할 전망이다.

전체 에너지수요의 60% 이상을 차지하고 있는 산업부문 에너지수요는 경기회복세 저조에 따른 산업활동 정체로 전년대비 2.5% 증가에 그칠 것으로 전망된다. 연료용 소비는 지난해 0.2% 증가에서 올해 4% 가까이 개선되는 반면 납사와 유연탄을 중심으로 한 원료용 에너지 소비가 지난해 7.3% 증가에서 올해 1%대 중반으로 크게 둔화되면서 산업부문의 에너지 소비의 둔화를 이끌 것으로 보인다.

수송부문 에너지 수요는 전년대비 4.0% 증가할 전망이다. 중국 관광객의 지속적인 증가 등으로 항공유 소비가 견조한 상승세를 유지하고 유가 하락으로 수송용 휘발유 소비가 회복되며 수송부문의 에너지 소비 증가를 견인할 전망이다.

가정·상업·공공부문의 에너지 수요는 기저효과와 평년기온 회복으로 도시가스와 전력수요가 지난해 마이너스 성장에서 올해 플러스 성

장으로 반등하며 전년대비 3.8% 증가할 것으로 보인다.

〈표 1-10〉 최종에너지 부문별 에너지 수요전망

(단위 : 백만TOE, %)

구 분	2011	2012	2013			2014(잠정)			2015(전망)		
	물량	물량	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율	물량	구성비	증가율
합 계	205.9	208.1	211.1	100	1.4	213.9	100	1.4	220.3	100	3.0
산업부문	126.9	128.3	130.9	62.0	2.0	136.5	63.8	4.3	139.9	63.5	2.5
수송부문	36.9	37.1	37.3	17.7	0.5	37.3	17.4	-0.1	38.8	17.6	4.0
가정·상업	42.1	42.7	42.8	20.3	0.4	40.1	18.8	-6.3	41.7	18.9	3.8

* 2012년 신열량환산기준에 의한 지표

** 가정·상업 부문에 공공·기타 부문이 포함되어 있음.

*** 자료 : 「KEEI 에너지수요전망」, 에너지경제연구원, 2014.3.

02 전력수급기본계획

산업통상자원부 전력산업과 사무관 이동철

제1절 개 요

전력은 국가 경제발전과 국민의 삶의 질을 향상시키는 필수요소로서 공급이 부족할 경우에 막대한 사회적 비용이 발생하며, 생산과 동시에 소비가 이루어지고 저장과 대체공급이 불가능한 특징을 가지고 있기 때문에 항상 수요에 맞게 공급설비를 갖추고 있어야 한다.

전력수요는 국민소득, 국가 경제발전과 기온 등의 변화에 따라 수시로 변화하는 특성을 가지고 있는 반면, 전력공급 설비의 건설에는 막대한 재원과 장기간의 시간이 소요되고, 공급설비 건설과정에서 불확실성이 매우 크기 때문에 정확히 전력수요를 예측하고 이에 따른 공급설비의 적기 확충이 이루어져야 한다.

장기적인 전력설비 건설계획 수립 시 전력수요예측 및 수요관리, 예비전력 수준, 전원구성 등은 국가 에너지안보, 전력의 안정적인 공급과 자원배분, 환경정책 등에 미치는 영향이 지대하고, 전기사업자의 경영측면과 관련 산업체에 파급영향도 막대하기 때문에 합리적이고 정확한 의사결정이 매우 중요하다.

그 간의 전력수급 변화추이를 볼 경우, 1991년 이전에는 전력사업에서 독점사업자인 한국전력공사에서 「장기전력수급계획」을 수립하고 직접 이행하였으나, 1991년의 전기사업법 전면개정 이후부터 정부가

장기전력수급계획을 매 2년마다 수립하고, 한국전력공사에서는 이를 이행하는 단계로 변화되었다.

참고로, 1990년 이후에 제1차('91~'06), 제2차('93~'06), 제3차('95~'10), 제4차('98~'15), 제5차('99~'15) 계획 등 총 5차례에 걸쳐 장기전력수급계획을 수립한 바 있다.

2001년 4월부터는 전력산업구조개편의 추진에 따라 기존의 구속력 있는 「장기전력수급계획」에서 전기사업자의 자율성을 보다 존중하는 유도적 성격의 「전력수급기본계획」으로 변경하게 되었다.

「전력수급기본계획」에는 전력수급에 관한 기본방향 및 장기전망, 전력설비 건설에 관한 사항, 수요관리에 관한 사항, 투자계획에 관한 사항 등이 포함되어 있다.

특히, 제3차 전력수급기본계획부터는 자원의 효율적 배분을 담보하기 어려운 현 전력시장 여건을 감안하여, 적정 설비규모와 전원 MIX(전원구성비)를 도모하기 위해 정책적 '계획' 기능을 강화하였다. 즉, 발전사업자의 건설의향 반영을 주되게 하였던 제2차 전력수급기본계획과는 달리 사회적 비용을 최소화하기 위한 적정 설비규모와 전원 MIX 기준을 도출하고 이에 따라 발전사업자의 건설의향을 반영하였다.

다시 말하면, 전력수급기본계획에서는 장기적인 전력의 안정적 공급을 위해 전력정책에 대한 기본방향을 제시하고 발전사업자의 사업계획을 바탕으로 기본계획을 수립하되 정책적 '계획' 기능을 강화하여 사회적 비용을 최소화하는 적정 설비규모와 전원 MIX를 도모하였으며, 발전사업자는 이에 따라 경쟁성·자율성을 바탕으로 전력사업에 참여하도록 하고 있다.

제2절 제7차 전력수급기본계획의 주요 내용

1. 계획수립 개요 및 기본방향

2015년 7월에 발표한 제7차 전력수급기본계획은 2015년부터 2029년까지 15년을 대상 기간으로 하였다. 전력수급계획은 기본적으로 중장기 전력수급 안정을 위한 계획으로 7차계획에서는 ①안정적인 전력수급을 최우선 과제로 추진하고, ②post2020 온실가스 감축을 위한 저탄소 전원믹스 강화, ③에너지신산업을 적극 활용한 수요관리 강화, ④원전산업의 중장기적 발전을 위한 고리1호기 원전의 영구정지 ⑤신재생에너지 등 분산형 전원 확충에 역점을 두어 수립하였다.

최근 전력수급기본계획의 수립여건은 상당히 어려운 도전에 직면해 있다. 지구온난화에 따른 이상기온, 국제경기 변동성 확대 등 수요예측의 불확실성이 증대되고 있으며, 전력설비의 신규 건설여건은 점점 어려워지고 있다. 이와 더불어 우리나라는 발전연료 97%를 수입해 의존하고 있어 국제 에너지시장의 가격 및 수급 불안요인은 국내 전력공급 불안을 가중시키고 있다.

또한 지속가능한 국가에너지 시스템 구축과 성장을 위해 온실가스 배출목표 달성, 신재생에너지 확대, 원전 수용성 고려 등은 전력수급계획이 풀어나가야 할 또 하나의 과제이다.

7차계획은 이러한 측면에 대한, 정부, 학계, 산업계, 연구계 전문가 분들이 약 1여년의 실무 작업을 거쳐 마련하였다.

제7차 전력수급기본계획 수립 기본방향은 다음과 같다.

첫째, 기온변동성 확대, 설비건설 차질 등 수급불안 가능성에 대비

하여 안정적인 전력수급을 최우선에 두었다.

둘째, 중장기 전력수요 예측 시 과거 전력수급기본계획과는 달리 선진국(14개국)의 전력수요 변화추세를 반영하고, 기온 변동성을 적극 고려하는 등 수요예측모형을 대폭 개선하고 전문가의 객관적 결정에 따라 수요예측을 실시하였다.

셋째, ICT 에너지 신산업을 적극 활용한 수요관리목표를 반영하였습니다. 정부의 목표수요는 최종년도('29년) 기준으로 전력소비량 14.3%, 최대전력 12%를 감축하는 수요관리 목표를 반영하여 산출하였으며, 이는 2차 에너지기본계획상의 전력소비량 12.5%('29년 기준) 감축목표보다 더욱 진일보한 목표를 제시한 것이라 할 수 있다.

넷째, Post 2020과 연계하여 온실가스 배출을 감축하기 위한 최대한의 조치를 포함하였습니다. 허가받지 못한 설비를 철회하여 석탄 비중을 최소화하였고, 신규 설비물량은 이산화탄소를 배출하지 않는 원전2기 및 신재생에너지로 충당함으로써 온실가스 부담을 최소화하였다.

다섯째, 송전최소화의 편익이 있는 소규모(40MW이하) 및 수요지 발전설비(500MW 이하)를 분산형 전원으로 정의하여 분산형 전원 확충 방안을 제시하였으며, 추후 전력시장제도 개선, 구역전기사업 경쟁력 강화 등 분산형 전원 활성화를 위한 다양한 방안을 강구할 예정이다.

2. 제7차 전력수급기본계획의 주요내용

가. 전력수요 예측

수요예측의 정밀성 제고를 위해 선진국(14개국)들의 전력수요 변화 추세를 반영하는 등 수요예측 모형을 대폭 개선하고, 전문가들로 구성된 수요계획 소위원회의 객관적 판단에 따라 예측을 실시하였다.

주요전제로는 경제성장, 전기요금, 인구증가율, 기상전망 등을 반영하였으며, 경제성장 전망치는 KDI 전망자료를 사용하였으며, 2015~2029년간 연평균 3.06%를 적용하였다. 또한, 최근 전기요금 적정화 기조 및 원가변동요인을 반영하였으며, 기상청의 한반도 장기 기후변화 시나리오도 포함하여 수요예측을 시행하였다.

〈표 1-1〉 GDP 성장률 전망(KDI)

(단위 : %)

구 분	2014	2015	2020	2027	2029	연평균
6차	4.3	4.5	3.5	2.7	2.4	3.48
7차	3.1	3.5	3.3	2.5	2.3	3.06

〈표 1-2〉 인구전망(통계청)

(단위 : 천명, %)

구 분	2011	2015	2020	2027	2029
7차계획	49,779	50,617	51,435	52,094	52,154

이에 따라 이번 7차 전력수급기본계획에서는 전력소비량은 연평균 2.1% 증가하여 '29년 656,883 기가와트(이하 GWh), 최대전력은 연평균 2.2% 증가하여 '29년 111,929 메가와트(이하 MW)인 것으로 전망

했다. 이번 목표수요 전망치는 '29년 기준으로 전력소비량의 14.3%, 최대전력의 12%를 감축하는 수요관리 목표를 반영하여 산출된 결과이며, 이는 제2차 에너지기본계획상의 수요관리 목표('29년 기준 전력소비량의 12.5%절감)보다 강화된 수준이다.

〈표 1-3〉 목표수요 전력소비량 및 최대전력 예측결과

연도	6차 계획		7차 계획	
	전력소비량 (GWh)	최대전력 (MW)	전력소비량 (GWh)	최대전력 (MW)
'15	516,156	82,677	489,595	82,478
'16	532,694	84,576	509,754	84,612
'17	548,241	88,218	532,622	88,206
'18	564,256	91,509	555,280	91,795
'19	578,623	93,683	574,506	94,840
'20	590,565	95,316	588,352	97,261
'21	597,064	97,510	600,063	99,792
'22	602,049	99,363	609,822	101,849
'23	605,724	100,807	617,956	103,694
'24	611,734	102,839	625,095	105,200
'25	624,950	105,056	631,653	106,644
'26	640,133	108,037	637,953	107,974
'27	655,305 (100)	110,886 (100)	644,021 (98.3)	109,284 (98.6)
'28			650,159	110,605
'29			656,883	111,929
계획 기간평균*	2.2	2.4	2.1	2.2

* 연평균 증가율

나. 수요 관리

수요관리 목표는 '29년 최대전력 수요를 기준수요 127,229MW에서 목표수요 111,929MW으로 감축하는 것으로(15,300MW↓), 계획기간

15년 동안 최대전력 수요를 매년 100만 kW급 원자력발전소 1기에 해당하는 규모만큼 줄여나가는 매우 대담한 목표라고 할 수 있다.

과거 재정지원중심의 수요관리에서 ICT기반 에너지신산업을 활용한 시장친화적 수요관리시스템으로 전환하고, 에너지 신산업 육성과 병행을 기본방향으로 설정하여 「제2차 에너지기본계획('14.1)」을 통해 에너지정책 방향을 기존의 공급 중심에서 수요관리 중심으로 기 전환코자 하였다.

정부는 특히 '13년부터 크게 활성화되고 있는 네가와트(Negawatt) 시장, 에너지 저장장치(ESS: Energy Storage System) 등 정보통신기술(ICT) 에너지 신산업을 적극 활용함으로써 단순 규제 중심의 전력수요관리를 기술과 시장 중심의 수요관리로 전환할 계획이다.

또한 에너지 신산업을 활용한 수요관리를 통해 POST 2020 온실가스 감축을 적극 추진하고 이를 통해 국내 일자리 창출과 세계 기후변화 주도권(글로벌 기후변화 리더쉽)을 확보할 계획이다.

향후 수요관리 실적한 대한 면밀한 평가를 통해 8차 전력수급기본계획에서는 보다 합리적인 수요관리 목표를 설정할 예정이다.

〈표 1-4〉 최대전력 수요관리 목표량

(단위 : ㎿)

연도	효율향상	스마트기기 및 요금제도	부하관리 및 정책의지	계
2015	271	298	203	772
2020	1,901	979	1,722	4,602
2025	3,761	2,761	3,949	10,471
2029	5,257	4,144	5,899	15,300

다. 발전설비 계획

발전설비 계획은 경제규모에 걸맞은 예비설비를 확보하고자 하였으며, 대내외 환경여건을 감안하여 경제적·사회적 비용을 최소화한 전원구성을 도출하였다. 또한 발전시설 확충에 있어 온실가스 감축목표 대응을 위한 저탄소 전원구성과 지역수용성, 계통여건 등을 고려하였다.

설비예비율 목표는 22% 이상, 건설 불확실 설비를 추가 반영하였으며 신재생 발전량 비중 11.7%, 분산형 전원비중 12.5% 이상으로 목표를 설정하였다.

먼저 적정 설비규모를 산정하기 적정 설비예비율은 22% 이상으로 결정하였다. 이는 공급신뢰도 기준을 0.3일/년으로 적용하였으며, 노후화 등으로 인한 발전기 고장정지, 예방정비기간 연장 등을 통해 원전 안전성 강화를 위해 예방정비 기간 연장 등을 통해 최소예비율은 15% 수준으로 유지하고, 추가적으로 불확실성에 따른 예비율을 7% 추가 하였다.

6차 계획에서는 22%의 설비예비율 외에 별도의 공급불확실성 대응물량(3,900MW)을 반영하였으나, 7차 계획에서는 이를 별도 반영하지 않고 22% 설비예비율 내에서 대응하기로 하였다.

〈표 1-5〉 7차 계획 적정 설비예비율 산정 근거

구 분		고려 내용	예비율	산정 근거
목표 예비율	최소 예비율	고장정지, 예방정비, 원전 안전대책 강화 등	15%	LOLE 0.3일/년 (WASP 시뮬레이션)
	수요·공급 불확실성	예측오차, 수요관리, 공급지연 불확실성	7%	과거 계획의 연차별 예비율 오차 평균
	소 계		22%	

* WASP : 적정 설비규모 및 전원구성을 도출하기 위한 계획수립 전산모형

22% 설비예비율 하에서 산출된 적정설비 규모에서, 기존 발전허가 취득설비·폐지 계획설비 등 확정설비 규모를 제외하여 총 3,456MW 규모의 신규설비 물량이 도출되었다

(1) 전원구성

이번 7차 전력수급기본계획에 따른 전원구성은 온실가스 감축 부담을 고려, 저탄소 전원믹스를 위해 최대한 노력했다.

연료, 송전설비 문제로 허가받지 못한 석탄설비(영흥#7,8, 동부하슬러#1,2)를 철회하여 석탄비중을 최소화하고, 신규 물량은 이산화탄소를 배출하지 않은 원전으로 충당하였으며, 장기가동 석탄화력 설비의 대체건설은 환경성이 개선되는 경우에 한해 허용하도록 했다.

신재생은 '29년 기준 발전량 비중은 11.7%, 발전설비 비중은 20.1% 이상으로 결정하였다. 이는 4차 신재생에너지의 목표치를 기준으로 반영하였으며, 발전량 11.7%를 충족하기 위해 발전설비 비중은 '29년 기준 32,890MW로 발전설비 비중은 20.1% 수준으로 확대 될 것으로 전망한다. 발전설비 계획에는 신재생설비는 부하에 따른 출력 조절이 불가능하므로 피크기여분을 반영한 실요용량기준으로 신규 4,477MW를 추가 반영하였다.

〈표 1-6〉 발전량 및 설비비중

(단위 : GWh, MW, %)

구분	'15	'20	'25	'29
발전량 비중	23,857 (4.5%)	50,655 (7.9%)	66,622 (9.7%)	83,090 (11.7%)
설비 비중	7,335 (7.5)	17,273 (12.9)	26,098 (17.3)	32,890 (20.1)

〈표 1-7〉 신규 신재생에너지 용량

(단위 : MW, %)

구분	수력	태양광	풍력	해양	바이오	폐기물	연료전지	부생가스	IGCC	소계
정격용량	57	14,774	7,460	770	56	16	1,190	1,427	900	26,649
피크기여도	28.0	13.0	2.2	1.1	23.3	10.2	70.1	68.6	60.0	-
실효용량	16	1,921	164	8	13	2	834	979	540	4,477

신규 물량에 대한 전원구성은 전원별 경제적·사회적 비용을 종합 고려한 결과 원전 2기(총 3,000MW)를 신규 건설하기로 했다.

전원구성전제는 예비율 22%와 불확실 대응설비를 감안한 규모에 대해 전원별 경제적·사회적 비용을 반영하여 표준 건설공기를 적용하여 전원구성을 도출하였다.

먼저 연료비는 원자력 및 석탄은 '14.1~15.2월까지의 평균가격을 적용하였으며, LNG가격은 최근 가격동향을 반영하기 위하여 '15.5월 가격을 전제하였다. 환경비용은 오염물질(SOx, NOx, 분진)의 환경비용 및 온실가스 감축을 위한 배출권 구입비용을 반영하였다. 온실가스 배출비용은 25,000원/tCO2e(IEA 전망활용)을 적용하였다.

송전비용은 송배전용전기설비이용규정 등의 요금단가를 적용하였으며, 접속비용은 표준접속설비를 선정하여 전원별로 건설비와 운전유지비를 산정하여 적용하고, 이용비용은 송전이용요금표의 지역별 요금단가를 전원별 지역별 용량을 고려하여 평균값을 적용하였다. 건설공기는 원전10년, 석탄은 7~8년, 복합은 6년의 건설공기를 적용하였다.

〈표 1-8〉 발전기별 표준 준비기간(건설공기)

구 분		허가~공사계획인가	착공~준공	총 준비기간
원전	1,000MW급이상	4년	6년	10년
석탄	500MW급	3년	4년	7년
	1,000MW급		5년	8년
복합	500MW급 이상	3년	3년	6년

한편, 2017년 가동시한이 만료되는 고리 1호기에 대해서는 2015년 6월 12일 에너지위원회의 영구정지 권고와 6월 16일 한국수력원자력 이사회의 계속운전 미신청 결정에 따라 2017년 6월부터 폐지하는 내용을 전력수급기본계획에 포함했다. 이에 따라 제7차 전력수급기본계획은 원전의 영구정지계획을 담은 첫 번째 전력수급계획이라는 기록을 가지게 된다. 한편, 건설의향 조사 및 의견수렴절차가 진행된 후 영구정지가 결정된 고리1호기에 대해서는 별도 신규 물량을 추가하지 않기로 결정했다.

〈표 1-9〉 적정설비규모 및 전원구성

(단위 : MW, %)

연도	최대 전력	확정 설비	적정 설비규모				
			원전	석탄	LNG	누적용량	설비 예비율
2015	82,478	92,438				92,438	12.1%
2016	84,612	102,722				102,722	21.4%
2017	88,206	111,367				111,367	26.3%
2018	91,795	114,624				114,624	24.9%
2019	94,840	117,283				117,283	23.7%
2020	97,261	119,809				119,809	23.2%
2021	99,792	126,502				126,502	26.8%

연도	최대 전력	확정 설비	적정 설비규모				
			원전	석탄	LNG	누적용량	설비 예비율
2022	101,849	130,092				130,092	27.7%
2023	103,694	129,890				129,890	25.3%
2024	105,200	128,719				128,719	22.4%
2025	106,644	129,292				129,292	21.2%
2026	107,974	131,001				131,001	21.3%
2027	109,284	132,702				132,702	21.4%
2028	110,605	132,894	1,500			134,394	21.5%
2029	111,929	133,097	1,500			136,097	21.6%
신규소요			3,000				
* 신규 설비 : 적정 규모 3,000MW (원전 2기) * 신재생 4,477, 집단 3,739							

* 1. 최대전력, 설비용량, 설비예비율은 연말, 동계기준 적용
  2. 신재생에너지 및 집단에너지의 경우 피크기여도 기준으로 반영
  3. 연도별 확정설비 물량에는 용량 및 준공일정 조정 등이 기 반영
  4. 영구정지가 결정된 고리 1호기는 확정설비에서 제외

(2) 분산형 전원

이번 계획은 지난 2차 에너지기본계획의 송전건설 최소화 정책방향이 가시화될 수 있도록 분산형 전원 적용기준을 제시하였으며, 분산형 전원 확대계획과 여타 에너지 정책과의 정합성 확보 및 에기본의 분산형 목표('35년 발전량의 15%) 달성 위한 정책방안을 강구하였다.

송전최소화의 편익이 있는 소규모(40MW이하) 및 수요지 발전설비(500MW 이하)를 분산형 전원으로 정의하고, 전력시장제도 개선, 구역전기사업 경쟁력 강화 등 다양한 방안을 강구할 예정이다.

〈표 1-10〉 분산형 전원 세부 적용기준

구분	분산형 전원 적용기준			기준설정 사유	송전건설 영향
	전압	회선	한계용량		
소규모 발전설비	22.9kV (배전)	2회선	40MW 이하	송전건설이 불필요하므로 접속가능용량 범위내 최대한 상향 적용	송전망 불필요
수요지 발전설비	154kV (송전)	2회선	500MW 이하	송전건설 최소화를 위해 154kV로 용량한계 설정	송전망 최소화

* 수요지는 ①산업단지, ②열공급이 가능한 수준의 도심지, ③기타 자가용발전이 가능한 지역을 의미

분산형 전원의 보급목표는 2차 에너지기본계획 목표인 15%('35년)의 '29년 환산치를 적용하여 12.5%로 설정하였다. 신재생에너지는 4차 신재생계획의 목표치를 기준으로 반영하였으며 '29년 전체 신재생에너지 설비 중 분산형 비중은 약 70% 수준이다. 집단에너지는 4차 집단에너지계획의 사업허가 현황을 반영하였으며, '29년 전체 집단에너지 설비 중 분산형 비중은 약 69% 수준으로 전망되었다.

〈표 1-11〉 중장기 전원 보급 전망(발전량 기준)

(단위 : GWh)

구분		'13년(실적)	15년	'20년	'25년	'29년
분산형 발전량 (GWh)	신재생	4,428	14,820	24,423	33,296	39,748(5.3%)
	집단	16,871	19,816	29,325	29,426	29,426(4.0%)
	자가용	20,021	21,732	22,792	23,431	23,941(3.2%)
	합계	41,320	56,368	76,540	86,153	93,115
분산형 비중		7.6%	10.1%	11.4%	12.0%	12.5%

(3) 건설의향 반영결과

건설의향 조사결과(6.9~6.12) 신규물량인 원전 2기에 대해서는 한수원 1개사가 의향을 제출하였으며, 해당 원전의 입지는 원전 건설 관

련 인허가 단계에서 확정될 예정이다.

신재생에너지에 대해서는 신규설비로 총 9,233MW의 건설의향이 접수되었으며, 세부적으로 살펴보면 풍력은 한국해상풍력 등 총 67건·4,756MW, 아이지씨씨(IGCC)는 남해 아이지씨씨(IGCC) 1건·400MW 등 분야별로 다양한 의향이 접수되었다.

〈표 1-12〉 기 계획설비 및 신규 의향설비 종합

(단위 : MW)

구 분		원 전	석 탄	LNG	신재생·집단	계
기계획설비	확정반영	신고리#3 ('16. 4) 1400 #4 ('17. 2) 1400 #5 ('21. 3) 1400 #6 ('22. 3) 1400 천 지* #1 ('26.12) 1500 #2 ('27.12) 1500 신한울#1 ('17. 4) 1400 #2 ('18. 4) 1400 #3 ('22.12) 1400 #4 ('23.12) 1400 신월성#2 ('15. 7) 1000	당 진 #9 ('15.12) 1020 #10('16. 6) 1020 삼척그린 #1 ('16. 6) 1022 #2 ('16.10) 1022 북 평 #1 ('16. 2) 595 #2 ('16. 6) 595 태 안 #9 ('16. 6) 1050 #10('16.12) 1050 신 보 령 #1 ('16. 6) 1000 #2 ('17. 6) 1000 여 수 #1 ('16. 8) 350 당진에코 #1 ('21.11) 580 #2 ('22.. 3) 580 신 서 천 #1 (19. 9) 1000 고성하이 #1 ('20.10) 1040 #2 ('21. 4) 1040 강릉안인 *#1 ('19.12) 1040 #2 ('20. 6) 1040 삼척화력* #1 ('21. 6) 1050 #2 ('21.12) 1050	포스코복합#9* ('15. 1) 376 동두천복합#1 ('15. 3) 858 #2 ('15. 1) 858 서울복합 #1 ('17.12) 400 #2 ('17.12) 400 장문복합 #1 ('17. 3) 900 #2 ('17. 7) 900 GS당진복합 #4 ('17. 7) 950 영남복합 ('17.10) 470 대우포천 #1 ('17. 2) 960 여주복합 ('20. 6) 1000 신평택복합#1 ('19.11) 951 통영복합 #1 ('18.12) 920 제주신규 ('18. 6) 200	신재생 26,649 집 단 4,276	폐지 -6,760
		15,200 (11기)	18,144 (20기)	10,143 (14기)	30,925	74,412 (67,652)
	반영제외		영 흥 #7 ('23. 1) 870 #8 ('23. 6) 870 동부하슬라#1 ('21. 6) 1000 #2 ('21.12) 1000			
			3,740 (4기)			3,740
신규의향설비		신규원전#1 ('28.12) 1500 #2 ('29.12) 1500				
		3,000 (2기)				3,000
반영합계		18,200 (13기)	18,144 (20기)	10,143 (14기)	30,925	77,412 (70,652)

* 계의 ( )는 폐지용량 포함

* 기확정설비인 신고리 #7~8은 사업자가 의향을 「천지 #1,2」로 제출

* 신규원전은 사업자가 의향을 「대진 #1,2 또는 천지 #3,4」로 제출 (인허가 단계에서 입지확정)

* 강릉안인화력#1,2 삼척화력#1는 송전건설 시점을 고려하여, 예비력 산정시 '21.12월 활용을 고려

〈표 1-13〉 연차별 확정설비 및 신규 의향설비 내역

(단위 : MW)

년도	기 계획설비		신규의향 설비	폐지설비	신재생 집단
	확정 반영	반영제외		반 영	
2015	신월성#2 (7월, 1000) 당진#9 (12월, 1020) 포스코복합#9 (1월, 376) 동두천복합#1(3월, 858) 동두천복합#2(1월, 858)			포스코복합#2 (1월, -450) 서울#4 (12월, -138)	
2016	신고리#3 (4월, 1400) 당진#10 (6월, 1020) 삼척그린#1 (6월, 1022) 삼척그린#2 (10월, 1022) 북평#1 (2월, 595) 북평#2 (6월, 595) 태안#9 (6월, 1050) 태안#10 (12월, 1050) 신보령#1 (6월, 1000) 여수#1 (8월, 350)			서울#5 (12월, -250)	
2017	신고리#4 (2월, 1400) 신한울#1 (4월, 1400) 신보령#2 (6월, 1000) 대우포천#1 (2월, 960) 장문복합#1 (3월, 900) 장문복합#2 (7월, 900) GS당진복합#4 (7월, 950) 영남복합 (10월, 470) 서울복합#1 (12월, 400) 서울복합#2 (12월, 400)			고리#1 (6월, -587) 평택복합 (12월, -480)	신재생 26,649 집 단 4,276
2018	신한울#2 (4월, 1400) 통영복합#1 (12월, 920) 제주신규 (6월, 200)			서천#1 ~ 2 (9월, -400) 제주GT#3 (1월, -55)	
2019	신서천#1 (9월, 1000) 강릉안인#1* (12월, 1040) 신평택복합#1 (11월, 951)				
2020	강릉안인#2* (6월, 1040) 고성하이#1 (10월, 1040) 여주복합 (6월, 1000)				
2021	신고리#5 (3월, 1400) 고성하이#2 (4월, 1040) 삼척화력#1 (6월, 1050) 삼척화력#2 (12월, 1050) 당진에코#1 (11월, 580)	동부하슬라#1 (6월, 1000) 동부하슬라#2 (12월, 1000)		울산#4 ~ 6 (12월, -1200)	

년도	기 계획설비		신규의향 설비	폐지설비	신재생 집단
	확정 반영	반영제외		반 영	
2022	신고리#6 (3월, 1400) 신한울#3 (12월, 1400) 당진에코#2 (3월, 580)				
2023	신한울#4 (12월, 1400)	영흥#7 (1월, 870) 영흥#8 (6월, 870)		서인천복합#1~8 (12월, -1800)	
2024				평택#1~4 (12월, -1400)	
2025					
2026	천지#1 (12월, 1500)				
2027	천지#2 (12월, 1500)				
2028			신규원전#1 (12월, 1500)		
2029			신규원전#2 (12월, 1500)		
합계	43,487 (45기)	3,740 (4기)	3,000 (2기)	- 6,760 (23기)	30,925

* 계의 ( )는 폐지용량 포함
* 기확정설비인 신고리 #7~8은 사업자가 의향을 「천지 #1,2」로 제출
* 신규원전은 사업자가 의향을 「대진 #1,2 또는 천지 #3,4」로 제출 (인허가 단계에서 입지확정)

(4) 전력수급 및 전원구성 전망

지속적인 공급력 확충으로 계획기간내 안정적인 전력수급 유지가 가능할 것으로 예상되나, 수급여건 변화에 따른 수급영향 분석, 발전설비 건설 사후관리 등 지속적인 수급점검과 대응체계 마련이 필요하다.

〈표 1-14〉 연도별 전력수급전망

(단위 : MW, %)

연 도	최대전력(MW) 동계	설비용량(MW)	설비 예비율(%)
2015	82,478	92,438	12.1%
2016	84,612	102,722	21.4%
2017	88,206	111,367	26.3%
2018	91,795	114,624	24.9%
2019	94,840	117,283	23.7%
2020	97,261	119,809	23.2%
2021	99,792	126,502	26.8%
2022	101,849	130,092	27.7%
2023	103,694	129,890	25.3%
2024	105,200	128,719	22.4%
2025	106,644	129,292	21.2%
2026	107,974	131,001	21.3%
2027	109,284	132,702	21.4%
2028	110,605	134,394	21.5%
2029	111,929	136,097	21.6%

* 1. 고리 1호기는 '17년부터 원전 가동을 중단
2. 신재생에너지 및 집단에너지의 경우 피크기여도 기준으로 반영

이번 전원구성 결과 '29년 최고(이하 피크)기여도 기준 전원구성비는 석탄(32.3%), 원전(28.2%), 액화천연가스(LNG)(24.8%) 순으로 예상된다. 6차계획 대비 원전비중은 0.8%p증가하는 반면, 석탄화력 비중은 비교적 큰 폭인 2.4%p 감소시킬 계획이다.

기저전원과(원전 및 유연탄)과 신재생 등 분산형전원의 비중이 지속적으로 증가하고, 피크전원(LNG) 비중은 다소 감소되며, 무연탄 및 석유 발전설비는 단계적으로 폐지될 전망이다.

〈표 1-15〉 전원구성비 전망

(단위 : MW, %)

구분		원자력	유연탄	무연탄	LNG	석유	양수	신재생	집단	계
2014 (기설)	정격 용량	20,716	25,149	1,125	26,742	3,850	4,700	6,241	4,693	93,216
		22.2	27.0	1.2	28.7	4.1	5.0	6.7	5.0	100
	피크 기여도	20,716	25,149	1,125	26,742	3,740	4,700	1,846	4,137	88,155
		23.5	28.5	1.3	30.3	4.2	5.3	2.1	4.7	100
2018	정격 용량	26,729	34,873	725	33,616	3,795	4,700	13,416	7,684	125,538
		21.3	27.8	0.6	26.8	3.0	3.7	10.7	6.1	100
	피크 기여도	26,729	34,873	725	33,616	3,685	4,700	3,706	6,590	114,624
		23.3	30.4	0.6	29.3	3.2	4.1	3.2	5.7	100
2020	정격 용량	26,729	36,913	725	35,567	3,795	4,700	17,273	8,479	134,181
		19.9	27.5	0.5	26.5	2.8	3.5	12.9	6.3	100
	피크 기여도	26,729	36,913	725	35,567	3,685	4,700	4,105	7,385	119,809
		22.3	30.8	0.6	29.7	3.1	3.9	3.4	6.2	100
2025	정격 용량	32,329	43,293	725	33,767	1,195	4,700	26,098	8,969	151,076
		21.4	28.7	0.5	22.4	0.8	3.1	17.3	5.9	100
	피크 기여도	32,329	43,293	725	33,767	1,085	4,700	5,518	7,875	129,292
		25.0	33.5	0.6	26.1	0.8	3.6	4.3	6.1	100
2029	정격 용량	38,329	43,293	725	33,767	1,195	4,700	32,890	8,969	163,868
		23.4	26.4	0.4	20.6	0.7	2.9	20.1	5.5	100
	피크 기여도	38,329	43,293	725	33,767	1,085	4,700	6,323	7,875	136,097
		28.2	31.8	0.5	24.8	0.8	3.5	4.6	5.8	100
	6차('27)	27.4	34.1	0.6	24.3	0.9	3.6	4.5	4.6	100

* 1. 전원구성비는 연말 설비용량 기준
2. 전원구성비 전망의 세부 사항은 첨부의 '전원구성 전망표' 참조

라. 송변전 설비계획

제6차 장기송변전설비계획('13.8월)에서 계획된 설비를 확정설비로 반영하되, 그간의 여건변화 등이 고려된 일부 설비 변경사항을 반영하였다. 345kV급 이상 주요 송변전설비계획은 본 계획에 반영하고,

154kV 이하 설비를 포함한 세부계획은 본 계획의 확충기준에 따라 사업자가 수립하여 전기위원회를 심의를 거쳐 시행할 계획이다. 다만, 본 계획에서 신규로 반영된 발전설비의 경우 입지가 확정되는 발전사업 허가 시점에서 송변전설비계획에 반영할 예정이다.

(1) 추진방향

첫째, 안정적인 전력공급에 차질이 발생하지 않도록 필요 설비에 대한 최적확충 계획을 수립하고, 유연송전시스템, 용량증대 전선 등 신기술 적용을 통해 기존설비 이용률 향상으로 신규설비 건설 수요를 가급적 최소화함으로써 안정적인 전력공급을 뒷받침하였다.

둘째, 전압안정도 향상 등 송변전설비의 성능 및 특성 개선을 통한 계통신뢰도 향상을 도모하고 특히, 765kV 2회선 고장 상정 및 이에 따른 확충기준을 적용함으로써 강화된 신뢰도 기준을 바탕으로 안정적인 전력계통 운영이 가능하도록 적정 설비를 구축함으로써 전력계통 신뢰도 향상을 기하였다.

셋째, 주민참여 입지선정위원회 운영 등을 통한 입지선정의 투명성 및 송변전설비 주변지역에 대한 합리적인 수준의 보상 및 지원제도를 운영해 주민 수용성을 높이고 철탑규모가 상대적으로 작아 사회적 수용성이 우수하고, 장거리 대용량 전력수송에 유리한 초고압 직류송전 방식을 확대 검토하며, 인구밀집지역 경과선로에 대해서는 지중화 등 수용성을 높일 수 있는 방안을 적극적으로 검토함으로써 송변전설비 건설관련 사회적 수용성을 제고할 예정이다.

넷째, 발전소 허가 단계에서 건설계획과 송전 설비계획을 패키지화

하여 검토한 후에 발전소 건설계획을 최종 확정함으로써 송전선로 건설을 최소화할 수 있도록 발전소 건설을 유도할 계획이다.

(2) 송변전설비 확충기준

송변전설비 상정고장시 공급신뢰도 허용범위는 아래와 같다.

□ 송전선로 고장시 허용범위

전 압	고장	구 분		발전소 연결계통	부하 공급계통	간선계통
154kV	단일	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	허용 불허 불허	허용 불허 불허	허용 불허 불허
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	허용 –	허용 허용	허용 허용
	이중	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	허용 불허 허용	허용 허용* 허용	허용 허용* 불허
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	허용 –	– 허용	허용 허용
154kV	단일	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	허용 불허 불허	허용 불허 불허	허용 불허 불허
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	허용 –	허용 허용	허용 허용
	이중	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	허용 불허 허용	허용 허용* 허용	허용 허용* 불허
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	허용 –	– 허용	허용 허용
345kV	단일	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	불허 불허 불허	허용 불허 불허	허용 불허 불허

전 압	고장	구 분		발전소 연결계통	부하 공급계통	간선계통
765kV		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	불허 –	허용 허용	허용 허용
	이중	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	허용 불허 허용	허용 허용* 허용	허용 불허 불허
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	허용 –	– 허용	허용 –
	단일	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	불허 불허 불허	–	허용 불허 불허
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	불허 –	–	허용 –
	이중	지장 범위	·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	허용 불허** 허용	–	허용 불허** 허용
		가용 조치	·발전력조정 ·부하전환	허용 –	–	허용 –

□ 변압기 1Bank 고장시 허용범위

구 분	154kV	345kV	765kV
·과부하 ·부하탈락 ·발전기탈락	불허*** 허용* –	불허 불허 불허	불허 불허 불허
·발전력조정 ·부하전환	– 허용	불허 –	불허 –

※ 송전선로 과부하 허용은 설비정격용량의 120%이하로서 단시간에 해소가 가능한 경우
* 설비고장에 따른 정전발생시 복구가 완료되지 않은 상태에서 타 변전소 부하전환 등의 방법으로 단시간에 정전해소가 가능한 경우
** 고장파급확대에 따른 대규모공급지장 방지를 위해 부하탈락이 불가피한 경우 허용
*** 배전선로 부하전환이 용이한 지역은 부하전환 가능범위 내에서 과부하허용

□ 발전소 계통연계는 『송·배전용 전기설비 이용규정』에 따라 발전사업자와 송전사업자간 계약으로 결정하며, 소규모 신재생 전

원의 경우 전체 사업비가 최소화되는 합리적 연계 방안을 수립하고, 필요시 공용망 보강할 계획이다. 발전소 접속설비 구성 기준은 1,000㎿ 이하의 경우 345㎸ 또는 154㎸ AC로 연계하고, 1,000㎿ 초과의 경우는 345㎸ AC 이상 또는 동급 용량의 HVDC 적용을 원칙으로 한다.

발전소 연계는 2회선 이상으로 연결을 원칙으로 하나 발전사업자가 희망하고 계통에 큰 영향이 없을 경우는 1회선 구성도 가능하다.

(3) 주요 송변전 설비 건설사업 계획

(가) 발전소 계통연계

발전소 (사업자)	설비용량 (MW)	위 치	발전소 준공년도	계통연계
신월성#2 (한수원)	1,000	경북 경주	2015	기설선로 활용
신고리#3~#6 (한수원)	1,400 × 4	울산	2016, 2017 2021, 2022	기설선로 활용
태안 IGCC (서부발전)	380	충남 태안	2015	기설선로 활용
당진#9, 10 (동서발전)	1,020 × 2	충남 당진	2015, 2016	기설선로 및 당진T/P~북당진
삼척그린파워#1, #2 (남부발전)	1,022×2	강원 삼척	2016	울진N/P~동해 분기 154㎸ 울진~태백 분기
북평화력#1, 2 (GS 동해전력)	595×2	강원 동해	2016	북평T/P~동해
여수화력#1 (남동발전)	350	전남 여수	2016	기설선로 활용
서울복합#1, 2 (중부발전)	400×2	서울	2017	기설선로 활용
태안#9, 10 (서부발전)	1,050×2	충남 태안	2016	기설선로 활용

발전소 (사업자)	설비용량 (MW)	위 치	발전소 준공년도	계통연계
신보령#1, 2 (중부발전)	1,000×2	충남 보령	2016, 2017	기설선로 활용
GS당진복합#4 (GS EPS)	950	충남 당진	2017	기설선로 활용
장문복합#1, 2 (PMP)	900×2	경기 파주	2017	장문C/C-신덕은
대우포천복합#1 (대우건설)	960	경기 포천	2017	신가평~신포천 분기
영남복합 (남부발전)	470	울산	2017	기설선로 활용
신한울#1~#4 (한수원)	1,400×4	경북 울진	2017, 2018 2022, 2023	기설선로 및 765kV 신한울~신경기
통영복합#1 (통영에코파워)	920	경남 통영	2018	154kV 개폐소 및 3개 선로 분기
제주복합 (중부발전)	200	제주 삼양	2018	기설선로 활용
신평택복합#1 (신평택발전)	951	경기 평택	2019	평택T/P~화성
여주복합#1 (SK E&S)	1,000	경기 여주	2020	여주C/C~곤지암
신서천화력 (중부발전)	1,000	충남 서천	2019	기설선로 활용
고성하이화력#1, 2 (고성그린파워)	1,040×2	경남 고성	2020, 2021	고성하이T/P~의령 고성하이T/P~삼천포T/P
강릉안인화력 #1, 2 (강릉에코파워)	1,040×2	강원 강릉	2019, 202	강릉안인T/P~강원, 동해~양양양수(신양양) 분기
삼척화력#1, 2 (포스파워)	1,050×2	강원 삼척	2021	삼척T/P~신태백
당진에코파워#1, 2 (당진에코파워)	580×2	충남 당진	2021, 2022	기설선로 및 당진T/P~북당진

(나) 주요 송변전설비계획

구분	전압(kV)	송변전 설비계획	사업년도
송전	765	신한울~강원	'21.12
	765	강원~신경기	'21.12
	500	북당진~고덕C/S(1, 2단계)	'18.06, '21.06
	500	새만금 해상풍력 HVDC	'23.12
	345	세종분기	'16.04
	345	신부평2~영서	'16.04
	345	새만금~군산	'16.10
	345	여주C/C~곤지암	'17.03
	345	북당진~신탕정	'17.06
	345	강릉T/P7~강릉T/P3	'17.10
	345	동해~신양양 분기	'17.10
	345	평택T/P~화성	'17.11
	345	동두천C/C~양주	'19.04
	345	삼척화력T/P~신태백	'19.08
	345	광양C/C~신여수	'20.10
	345	서광주분기	'21.04
	345	당진T/P~북당진	'21.06
	345	고덕~서안성	'21.06
	345	신경기~경기	'21.12
	345	신경기~곤지암	'21.12
	345	고성하이T/P~의령	'22.04
변전 (변환)	765	신중부	'17.06
	765	강릉T/P7	'17.10
	765	신경기	'21.12
	500	고덕	'18.06
	345	세종	'16.04
	345	창원	'16.11
	345	신시화	'20.04
	345	서광주	'21.04

※ 345kV 이상, 10km 이상 송전선로 및 신설부지 변전소(변환소) 건설 사업

3. 제7차 전력수급기본계획 의견수렴과정

산업부는 '15.6.8일 제7차 전력수급기본계획(안)을 국회에 제출한 이후, 사업자 설명회(6.9), 공청회(6.18), 산업위 보고(7.2), 에너지소위 보고(7.14)등을 통해 최대한 다양한 의견을 수렴하고자 하였다.

'15.6.18일 개최된 공청회에는 환경단체, 지역주민, 발전사 등 400여명이 참석하여 이해집단별 다양한 의견을 개진하였으며, 공청회 참가신청을 한 모든 단체에 대해서는 예외 없이 참석할 수 있도록 함으로써 최대한 다양한 의견을 수렴했다.

국회보고 과정에서는 산업위 보고 외에도 에너지 소위를 추가로 개최하여 여야가 추천하는 전문가들과 함께 그동안 7차 수급계획과 관련하여 제기되었던 사항들을 논의했다.

공청회·국회보고 과정을 통해 수렴된 의견들에 따라 지난 6월에 국회에 보고한 자료에 추가하여 신재생에너지 확대방안 등을 보완하였으며, 지난 7. 20. 전력정책심의회의 심의를 거쳐 7차 전력수급기본계획을 발표하였다.

제3절 향후 계획

정부는 안정적 전력수급이 이루어질 수 있도록 금번 수립된 전력수급기본계획을 충실히 이행해 나갈 계획이다. 허가받은 발전설비에 대한 건설공정 현황을 주기적으로 점검해 나가는 한편, 수요관리 목표 달성을 위해 관련 사업도 차질없이 추진해 나갈 예정이다.

한편 6차 계획 수립시 건설의향평가제로 인해 사업자 선정 관련 논란이 발행하였고, 건설지연에 대한 제재 등 사후관리를 위한 법적 규제수단이 미흡하다는 지적이 제기되었다. 이에 따라 사업자를 선정하던 건설의향평가제를 폐지하고, 전력수급계획을 전력수급전망, 설비소요량 선정, 전원구성방안에 관한 정책계획 성격으로 전환하였다.

이번 7차 전력수급기본계획부터 건설의향 평가제도가 폐지되고, 허가단계에서 발전사업자를 선정하기로 함에 따라 발전사업 세부 인허가 절차를 보완해 나갈 계획이다.

또한, 발전사업 이행력 제고를 위해서 허가받은 발전설비에 대한 건설공정 현황 점검을 법제화(고시)하고, 시스템을 통해 건설현황을 관리하여 준공지연 리스크를 최소화 하고자 한다.

〈표 1-24〉 연료별 사업준비기간, 발전사업 세부허가기준(고시)

구 분	원자력 수 력	석탄		천연가스	신재생 및 기타 연료
		50만kW 이하	50만kW 초과		
허가~공사계획인가 (착공)	4년	3년	3년	3년	10년의 범위에서 별도 지정
준비기간	10년	7년	8년	6년	

한편, 송변전설비계획 수립 및 제도개선을 통해 송전선로 건설관련 사회적 수용성을 강화하기 위해 송변전 주변지역 보상 및 지원을 확대해 나갈 계획이다.

향후 수요관리 이행력을 강화하기 위해 에너지 가격기능 정상화와 ICT기반의 다양한 수요자원 기술개발 및 고효율 기기보급 촉진을 통

해 시장과 제도에 의한 수요관리체계를 구축하고, 종합적인 대책을 수립·추진하고자 한다.

또한 저탄소 전원강화(신재생, 원전 등), 장기가동 설비의 친환경 대체 등을 통해 온실가스 감축 효과를 극대화 하며, 온실가스 감축을 위한 이행상황 점검을 강화하여 각 사업자들이 수립한 온실가스 감축 계획이 잘 이행되는지 주기적으로 점검해 나갈 계획이다.

03 원자력발전 정책 방향

제1절 기본방향

산업통상자원부 원전산업정책과 사무관 박현종

1. 국민에게 신뢰받는 안전 최우선 원자력발전 정책 추진

2011년 3월 11일 일본에서 발생한 대지진과 쓰나미로 인해 후쿠시마 원전이 제어능력을 상실하면서 수소가스 폭발 및 방사능유출사고가 발생하였다. 사고 초기 동경전력 발표와 달리 원전사고는 계속 악화되고 사고수습이 지연되면서 우리나라를 비롯한 세계 각국의 우려가 확대되었다. 일본 원전사고 발생직후 산업통상자원부는 일본지진으로 인한 국내 피해 최소화와 일본사고 수습 지원을 위해 실물경제대책반을 구성·운영하였으며 이를 통해 붕산, 방사선 방호마스크 등 일본으로부터의 원전사고 수습을 위한 지원요청을 신속히 처리하였다.

이와 함께 국내원전 안전성에 대한 우려가 증대됨에 따라 한수원 자체 안전점검을 실시하였으며 곧이어 원자력안전위원회 주관의 민관합동점검(3.23~4.22)을 통해 국내 전 원전에 대한 안전점검을 실시하였다. 1달여에 걸친 점검결과 "현재까지 조사·연구를 통해 예측된 최대 지진과 해일에 대해서는 국내 원전이 안전하게 설계·운영되고 있음이 확인"하였으며 일본 원전사고를 거울삼아 최악의 자연재해가 발생하더라도 원전이 안전하게 운영될 수 있도록 총 50개의 장단기 안전

개선대책을 발굴하였다. 또한 계속운전중인 고리1호기 정밀점검 결과 역시 안전운전에 문제가 없는 것을 확인하였으며 2012년 2월 국내외의 후쿠시마 교훈을 반영한 추가개선대책 10건을 포함하여 총 60건이 확정되었다. 안전개선 대책은 2015년까지 약 1.1조원 규모의 재원을 투입하여 단계적으로 추진해 나가고 있습니다. 정부는 안정적인 전력공급을 뒷받침하고 국민들이 신뢰할 수 있도록 원전지역 주민과 대화와 협의를 거쳐 안전 최우선의 원전정책을 추진하고 있다. 국내 원전에 대한 안전 투자 확대, 원전비리 근절, 사이버 보안 개선 등을 통해 원전 안전성을 지속 강화해 나갈 계획이다. 또한, 계속운전도 철저한 안전성 검증을 전제로 경제성과 지역수용성 등을 종합적으로 고려하여 추진할 계획이다.

일본 원전사고 이후 세계 각국은 자국의 산업구조, 에너지 확보전략, 에너지 수입가능성 등을 고려한 원전정책 방향을 발표하였다. 예를 들어 미국, 프랑스, 캐나다, 러시아, 남아공, 핀란드 등 대다수 국가들은 기존 원전정책을 유지하겠다는 입장인 반면, 독일, 스위스, 이탈리아, 벨기에 등 일부 유럽국가들은 점진적인 탈원전 또는 단계적 원전폐쇄 입장을 취하고 있다. 이러한 서유럽 일부국가들의 탈원전은 높은 전력예비력, 에너지믹스에서 낮은 원전비중, 그리고 무엇보다도 전 유럽에 걸쳐있는 국가간 전력망을 기초로 한 원활한 전력 수입여건 등을 기초로 하고 있다. 한편 중국, 인도, 브라질 등 신흥 성장국가들은 조심스러운 입장을 유지하면서도 급격히 늘어나는 전력수요를 충당하기 위해 원전 정책의 기조를 유지하고 있다고 볼 수 있다.

우리나라는 원자력 발전은 고유가와 기후변화 대응, 급증하는 전력

수요에 대비한 안정적인 전력공급을 고려할 때 “선택이 아닌 필수”에너지원으로 활용하되, 일본 원전사고를 계기로 국내 원전의 안전성을 한 층 더 강화하고 안전을 최우선으로 원자력발전 정책을 추진해 나갈 계획이다. 한편 우리와 전력 수급여건이 유사한 일본의 경우 2012년 3월 전체 54기 원전을 가동중단 할 정도로 후쿠시마 사고 여파 수습에 총력을 다하면서도, 제조업 기반의 산업구조 등 구조적인 전력수요를 감당하지 못하고 2014년 4월 각료회의에서 원전제로방침을 철회하였으며, 2015년8월 센다이원전 1호기를 시작으로 재가동을 추진하고 있다.

2. 원전 수출산업화의 차질 없는 추진

2009년 12월27일 UAE 원전사업에서 한국의 한전컨소시엄이 세계 경쟁국을 제치고 최종사업자로 선정되었다. 이는 우리나라가 원자력발전 도입 30여년 만에 ‘한국형 원전(APR1400)’ 첫 수출에 성공하게 된 역사적인 사건이었으며, 미국, 프랑스, 러시아, 캐나다, 일본에 이어 세계 6번째 원전수출국으로 도약하게 되었다. 2012년 7월에는 UAE 정부로부터 건설허가를 취득한 이래 2014년 5월 1호기 원자로를 설치하는 등 공정이 적기 추진되고 있다. 이 밖에 청년인력 교류, 서비스 등 건설 외 분야에 대한 협력도 강화되고 있다.

UAE 원전 이후 추가 수주를 위해 원전수출 대상국별 맞춤형 수출전략을 수립하는 한편, 정부와 사업자가 합동으로 협력채널을 구성하여 원전 수출기반을 조성하고 있다. 또한 원전 수출 경쟁력과 안전성을 강화하기 위해 기술개발을 진행하고 있으며, 원전 수출노형의 NRC,

EUR 인증도 추진하고 있다.

향후 세계적인 원전 수출 강국으로 도약하기 위해서는 한국형 원전의 강점을 극대화하고 약점을 보완해야 할 필요가 있다.

첫째, UAE 원전의 차질없는 건설을 통해 한국 원전의 우수성을 대외적으로 보여줄 필요가 있다. 해외 건설중인 원전 중 유일하게 적기 건설중인 원전으로서 원전 발주예상국들의 관심이 매우 높으며 적기 준공을 통해 한국 원전의 경쟁력을 피력할 필요가 있다.

둘째, 원전 건설 계약이 정부간 협의에 의한 수의계약 형태가 보편화됨에 따라 민·관 합동으로 발주예상국과 사전적인 협력 채널을 구축하고, 수주 기반을 조성하는 것이 더욱 중요해졌다. 발주 대상 정부는 물론 현지 원전산업계와의 협력은 향후 원전 수주에 있어 도움이 될 것이다.

셋째, 원전 수주의 주요 요인으로 작용하고 있는 원전 금융 역량 확충을 위해 전부처, 수출금융기관에 대한 관심과 지원이 필요하며 이에 대해 관계기관과 노력할 계획이다.

넷째, 원전 기자재 산업의 해외 진출을 지원하기 위해 별도의 수출 지원책을 지원하는 한편, 수요기업과 중소 기자재 업체 간 상생협력 강화로 대·중소기업의 동반 성장도 추진해 나갈 계획이다.

3. 소통과 협력을 통한 국내 원전 건설·운영 지속 추진

정부는 2014년 1월 에너지 안보, 산업경쟁력, 온실가스 감축 등을 종합적으로 고려하여 2035년 기준으로 원전비중을 29%수준으로 결정

하는 제2차 에너지기본계획을 수립하였다. 이후 2015년 7월 '제7차 전력수급기본계획'을 수립하여 2029년까지 원전비중을 28.2%로 증가할 계획입니다. 이에 따라 현재 운영중인 원전 24기, 건설중인 원전 4기 등과 함께 8기의 원전을 건설할 계획이다.

이를 위해 정부는 첫째, 신규원전 건설·운영과 지역발전을 위해 대타협('14.11)을 이끌어 냈던 울진지역의 성공 사례를 상생협력 강화의 계기로 활용하여, 영덕 등 여타 원전지역 주민 등과도 소통과 협력을 강화해 나갈 것이다. 둘째, 원전지역 주민들이 원전 유치에 따른 경제적 효과를 체감*할 수 있도록, 원전과 연계한 지역경제 활성화 사업 등 원전지역 상생협력·발전을 추진해 나갈 계획이다. 이를 위해 발전소 주변지역 지원사업을 보다 지역주민들에게 직접적인 혜택이 갈 수 있는 방향으로 개선하고 법령 개정 등 필요한 후속조치를 지속적으로 추진해 나가겠습니다. 셋째, 원전에 대한 국민들과 지역주민들의 이해 기반을 보다 확충하기 위해 원전 운영과 관련된 정보를 투명하게 공개하고 원전의 안전한 운영을 위해 각계 전문가, 지역주민, 시민단체 등이 함께 건설적으로 협력해 나가도록 하겠습니다.

4. 지속적인 방사성폐기물의 안전한 관리

방사성폐기물은 방사능 농도와 열 발생률을 기준으로 중·저준위와 고준위폐기물로 구분된다. 중·저준위 폐기물은 원전, 원자력연구원, 방사성동위원소 사용업체 등에서 사용되는 작업복, 휴지, 폐수지 등이 해당되고, 고준위 폐기물은 원자력 발전에 이용된 사용후핵연료 등이

해당된다. 정부는 공모절차를 거쳐 경주에 중·저준위 방사성폐기물 영구처분 시설을 유치하였으며, 2014년 6월 30일 1단계 10만드럼 규모의 중·저준위 방폐장 공사를 완료하고, 12월11일 원자력안전위원회로부터 사용승인을 받았다. 2012년도에는 1단계 건설공사 기간을 2014년 6월까지로 재차 연장한 바 있으나, 국가적으로 안전이 최우선으로 요구되는 시설을 건설하는 데 있어 안전성 확보에 배증의 노력을 더욱 기울이기 위한 조치였다. 한편 사용후핵연료 관리방안을 사회적으로 공론화하기 위한 사전 의견수렴의 일환으로 사용후핵연료 정책포럼을 2011년 11월부터 2012년 8월까지 운영하였다. 동 포럼에는 과학기술계 전문가, 인문사회계 전문가 뿐만 아니라 4개 원전지역(기장군, 경주시, 울주군, 울진군) 시군의회 현역의원들이 직접 참여함으로써, 명실상부한 이해관계자 중심의 의견수렴이 이루어졌다. 8개월 동안의 포럼에서는 총 50차례 이상의 회의 뿐만 아니라 4개 원전 현장조사, 일본 무츠 중간저장시설, 로카쇼무라 복합원자력집적시설 방문조사 등을 통해 사용후핵연료 관리정책 수립을 위한 전문적인 절차와 내용에 이르기까지 심도있는 검토가 이루어졌다. 포럼은 8월말 지식경제부에 그간 논의결과를 정리한 대정부 권고보고서를 제출함으로써 향후 사용후핵연료 공론화를 위한 기초작업을 충실히 수행하였다. 정부는 포럼에서 제출한 대정부 권고사항을 토대로 사용후핵연료 관리대책 추진계획을 마련하여 국무총리 주재 "원자력진흥위원회"에 안건을 상정하였으며, 2012년 12월 의결되었다. 이에 따라 사용후핵연료 관리방안을 마련하기 위하여 사용후핵연료 공론화위원회가 2013년 10월 출범하였다. 공론화위원회는 일반국민, 이해관계자, 각계 전문가

등을 대상으로 각종 토론회, 포럼, 간담회, 설문조사, 공론조사, 온라인 의견수렴 등 다양한 방법으로 사용후핵연료 관리방안 마련을 위한 논의를 진행하였고 이러한 공론화과정을 통해 수렴된 의견을 토대로 작성한 '사용후핵연료 관리에 대한 권고안'을 2015년 6월 29일 정부에 제출하였다. 정부는 '사용후핵연료 관리에 대한 권고안'을 반영하여 사용후핵연료 관리 기본계획을 수립 중에 있다.

제2절 원전의 안전성 확보

산업통상자원부 원전산업관리과 사무관 김혜원

1. 원전설비의 안전관리

원전의 안전성 확보는 매우 중요한 사안으로 모든 면에 있어서 원전 안전이 최우선적으로 고려되고 있다. 그래서 고도의 안전성을 갖추기 위해 건설 및 운영의 전 과정에 걸쳐 보통의 다른 산업시설과는 비교할 수 없는 까다로운 기준을 적용한다.

우선 원전은 발생 가능한 모든 사고를 고려하여 그 원인을 근본적으로 제거하고, 만일의 이상상태가 발생하더라도 이를 미리 감지하여 정상화 하가나 원자로를 정지시키는 등의 조치를 통해 사고로 확대되는 것을 방지하도록 설계된다. 또한 이상상태가 사고로 진전되더라도 방사성물질이 외부로 누출되는 것을 막기 위해 다중방어시스템을 갖추고 있다.

원전의 건설·운영 과정에서는 사업자 자체적인 품질 및 안전관리를

강화하고, 이를 확인·점검하기 위해 규제 전문기관의 안전심사와 정부의 안전점검, 국제원자력기구 등 국제전문기관의 정기점검 등 다중의 안전성 확인제도를 운영하고 있다. 원전에서 발생하는 모든 고장과 사고는 국제원자력기구에서 정한 '원전사고·고장 분류 기준'에 따라 그 등급을 평가하여 국민들에게 투명하게 공개하고 있다.

또한 국내·외 전문기관의 위탁교육 등을 통해 전문인력의 양성에도 주력하고 있다. 특히, 원전의 안전운영에 핵심 역할을 수행하고 있는 운전원들은 모의제어반 훈련을 통해 원전운영과정에서 발생 가능한 여러 가지의 상황에 대처할 수 있는 능력을 함양하고 있다. 아울러 원전의 고장이나 사고의 발생을 원천적으로 봉쇄하기 위해 원전 종사자들이 항시 안전을 먼저 생각하는 안전문화가 뿌리를 내릴 수 있도록 노력하고 있다.

한편, IAEA는 원자력안전협약을 주관하면서 각국에 가동원전에 대한 안전성 향상 및 확인을 위해 포괄적이고 체계적인 안정성평가기법인 주기적안전성평가(PSR : Periodic Safety Review) 도입을 권고하고 있다. 이에 정부는 원자력안전법에 주기적안전성평가 시행근거를 마련하였고, 이와 관련된 시행령과 시행규칙을 정비하여 운영허가일 부터 10년마다 주기적안전성평가를 실시하도록 하였다. 이에 한수원(주)은 2014년 말 기준으로 운영허가 이후 10년이 경과한 16기에 대한 평가를 완료하였다. 또한 1차 평가후 10년이 도래한 고리2호기, 한빛 3·4호기, 고리 3·4호기의 2차 주기적안전성 평가를 완료하였으며, 한빛 1·2호기는 16년도 1월부터 2차 주기적안전성 평가를 착수할 예정이다.

2. 원전주변지역의 환경관리

원전의 환경관리는 원전 건설·운영으로 인해 시설주변지역의 주민과 환경에 미치는 영향을 최소화하는데 그 목적을 두고 관련법령에 제도화하여 시행하고 있다. 이러한 환경관리 활동은 원전건설의 모든 단계부터 운영기간에 걸쳐 이루어지고 있는데, 건설 이전 단계에서는 원전건설에 따른 환경영향을 미리 예측·평가하고 원전주변에 미치는 영향을 최소화하기 위한 방안을 강구하게 하고 있으며, 건설·운영 중에는 환경영향 여부를 지속적으로 조사 확인토록 하고 있다.

원전 운영으로 인한 주변 환경영향 여부를 지속적으로 조사하기 위해 원전으로부터 30km 이내의 주요 지점에 환경방사선과 방사능을 분석하고 있다. 환경방사선 조사는 방사선감시기 등 감시장비를 설치하였고 환경방사능은 환경시료를 주기적으로 채취 분석하고 있다. 특히 인구 밀집지역에는 방사선량률 표시판을 설치하여 주민들이 환경중의 방사선량률을 직접 확인할 수 있도록 하고 있으며, 주기적으로 주민설명회 등을 개최하여 정보를 투명하게 공개하고 있다. 조사결과 원전주변의 방사능은 일반지역과 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있어 원전이 매우 안전하게 운전되고 있음이 확인되고 있다.

일반환경의 경우, 원전에서 배출되는 온배수는 화력발전과 마찬가지로 발전에 사용된 증기를 냉각·응축시켜 다시 물로 바꾸어 주는데 사용된 해수를 말한다. 온배수는 취수할 때보다 수온이 약 7℃ 정도 상승되어 바다로 배출되어 대기 및 주위 해수와 열교환을 통해 수 km 이내에서 자연해수 수온과 같아지며 성분도 일반해수와 동일하게 된다. 온배수는 배수구 인근해역에 서식하는 김, 미역 등 저온성 해조류

에 다소 영향이 있어 이에 대해서는 피해조사를 통해 보상을 하고 있으며, 신규로 건설하는 원전은 기존 표층배수보다 해수온도변화에 영향이 적은 수중배수 등 온배수 영향에 대한 저감방안을 수립하여 시행하고 있다. 아울러 온배수가 난류성 어종에는 긍정적인 효과가 있는 특성을 활용, 온배수를 이용한 어류양식 기술을 개발하여 인근 해역에 방류하는 사업을 실시하고 있으며, 금년부터는 4개 원전지역에 온배수방류지역의 풍부한 어종이 서식하는 것을 활용하여 낙시터를 조성·운영하는 등 원전 주변지역 주민의 소득증대는 물론 온배수의 유용성과 청정성을 인식시키는 등 1석2조의 효과를 거둘 수 있을 것으로 기여하고 있다.

또한, 국내 운용중인 모든 원전에 지역주민이 운용하는 민간환경감시기구가 설치되어, 원전 주변의 환경방사능 및 환경영향을 독립적으로 감시하고 있다. 감시기구의 설치 및 운영에 소요되는 비용은 「발전소주변지역지원에 관한 법률」에 따라 지원하고 있다.

3. 원전 운영의 투명성·안전성 강화

산업통상자원부 원전산업관리과 사무관 김혜원

정부는 원전발전산업의 투명성과 건전성 확보를 위하여 많은 노력을 기울여왔으나, 원전 부품 시험성적서 위조, 납품비리 등 일련의 사건으로 인하여 원전 비리에 대한 심각성 및 원전산업에 대한 국민의 불신과 불안감이 증폭되었다. 이에 정부는 원전의 전반적 품질관리와 정비·운영을 개선하고, 한수원 등 원전공공기관의 운영을 지속적으로

쇄신함으로써 원전의 투명성과 안전성을 강화하여 원전산업의 근본적 체질을 개선하고 혁신하고자 노력하였다.

또한, 국민 신뢰 회복 및 건전한 원전산업 환경 형성을 위한 법적·제도적 기반 마련을 위해 「원전비리 방지를 위한 원자력발전사업자등의 관리·감독에 관한 법률」(약칭: 원전감독법)이 제정 및 공포('14.12.30.)되었으며, 법률은 원전사업자인 한수원 및 원전공공기관의 의무사항과, 원전공공기관에 건설·운영에 필요한 물품·용역·공사 등을 제공하는 협력업체의 위반행위 및 제재조치 사항을 규정하고 있다.

원전공공기관은 법률에 의거하여 구매·계약 관리, 조직·인사 관리, 원전시설 관리 및 국민소통·참여 등 안전·투명 경영의무를 이행해야 하고, 원전공공기관간 공통의 경영목표를 설정하여 상호 협업해야 하며, 원전공공기관 임직원은 재산등록, 퇴직자 취업제한 등 윤리의무가 부과된다. 원전공공기관의 협력업체에 대해서도 뇌물공여, 성능문서 위·변조 등 제반 위반행위에 대해 입찰제한, 과징금, 벌칙이 부과된다.

〈「원전감독법」상 원전공공기관 의무 주요내용 및 주요 행위제한 사항〉

원전공공기관 의무	주 요 내 용
1. 구매·계약 관리	수의계약 최소화, 위법·부당행위 협력업체 제재, 구매·계약 정보 투명 공개 등
2. 조직·인사 관리	주기적 조직 건전성 진단·개선, 중장기 인력수급계획 수립 등
3. 원전시설 관리	정비과정 투명성 확보, 정비업체 감독강화, 원전시설 중장기 투자계획 수립 등
4. 국민 소통·참여	건설·운영 관련 정보공개, 주민참여제도 운영

구분	법률상 행위제한	벌 칙
원전공공기관 임직원	○임원 및 대통령령으로 정하는 직원에 대해 재산등록·취업제한 적용	공직자윤리법 준용(2년이하 징역 또는 2천만원 이하 벌금 등)
	○사익·특혜 목적의 부당한 정보제공 금지	5년이하 징역 또는 5천만원 이하 벌금 등
	○영리업무 겸직, 관련 협력체 투자 금지	징계의결 요구 의무화
	○형법상 공무원 의제 및 뇌물죄 등 가중처벌	형법의 1/2까지 가중처벌
협력업체	○뇌물수뢰, 서류 위변조, 퇴직자 고용, 부정한 정보 취득·이용 금지 등	① 형벌(징역, 벌금) ② 과징금 ③ 원전공공기관 입찰제한

원전공공기관은 법률상 의무준수를 위한 운영계획 등을 산업통상자원부에 제출하고, 산업통상자원부는 원전공공기관의 법률상 의무 이행 여부를 관리·감독하며 의무이행이 미흡할 경우에는 시정·개선조치를 요구하게 된다.

원전감독법은 '15.7.1일 시행되며, 산업통상자원부는 법률의 원활한 시행을 위하여 시행령 등 하위법령을 차질 없이 추진·이행할 계획이다.

제3절 원전산업의 경쟁력 강화

산업통상자원부 원전산업정책과 사무관 김학배

1. 원전기술 자립 추진

우리나라 첫 원전사업으로 1970년대에 발주한 고리 1,2호기와 월성 1호기는 설계, 제작, 건설, 시운전에 이르기까지 모든 권한과 책임을

외국회사에 위임하는 일괄도급 건설방식을 채택하여 기술축적이나 국산화 실적이 극히 미진하였다.

이로 인해 원전의 운영과정에서도 일일이 외국의 기술진에 의존하여 운정 및 정비과정에서 많은 시간과 외화를 들여야 하는 비효율성이 나타나는 등의 어려움을 겪게 되었다.

이에 정부는 1984년 7월 원전의 경제성 제고 및 에너지 자립기반을 확립하기 위하여 "원전건설 기술자립 계획"을 수립하고, 영광 3,4호기가 준공되는 1995년까지 95%의 기술자립 목표를 설정하였다. 1987년 발주한 영광 3,4호기 건설사업은 국내업체를 주계약자로 선정하고 각 업체가 전문분야별로 역할을 분담하고 유기적인 협력 체제를 구축하여 외국으로부터 기술도입을 통한 원전기술의 국산화를 추진하였으며, 동 원전이 준공된 1995년말에는 당초 목표대로 95%의 기술자립을 달성하였다.

한편, 원전기술 자립과 병행하여 국내 실정에 맞는 표준원전을 설계·건설하기 위한 원전 표준화사업이 추진되었다. 국내 표준원전의 개념은 영광 3,4호기를 참조모델로 선정하여 기존 원전의 건설·운영 경험 및 해외 신기술개발 사례를 반영하고 이를 토대로 울진 3,4호기 사업을 추진함으로써, 우리나라 실정에 맞는 표준원전 설계를 완성하고, 이후 후속 원전은 표준설계를 그대로 적용·건설하여 안전성과 경제성을 지속적으로 향상시켜 나가는 것이다. 당시 사업주체인 한전과 전력그룹사는 1995년말 발전소 전 계통에 대한 표준 설계요건 및 표준 상세설계를 완료하였고, 1999년 준공된 울진 3,4호기 건설을 통해 표준화를 완성하였다.

이로써 국내 원자력산업계는 한국표준형원전의 설계·건설능력을 확보하였고 이를 바탕으로 영광 5,6호기 및 울진 5,6호기를 그대로 복제건설하여 운영중에 있다. 또한 신고리 1,2호기와 신월성 1,2호기도 경제성이 향상된 개량형 한국표준형원전으로 건설 및 운영중에 있다.

또한, 한국표준형원전에 이어 이보다 더 안전성, 경제성 및 발전용량이 향상된 APR1400을 2002년 개발 완료하고 이를 적용하여 신고리 3,4호기 및 신울진 1,2호기를 건설중에 있으며, 중동지역에서 최초로 추진되는 UAE 원전사업에서 2009년 12월27일 한국의 한전컨소시엄이 APR1400 첫 수출에 성공하였다.

2. 원전 안전성 강화 기술개발의 추진

2011년 3월에 발생한 일본 후쿠시마 원전 사고는 원자력 역사에서 중요한 이정표로 기록되고 있으며, 이로 인해 원자력 안전의 중요성이 전세계적으로 강조되고 있다. 정부는 후쿠시마 사고 직후 전 발전소에 대한 안전점검을 실시하는 한편, 기존의 안전성에 더하여 설계초과지진 및 쓰나미 등 국내에서 발생하기 어려운 자연재해와 같이 극한 상황하에서도 사고가 나지 않도록 안전관리를 강화하고 있다. 이를 위해 1조원 이상의 안전성 강화 비용을 투입하여 설비보강 및 관련 기술개발을 추진 중에 있다.

또한, 언론을 통해 보도된 원전비리 사건에 대하여도 철저한 검찰조사를 통하여 비리의 근원을 찾아 일벌백계하는 한편 발전소 부품의 전수조사를 통하여 만일의 하나라도 발생할 수 있는 사고요인을 제거해 나가

고 있다. 원전부품 및 기자재 인증체계의 문제점을 해결하기 위해 정부 주도하에 원전부품/설비 인증지원체제를 구축하는 사업이 2014년에 시작되어 2019년까지 원전 부품·설비의 인검증 정보지원시스템, 인검증 기술교육 프로그램을 개발하고 검증체계를 개선할 예정이다.

이와 같이 후쿠시마 원전 사고가 전세계 원전산업 전반에 지대한 영향을 미치고 있는 상황에 이어 국내 원전비리 문제가 불거지면서 원전 안전성 향상을 위한 기술개발이 중요한 이슈로 대두되고 있다. 이에 따라 산업부에서는 제1차 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)에 따른 핵심기술 자립 이후 세계 최고 수준의 원전기술 확보를 위한 방향을 정립하기 위해서 제2차 원전기술발전방안(Nu-Tech 2030)을 수립하고 있다.

향후 정부는 원전의 안전성을 최우선 과제로 정책을 수립·추진해 나갈 계획이며, 원전에 대한 국민 신뢰회복을 위해 노력해 나갈 계획이다.

3. 원전산업의 경쟁력 제고

원자력발전 부문은 국내 발전량의 30~40% 가량을 차지할 뿐만 아니라 기저부하로서의 안정적인 전력공급에 주요한 역할을 담당하고 있다.

그러나, 원자력발전은 환경단체의 반대가 심하고 장기간에 걸쳐 막대한 투자가 소요되는 특성으로 인해 앞으로의 전력경쟁시장에서 원자력발전이 현재와 같이 안정적 전력수급에 기여하기 위해서는 경쟁력 확보가 중요한 과제가 되고 있다.

한편, 국내 원자력발전소 기술이 그간의 자립노력으로 현재 95% 자

립수준에 이르고 있다고는 하나, 아직 대외적인 기술우위를 확보하지는 못한 상태이다. 더구나 WTO 체제 출범으로 원자력발전소 기자재 공급과 시공분야가 1997년부터 이미 개방되었고, 설계엔지니어링과 원전연료 부문은 머지않아 개방이 불가피할 것으로 예상되고 있어 원전산업의 대외 경쟁력 확보도 시급한 실정이다.

또한 세계적으로 웨스팅하우스(WH), AREVA 등 일부 선진 원전공급사가 기술을 독점, 새로운 핵심기술을 특허출원하여 후발 국가의 세계시장 진출을 저해함에 따라 이에 대한 핵심기술 확보 전략을 수립하여 치열한 글로벌 경쟁체제에 적극적으로 대비할 필요가 있다.

정부는 이와 같은 원전 기술개발 환경변화를 반영하여 2015년까지의 원자력발전 중장기 연구개발 로드맵을 제시하고, 중점 추진사업 및 기술을 도출하여 성과중심 및 목표지향적인 기술개발로 2015년 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하였고, 원전 수출 제약요인의 조기 해소를 위해 사업 목표를 2012년까지 조기달성하기 위한 주요 핵심사업의 기간단축 및 사업범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어 Nu-Tech 2015를 개정한 "원전수출산업화를 위한 원전기술 발전 방안(Nu-Tech 2012)"를 수립하여 성공리에 완료하였다.

제4절 원전기술개발의 체계적 추진

산업통상자원부 원전산업정책과 사무관 김학배

1. 제1차 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012) 추진내용

80년대 후반부터 원전기술자립을 추진하여 한빛원전 3,4호기를 준공하면서 95%의 자립율을 달성하였고, 이후 한국의 실정에 맞게 개선하여 한울원전 3,4호기를 필두로 한국표준형원전을 개발하여 건설하기 시작하였다.

이후 계속적인 전력수요 증가에 따른 국내 신규원전 수요와 중국, 인도 등 개도국을 중심으로 한 세계시장의 원전증가에 대비하여 새로운 원전기술 개발을 중점 추진할 필요성이 대두되었다.

이를 위해 정부는 당초 2015년까지 계획했던 Nu-Tech 2015를 3년 앞당겨 Nu-Tech 2012로 변경하고 원전 설계핵심코드, MMIS, 원자로냉각재펌프(RCP) 등 3대 핵심기술 개발과 1,500MWe 급의 토종 원전인 APR+원전의 표준설계 개발에 박차를 가하게 되었다.

원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)는 포트폴리오 기술개발에 대한 분야별 주도사업 및 중점기술을 선정하여 중점 추진하되, 선택과 집중을 위하여 국가전략과제(Top-down)를 80%이상 점유토록 유지하여 추진하였으며. 현장애로기술 충족을 위한 기술개발 등은 수요자 중심(Bottom-up) 및 원전 관련사의 자체 연구개발로 추진하여 원전기술 개발의 균형을 유지하도록 하였다.

또한, 연구개발성과의 활용도 제고 및 시너지 효과의 극대화를 위하

여 산·학·연 협력체계를 강화하며, 공동(협력)연구를 확대 추진하고, 연구개발주체들의 명확한 역할분담과 긴밀한 협력체계의 구축을 위하여 네트워크형 사업수행 및 과제별 특성에 따라 역할을 차별화하였다.

기획 단계부터 원자력 전문기관별 확보기술 및 기술역량 등을 고려하여 산·학·연 간의 역할분담 명확화를 통한 체계적인 기술개발을 추진하였다. 또한, 원천기술 분야의 전략적 제휴가 가능한 국제공동연구 추진 등 축적된 기술역량을 적극 활용하여 기술개발의 기반을 마련하였다. 성과중심의 포트폴리오에 대한 단계별 성과목표를 대상으로 주도사업 기준의 성과를 분석하여 추진목표 달성을 제고할 것이며, 1('07~'09), 2('10~'12) 단계별 완료시점에서 중점기술 개발에 대한 주기적 검토·조정을 하여 사업에 차질이 없도록 하였다.

그 결과, 2012년 말에 3대 미자립 핵심기술을 확보하고, 토종원전인 APR+설계기술을 개발하였고 2014년 8월 규제기관으로 부터 표준설계인가를 취득하였으며, 13년 이후 동 사업의 실증시험, 사업화 및 인허가 등을 추진 중이다. 개발한 기술들은 이러한 절차를 거쳐 신규로 건설되는 원전에 적용해 나갈 계획이다.

2. 제2차 원전기술발전방안(Nu-Tech 2030) 수립 추진

일본 후쿠시마 원전 사고 이전에는 원전 기술개발의 방향은 안전규제를 벗어나지 않는 범위 내에서 경제성 향상을 위주로 추진되었으나, 최근에는 원전의 안전성에 대한 국민의 관심도가 집중되면서 경제성보다는 원전 안전성 향상을 위한 기술개발의 중요성이 부각되고 있다.

이에 따라, 일본 후쿠시마 사고의 원인 분석 및 결과를 반영하여 원전 안전성 향상 기술개발을 지속적으로 추진해나갈 계획이며, Nu-Tech 2012에 따른 핵심기술 자립 이후 세계 최고 수준의 원전기술 확보를 위한 방향을 정립하기 위해 제2차 원전기술발전방안(Nu-Tech 2030)을 수립하고 있다.

Nu-Tech 2030에는 국정과제, 에너지기본계획, 에너지기술개발계획, 전력수급기본계획 등의 산업부 원전 정책 방향뿐만 아니라 원자력진흥종합계획, 원자력안전연구개발계획 등과 연계한 안전 최우선 원전산업의 발전방안을 수록할 예정이다.

제5절 원자력발전소 주변지역 지원제도

산업통상자원부 원전산업정책과 사무관 김종범

1. 개 요

발전소 건설·운영에 대한 주변지역 주민수용성 제고를 위한 지원사업의 효율적 시행 및 전력사업에 대한 국민의 이해를 제고하여 전원개발을 촉진하고 발전소의 원활한 운영을 도모하며 지역발전에 기여하고자 1989년 「발전소주변지역 지원에 관한 법률」을 제정, 1990년부터 지원사업을 시행하고 있다.

2005년 관련법령의 개정으로 지원금 산정기준이 설비용량에서 발전량으로 변경되었으며 원자력 발전소주변지역의 경우에는 발전사업자가 자기자금으로 지역지원사업을 시행할 수 있는 법적 근거가 마련

됨으로써 지원금이 대폭 증가하게 되었다.

최근에는 2011년 지원금과 주변지역 범위 확대 등 외형위주의 지원 확대 보다는 지자체 자율성 확대 및 평가제도 강화 등의 제도 개선을 통해 수용성 개선을 추진하는 방향으로 관련법령을 개정하였다.

또한, 원자력 발전사업자는 사업자지원사업에 의한 지역지원사업 외에 지방세법 개정('05.12)으로 지역자원시설세(목적세)를 납부하여 지역발전에 기여하고 있다.

2. 지원사업의 종류 및 지원내용 등

전력산업기반기금으로 지원되는 지원사업의 종류는 기본지원사업, 특별지원사업, 홍보사업 및 기타 지원사업으로 구분할 수 있다.

기본지원사업은 발전소주변지역을 대상으로 소득증대사업, 공공시설사업, 육영사업, 사회복지사업, 주민복지지원사업, 기업유치지원사업 및 전기요금보조사업 등을 지자체 또는 발전사업자가 시행하며, 지원금은 '전전년도 발전량(kWh) × 발전원별 지원금 단가(원/kWh) + 설비용량(MW) × 발전원별 설비용량 단가(만원/MW)'로 산정하여 발전소 건설·가동기간 동안 사업을 시행할 수 있다.

특별지원사업은 발전소 건설기간 중 주변지역이 속하는 지자체(시·군·구) 지역을 대상으로 기본지원사업의 세부내용을 고려하여 사업을 시행하며, 지원금의 규모는 건설비(부지구입비 제외)의 1.5%(자율유치 시는 0.5% 가산)으로 산정하여 사업을 시행할 수 있다.

대국민 홍보사업은 한국원자력문화재단이 원자력관련 전력사업에

대한 대국민 이해를 증진하기 위해 시행하는 사업으로서 지원금의 규모는 주변지역지원사업심의위원회의 심의를 거쳐 산업통상자원부 장관이 정한다.

기타지원사업은 원자력발전소 주변지역에 대한 환경 및 방사선안전 등에 관한 감시를 위한 민간환경감시기구의 설치 및 운영에 대한 지원사업 등을 위해 시행하는 사업으로서 지원금의 규모는 기본지원사업에 대한 연간 지원금의 10% 범위 내에서 주변지역지원사업심의위원회의 심의를 거쳐 산업통상자원부 장관이 정한다.

발전사업자 자기자금에 의한 사업자지원사업은 원자력발전소의 경우 주변지역을 대상으로 교육·장학지원사업, 지역경제협력사업, 주변환경개선사업, 지역복지사업, 지역문화진흥 사업 등을 발전사업자가 지역위원회와 협의하여 시행하며, 지원금 규모는 전전년도 발전량(kWh)×0.25(원/kWh)으로 산정한 금액 범위 내에서 사업을 시행할 수 있다.

〈표 1-28〉 기본지원사업과 사업자지원사업의 비교

구 분	기본지원사업	사업자지원사업
사업 성격	○ 주변지역의 개발과 주민의 복리 증진을 위하여 정부기금으로 시행하는 지원사업	○ 원자력·수력발전사업자의 자기자금에 의한 지역지원사업
재원 부담	○ 전력산업기반기금	○ 한국수력원자력(주) 자체예산
사업시행자	○ 지자체의 장(원전의 경우, 전기요금보조사업은 발전사업자)	○ 발전사업자
지원사업의 종 류	○ 공공·사회복지사업, 소득증대사업, 육영사업, 전기요금보조사업, 주민복지지원사업, 기업유치지원사업, 그밖의지원사업	○ 교육·장학지원사업, 지역경제협력사업, 주변환경개선사업, 지역복지사업, 지역문화진흥사업, 그 밖의 사업자지원사업

구 분	기본지원사업	사업자지원사업
지원 범위	○ 주변지역(원전의 경우, 전기요금보조사업을 제외한 지원사업은 지원금의 50% 이내를 주변지역 관할 시·군·구의 당해 주변 지역 외의 지역에 시행 가능)	○ 주변지역(원전의 경우, 사업자 지원금의 30% 이내를 주변지역 외의 지역에 시행 가능)
지 원 금 산정방법	○ 전전년도 발전량(kWh) × 발전원별 지원금 단가(원/kWh) + 설비용량(MW) × 발전원별 설비용량 단가(만원/MW)	○ 원자력 : 전전년도 발전량(kWh) × 0.25(원/kWh) ○ 수력 : 설비용량 1천킬로와트당 500만원 ○ 양수 : 설비용량 1천킬로와트당 50만원
시행 기간	○ 발전소 건설·가동기간 (전원개발사업 촉진을 위해 필요하다고 인정하는 경우, 건설준비 기간에도 시행 가능)	○ 발전소 건설·가동기간

〈표 1-29〉 최근 원자력발전소 주변지역 지원규모

(단위 : 백만원)

관련법령 및 재원		사업종류	'13년도 지원규모	'14년도 지원규모						'15년도 지원계획
				고 리	영 광	월 성	울 진	천 지	계	
발전소 주변 지역 지원에 관한 법률	전력산업기반기금	기본지원사업	54,186	14,528	11,064	9,034	14,420	–	49,046	44,418
		특별지원사업	0	–	–	–	–	26,000	26,000	12,000
		홍보사업	7,650	–	–	–	–	–	5,677	5,393
		기타지원사업	3,283	1326	606	513	620	–	3,065	2,911
		소 계	65,119	15,854	11,670	9,547	15,040	26,000	83,788	64,722
	발전사업자 자기자금	사업자 지원사업	54,186	14,528	11,064	9,034	14,420	–	49,046	44,418
지방세법		지역자원시설세	69,392	21,003	22,637	12,398	22,163	–	78,201	163,492
총 계			188,697	51,385	45,371	30,979	51,623	26,000	211,035	264,123

3. 지원사업 추진절차

차년도 지원금규모 산정 (산업통상자원부, 관리전담기관)	발전원별, 전전년도 발전량을 기준하여 총 지원금 규모 산정 (영 제27조)
⇩	
지원사업계획수립지침 통보 (산업통상자원부 → 사업시행자)	지원사업 선정기준 등을 규정한 지침을 작성하여 중앙심의 위원회 심의를 거쳐 사업시행자에게 통보 (영 제17조 제2항)
⇩	
지원사업계획서 제출 (사업시행자 → 산업통상자원부)	사업계획을 작성하여 지역심의위원회의 심의를 거쳐 관리전담 기관을 경유하여 산업통상자원부에 제출 (영 제17조 제3항)
⇩	
지원사업계획서 심의·확정 (산업통상자원부)	사업시행자별 지원사업계획을 검토·조정하고 중앙심의위원회 심의 (영 제4조, 영 제17조 제4항)
⇩	
지원사업계획 확정 통보 (산업통상자원부→사업시행자)	중앙심의위원회에서 심의한 지원사업계획을 사업시행자에 통보 (영 제17조 제5항)
⇩	
지원금 교부 (시행자→산업통상자원부→시행자)	사업시행자의 신청에 따라 지원금 교부 (영 제26조)
⇩	
사 업 시 행 (사업시행자)	사업시행자별 지원사업 시행
⇩	
지원사업 결산 (사업시행자→관리전담기관 →산업통상자원부)	사업시행자가 지원사업 결산보고서를 관리전담 기관을 경유하여 산업통상자원부에 제출, 중앙심의 위원회에서 결산 심의

4. 지원제도 개선실적 및 계획

2005년 발전소주변지역지원에관한법률 개정에 따라 2006년부터 지원금이 대폭 상향되고 발전소 운영기간 중에는 안정적으로 지원금을 지원받을 수 있게 되었으며 사업시행자의 재량권이 대폭 확대되었다.

2007년과 2008년에는 원자력발전소의 주변지역에 대한 민간환경감시기구 운영의 효율성 제고를 위하여 합리적 지원기준과 명확한 업무범위를 정하고, 2009년부터 운영할 경주시의 방폐장 유치지역 민간환경감시기구를 이미 구성된 월성원전민간환경감시센터와 통합 운영함으로써 행정의 효율성을 제고하고 재정의 낭비 요인을 최소화할 수 있도록 민간환경감시기구 운영지침을 개정하였다. 2012년에는 민간환경감시기구의 감시범위를 고장 등 원전운영(원자력안전위원회 고시 2012-85호 제4조(보고대상) 별표 보고대상 사건)에까지 확대하는 등의 민간환경감시기구의 역할을 강화하는 방향으로 운영지침을 개정중에 있다하였다.

그리고 2011년에는 의원발의 법률개정(안), 지자체 등이 제기한 민원사항, 국회 등 외부기관이 지적한 사항 등에 대한 개선방안을 포함한 발전소주변지역지원에관한법률 일부개정법률(안)이 본회의에서 통과되어 2012.1.1부터 시행되었는바, 개정안의 주요 내용은 조력발전소 주변지역의 범위를 시행령에서 정의할 수 있는 근거를 마련하고, 법률에 규정된 기본지원사업의 사업내용을 시행령으로 이관하여 지원사업을 탄력적으로 운영할 수 있게 하였고, 지원금 관리로 발생하는 이자를 이월 사용할 수 있게 하였으며, 지원사업의 시행결과에 대한 평가를 실시하고 그 결과에 따라 지원금을 증액 또는 감액할 수 있도록

하였으며, 발전사업자의 공사·용역 등 계약 체결시 발전소 소재지 기업을 우대할 수 있는 근거를 마련하여 지역발전에 기여할 수 있도록 하였다.

또한 2015년에서 주변지역지원사업심의지역위원회의 투명성 제고를 위한 국민권익위원회의 개선권고사항을 반영하여 심의지역위원 과반수 이상을 학계, 시민단체, 연구기관 등 민간 전문가로 위촉하고, 지역 위원의 연임 횟수를 1회로 제한하여 장기간 연임으로 인한 부당한 영향력 행사나 이해관계자 유착을 방지하였으며, 사업자지원사업 추진과정의 투명성 확보를 위해 이이재 의원이 발의한 '발주법' 개정안 공포('15.2.3)에 따른 후속대책으로 인터넷 홈페이지 공개대상 기준을 마련하고, 사업자지원사업을 시행할 수 있는 발전소에 양수발전소 포함하였으며, 기본지원사업 중 주민복지지원사업에 주민건강진단비, 정보·통신비의 일부를 지원하는 사업을 포함하여 주민을 직접 지원할 수 있는 사업을 확대함으로써 발전소의 건설 및 운영에 대한 지역주민의 수용성을 높이도록 하였다.

시행령 개정에 이어 하위 규정인 시행요령을 국회, 국민익위 등 대외기관의 지적·권고사항을 반영하여 장학금 등 보조금 부정수급방지대책 마련 및 주민만족도 제고를 위한 제도개선 방향으로 개정중에 있다.

아울러 2007년부터 지자체 및 발전사업자 관계자들과 함께 워크샵을 개최하여 지원사업의 우수사례 발표를 통해 사업자간 벤치마킹을 유도하고, 사업 추진상 문제점을 개선 발굴함으로써 사업의 성공적 추진방안을 모색하고 있다.

제6절 국민이해 확보

산업통상자원부 원전산업관리과 사무관 윤삼희

1. 원자력발전 여건 변화

최근 세계 원자력산업 환경은 새로운 변화의 국면을 맞이하고 있다. 2011년 3월 후쿠시마 원전 사고 이후 원자력 안전에 대한 우려의 목소리가 커지면서 일부 원전 운영국가들이 원전 가동을 중단하거나 폐기를 결정하게 되고, 셰일가스와 신재생에너지가 각광을 받으면서 원전 산업에 부정적인 영향을 미치고 있다.

세계 원전 보유국들은 원전 운영에 있어 무엇보다 안전성 확보를 최우선시하고 중대사고 예방을 위한 원전 안전성을 점검에 주력한다는 공통적인 입장을 보이고 있지만 정책방향은 각국의 에너지 상황, 이산화탄소 감축방안, 경제 및 정치적 상황 등에 따라 서로 다른 양상을 보이고 있다.

유럽을 중심으로 소수의 일부 선진국들이 탈 원전에 가담하고 있는 가운데 아시아, 동유럽 지역의 개발도상국은 상대적으로 원전을 선호하고 있다. 아시아 및 동유럽 국가들에게 있어 원전사고의 위험보다는 원전의 저렴한 전력 생산 단가를 더 큰 이점으로 생각하고 있는 것이다. 특히 브릭스(BRICs ; 브라질, 러시아, 인도, 중국)를 중심으로 원전 수요가 증가하고 있다.

셰일가스가 몰고온 세계 에너지시장의 기류 변화도 각국의 원전 정책 변화에 영향을 미치고 있다. 미국이 주도하고 있는 셰일가스 개발

붐은 원자력발전의 가격 경쟁력을 떨어뜨리고 있으며, 원전 안전성에 대한 우려가 끊이지 않는 만큼 셰일가스 개발에 대한 관심도 높아질 것으로 전망된다.

하지만 화석연료 사용에 따른 온실가스 배출 문제는 여전히 세계 각국의 에너지 이용 정책의 주요 이슈이며, 2005년에 발효된 기후변화협약은 화석연료 사용의 제한, 신재생에너지에 대한 관심 고조 및 기술개발에 대한 투자를 가속시킬 것으로 보인다. 세계 각국은 지속적으로 지구온난화의 주범으로 지목받고 있는 이산화탄소의 배출을 줄이면서 지구환경에 친화적인 성장을 계속해 나가기 위한 노력을 기울이고 있다.

특히, 新기후변화 체제(Post-2020) 출범을 앞두고 국제사회는 기후변화 대응 노력을 강화하고 있으며 원자력발전은 이와 같은 세계 에너지환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 에너지 옵션의 하나로 그 중요성이 부각되고 있다. 후쿠시마 원전사고 이후 세계 각국은 자국의 에너지정책, 정치상황에 따라 원전정책 유지 또는 재검토 등 상이한 입장을 보이고 있으나, 전력수급 여건, 대체에너지 부족, 기후변화 대응 등을 감안할 때 원자력은 여전히 유용한 에너지원으로 장기적으로 세계원전 트랜드는 유지될 것으로 보인다.

우리나라의 에너지 이용환경은 과거에도 그랬고 지금도 매우 열악한 실정이다. 부존자원이 거의 없는 자원 빈국에다 이산화탄소 배출량 증가율은 OECD 국가중 1위를 차지할 만큼 고탄소형 산업구조를 지니고 있다. 안정적인 에너지수급은 물론 저탄소 에너지 이용에 대한 필요성이 더욱 크다고 하겠다.

우리나라의 원자력은 1978년 고리원전 1호기가 최초로 상업운전을 시작한 이래 2014년에는 전체 전력공급의 30.2%를 담당하는 주공급원으로 우리 경제의 석유의존도 및 에너지 수입 부담을 완화하고 값싼 전기를 안정적으로 공급하는데 크게 기여해 왔다.

이러한 원자력의 성과에도 불구하고 많은 국민들은 아직도 원자력에 대한 정확한 이해가 부족하고, 원자력발전에 대한 막연한 두려움을 가지고 있다. 특히 일본 후쿠시마 원전사고 이후로 원전 안전성에 대한 국민들의 불안감은 더욱 높아졌다.

원자력에 대한 국민들의 이해부족은 원자력발전 도입초기에 정부와 원자력발전사업자가 관련 자료의 공개 등 국민이해를 돕기 위한 적극적인 조치를 취하지 않은 데도 그 원인이 있다고 할 수 있다.

원전 도입후 37년이 지난 지금 국민적 합의는 원자력발전사업의 추진에 있어서 가장 중요한 요소가 되고 있다. 이러한 변화는 비단 우리나라에만 국한된 문제는 아니며, 원자력 선진국에서도 이미 경험하였거나 겪고 있는 문제들이다. 그럼에도 원자력발전사업을 추진하는 데 있어 우리나라가 선진국에 비해 더 큰 어려움을 겪고 있는 것은 국가적 사업추진이라는 당위성에 안주하여 국민적 신뢰를 얻는데 소홀했던 것에 그 원인이 있다고 할 수 있다.

중장기적인 관점에서 미래지향적 에너지 정책의 기본방향을 제시할 최상위 국가에너지 전략인 제2차 에너지기본계획(2013년~2035년)을 작년 '14년 1월 수립하였다. 수립된 제2차 에너지기본계획에 따르면, 1차 계획시 전체 전력량의 41%까지 높이기로 했던 원전 비중을 2035년까지 29%로 유지하는 것으로 결정되었다. 원전의 현재 비중이 22%

선임을 감안하면 원전 기수의 급격한 축소나 가동중지는 비현실적이라는 것을 보여준다.

우리나라처럼 에너지 자원이 부족한 국가에서 원자력만한 대안을 찾기란 쉽지 않다. 신재생에너지의 개발속도가 더딘 점을 감안하면 석탄과 액화천연가스(LNG)가 원전의 유력한 대체재인데 모두 수입해야 하기에 무역수지에 미치는 악영향이 크다. 또한 화력은 온실가스 배출의 주범이란 점도 문제로 지적된다.

원자력을 포함해 우리나라 실정에 맞는 적정 에너지믹스 구성에 대한 국민적 공감대를 형성하기 위해서는 국민과의 원활한 소통을 통한 신뢰회복이 필요하다. 특히 우리나라는 사용후핵연료를 어떻게 처리할 것인가에 대한 문제를 현안과제로 안고 있다. 원자력발전소 건설은 물론 향후 사용후핵연료 관리를 국민적 공감 아래 원활히 추진하기 위해서는 국민과의 소통 확대를 통해 신뢰를 확보하는 것이 무엇보다 중요하다 하겠다.

2. 국민과의 소통 확대를 통한 신뢰 회복

지난 몇 년 간 원자력계의 핵심 화두는 '소통을 통한 신뢰 회복'이었다. 국내외의 원자력 관련 사건 사고로 국민들의 불신과 불안감이 확대된 상황에서 안정적인 전력수급을 위한 원자력의 역할과 필요성을 국민들이 이해할 수 있도록 전달하고 국민들이 궁금해하고 불안해하는 것을 적시해 해소시키기 위해서는 국민과의 소통창구를 보다 넓게 열어놓을 필요가 있다.

일반적으로 국민들은 자극적이고 부정적인 반핵 주장에 아무런 여과장치 없이 노출되어 있다. 원자력발전에 대한 부정확하고 부정적인 자료들이 충분한 검증 없이 유포됨으로써 일반 국민들은 원자력에 대한 막연한 두려움을 갖게 되고, 결국 원자력발전에 대한 국민적 합의 도출을 어렵게 하는 부정적인 요인으로 작용하게 되는 것이다.

따라서 일상생활에서 원자력이 차지하는 비중과 역할을 알려 주고 원자력에 대한 기본적인 지식을 전달하여 특정 사안에 대해 정확하게 판단할 수 있도록 하기위한 노력이 필요하다. 이를 위해 국민들을 대상으로 에너지원에 대한 정확한 정보제공 및 교육을 통해 원자력에 대한 올바른 이해를 돕고 있으며, 원자력 홍보의 객관성·중립성 강화를 위해 지속적으로 노력하고 있다. 기존의 홍보가 일방적인 홍보라면 지금은 국민 의견수렴과 소통 강화를 통한 양방향성 홍보를 위해 노력하고 있다.

직접적인 이해당사자로서 원자력발전사업에 대해 많은 관심을 가지고 있고 있는 원전주변지역 주민에게는 직접 접촉을 통하여 거리감을 좁히고 유대를 강화하며 안전성에 대한 확신을 심어 주는 데 초점을 두고 있다.

우선 원전에 대한 불안감을 없애기 위하여 원전종사자와 지역주민에 대한 역학조사를 주기적으로 실시하고 있으며, 원자력발전소에서의 방사능물질의 누출여부를 확인하기 위하여 환경방사선감시기와 열형광선량계를 원전주변에 설치하여 주민들이 직접 감시하도록 하고 있다.

또한 원전주변 환경조사를 주민대표, 지방대학, 원전사업자가 공동으로 수행하여 발표하고, 민간환경감시기구의 역할을 확대하는 등 원

자력발전소의 운영 실태를 주민들이 직접 감시할 수 있도록 함으로써 원자력발전에 대한 거부감을 해소해 나가고 있다.

한편, 원자력발전소 소재지 순회 의료봉사, 자매결연 및 급식지원, 불우청소년 돕기, 독거노인 지원, 복지단체 후원 등 다양한 지원사업을 적극 펼치고 있다. 앞으로도 이러한 사업들을 지속적으로 확대할 계획이며 원자력산업 관련자의 참여를 유도할 계획이다.

3. '개방, 공유, 소통, 협력'의 원자력 홍보 전개

원자력 홍보는 원자력에 대한 부정적 선입견과 왜곡되고 편향된 주장, 위험성에 대한 과장된 정보 등 일반국민이 갖고 있는 잘못된 인식을 바로 잡고, 원자력발전이 국가경제발전의 원동력이 되고 국민생활 편익을 제공하는 유익한 에너지원이라는 것을 알림으로써 원자력발전사업이 국민적 합의하에 원활히 추진될 수 있도록 하는 국민이해기반 조성에 그 목적이 있다.

이를 위해서는 원자력발전소의 건설계획 수립과 건설 및 운영 등 전 과정을 투명하게 공개하고 여론을 적극적으로 수렴하는 등 국민적 이해를 바탕으로 원자력발전사업을 추진할 수 있는 기틀을 조성해야 한다.

특히 정보화, 분권화 등 변화하는 시대 상황에 적극 부응하여 인터넷 등 새로운 정보매체를 적극 활용함으로써 일반국민 및 지역주민과의 쌍방향 커뮤니케이션이 원활히 이루어질 수 있도록 지속적으로 관심과 노력을 기울여 나가야 할 것이다. 이는 곧 개방, 공유, 소통, 협력을 모토로 하는 정부 3.0 정책에 부응하는 원자력홍보의 새로운 패러

다임으로 이어질 것이다.

또한 자라나는 차세대에 대한 원자력·에너지 교육의 각별한 주의를 기울여야 한다. 학생층의 원자력에 대한 인식은 성인의 절반수준에도 미치지 못하는 수준이며, 원자력에 대한 신뢰는 단기간에 확보될 수 있는 것이 아니라 장기간에 걸친 이해교육을 통해 이루어질 수 있다는 점에서, 미래의 에너지 사용의 주요 소비자가 될 차세대와의 적극적인 의사소통 노력은 매우 중요하며, 이를 통해 원자력에 대한 불신으로 야기되는 사회적 비용을 줄여나갈 수 있을 것이다.

이러한 목표를 달성하기 위해서 정부는 사업자, 연구소 등 관련기관과의 긴밀한 협조체제를 유지하는 한편, IAEA 등 국제기관과의 협력을 통하여 원자력홍보의 선진화에 주력할 계획이다. 또한 원자력홍보 전문기관의 육성 및 인력의 양성, 새로운 홍보기법의 개발, 정보·자료의 조사·분석 등을 통하여 원자력홍보가 보다 체계적이고 과학적으로 이루어지도록 할 것이다.

지속적인 경제성장과 국민복지 향상을 위해서는 에너지의 안정적인 확보가 뒷받침되어야 한다. 특히 발전단가가 상대적으로 저렴하여 전력공급의 안정화를 위해 필수적인 국가 에너지자원으로 자리하고 있는 원자력발전에 대한 국민적 이해기반 확충과 국민 신뢰회복이 그 어느 때보다 필요한 시점이다.

원자력발전사업이 국민적 합의 아래 원활히 추진되어 '국민행복, 희망의 새시대'를 열어갈 수 있도록 국민과 함께 하는 다양한 원자력 홍보사업 추진에 최선의 노력을 기울일 것이다.

제7절 원전연료 확보

산업통상자원부 원전산업관리과 서기관 고재강

1. 개 요

가. 원전연료란?

화력발전소를 가동하기 위해서 석유나 석탄이 필요한 것처럼 원전을 운영하기 위해서도 원전연료가 필요하다. 원전연료로 이용되는 천연우라늄은 우라늄－238이 99.3%, 우라늄－235가 0.7%로 구성되어 있다. 중수로용 원전연료는 천연우라늄을 그대로 사용하지만, 경수로용 원전연료는 우라늄－235의 함량을 2~5%로 높인 저농축우라늄을 사용한다. 우라늄－235 1g은 석유 9드럼, 석탄 3톤에 해당하는 열에너지를 생산할 수 있으므로 소량의 원전연료를 원자로에 장전하여 약 3~4년 동안 많은 열을 발생시킬 수 있다. 원전연료는 화석연료에 비해 환경오염이 없는 환경친화형 에너지원이면서도 연료비가 저렴한 특성을 지니고 있다. 한국표준형 경수로용 원전연료 집합체 1다발이 생산할 수 있는 전력량은 약 1억7천만kWh로 약 6만 가구가 1년간 쓸 수 있는 양에 해당된다.

나. 원전연료 사용주기(cycle)

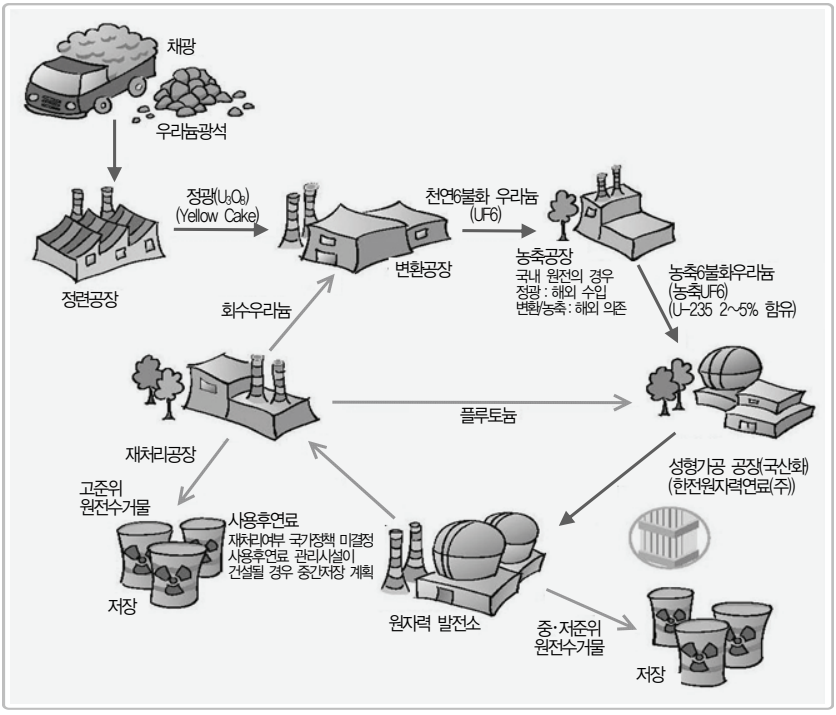
현재 충북 괴산, 옥천지역에 매장되어 있는 우라늄235의 함유량은 0.04%밖에 되지 않고 경제성이 없다. 따라서 원석을 정련시킨 우라늄 정광을 외국에서 구입하고 구입된 우라늄 정광의 변환 및 농축까지를 해외에 위탁하여 수행한 후, 이 우라늄을 국내에 들여와 손톱만한 크

기의 세라믹 형태(UO_2)인 소결체로 만든다. 그 다음, 이 세라믹 형태의 소결체 300여개를 특수한 금속튜브에 넣고 밀봉하여 연료봉을 만들고, 다시 연료봉 200여개를 튼튼한 금속 구조물에 고정시켜 완제품 형태의 원전연료집합체를 만든다. 원자력발전소의 원자로 안에서는 이 원전연료 집합체 (1,000MW 원전의 경우 177다발)가 핵분열 연쇄반응을 하여 열을 낸다.

원전연료는 한번 연소후 폐기하는 것이 아니라 재처리과정을 통해 다시 사용할 수 있기 때문에 앞으로 수천년간 사용이 가능한 무한에너지라고 할 수 있다.

이처럼 원전연료는 화석연료와는 달리 정련, 변환, 농축, 성형가공 등 여러 단계의 공정을 거쳐 만들어지며, 설계단계에서부터 안전성을 최우선으로 고려하여 제작되는데 우리나라는 연간 약 5,000톤U_3O_8의 우라늄 (정광기준)을 사용한다.

원자로에 장전된 연료는 경수로의 경우 3~5년, 중수로의 경우 1년 동안 연소되며, 사용후연료는 장기간 저장 후 직접 처분하거나 미연소된 우라늄 또는 플루토늄을 회수하여 재활용할 수도 있다. 우리나라는 한미원자력협력협정 및 한반도 비핵화 선언('91)에 따라 국내에 민감시설인 농축 및 재처리시설 보유에 제한이 있어, 우라늄 정광에서부터 변환(Conversion), 농축(Enrichment)까지를 해외에서 구매하고 있으며, 성형가공(Fabrication) 분야에서는 1980년대 이후 에너지 안보와 원전연료 주기 기술 확보를 위해 많은 노력을 기울인 결과, 현재는 소요량 전량을 국내 (한전원자력연료(주))에서 자체기술로 성형 가공하여 발전소에 공급하고 있다.



〈그림 1-8〉 원전연료 주기도

2. 원전연료 확보

가. 시장동향

(1) 세계우라늄 매장량 및 수급

세계의 우라늄은 2012년 세계 원전사용량(6.2만톤U, 정광) 기준으로 확인 및 추정물량을 합쳐 약 247년 분에 해당하는 1,533만톤U 정도가 매장되어 있으나 실제 생산량은 소요량에 미치지 못하여 부족분을 각국 정광생산자·전력사·정부 보유 재고우라늄과 일부국가의 핵무기

해체 고농축 우라늄의 희석 공급량 등 2차 공급원으로 충당하여 전 세계 우라늄 수요·공급이 균형을 유지하고 있다.

(2) 시장가격

세계 우라늄 시장가격은 1970년대말 제2차 석유파동을 계기로 원자력발전소의 경제성에 대한 국제적 관심이 고조되어 우라늄 정광이 파운드당 40달러를 상회하였으나, 이후 세계적인 원자력산업의 침체와 러시아산 우라늄의 방매, 미·러 핵탄두 해체협정(1993~2013)에 따른 고농축 우라늄 희석분 시장유입 등으로 시장가격은 1980년대 중반부터 2002년 말까지 전반적으로 하향 안정세를 유지하였다. 그러나, 세계 재고 우라늄 감소, 호주와 캐나다 일부 우라늄 광산에서의 생산중단 사고 및 미국 달러화 약세, 고유가 지속, 일부 헷지펀드의 시장교란 등의 여파로 2003년부터 시장가격이 상승세로 전환되어 2007년 6월에는 파운드당 136달러까지 상승한 바 있다. 그 이후 세계적 금융위기에 따른 자원가격 동반 하락, 온실가스 감축과 관련한 원전 출력증강/수명연장/신규건설에 따른 수요증가, 2010년 발표한 중국의 원전확대계획과 대규모 장기계약체결 등으로 우라늄 가격은 파운드당 40달러에서 73달러까지 등락을 거듭하다, 2011년 3월 후쿠시마 원전사고 이후 수요가 감소함에 따라 2015년 8월 현재 36달러 수준을 형성하고 있다.

한편, 우라늄 농축시장은 1970년대까지는 미국이 독점하였으나 1980년대 초 유럽지역에서 공급원이 새롭게 등장하여 경쟁체제로 바뀌었다. 1990년대 초부터 러시아의 서방세계 시장 진출 및 1995년 이후 러시아 핵무기 해체 희석우라늄의 서방세계 시장 유입으로 농축가

격이 하락하였으며, 2000년대에 들어서면서 미국의 유럽지역 경쟁사에 대한 덤핑제소, 미국 농축공장 가동중단 사태 및 신규농축시설 건설의 불확실성에 의한 수급 불안으로 가격이 상승하였으나, 2010년 이후 장기적 수급안정 전망과 일본 후쿠시마 사고로 인한 수요감소로 지속적인 하락세를 보이며 2015년 8월 현재 70달러/SWU 수준으로 하향 안정세를 유지하고 있다.

〈표 1-30〉 우라늄정광 현물시장 가격추이

(단위 : US$/lb$U_3O_8$)

연도	'76	'80	'84	'88	'92	'96	'00	'04	'07.6	'08	'12	'13	'14	'15.8
가격	41.0	27.0	15.3	14.6	8.6	15.6	8.2	18.6	136.0	61.8	48.5	38.2	33.3	36.0

나. 원전연료 확보

원전연료는 효율적·경제적·안정적 조달, 기술개발을 통한 안전성 확보를 기본목표로 각 제조과정(정광, 변환, 농축, 성형가공)별로 구분하여 확보하고 있다. 발전소별 소요물량 및 소요시기를 고려하여 적절한 양의 정광을 구입하고 이를 해외에서 변환, 농축 공정을 거친 후 들여와 국내에서 성형가공 공정을 거쳐 발전소에 공급하고 있으며, 국제자원 파동이나 연료 수급 과정상의 문제발생 등에 대비하여 적정물량을 비축하고 있다.

원전연료의 장기 안정적 확보와 경제적 조달을 위하여 우라늄 정광과 농축계약은 5~10년 정도의 중장기계약을 위주로 하되, 국제상황의 변화에 대처하기 위하여 공급선을 다원화하는 한편, 계약의 최적조건 확보를 위하여 경쟁입찰 구매를 실시하고 있으며, 우라늄 정광의 경우

적정규모의 현물시장 구입을 병행하고 있다. 변환계약 역시 경쟁입찰 구매를 실시하고 있으며, 유럽과 미주지역에 위치한 변환시설을 고려해서 별도 지리적 다원화 전략도 추구하고 있다.

지금까지 세계 원전연료 시장은 특별한 장애 없이 상당한 공급의 신뢰 아래 가동되어 왔다. 그렇지만 국제 원전연료의 수급체계는 점증하고 있는 자원 민족주의의 경향, 핵 비확산과 관련하여 국제정치에 민감한 원전연료 자체의 특성 및 이로 인한 상업적 거래관계의 미묘한 변화 가능성이 상존하고 있어 향후 우라늄 시장의 관행적 공급 신뢰성도 비우호적으로 변화될 가능성을 배제할 수는 없다.

따라서 정부는 앞으로 '국산연료의 품질향상과 국제경쟁력 제고를 위한 시설확충 및 장·단기적 기술개발 정책'을 지속 추진하는 한편으로, 미국·캐나다·아프리카 등의 '해외 우라늄광산 개발 참여를 통한 자주개발율의 제고', '해외 우라늄 농축 또는 변환사의 지분 확보' 등을 추진하여 장기적이고 안정적인 원전연료 공급원 확보를 위한 노력을 다해 나갈 것이다.

제8절 방사성폐기물 관리

산업통상자원부 원전환경과 사무관 임철성

1. 개요

원자력은 우리나라 전력공급의 약 28.4%를 담당하며 안정적이고 저렴한 전력 공급을 위한 기반을 제공하는 장점을 가지고 있으나, '원자

력 발전'에 따라 불가피하게 발생하는 방사성폐기물의 안전한 처분 필요성도 대두되었다.

지난 1986년부터 수차례 진행되어 온 방사성폐기물 관리시설 부지선정 추진은 활성단층 발견(굴업도) 등 부지안전성 문제와 지역 주민의 반발 등으로 곤란을 겪었으며, 이후에도 '지자체 자율유치' 방침에 따라 전북 부안지역이 신청하였으나 홍보 미흡 등으로 부지선정에 실패하게 되었다.

2005년 들어 '중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역 지원에 관한 특별법'을 제정하고 특별법에 따른 처분시설에는 사용후핵연료를 제외한 중·저준위방사성폐기물 만을 반입하며 유치지역에는 3천억원의 특별지원금, 반입수수료, 한국수력원자력(주)의 본사 이전 등을 제도적으로 보장하고, 이외에 양성자가속기 사업도 유치지역에 추진되도록 하는 등 획기적인 정책전환을 하였다.

그 결과 경주, 군산, 포항, 영덕 등 4개 지역에서 유치신청을 하게 되었고 2005년 11월 2일 주민투표를 통해 경주지역이 중·저준위방사성폐기물 처분시설(이하 중·저준위 방폐장) 부지로 최종 선정되었으며 2014년 6월 30일 1단계 10만드럼 규모의 중·저준위 방폐장 공사를 완료하고, 2014년 12월11일 원자력안전위원회로부터 사용승인을 받았다.

2. 방사성폐기물 관리현황

방사성폐기물이란 방사성 핵종의 농도가 규정치 이상 함유되어 있는 물질로서 폐기의 대상이 되는 것을 말하며, 이러한 방사성폐기물은

인체에 유해한 방사선을 방출하기 때문에 다른 산업폐기물 보다 안전한 관리가 필요하다. 따라서 원자력발전소를 운영하는 여러 나라에서는 방사성폐기물을 안전하게 관리하기 위한 제도 및 감독체계를 구축하여 철저하게 관리·감독하고 있다.

방사성폐기물은 각 나라의 정책 및 환경여건에 따라 서로 다른 분류체계를 갖추고 있는데 우리나라의 경우 "방사선방호 등에 관한 기준"(원자력안전위원회고시 제2013-49호)에 따라 반감기 20년 이상의 α선 방출핵종으로서 방사능 농도가 4000Bq/g 이상이고 열 발생률이 2kW/㎥ 이상인 폐기물을 고준위폐기물, 그 밖의 폐기물을 중·저준위 방사성폐기물로 분류하고 있다. 일반적으로 원자력발전소의 운영 중에 사용했던 작업복, 장갑, 덧신, 폐부품 등과 방사성동위원소를 이용하는 산업체, 병원, 연구기관 등에서 발생하는 동위원소폐기물 등이 중·저준위 방사성폐기물에 속한다.

국내의 방사성폐기물 관리현황('15년 6월 기준)을 살펴보면, 중·저준위 방사성폐기물의 경우 원자력발전소 운영 중에 발생한 폐기물이 총 94,149드럼(200리터 기준)으로 발전소 부지내 임시저장시설에서 관리되고 있으며, 한국원자력환경공단은 5,032드럼을 한울 및 월성원자력발전소와 노원구 폐아스콘 등을 인수하여 인수저장건물에 저장·관리하고 있고, 방사성동위원소 이용기관에서 발생된 동위원소폐기물은 총 3,214드럼(200리터 기준)으로 공단이 방사성폐기물발생자로부터 인수하여 대전 원자력연구원 구내의 저장시설에 관리하고 있다. 또한 한국원자력연구원에서 20,675드럼(200리터 기준), 한전원자력연료에서 7,516드럼을 자체 저장시설에서 관리하고 있다.

사용후핵연료의 경우 경수로(고리, 영광, 울진)와 중수로(월성) 두 종류의 원자로에서 각각 형태가 다른 사용후핵연료가 발생하는데, 2014년말 현재 누적 발생량은 총 407,323다발[1]로 발전소별로 특수 설계된 철근콘크리트 구조물 형태의 습식저장시설 또는 건식저장시설에서 안전하게 저장 관리되고 있다. 사용후핵연료는 2004년 12월 개최된 제253차 원자력위원회의 의결에 따라 각 원전별로 저장능력을 확충하여 2016년까지 원전부지 내에서 안전하게 저장할 계획이다.

3. 중·저준위방사성폐기물 처분시설 건설

방사성폐기물 관리는 수집 및 분류, 처리, 운반, 저장, 처분의 단계로 구분되며, 최종 단계인 처분(disposal)은 방사성폐기물이 인간에게 유해를 끼치지 않을 때까지 인간의 생활권으로부터 영구히 격리시키는 것을 말한다. 대부분의 원자력 선진국에서는 이러한 처분시설을 오래전부터 운영 중에 있으며 우리나라도 지난 2005년 11월 주민투표를 통해 경주시에 중·저준위 방사성폐기물 처분시설을 건설하기로 결정하였다. 이후 산업통상자원부(당시 산업자원부)는 전원개발촉진법에 따라 환경부 등 10개 관계부처 협의와 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2006년 1월 2일 경주시 양북면 봉길리 일대 약 210만㎡를 80만 드럼 규모의 중·저준위 방폐장 건설을 위한 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하였다.

방폐장 처분방식 선정을 위해 2006년 4월부터 6월까지 전문가, 지

1) 8다발은 한국원자력연구원에 이송·보관 중임

자체, 지역주민대표 등이 참여하는 '처분방식선정위원회'를 구성·운영하였다. 동 위원회에서는 처분방식에 따른 안전성, 경제성, 주민수용성, 환경성 등에 대한 검토와 외국 사례 조사를 통해 동굴처분방식을 권고하였고, 한수원(주)은 이를 수용하여 2006년 6월 28일, 1단계 10만 드럼 규모의 중·저준위 방폐장을 동굴방식으로 건설키로 하였다.

또한, 한수원(주)은 2006년 초부터 방폐장 부지에 대하여 환경영향평가, 부지특성조사, 방사선환경영향평가, 문화재조사 등 인허가에 필요한 조사와 개념설계에 착수하는 등 본격적인 건설 준비를 시작하여 2007년 1월 11일에 산업통상자원부(당시 산업자원부)에 전원개발사업 실시계획 승인 신청을 하였고, 1월 15일에는 원자력안전위원회(당시 과학기술부)에 방폐장 건설·운영 인허가를 신청하였다. 이에 산업통상자원부는 전원개발사업추진위원회의 심의·의결을 거쳐 2007년 7월 12일 전원개발사업 실시계획을 승인하였다.

한수원(주)은 실시계획 승인에 따라 부지정지공사에 착수하고 처분시설 건설을 위한 준비와 더불어 방폐장의 운영에 대비하여 방폐장 부지 안에 편입된 국도 31호선의 이설사업과 항만개조 및 전용선박 건조 등의 부대사업을 추진하는 한편 2007년 11월 9일 경주 방폐장 현장에서 착공행사를 개최하였다.

2008년 7월 원자력안전위원회(당시 과학기술부)에서 방폐장 건설에 대한 인·허가가 완료됨에 따라 8월 1일부터 주설비공사를 시작하였다. 2008년 9월 지상지원건물 최초콘크리트 타설에 이어 2009년 6월에는 지상지원시설 우선사용을 위해 필수적인 인수저장건물 등 6개동을 완료하였으며, 이후 공단은 2010년 12월 20일 지상지원시설 9개동

전체를 완공하여 경주시로부터 사용승인을 받고, 2010년 12월 24일 최초로 울진원자력발전소 임시저장시설에 보관중인 1,000드럼을 인수하였다. 또한 운영동굴, 건설동굴, 사일로 등으로 구성된 지하처분시설은 2010년 9월 운영동굴 굴착을 마치고 사일로와 이어지는 하역동굴 굴착에 이어 2011년 2월 방폐장 핵심시설인 사일로 굴착을 착수하였다. 2012년 9월 1~6번 사일로 굴착을 완료하였고 동굴굴착 표면강화 작업인 라이닝 작업을 2013년 11월 완료하여 사일로 축조를 완료한 후 2014년 6월 공사를 최종 완료하였다.

당초 한수원(주)이 2010년 6월까지 준공할 예정이었으나 2009년 6월 1차 공기연장 이후 사업여건 변화에 신속하게 대처하고 지역사회 신뢰성 확보 등을 위해 2010년 1월에 방폐장 1단계 건설사업을 한수원(주)에서 공단으로 이관되었다.

중·저준위 방폐장 공기연장은 2009년 6월 1일 무리한 공기 설정과 진입동굴의 암반등급 저하에 따라 당초 공기인 2010년 6월 30일에서 2012년 12월 31일로 30개월 1차 연장하였으며, 2012년 1월 13일 사일로 암반등급 저하 및 지하수 과다 발생에 따른 보강을 위해 목표공기를 2014년 6월로 18개월 2차 연장하였다. 두차례의 공기연장으로 인한 중·저준위 방폐장 안전성 논란을 해소코자, 1차 연장 시 정부주관으로 공기연장 진상조사에 이어 2009년 11월부터 5개월간 국내전문가로 구성된 '안전성검증조사단'의 정밀조사가 있었으며, 그 결과 안전성에 문제가 없음이 입증되었다. 하지만, 2차 공기연장으로 인한 안전성 우려를 불식시키고자 경주시의회의 요청으로 2012년 4월부터 9월까지 국외전문가로 하여금 안전성 점검을 진행하여 안전성에 문제가 없음

을 재확인 하였다.

중·저준위 방폐장은 2004년 12월 제253차 원자력위원회의 심의·의결에 따라 80만 드럼 까지 단계별로 건설할 계획이며, 건설 완료된 1단계 처분시설은 10만 드럼 규모의 동굴처분 시설이고, 이와 별도로 공단은 12.5만 드럼 규모의 표층처분 시설인 2단계 건설을 위한 시행계획을 수립하여 2011년 11월 23일 산업통상자원부(당시 지식경제부)의 승인을 받아 추진 중에 있다. 현재 2단계 처분시설 건설을 위한 각종 조사와 평가 용역, 설계를 진행 중에 있으며 향후 부지정지공사를 착수하여 2단계 표층처분 시설을 2019년 12월까지 준공할 계획이다.

4. 사용후핵연료 관리

사용후핵연료 관리는 2004년 12월 제253차 원자력위원회에서 중·저준위 방폐장을 우선 건설하고, 중간저장시설 건설을 포함한 사용후핵연료의 관리방안은 국가정책방향, 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하기로 의결하였다.

이러한 원자력위원회의 의결에 따라 국가에너지委 산하 '갈등관리전문위원회'는 2007년 2월 공론화 준비에 착수하였다. 2007년 4월에는 갈등관리전문위원 일부 및 외부전문가로 구성된 '사용후핵연료 공론화 TFT'를 구성하고 영국·캐나다 등 해외의 공론화 사례 연구와 20여 차례의 회의를 개최하였으며, 2007년 12월에는 "사용후핵연료 공론화 설명회"를 개최하고 원자력 연구계, 관련 업계, 언론 등 120여

명이 참가하는 공론화에 대한 의견 수렴의 기회를 마련하였다.

그 결과 동 TFT는 공론화에 대한 권고 보고서를 2008년 4월에 작성하여 정부에 제출하였고, 권고보고서를 바탕으로 공론화 추진계획에 대해 2008년 9월에 갈등관리전문위원회에 보고하였다.

2009년 12월에는 "방사성폐기물관리법" 개정을 통해 공론화 추진을 위한 법적근거를 마련하였으며, 동년 12월부터 약 21개월간 원자력학회, 방사성폐기물학회 등이 참여하는 연구 용역을 통해 국내·외 관리정책 및 기술개발 현황 등을 과학·기술적으로 분석하고 전문가들의 의견을 수렴하여 각 원전 내 임시저장시설의 포화시점 연장방안 등 사용후핵연료의 단기, 중기, 장기 관리대안을 마련하였다.

또한, 2011년 11월부터 2012년 8월까지 연구 용역에서 도출된 사용후핵연료 관리대안에 대한 검증과 공론화 추진 방안에 대한 의견 수렴을 위하여 원전지역대표, 과학기술계, 인문사회계 및 시민사회단체 등의 전문가 및 이해관계자들이 참여하는 '사용후핵연료 정책포럼'을 운영하였다. 동 포럼에서는 사용후핵연료 관리방안과 공로화 방향에 대한 총 14개 권고사항이 포함된 '사용후핵연료 관리정책 수립과 공론화를 위한 권고'보고서를 정부에 제출하였다.

정부는 포럼에서 제출한 대정부 권고보고서를 토대로 사용후핵연료 관리방침을 마련하여 2012년 11월 제2차 원자력진흥위원회(위원장 : 총리)에서 의결하였다.

이에 따라, 2013년 1월부터 약 9개월간 원전지역, 민간단체, 국회, 전문가 등과 50여회 이상의 설명 및 간담회·토론회 등의 의견수렴을 통해 10월30일 공론화위원회를 출범시켰다.

사용후핵연료 공론화위원회는 2013년 10월부터 공론화 실행계획 및 마스터플랜에 따라 다양한 의견 수렴 프로그램을 운영하고 있으며, 원전소재 주민, 전문가, 시민사회단체, 일반시민이 공론화에 참여하여 의견을 개진하였다.

사용후핵연료 공론화위원회는 공론화 의견을 반영하여 '사용후핵연료 관리에 대한 권고안'을 2015년 6월 29일 정부에 제출하였고 정부는 '사용후핵연료 관리에 대한 권고안'을 반영하여 사용후핵연료 관리 기본계획을 수립 중에 있다.

5. 유치지역 지원계획 수립 및 추진

중·저준위 방폐장 유치지역으로 선정된 경주시에는 "중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법(이하 특별법)"에 의거 유치지역지원위원회가 심의·확정('07.4)한 유치지역지원 계획에 따른 특별지원사업(4개)과 일반지원사업(55개)으로 구분되며 다양한 지원사업이 추진되고 있어 향후 경주지역의 발전과 주민 생활향상에 크게 기여할 것으로 기대되고 있다.

경주시에 지원되는 유치지역지원 특별지원 사업은 특별지원금 3,000억원, 폐기물 반입수수료, 원자력발전사업자 본사이전, 양성자가속기사업 등이다. 특별지원금은 경주시와 협의를 통해 2006년 5월 9일 1,500억원을 경주시 명의의 기탁계정에 지급하였고, 2010년 12월 24일 방폐물 반입시 1,500억원을 추가로 지원하여 지원이 완료되었다.

원자력발전사업자인 한수원(주)의 본사이전은 2006년 12월 29일

경주시 양북면 장항리를 이전 부지로 선정하고, 2009.5월 부지매입을 완료 하였으나, 경주시의 도심권이전 논란으로 갈등끝에 최근 경주시가 한수원본사 도심권 재배치 주장을 철회('12.2.7)하고 한수원본사 조기이전을 요구해 옴에 따라 한수원(주)은 2015년 12월까지 본사사옥을 준공하고, 2016년 3월까지 본사 전직원(약 1,100명)이 이전할 계획이다.

방폐물 반입에 따른 지원수수료의 경우 방폐장 운영시점부터 폐기물의 반입량에 연동하여 드럼당 637,500원의 수수료가 경주지역에 지원되며 2015년까지 반입분에 대하여 62억원이 발생하였으며, 양성자가속기 사업의 경우, 2006년 2월 28일 경주시가 건천읍 일대를 사업부지로 선정하고 원자력연구원(당시 원자력연구소)와 협약을 체결('06.3.30)하여 사업에 착수하여 정부사업인 가속기 장치 및 필수시설은 2012년 구축을 완료했으며 2016년 12월 종합준공 할 계획이다.

또한 특별법에 따라 산업통상자원부장관(당시 산업자원부장관)은 '유치지역지원계획'을 수립하기 위해 2006년 6월 30일 경주시로부터 118개 사업에 대한 유치지역 지원요청서를 접수 받아 관계부처의 검토와 2007년 3월 30일 '유치지역지원실무위원회'의 검토조정을 거쳐, 2007년 4월 18일 국무총리 주재의 '유치지역지원위원회'에서 경주시 요청사업 중 지원 사업 55개와 장기검토 7개 사업에 대한 지원계획(안)을 심의·확정하였다.

이에 따라 지원사업 55개에 대한 소관 사업별 관계부처가 2007년 6월 29일 세부 시행계획 수립을 완료하고 동 사업을 추진 중이며, 2014년 말 현재 55개 사업 총 지원예산 3조 2,253억원[2] 중 1조 7,165

억원(약 53%)이 지원되었으며, 28개 사업이 완료되어 지역경제 활성화에 기여하고 있다.

6. 방사성폐기물 관리제도 개선 추진

국회, 감사원 및 일부 시민단체 등에서 원자력발전사업자가 방사성폐기물 관리사업을 담당하면서 발생할 수 있는 폐기물 관리의 투명성 문제와 원전사후처리비용 재원관리의 투명성 및 유동성 확보 문제를 제기하며 전담기구 설립과 충당금의 기금화 등을 주장하면서 이를 제도적으로 보장하기 위한 법제화를 요구해왔다.

특히 감사원은 2006년 4월에 감사결과를 통보하면서 방사성폐기물 관리사업은 국가가 직접 수행하거나 발전사업자와 독립된 법인이 담당할 것, 원전사후처리비용은 원전사업자 및 관리사업자와는 별도기관이 기금형태로 관리할 것, 고준위 방폐장 부지선정의 공정한 기준과 절차를 법제화 할 것 등을 요구하기도 하였다.

살펴보면 방사성폐기물 관리를 위한 법체계가 유치지역지원 중심의 특별법, 안전규제 중심의 원자력법(現 원자력안전법), 사업관리 중심의 전기사업법 등에 관련 규정이 분산되어 있어 법률간 유기적 연계성과 일관성이 부족한 측면이 있었다.

이에 방사성폐기물 관리체제의 종합적인 개선을 위해 2006년 하반기부터 가칭 "방사성폐기물관리법" 제정을 위한 작업에 착수함과 동시에 2006년 10월에는 법제정 등을 위한 실무적 차원의 준비 및 지원을

2) 국비 27,276억원, 지방비 3,130억원, 민자 1,847억원

위해 “방사성폐기물관리 제도개선 준비사무국”을 설치하고 박차를 가하였다.

법안 마련 및 검토 등 일련의 과정을 거쳐 2007년 9월 국회에 제출된 “방사성폐기물관리법(이하 방폐물관리법)”은 2008년 2월 26일 본회의 의결을 거쳐 2008년 3월 28일 공포되었다.

동 방폐물관리법은 본문 7장 45조, 부칙 8조로 되어 있으며, 방사성폐기물관리기본계획의 수립(제6조), 방사성폐기물 관리비용(제14조), 사용후핵연료관리 부담금(제15조), 방사성폐기물관리 전담기관의 설립(제18조~제27조) 및 방사성폐기물관리기금의 설치・운용(제28조~제31조) 등을 주요 내용으로 하고 있다.

제 2 편

원자력발전소 운영 및 건설

제1장 원자력발전의 역할
제2장 원자력발전소 운영
제3장 원자력발전소 건설
제4장 원자력발전소의 주요 운전현황
제5장 원자력발전소 영구정지

01 원자력발전의 역할

한국수력원자력(주) 홍보실 홍보계획팀장 유연상

제1절 원자력의 도입

원자력 에너지의 평화적 이용은 1953년 미국의 아이젠하워(드와이트 D. Eisenhower) 대통령이 국제연합 총회에서 핵물질의 저장과 보호 및 핵물질의 평화적 사용을 목적으로 하는 국제기구의 창설을 제안함으로써 시작되었다. 파괴력 강한 무기인 원자폭탄을 산업의 원동력인 평화적 에너지로 이용할 것을 주장한 것이다. 이에 따라 1956년 국제연합회원국 80개국이 국제원자력기구(IAEA : International Atomic Energy Agency)의 설립헌장에 조인했고, 이듬해인 1957년 7월 29일 헌장 발효로 IAEA가 발족했다. 그리고 두 달 뒤인 같은 해 10월 1일 국제원자력기구 본부가 설치된 오스트리아 빈에서 제1회 총회가 열렸다.

우리나라의 원자력 역사는 1955년 8월 8일 제네바에서 열린 국제원자력평화회의에 3명의 과학자가 참가하면서 원자력의 싹이 움트기 시작했다. 이후 원자력의 평화적 이용에 대한 우리나라의 활동은 미국과의 긴밀한 협력 속에서 진행되었으며, 1956년 2월 한·미 원자력협력협정이 공식적으로 체결되었다. 1957년 IAEA가 본격 출범하자 그 해 8월 8일 IAEA 헌장에 서명하고 협약 체결과 동시에 회원국으로 가입하였다. 1956년 3월 9일 대통령령에 의해 원자력 연구개발 및 이용을

위한 행정부서로 원자력과가 신설되었다. 이어서 1958년 3월 원자력법이 공포되었으며, 1959년 1월 원자력원이 정식 발족함으로써 원자력의 이용·개발에 필요한 체제를 갖추었다. 또한, 1959년 3월 원자력 연구개발을 위한 전문 연구기관으로 원자력연구소가 발족되어 1962년 3월 최초의 연구용 원자로인 TRIGA Mark-Ⅱ를 가동시켜 기초연구와 동위원소 생산 등의 연구가 본격적으로 이루어졌다.

1970년대에 들어 세계적인 석유파동으로 원자력의 중요성이 크게 부각되기 시작하였다. 이러한 주변 환경에서 1971년 3월 19일 고리원자력 1호기가 착공된 것을 비롯하여 모두 5기의 신규원전에 대한 건설허가를 취득하였다. 한전은 사업초기 전적으로 외국에 의존할 수밖에 없었던 원자력발전 기술의 자립을 위해 한국원자력연구소와 공동으로 제2연구용원자로 TRIGA Mark-Ⅲ를 도입하였으며, 한국원자력기술주식회사, 한전보수공단, 한국핵연료개발공단을 설립하여 원자력 사업구조를 세분화·전문화시켰다.

1980년대 국내 원자력계는 새로운 도약기를 맞았다. 원자력발전소가 속속 준공되면서 우리나라 전력공급의 중추적인 역할을 원자력이 담당하게 되었으며, 원전연료 국산화, 원자력발전 운영 및 건설기술의 자립을 위한 틀을 갖추었다. 또한 정부는 원자력안전을 확보하기 위해 한국원자력연구소 내에 원자력안전센터를 설립하였으며, 1989년에는 이를 한국원자력안전기술원으로 독립법인화하면서 안전규제의 독립성을 확보하였다.

1990년대에 들어서면서 원자력발전은 새로운 도전에 직면하였다. 다수의 신규원전을 준공하며 성장을 지속해 나갔지만, 정치·사회적인

민주화에 따라 반원전 활동이 활발하였음은 물론, 지역 이기주의와 국민의 권리의식 신장 등으로 국가사업이라는 명분만으로는 원전사업을 추진할 수 없는 어려운 상황에 처하게 되었다. 이에 따라 원전에 대한 국민 합의가 우선되어야 한다는 인식하에 대국민 홍보를 집중적으로 추진하게 되었으며, 원전 안전성에 대한 신뢰확보에 역점을 두었다.

2000년대는 우리나라 원자력 역사의 새로운 전환점을 맞이하는 시기였다. 원자력사업의 주체였던 한국전력에서 발전부문을 6개사로 나뉘면서 원자력사업의 주체가 한국수력원자력으로 사업자가 바뀌었다. 꾸준한 원전기술 국산화를 통해 한빛 5·6호기 및 한울 5·6호기를 연달아 준공하면서 한국표준형원전인 OPR1000의 전성기를 맞이하였으며, 2000년 11월에 원자력발전량 1조kWh, 2008년 5월에 2조kWh를 돌파하면서 국가경제발전의 기반이 되었다. 또한 신월성 2호기 및 신고리 1~4호기의 5개 호기를 동시에 건설하며 우수한 사업추진능력을 입증하였다. 특히 OPR1000의 설계 노하우를 바탕으로 설비용량을 1,400MW급으로 격상한 차세대 신형경수로인 APR1400의 건설로 한층 강화된 독자적인 원전 기술 능력을 보유하게 되었다. 또한 원전에 대한 국민이해와 합의를 바탕으로 오랫동안 표류되었던 중저준위 방사성폐기물 부지선정을 완료하였고, 국내 최초의 계속운전 추진(고리 1호기), 유리화 설비운영 등 현안사업을 성공적으로 추진하였다.

국내 원전 건설 및 운영기술의 우수성을 인정받아 2009년 12월 27일에는 아랍에미리트(UAE)에 APR1,400 원전 4개호기를 수출하는 쾌거를 올렸다. UAE로부터 수주한 원전사업은 국제공개경쟁입찰에서 원자력 강국인 프랑스와 일본을 제치고 낙찰자로 선정되어 더욱 뜻깊은 성과

라고 할 수 있다. 이를 계기로 우리의 원전 기술이 세계적으로 입증된 것은 물론 명실상부한 원자력 강국으로 거듭나는 초석이 마련되었다.

2011년 3월 후쿠시마 원자력발전소 사고 등으로 비롯된 원자력에 대한 국민들의 우려를 해소하고, 원자력 안전수준의 도약을 위해 정부는 2011년 10월 26일 대통령 직속 상설 원자력안전위원회를 공식 출범시켰다. 이는 우리나라가 원자력 도입 반세기만에 비로소 독립적인 원자력안전관리를 총괄하는 체제를 구축한데 그 의의가 있다. 원자력안전위원회는 2011년 7월 국회에서 통과되어 10월 26일 발효된 '원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률'에 근거하여 조직의 독립성과 전문성을 확보하는데 초점을 맞추었다. 원자력안전위원회는 원자력안전, 핵 안보 및 핵비확산에 관련된 정부 업무 전반을 관장하며 원자력안전종합계획의 수립과 함께 원자로 및 관계시설, 방사성물질, 방사성폐기물 처분시설 등에 대한 인허가, 검사 등 안전규제 등을 담당한다. 원자력안전위원회의 독립 행정기관 출범으로, 국가원자력안전관리체제가 독립성, 전문성, 투명성을 바탕으로 한층 강화되고, 긴밀한 국제공조를 통해 글로벌 원자력 안전체제 강화에 선도적 역할을 하게 될 것이 기대되었다. 이후 2013년 3월 22일 정부조직법이 개정됨에 따라 원자력안전위원회는 대통령 직속 장관급 위원회에서 국무총리 소속 차관급 위원회로 개편되었다.

1978년 우리나라 최초의 원전인 고리 1호기 이후 한국형 원전 OPR1000이 개발되기까지 40여년이 흐른 지금 우리나라 23, 24호 원전인 신월성 1,2호기가 2015년 11월 준공식을 갖고 공식적인 가동을 시작하였다. 신월성 1,2호기에 설치된 OPR1000은 해당 노형의 최종

완성형인 원자로로 개선형인 APR1400의 토대가 된 모델로 연간 159억kWh의 전력을 생산하며 우리나라 총 발전량의 3%를 공급한다. 후쿠시마 원전사고를 교훈 삼아 어떤 자연재해에도 안정적으로 가동될 수 있도록 다양한 안전장치가 추가되었다.

또한 정부는 순수 국내 기술로 건설되는 신한울 1,2호기의 본격적인 건설사업을 2012년 5월 4일 착수하였다. 신한울 1,2호기에는 그동안 해외기술에만 의존해 원전 핵심 기자재인 '원전계측제어시스템(MMIS : Man-Machine Interface System)'과 '원자로냉각재펌프(Reactor Coolant Pump)'를 국내기술로 개발하여 적용된다. 신한울 1호기는 2013년 7월 최초 콘크리트 타설을 시작으로 2014년 4월말 원자로를 설치하였고, 2017년 4월 준공 예정이다. 또 신한울 2호기는 2013년 6월 최초 콘크리트를 타설하였고, 2015년 4월 원자로 설치 및 2019년 2월 준공 예정이다.

신한울 3호기, 4호기 또한 2015년 8월 27일 환경영향평가 공청회를 실시하고 같은 해 9월 30일 전원개발사업 실시계획 승인 신청을 하여 3호기는 2022년 12월에 준공을 목표로, 4호기는 2023년 12월 준공을 목표로 하고 있다. 신한울 원전은 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 국내외 안전검검 결과 도출된 개선사항을 설계단계부터 모두 반영하여 안정성이 크게 향상될 것이며, 향후 약 7조원의 건설비를 투입하고, 연인원 약 620만 명이 참여하는 등 고용창출과 국내경제 활성화 및 저탄소 녹생성장의 견인차 역할을 할 것으로 기대된다.

한편 원자로형 APR1400으로 건설중인 신고리3,4호기는 2001년 2월 24일 건설기본계획 확정 이후 2015년 원전연료장전을 거쳐 신고리

3호기는 2016년 4월을 목표로, 신고리 4호기는 2017년 2월 목표로 준공할 예정이다. 신고리 5,6호기는 2009년 2월 건설기본계획을 확정해 2013년 9월 발전사업 허가를 거쳐 신고리 5호기는 2021년 3월에 신고리 6호기는 2022년 3월에 준공을 목표로 하고 있다.

원자력발전은 1970년대 이후 경제 발전과 궤를 같이 하며 전력 공급에서 중추적인 역할을 담당해왔지만, 후쿠시마 원전 사고 이후 폐지를 주장하는 목소리가 커지고 있다. 하지만, 우리나라의 에너지 수급 상황에서 '원전은 선택이 아닌 필수'이며 '후쿠시마 원전사고가 원자력을 무조건적으로 포기할 이유가 되어서는 안되고, 오히려 과학적 근거를 바탕으로 보다 안전하게 이용할 수 있는 방법을 모색할 때'이다. 장기적으로는 일방적인 원자력확대 정책 보다 원자력을 브릿지 에너지로 활용하여 안정적 전력공급원을 확보하면서도, 미래 신재생에너지 기술 개발도 병행되어야 할 것이다. 이러한 목표를 달성할 때까지 정부와 사업자는 앞으로도 추가적인 원전 해외수출 달성과 신규원전 건설을 차질 없이 진행하는 등 현재 환경변화에 부합하는 원자력 에너지의 역할 수행을 위한 노력을 지속해야 할 것이다.

제2절 원자력발전의 필요성

1. 원자력발전은 에너지 자립의 초석

우리나라의 에너지 안보를 위해서는 원자력발전은 선택이 아니라 필수다. 전 세계적인 에너지 자원 확보 경쟁 시대에 에너지 안보는 곧

국가안보로 직결되고 있다. 지난 70년대 두 차례의 석유파동을 겪으면서 탈석유 전원정책으로 시작한 원자력발전은 그동안 지속적인 성장을 한 결과 주력 발전원으로서 안정적 전력공급에 중추적인 역할을 하고 있다. 원자력발전을 시작할 당시 석유발전 비중이 70% 이상이었으나 2012년 기준 5.5%[1] 수준으로 낮추어져 있다. 이렇듯 원자력발전은 에너지수요 급증, 다소비형 산업구조, 대체에너지 개발한계, 이산화탄소 배출급증, 에너지안보 위협요인 등 우리의 어려운 에너지환경을 감안할 때 필수적인 국가에너지라고 할 수 있다.

장기적인 관점에서 화석연료의 가격은 점차 상승할 것으로 전망된다. 특히 비산유국으로 에너지원의 대부분을 수입하고 있는 우리나라 여건에서 부담은 점차 가중될 것으로 보인다. 에너지경제연구원이 발간한 에너지통계연보에 따르면 우리나라 에너지 수입 의존도는 2012년 기준 96%이며, 에너지 수입액은 208조 2,326억원[2]로 2012년 국가예산 325조 4,000억원의 약 64% 수준이다. 이는 반도체, 승용차 등 2012년 3대 수출품목의 수출 합계액인 169조 425억원 보다도 많다. 에너지 수입액 중 화석연료 수입액은 207조 4,495억원으로 전체 에너지수입액의 99.6%나 차지하고 있어, 화석연료의 가격 상승이 에너지 수급에 큰 영향을 미칠 수 밖에 없다.

더욱이 우리나라는 세계정세에 따라 에너지 공급이 불안정적으로 변하는 취약한 에너지 안보 구조로 이루어져 있다. 석유의 중동 지역 의존도는 2014년 8월 기준 83.8%로 약 20%내외의 의존도를 보이는 미국

1) 전체 발전전력량 중 화력(중유 및 경유), 집단 에너지 발전전력량 비율
2) 2012년 연간 에너지수입비용 1,848억달러를 2012년 연평균환율(1,126.8)로 환산

및 유럽(OECD 가입국가) 대비 4.5배 정도 높아 중동 지역의 정세가 악화될 경우 그 피해를 고스란히 받을 수밖에 없다. 특히 독일 등 유럽 국가들처럼 부족 전력을 인접국에서 들여올 수 없는 우리나라의 중동 의존적인 석유 수급은 중동정세 변화에 따른 위험요인이 상존한다.

대표적인 화석연료인 석유는 중동에 편중되어 있으며, 부피가 크기 때문에 운반과 비축에 어려움이 많다. 또한 천연가스도 운반의 어려움으로 수입원이 한정적인 단점에서 자유로울 수 없다. 반면 우라늄은 세계 전역에 고르게 매장되어 있어 세계 정세에 큰 영향을 받지 않으며, 소량의 연료로 막대한 에너지를 얻을 수 있어 수송과 저장이 상대적으로 쉬운 편이다. 그리고 원전연료를 원자로에 한번 장전하면 약 18개월은 연료를 교체하지 않아도 되기 때문에 화석에너지에 비해 연료 비축효과가 뛰어나다. 이러한 원자력 에너지의 장점을 활용하면 화석연료의 여러 단점을 보완하여 안정적 전력공급을 확보할 수 있는 에너지 자립의 초석이 된다고 하겠다.

독일은 탈원전 정책을 표방하는 대표적인 선진국이다. 2022년 까지 원자력 발전을 중지하기로 결정한 독일은 2011년 8기의 원전을 가동중단 하였지만, 전력공급의 필요성에 따라 9기의 원전을 여전히 가동하고 있다. 또한 원전 가동중단 이후 전력공급이 줄어들자 인접 국가인 프랑스와 체코의 원자력발전소에서 생산한 전력을 매달 약 1,500억 원을 들여 사오기로 결정했으며, 그 결과 전력수입이 증가하고 수출이 감소함에 따라 전력 순수입국으로 바뀌었다. 더욱이 독일 정부가 신재생에너지 인프라 구축을 이유로 전기요금에 국민의 부담금을 포함시키고 있어 이 부담금은 2012년 3.6센트에서 2013년 kW당 5.3센트로

약 50% 가량 인상됐으며, 독일산업연맹(BDI)은 독일이 2022년까지 원전을 모두 폐쇄하면 전기요금도 가구당 연간 137유로가 인상될 것이란 전망도 제기했다.

3면이 바다로 둘러 쌓인 우리나라는 독일처럼 인접국에서 전력 수입이 불가능하기 하다. 따라서, 독일과 같은 탈원전 정책은 현실적으로 시행이 불가능하다. 전체 전력의 30%를 공급하는 원자력발전을 중지하게 되면 부족한 전력을 공급할 대안이 없다. 대체에너지의 경제성과 공급 안정성이 상당한 수준으로 발전하기 전에 당장 원전 축소 정책을 시행한다면 국민적 전력요금 부담 가중, 전력공급 안전성 저하로 원전 축소로 인한 득보다 실이 클 것이 자명하다. 따라서, 편리한 생활, 우리 경제의 지속적인 발전은 물론 국가안보를 위해서도 원자력발전은 여전히 중요한 에너지원으로서 역할을 할 수밖에 없다.

원자력발전의 중요성에도 불구하고, 후쿠시마 사고로 인한 원전 안전성에 대한 국민여론을 반영하여 전력수급에서 원전의 비중이 변화하였다. 2014년 1월 확정된 제2차 에너지기본계획에서는 원전 비중을 에너지안보·온실가스 감축·산업 경쟁력 등을 고려하여 1차 계획(41%)보다 축소된 29% 수준으로 결정되었다. 신재생은 2027년 발전량 12%의 목표를 설정하는 한편, 화력은 석탄과 LNG의 사회적·경제적 비용이 최소화되도록 전원구성을 하였다. 그래서 정부는 최종년도('27년) 정격용량 기준의 전원구성이 석탄 28.7%, 원전 22.7%, 신재생 20.2%, LNG 20.1%이 될 것으로 전망하였다.

향후 원자력에너지의 비중이 축소가 결정되었지만, 현 수요전망으로는 '35년까지 총 43GW의 원전설비가 필요하며, 6차 전력수급기본

계획에서 확정한 36GW('24년)를 감안하면, 추가로 7GW의 신규원전 건설이 필요할 것으로 전망된다. 구체적인 신규 원전 건설 기수는 전력수요, 계속운전 여부, 건설·운영 여건에 따라 제7차 전력수급기본계획에서 제시되었다.

2015년 7월 확정·공고된 정부의 「제7차 전력수급기본계획」에 따르면, 정부는 당초 계획안을 제출할 때는 결정되지 않았던 고리원전 1호기 폐쇄와 관련된 사항과 신재생에너지 확대 방안의 일부를 보안하며, 오는 2029년까지 원자력발전소 2기를 신설하는 것을 골자로 하는 「제7차 전력수급기본계획」을 발표하였다.

제7차 전력수급기본계획은 향후 15년 동안 국내 최대전력 수요가 연평균 2.2% 증기해 2029년 11만 1,929MW에 이를 것으로 예상했다. 여기에다 설비예비율을 22%로 적용해 2029년까지 필요한 적정전력설비를 13만 6,553MW로 산정했다. 설비예비율 22%는 전력설비 고장 등에 대비한 최소예비율 15%에 수요·공급 불확실성을 감안한 예비율 7%를 더해 정해졌다.

정부는 고리1호기 폐쇄로 발생하는 발전량 감소분에 대해서는 신규 물량을 추가하지 않기로 결정했다. 계획대로 원전을 건설하면 우리나라 전체 전원에서 원전이 차지하는 비중은 현재 23.5%에서 2029년에는 25.2%로 높아지게 된다. 석탄화력 비중도 29.8%에서 32.3%로 높아지고 액화천연가스(LNG)는 30.3%에서 24.8%로 낮아질 전망이다. 신재생에너지 비중은 2.1%에서 4.6%로 확대될 것으로 보인다.

2. 원자력발전은 친환경에너지

국제에너지기구(IEA) 통계에 따르면, 1990~2004년 사이에 한국은 온실가스 배출량이 무려 104.5%나 증가했다. 이후 2009년 통계에서도, 2009년 한국의 온실가스 총 배출량은 609.2백만톤$CO_{2eq.}$(이산화탄소 환산 기준)[3]으로, 1990년 배출량 대비 106% 증가 추세를 보여 연평균 4.2%의 증가세를 기록하고 있다. 이와 함께 2011년 에너지 분야의 온실가스 배출량은 전체의 85.7% 수준으로 전력수요의 증가에 따라 온실가스 배출량도 점차 늘어날 것으로 예상된다.

환경재단은 2008년에 "한국은 온실가스 배출량이 세계 10위이자 세계경제협력개발기구(OECD) 가입국가 중 온실가스 배출 증가율이 1위"라면서 "기온 상승률은 세계 평균의 2배 정도가 될 정도로 지구온난화 및 환경파괴가 빠르게 진행되고 있다"고 말했다.

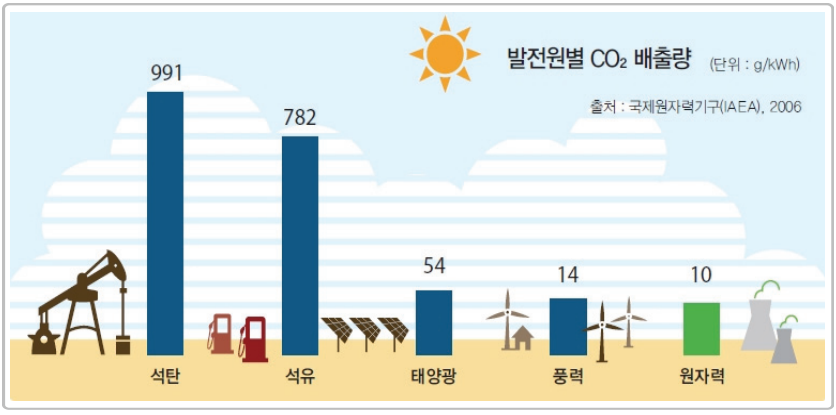
또한 우리나라의 최근 온실가스 배출량을 살펴보면 2011년 6억9,770만톤$CO_{2eq.}$, 2012년 6억8,830만톤 $CO_{2eq.}$을 기록했다. 온실가스 목표관리제가 2012년 최초 도입되어 과거에 비해 온실가스 배출량 상승률이 둔화되었으나, 여전히 온실가스 배출량은 절대적으로 높은 수준이다. 특히 발전부문의 온실가스 배출량을 기준으로 볼때 우리나라는 2011년 기준으로 7위를 기록했으며 이는 캐나다, 영국, 이탈리아보다 높은 순위로 원자력발전 비중이 높음에도 화석연료를 통한 발전부문의 온실가스 절감을 위한 노력이 더욱 필요함을 나타낸다.

---

3) 산정 단위는 교토의정서 상의 6대 온실가스이면서 직접 온실가스로 알려져 있는 CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6를 CO2로 환산한 측정단위인 Carbon Dioxide Equivalent 단위를 사용하였으며, 주로 CO2eq로 표기함.

우리나라는 2013년 12월 기준 원자력발전을 통해 138,784GWh의 전력을 생산하였다. 만약 같은 양의 전력을 석탄(유연탄)화력으로 생산한다면, 1억 1,422만톤의 온실가스를 추가로 배출하게 된다. 즉 석탄화력을 원자력발전으로 대체했을 시 온실가스 저감효과가 발생하며 이는 금액으로 환산하면 7,521억원에 달한다. 이렇게 볼 때 우리는 에너지이용 효율을 높이고 장기적으로는 온실가스를 배출하는 화석연료의 소비증가를 억제하는 방향으로 정책을 수립하여 추진해나가야 한다. 한편 화석연료와 대비되는 친환경 에너지로 각광받는 신재생에너지는 지리적, 지형적 특성이 적합해야 할 뿐만 아니라 현재로서는 단위용량이 적고 경제성이 낮기 때문에 대규모 에너지 공급원으로의 역할은 기대하기 어렵다. 따라서 현재로서는 원자력발전이 효과적으로 온실가스의 배출량을 줄이면서 에너지 수요증가에 기여할 수 있는 실증된 에너지원이다.

원전연료 채광에서부터 발전소 건설, 운전 및 폐기물처리까지의 전 에너지 사이클 기간 중의 온실가스 배출 총량을 비교할 때 원자력발전소의 이산화탄소 배출량은 석탄화력의 1%에 불과하며, 가동 중에는 온실가스를 배출하지 않는다. 그러므로 이산화탄소를 배출하지 않으면서 높은 경제성과 효율성을 지니고 있는 원자력발전이 가장 현실성 있는 대체에너지로 재인식되고 있다.



〈그림 2-1〉 발전원별 이산화탄소(CO_2) 배출량

3. 원자력발전은 국산 에너지

우리나라는 1970년대 두 차례의 석유파동을 겪으면서 탈석유전원정책을 실시, 원자력발전을 적극 추진해 왔다. 그 당시 원전 기술이 전무한 상태에서 턴-키(Turn-key)방식을 채택한 고리 1호기가 1978년 가동된 이래 36여년이 지난 현재는 모두 23기의 원전이 가동되면서 세계 5위의 원전대국으로 부상하였다.

이후 국내 원전기술은 건설 및 운영분야에서 기술자립을 이룩하여 세계 정상급 수준으로 건설 및 운영을 하고 있으며, 부존자원이 없는 우리나라에서는 유일하게 기술력만으로 국산화 할 수 있는 에너지원이다. 원전 도입 초기에 기술 불모지에서 현재는 원전 옥토로 바뀌어 고도성장의 버팀목으로 성장한 것이다.

정부에서도 원자력 관련 사업이 가장 유망한 차세대 분야중 하나로 부상하게 될 것으로 전망하고 있으며, 세계 신규 원전건설에 적극 참여

하여 2030년까지 세계 원전 3대 선진국으로 도약할 계획을 수립하였다. 아울러 원전기술도 지속적인 기술개발을 통해 APR1400을 개발하였으며, 그동안 해외에 의존해 오던 핵심 기자재인 '원전계측제어시스템(MMIS : Man-Machine Interface System)'과 '원자로냉각재펌프(Reactor Coolant Pump)'에 대한 자립을 이룩하고 이를 신한울 1,2호기 건설에 적용하였다. 신형원전인 APR+의 개발을 위해 박차를 가한 결과 2014년 8월 14일 순수 국내 기술로 개발하는 150만kW급 대용량 원전인 APR+가 원자력안전위원회로부터 표준설계인가를 취득했다.

연료공급 면에서도 원전은 우라늄연료를 사용하여 화석연료보다 수급이 훨씬 안정적이며 비축효과도 크다. 특히 우라늄연료는 농축우라늄과 천연우라늄 형태로 수입하여 한전원자력연료(주)에서 원전연료 형태로 가공·제작하여 공급한다. 따라서, 원전연료의 핵심부분이 국내에서 생산되는 원자력에너지는 국산 에너지로서 에너지 수입의존도가 높은 우리나라의 안정적 에너지원 수급에 일조하고 있다.

4. 국가경제 발전에 기여하는 원자력발전

일본은 원자력발전소 사고 이후 원자력 발전을 멈추고 화력발전으로 대체하였다. 원자력 발전 중단으로 인한 공급 부족에 대비하기 위하여 기업의 조업 및 영업시간을 조정하고, 일반 가정과 상점의 조명기기 사용을 줄이는 방법으로 전력 수요를 12%나 줄였으나, 이것만으로는 원자력발전 중단으로 인한 공백을 완전히 메울 수는 없었다. 그 결과 2011년 무역수지가 31년 만에 처음으로 적자로 전환된 이래 2013년 2월 화석연료 수입액은 전년 동월대비 6조엔(약 65조원)이나 증가

하였고, 무역수지는 7,775억엔(8.4조원)의 적자를 기록하였다. 결국 일본에서는 원전 재가동을 위한 움직임이 이루어지고 있어 2014년 10월 현재 규슈 전력의 센다이 원전의 재가동을 위한 시 의회의 동의안이 채택되었고, 관련 지자체인 가고시마 현 의회가 동의하면 2015년 이후 원전 재가동이 예상된다.

우리나라의 원자력 발전 정지 영향을 일본의 사례를 통해 예측해 본다면, 그 영향은 훨씬 클 것으로 예상된다. 일본은 전력의 산업시설 공급비율이 28.9%인데 반해 우리나라는 49.1%이다. 또한 2012년 우리나라의 대외 경제의존도는 일본의 3배 수준인 112%이다. 이런 상황에서 전체 발전량의 30%를 차지하는 원자력 발전을 중단할 경우 우리 산업의 충격은 일본보다 훨씬 클 수밖에 없다.

최근 신흥 개발 국가의 급성장으로 장기적으로 세계 1차 에너지 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 국제 석유자본인 BP의 전망에 따르면 2035년 까지 세계 1차 에너지 수요는 약 40% 가량 늘어날 것으로 전망되고 있는 가운데 2008년도 국제유가 급등을 경험한 이후에는 오히려 원자력이 더 경제적이라는 인식이 확산되고 있다.

한국의 전기요금을 OECD 국가와 비교해 보면 가장 낮은 수준임을 알 수 있다. 한국전력이 2013년 발간한 「한국과 OECD 주요국가간 전기요금 수준 비교분석」 자료에 따르면 비교대상국인 일본, 이태리, 독일, 영국, 프랑스, 미국에 이어 한국의 전기요금이 가장 낮았다.

이러한 국가별 전기요금 수준 차이의 주요 원인 중 하나로 원자력 발전 비중을 들 수 있다. 일본의 경우 2011년 후쿠시마 사고로 원자력 발전 비중이 감소('10년 26% → '11년 9.6%)하면서 전기요금에도 급격한 영향

이 있었다. 세계적 원전 강국인 프랑스는 2011년 기준 원자력 발전비중이 78.7%에 이르며, 전기 판매단가 수준도 비교대상국 중에 매우 낮은 편에 속한다. 한편 원자력발전비중이 28.9%인 우리나라의 경우는 프랑스에 이어 비교대상국 중 원자력 발전비중이 두 번째로 높았고, 원전을 통한 경제적이고 안정적인 전력 공급이 가장 낮은 수준의 전기요금을 유지할 수 있게 한 가장 큰 원인이다. 한편 미국은 원자력 발전비중이 18.9%로 높지는 않으나, 세일가스 등 자국의 값싼 천연가스 확보로 상대적으로 낮은 요금수준을 유지할 수 있는 것으로 판단된다. 결론적으로 국가간 전기요금 비교를 통해 세일가스 등 값싼 천연 에너지자원 보유국이 아니라면, 높은 원자력 발전 비중으로 경제적인 전력공급을 달성한 국가만이 낮은 전기요금을 유지할 수 있음을 확인할 수 있다.

〈표 2-1〉 국가별 전기요금 및 원전비중

구분	일본	이태리	독일	영국	프랑스	미국	한국
판매단가('12), US¢/kWh	21.66	19.11	18.42	14.36	12.98	9.87	9.26
원자력 발전 비중('11), %	9.6	0.0	17.6	18.9	78.7	18.9	28.9

자료 : 2013년 「한국과 OECD 주요국가간 전기요금 수준 비교분석」 발췌

원자력발전의 판매단가는 발전소 건설, 해체비용과 방사성폐기물 처리비용 등 모든 경비를 포함해도 2013년 기준으로 1kWh당 39.12원에 불과하다. 석탄 58.92원, 석유 221.78원, 수력 170.92원으로 원자력 발전 판매가의 1.5~6배이다. 원전은 건설부터 운영까지 많은 시간이 소요되나 연료비 비중이 낮아 운영비가 화력발전소에 비해 적게 소요된다. 원자력발전은 발전원가 중 연료비의 비율이 12% 정도로 매

우 낮고 발전원가가 타 발전원에 비해 가장 저렴하다.

아울러 원자력발전의 연료인 우라늄은 소량의 연료로 막대한 에너지를 생산하는데, 100만kW급 발전소를 일 년간 가동 시 천연가스는 110만톤, 석유는 150만 톤, 석탄은 220만 톤이 필요하지만 원자력발전의 연료인 우라늄은 18톤이면 같은 에너지를 생산한다. 또한 우라늄은 전 세계에 풍부하게 매장되어 있고 수송과 저장이 쉬어 매우 경제적이며 안정적인 에너지이고 경제성에서도 훨씬 유리하다.

또한 원자력발전소는 건설과정에서 대규모의 고용창출 효과가 있다. 원전 건설사업을 주도하고 있는 한국수력원자력(주)은 신규 일자리 창출 및 지역경제 활성화를 위하여 원전건설 및 운영에 지역 업체 및 주민들을 활용토록 참여 업체에 권고하고 있다. 물론 원전 운영은 고도의 기술성과 전문성을 요구하여 지역주민 고용에는 한계가 있으나, 지역과 함께하는 원전 실현을 위해 지역주민 채용에 적극적으로 나서고 있다. 이외에도 지역경제 활성화와 복지수준 향상을 위해서 지역상품 구매 및 복지시설 건립 지원 등 많은 노력을 하고 있다. 또한, UAE 원자력 발전 수주는 수출효과 이외에도 양질의 청년 일자리 창출을 기대할 수 있다.

원자력발전은 건설과 플랜트 등의 중공업 부문, 계측 등의 첨단산업 부문, 원전 설계, 분석 등의 기술력 향상 등 산업계 전반의 경제 활성화에 기여하는 점도 크다고 할 수 있다. 특히, 건설업계와 중공업 부문은 세계적인 수준으로 우리나라 부가가치 창출에 많은 기여를 하고 있다. 이뿐만 아니라 원자력은 발전 이외에도 방사선을 이용하여 암을 진단하고, 치료하는 것은 물론, 비파괴 검사, 고고학 연구, 농작물 품종개량, 살균, 지질조사, 공해·유해물질 조사, 범죄수사 등 다양한 목적으로 쓰이고 있다.

02 원자력발전소 운영

한국수력원자력(주) 발전처 발전계획팀장 권원택

제1절 설비용량 현황

2014년 말 기준 국내 원전은 총 23기가 상업운전 중에 있으며, 설비용량은 20,716MW로 국내 총 설비용량 93,216MW 대비 22.2%의 점유율을 보이고 있다. 국내 가동원전은 가압경수로형 19기(17,937MW), 가압중수로형 4기(2,779MW)가 운전중이며 국내 원자력발전소 현황과 발전원별 발전설비 추이는 각각 〈표 2-1〉, 〈표 2-2〉와 같다.

〈표 2-1〉 국내 원자력발전소 현황

구 분	설비용량(MW)	원자로형	위 치	상업운전일
고리#1	587	가압경수로형	부산 기장군 장안읍	'78. 04. 29
고리#2	650			'83. 07. 25
고리#3	950			'85. 09. 30
고리#4	950			'86. 04. 29
신고리#1	1,000			'11. 02. 28
신고리#2	1,000			'12. 07. 20
월성#1	679*	가압중수로형	경북 경주시 양남면	'83. 04. 22
월성#2	700			'97. 07. 01
월성#3	700			'98. 07. 01
월성#4	700			'99. 10. 01
신월성#1	1,000	가압경수로형		'12. 07. 31
한빛#1	950	가압경수로형	전남 영광군 홍농읍	'86. 08. 25
한빛#2	950			'87. 06. 10

구 분	설비용량(MW)	원자로형	위 치	상업운전일
한빛#3	1,000			'95. 03. 31
한빛#4	1,000			'96. 01. 01
한빛#5	1,000			'02. 05. 21
한빛#6	1,000			'02. 12. 24
한울#1	950	가압경수로형	경북 울진군 북면	'88. 09. 10
한울#2	950			'89. 09. 30
한울#3	1,000			'98. 08. 11
한울#4	1,000			'99. 12. 31
한울#5	1,000			'04. 07. 29
한울#6	1,000			'05. 04. 22

* 2012년 11월 20일 운영허가 기간 만료, 현재 계속운전 심사 중

2014년 말 기준 국내원전 설비용량은 고리1호기(587MW)가 상업운전을 개시한 1978년에 비해 35배 이상으로 증가하였으며, 우리나라는 설비용량 면에서 세계 5위의 원자력 발전국으로 성장하였다.

〈표 2-2〉 발전원별 발전설비 추이

[단위 : MW]

구 분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
원자력	17,716	17,716	17,716	17,716	17,716	17,716	18,716	20,716	20,716	20,716
수 력	3,883	5,485	5,492	5,505	5,515	5,525	6,418	6,446	6,454	6,467
석 탄	17,965	18,465	20,465	23,705	24,205	24,205	24,205	24,534	24,534	26,274
유 류	4,710	4,790	5,404	5,407	5,438	5,400	5,405	3,446	4,850	3,851
가 스	16,447	17,436	17,948	17,969	17,850	19,417	20,116	21,336	23,790	27,112
집 단	1,382	1,382	893	1,460	1,610	2,067	2,623	2,991	3,106	4,323
대 체	156	240	351	728	1,136	1,749	1,859	2,338	3,519	4,474
합 계	62,258	65,514	68,268	72,491	73,470	76,078	79,342	81,806	86,969	93,216

※ 출처 : 한국전력공사 전력통계속보 제434호(2014.12.31 기준)

제2절 발전량 현황

2014년 원자력 발전량은 156,406GWh를 기록하여 국내 전체 발전량인 517,771GWh의 약 30.2%를 차지하였으며, 국내 원자력 발전량의 변화추이는 〈표 2-4〉와 같다. 2001년 분사 이후 전체 발전량 대비 30 ~ 40%의 점유율을 나타내고 있으며, 다소의 증감은 있지만 원자력발전은 꾸준히 우리나라의 주력 발전원으로서 안정적 전력 공급에 크게 기여하고 있다.

〈표 2-3〉 원자력발전소 호기별 발전량 실적

[단위 : MWh]

구 분	'14년 발전량	상업운전 이후 누계 발전량
고리#1	4,538,268	143,639,227
고리#2	5,449,769	158,111,874
고리#3	7,622,062	219,179,591
고리#4	7,878,262	218,872,976
신고리#1	7,791,248	25,338,729
신고리#2	8,727,935	16,538,537
월성#1	0	139,044,905
월성#2	5,401,127	101,345,595
월성#3	5,159,544	96,825,680
월성#4	5,149,647	90,527,832
신월성#1	9,087,591	16,263,547
한빛#1	9,063,782	215,272,519
한빛#2	6,935,019	202,703,254
한빛#3	7,251,813	156,722,208
한빛#4	7,156,107	154,528,117
한빛#5	7,329,794	100,898,849
한빛#6	7,537,501	98,688,318

구 분	'14년 발전량	상업운전 이후 누계 발전량
한울#1	8,086,732	194,991,205
한울#2	7,484,026	190,263,757
한울#3	3,807,154	131,910,796
한울#4	9,047,378	110,858,043
한울#5	7,744,069	87,885,519
한울#6	8,157,298	82,640,795
합 계	156,406,127	2,953,051,874

〈표 2-4〉 에너지원별 발전량 추이

[단위 : GWh]

구 분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
원자력	146,779	148,749	142,937	150,958	147,771	148,596	154,723	150,327	138,784	156,406
수 력	5,189	5,219	5,042	5,561	5,641	6,472	7,831	7,651	8,483	7,823
석 탄	133,658	139,205	154,674	173,508	193,216	197,916	200,124	198,831	199,267	203,196
유 류	17,732	16,598	18,131	10,094	14,083	12,878	12,493	15,156	15,757	8,249
가 스	58,118	68,302	78,427	75,809	65,274	96,734	101,702	113,984	126,576	109,421
집 단	2,759	2,597	3,084	5,336	5,827	8,080	12,429	13,061	13,846	17,413
대 체	404	511	829	1,090	1,791	3,984	7,592	10,563	10,760	15,261
합 계	364,638	381,181	403,124	422,355	433,604	474,660	496,893	509,574	513,464	517,771

※ 출처 : 한국전력공사 전력통계속보 제434호(2014.12.31 기준)

제3절 이용률 및 가동률 현황

1. 이용률

원전 이용률은 발전 운영의 효율성과 설비의 활용도를 나타내는 지표로서 발전소 운영기술 수준을 평가하는 직접적인 척도가 된다. 2001년도 전력 산업 구조 개편에 따라 발전 부문의 경쟁 체제가 도입된 이후 2011년까지 국내 원자력발전소는 90% 이상의 높은 평균 이용률을 유지하였다. 그러나 2013년 품질시험성적서(QVD) 위조문제로 신고리1·2호기 및 신월성1호기가 장기 정지되어 이용률이 75.5%로 감소하였고, 2014년에는 품질시험성적서 관련 발전소들이 재가동되고 2013년 대비 계획예방정비기간이 869일 감소하여 이용률이 85.0%로 증가했다.

〈표 2-5〉 국내 원자력발전소 이용률 현황

[단위 : %]

구분	고 리				신고리		월 성					한 빛						한 울						평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#1	#2	#3	#4	S#1	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
'78	46.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	46.3
'79	61.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	61.3
'80	67.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	67.4
'81	56.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	56.3
'82	73.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73.5
'83	63.6	80.4	–	–	–	–	61.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66.6
'84	66.3	76.9	–	–	–	–	66.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70.1
'85	65.5	70.1	89.7	–	–	–	94.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	78.7
'86	67.9	73.7	71.7	94.2	–	–	79.7	–	–	–	–	88.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	78.1
'87	94	79.7	73	73.7	–	–	92.9	–	–	–	–	75.2	95.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	81.5
'88	45.8	83.6	76.7	74.1	–	–	79.4	–	–	–	–	77.6	78.6	–	–	–	–	40.8	–	–	–	–	–	73.0
'89	56.5	94.4	82.6	77.3	–	–	91	–	–	–	–	81	71.6	–	–	–	–	65.2	45.8	–	–	–	–	76.2
'90	72.1	81	85.9	78.1	–	–	85.9	–	–	–	–	86.5	74.9	–	–	–	–	78.5	70.3	–	–	–	–	79.3
'91	89.9	84.9	74.2	79.6	–	–	91.1	–	–	–	–	84	84.2	–	–	–	–	91.7	84.2	–	–	–	–	84.4
'92	74.8	84	84.3	83.1	–	–	86.8	–	–	–	–	86.8	80.6	–	–	–	–	88.1	88.9	–	–	–	–	84.5
'93	78.7	78.1	89.1	85.5	–	–	100	–	–	–	–	84.5	86.9	–	–	–	–	87.6	90.9	–	–	–	–	87.2
'94	66.5	87.5	82.1	93.2	–	–	82.6	–	–	–	–	100	89.4	–	–	–	–	86.2	86.8	–	–	–	–	87.4
'95	82.2	95.3	76.1	91.4	–	–	83.7	–	–	–	–	78.6	77.1	100	–	–	–	90.4	98.2	–	–	–	–	87.3

구분	고 리				신고리		월 성					한 빛						한 울						평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#1	#2	#3	#4	S#1	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
'96	77	87	99.1	83.5	–	–	81	–	–	–	–	84.6	95.6	76.6	86.5	–	–	89.8	96.6	–	–	–	–	87.5
'97	78.9	86.1	75.8	87.8	–	–	102.1	97.1	–	–	–	103.9	83.5	87	81.7	–	–	85.9	88.8	–	–	–	–	87.6
'98	77.6	87.5	86.5	105.3	–	–	78.5	83.6	98.5	–	–	89.1	75.5	89	101.2	–	–	96	92.8	103.7	–	–	–	90.2
'99	85.2	87.1	90.5	89	–	–	82.8	90.8	82	103	–	84.5	84.3	89.1	91.8	–	–	89.4	97.9	83.5	–	–	–	88.2
'00	92.3	91.3	100.9	91.3	–	–	80.9	92.7	103	94.2	–	90.3	89.4	87.3	87.3	–	–	90	85.2	90.1	84.7	–	–	90.4
'01	95	89.4	94.7	95.1	–	–	83.1	97.2	86	95.5	–	104.4	89.9	103.6	87.1	–	–	87.5	91.6	94.9	93.1	–	–	93.3
'02	85.4	93.9	96.1	106	–	–	99.1	91.6	95.8	94.7	–	92.9	102.5	92.1	92.1	103.3	105.3	71.3	82	93	88.1	–	–	92.7
'03	93.2	90.2	104.8	95.1	–	–	89.5	95.3	97.3	98.2	–	88.7	92.8	93.9	102.9	81.1	92.5	87.6	90.9	104.4	95.4	–	–	94.2
'04	94.8	101.9	91.6	92	–	–	90.3	94.9	96.4	97.4	–	90.1	90.5	91.8	91.5	66.9	76.6	93.1	91.3	94.8	103.3	102.8	–	91.4
'05	85.2	95.8	94.7	104.9	–	–	77.7	98.1	104.5	98.4	–	103.8	91.5	104.1	93.3	93.6	94	103.8	83	92.2	96.1	88.3	103.7	95.5
'06	90.2	91.4	88.4	88.8	–	–	91.4	99.7	94	100.4	–	91.1	99.6	87.5	99.9	88.9	91.8	87.7	96	96.8	90.7	90.6	85.2	92.3
'07	92.2	89.7	96.4	88	–	–	89.8	90.9	94.3	93.2	–	77.6	85	89.5	88.1	99.5	90.6	88.1	90	90.8	91.2	92.2	91	90.3
'08	91.9	88.3	88.7	97.4	–	–	93	92.2	93	94.5	–	101	90.1	90.3	91.7	90.2	91	98.9	88.2	92	100.6	100.3	92.9	93.4
'09	96.5	93.0	89.3	91.8	–	–	23.3	94.8	95.3	92.5	–	89.0	101.3	100.8	88.6	90.9	98.0	90.9	100.5	93.5	91.4	91.0	99.9	91.7
'10	98.0	90.3	100.1	93.6	–	–	0	93.7	97.1	94.3	–	93.5	90.2	91.8	100.9	97.8	91.7	90.3	91.5	100.3	93.4	93.6	91.8	91.2
'11	87.9	98.8	90.7	92.9	100	–	49.3	99.6	97.5	94.3	–	101.1	92.0	916	91.2	94.6	93.2	99.7	80.0	90.4	69.4	92.4	92.9	90.7
'12	51.0	84.5	78.1	100.1	81.2	98.5	81.0	94.4	90.7	100.2	95.7	92.9	101.7	80.1	88.8	72.1	83.1	80.1	98.7	69.4	0	100.4	88.2	82.3
'13	49.9	80.9	100.1	75.5	26.6	40.8	0	83.7	92.6	90.2	38.1	82.4	75.1	54.1	86.6	94.1	98.1	85.8	88.2	100	37.8	85.5	99.8	75.5
'14	85.2	91.5	83.5	86.3	84.8	95.1	0	91.3	85.6	85.1	99.3	103.5	77.8	78.8	77.9	79.5	81.8	91.9	84.6	41.4	98.1	84.2	88.7	85.0

〈표 2-6〉 국내 및 세계 원전이용률 비교

[단위 : %]

구 분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
국내평균	95.5	92.3	90.3	93.4	91.7	91.2	90.7	82.3	75.5	85.0
세계평균	79.3	79.5	77.8	79.4	76.0	79.0	76.8	69.7	69.1	75.8

※ 출처 : 한국전력공사 전력통계속보 제434호(2014.12.31 기준) 및 Nucleonics Week(2015.6.18)

2. 가동률

원전 가동률은 연간시간(Calender hour)에 대한 발전소의 실제 가동시간(Operation hour)의 비율로서 이용률과 더불어 원전의 안전성, 경제성을 나타내는 중요한 지표 중의 하나이다. 국내원전의 가동률은 이용률과 함께 꾸준히 향상되어 왔으며, 1990년 이후 평균 80%이상의 높은 실적을 보이고 있다. 그러나 2013년 75.7%로 80% 이하의 낮은 가동률을 기록하였고, 2014년에는 85.4%로 상승했다.

〈표 2-7〉 국내 원자력발전소 가동률 현황

[단위 : %]

구분	고 리				신고리		월 성					한 빛						한 울						평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#1	#2	#3	#4	S#1	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
'78	65.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	65.1
'79	74.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74.8
'80	79.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	79.5
'81	69.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69.6
'82	78.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	78.8
'83	70.1	84.7	–	–	–	–	77	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	75.4
'84	72	78	–	–	–	–	70.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73.5
'85	72.6	75.8	94.8	–	–	–	94.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	82.1
'86	73.1	74.8	74.5	95.9	–	–	80.8	–	–	–	–	94.8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	79.8
'87	98.8	82.8	76.1	76.6	–	–	93.4	–	–	–	–	78.4	98.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	85.5
'88	50.6	82.8	79.7	79.8	–	–	80.1	–	–	–	–	77.9	80.7	–	–	–	–	45.1	–	–	–	–	–	74.6
'89	60	95.7	82.3	77.2	–	–	91.7	–	–	–	–	81.5	73.6	–	–	–	–	66.5	45.9	–	–	–	–	77.6
'90	74.6	84.3	90.4	81.5	–	–	86	–	–	–	–	85.7	77.1	–	–	–	–	81.7	73	–	–	–	–	81.6
'91	93.3	85.8	75.1	80	–	–	90.5	–	–	–	–	84.3	84.9	–	–	–	–	91	86.8	–	–	–	–	85.7
'92	76.9	85	83.7	82.7	–	–	85.5	–	–	–	–	86.5	82.6	–	–	–	–	87.4	87.5	–	–	–	–	84.2
'93	81.4	80.5	88.1	85.1	–	–	99	–	–	–	–	86.8	85.7	–	–	–	–	87.3	87.8	–	–	–	–	86.9
'94	68.2	87.7	81.4	93.2	–	–	816	–	–	–	–	99.9	87.8	–	–	–	–	83.3	83.5	–	–	–	–	85.2
'95	99.4	95.5	78.4	89.3	–	–	82.6	–	–	–	–	77.4	76.4	99.6	–	–	–	87.9	93.9	–	–	–	–	87.7

구분	고리				신고리		월성					한빛						한울						평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#1	#2	#3	#4	S#1	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6	
'96	79	87.3	96.2	81.4	–	–	80	–	–	–	–	82.6	93.2	75	86.1	–	–	86.9	92.8	–	–	–	–	85.5
'97	80.8	87.2	74.2	85	–	–	99.7	95.1	–	–	–	99.8	85.1	85	81.3	–	–	83.6	86	–	–	–	–	86.6
'98	76.5	86.1	83.6	100	–	–	76.8	81.6	96.4	–	–	86.7	75.1	86.4	98.1	–	–	94.3	90.7	100	–	–	–	87.1
'99	84.7	85.3	86.9	85	–	–	80.9	88.5	80	100	–	82.7	83.3	87.6	90	–	–	87.2	99.9	81.6	–	–	–	86.2
'00	90.6	88.9	95.6	86.3	–	–	79.6	89.3	100	91.5	–	87.6	88.3	86.2	85.3	–	–	88.1	83.5	88	82.3	–	–	88.2
'01	93	87.3	90	90.5	–	–	81.7	93.5	83.5	92.6	–	100	88.2	100	84.8	–	–	85.5	89.6	91.6	90	–	–	90.1
'02	91.3	91.1	92.1	100	–	–	97.5	88.2	92.3	91	–	90	99.8	89.5	89.2	99.2	100	69.1	79.2	89.4	85	–	–	90
'03	91.1	88	99.2	90.9	–	–	88.2	91.5	93.3	94.3	–	86.8	90.7	91	98.9	84.8	88.2	85	87.7	100	92.3	–	–	91.2
'04	92.6	97.9	87.6	87.4	–	–	89.8	91.3	92.8	93.5	–	87.7	88.5	88.9	88.7	64.5	73.4	90.7	90	91	99.1	98	–	88.8
'05	83.4	92.2	90	99.3	–	–	82.9	94.1	100	94.2	–	100	90	100	90.4	89.9	90.2	100	82.4	89.1	92.3	84.6	99.1	92.1
'06	90.1	91.1	89.2	89.3	–	–	91.3	99.4	93.7	100	–	91.7	99.5	89	100	89.7	92.1	88.7	97.1	97.1	90.6	90.5	86.1	92.8
'07	92.2	90	97.1	90.9	–	–	90.8	90.7	94.1	93.1	–	78.2	85.9	90.4	88.9	99.6	90.8	88.4	90.7	91	91.3	92.6	91.6	90.9
'08	92.1	88.5	89.4	98.8	–	–	95.5	92	92.6	94.2	–	100	89.4	90.7	92	90.8	92	99.6	88.3	92.5	100	100	93	93.6
'09	95.7	92.6	89.5	89.5	–	–	24.5	94.4	94.6	92.2	–	88.9	100	100	88.7	91.2	98.2	91.6	100	93.9	91.9	91.2	99.6	90.4
'10	97.6	90.4	99.7	93.8	–	–	0	93.1	96.3	93.8	–	93.1	89.4	91.5	100	97.4	92	91.2	91.2	100	93	94.1	92	89.5
'11	87.8	97.9	91.0	93.9	100	–	50.3	100	96.8	93.8	–	100	91.2	91.0	91.4	94.5	93.4	99.7	79.9	90.9	68.9	92.5	93.2	90.3
'12	51.2	86.6	78.3	100	82.2	99.9	80.5	93.2	89.1	99.1	96.7	92.2	100	79.6	88.4	73.2	83.4	79.6	98.6	69.8	0	100	88.4	82.3
'13	50.9	81.3	100	76.3	26.7	40.7	0	82.3	90.6	88.6	38.3	82.2	74.3	54.9	87	94.6	98.5	86.1	88.4	100	38.4	86.1	100	75.7
'14	85.9	91.7	83.7	86.5	85.6	97.2	0	90.8	84.1	83.4	99.1	100	77.5	79.2	79.8	79.7	82.6	91.7	84.8	42.7	98.2	84.6	89.2	85.4

제4절 고장정지 현황

고장정지는 정상 운전 중 기기고장 또는 인적요인에 의해 발전소가 불시에 정지되는 것을 의미하는데, 고장정지건수는 안전성과 전기품질 확보 측면에서 원전의 운영관리 수준을 나타내는 지표이다. 2014년에는 가동원전 23기에서 모두 5건의 고장정지가 발생하여 호기당 고장정지건수는 0.22건을 기록하였다. 〈표 2-8〉 호기당 고장정지건수는 원자력 발전의 초기단계인 1980년대 중반까지는 5건 이상의 높은 값을 나타내었으나, 경험을 바탕으로 한 운영능력의 향상으로 1998년 이후 1건 미만으로 낮아졌다. 〈표 2-9〉

원전을 운영하는 인력의 역할은 원전의 고장정지 저감 및 안전운영을 위해서 매우 중요하다. 한국수력원자력(주)은 인적오류 제로화를 목표로 인적오류 예방 중장기대책을 수립하여 시행하고 있다. 종사자 입장에서 일하는 방식을 개선, 안전교육 및 인적오류 예방지원 조직 확대, 종사자 중심의 환경설비 구축 등 3대 중점과제를 선정하여 산·학·연 공동연구를 통해 인적오류에 의한 발전소 고장정지 예방에 노력하고 있다.

또한 한국수력원자력(주)은 기존의 인적행위 개선 시스템을 웹기반(Web-Based)으로 개선하여 인적오류 사건 및 사고개연성이 있는 사고근접사례 사건에 대한 신고, 사건분석, 분석완료, 전파 및 활용 등의 5단계 처리절차를 모두 웹에서 지원할 수 있도록 운영하고 있다.

아울러 한국수력원자력(주)은 신규 원전 증가에 따른 시운전 지원체계를 강화하고 있다. 시운전 과정에서 발견된 인력, 조직, 공정관리,

절차서 등 운영관리 전반의 개선 필요사항에 대하여 조치계획을 수립하여 추진 중이며, 이를 바탕으로 신월성2호기, 신고리3호기 등 신규 가동원전의 안전운전에 최선을 다하고 있다.

〈표 2-8〉 2014년도 국내 원자력발전소 고장정지(불시정지) 현황

호 기	정지일	재개일	정 지 내 용
한울#5	'14.01.29	'14.02.06	제어봉제어계통 고장에 의한 원자로정지
한빛#2	'14.02.28	'14.03.08	지진자동정지계통 시험회로 설계 오류
월성#3	'14.03.15	'14.03.23	액체영역제어계통 고장에 의한 원자로정지
고리#2	'14.08.25	'14.09.24	순환수펌프실 침수에 의한 순환수펌프 정지로 설비보호를 위해 터빈 수동정지 따른 원자로 정지
한빛#3	'14.10.17	OH 착수	출력감발 중 축방향 출력편차(ASI)에 의한 원자로정지

〈표 2-9〉 국내 원자력발전소 고장정지(불시정지) 현황

[단위 : 건]

구분	고 리				신고리		월 성					한 빛						한 울						계	평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#1	#2	#3	#4	S#1	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6		
'78	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	17	17
'79	13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	13	13
'80	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8	8
'81	7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7	7
'82	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4	4
'83	9	5	–	–	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18	6
'84	7	5	–	–	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16	5.3
'85	8	15	4	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	7.5
'86	4	4	9	4	–	–	5	–	–	–	–	7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	33	5.5
'87	3	5	5	4	–	–	1	–	–	–	–	5	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26	3.7
'88	1	0	1	3	–	–	2	–	–	–	–	2	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	13	1.6
'89	3	3	0	1	–	–	2	–	–	–	–	1	2	–	–	–	–	0	1	–	–	–	–	13	1.4
'90	2	0	3	3	–	–	1	–	–	–	–	2	1	–	–	–	–	3	3	–	–	–	–	18	2
'91	11	1	0	2	–	–	3	–	–	–	–	1	2	–	–	–	–	3	1	–	–	–	–	24	2.7
'92	4	1	0	4	–	–	1	–	–	–	–	1	3	–	–	–	–	1	0	–	–	–	–	15	1.7
'93	1	2	3	3	–	–	1	–	–	–	–	0	2	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	14	1.6
'94	1	1	0	1	–	–	3	–	–	–	–	1	0	–	–	–	–	0	1	–	–	–	–	8	0.9
'95	1	2	1	0	–	–	0	–	––	–	–	1	1	3	–	–	–	1	1	–	–	–	–	11	1.1

구분	고리				신고리		월성					한빛						한울						계	평균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#1	#2	#3	#4	S#1	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4	#5	#6		
'96	0	1	0	0	–	–	0	–	–	–	–	1	0	1	4	–	–	2	1	–	–	–	–	10	0.9
'97	0	0	0	0	–	–	1	4	–	–	–	1	1	1	3	–	–	1	1	–	–	–	–	13	1.1
'98	0	2	1	0	–	–	0	0	3	–	–	0	0	0	0	–	–	0	0	0	–	–	–	6	0.4
'99	1	0	1	0	–	–	0	1	0	0	–	1	3	3	1	–	–	1	0	1	–	–	–	13	0.9
'00	0	0	1	1	–	–	0	0	0	1	–	0	1	1	1	–	–	0	0	1	1	–	–	8	0.5
'01	0	0	0	0	–	–	0	1	1	0	–	0	0	0	0	–	–	2	3	0	1	–	–	8	0.5
'02	1	0	0	0	–	–	1	0	0	0	–	1	0	0	0	1	0	3	0	0	1	–	–	8	0.4
'03	0	0	0	0	–	–	0	1	1	1	–	3	0	1	1	1	0	0	1	0	1	–	–	11	0.6
'04	1	0	0	1	–	–	1	0	0	0	–	0	1	1	0	1	1	0	1	0	3	1	–	12	0.6
'05	0	1	0	1	–	–	0	0	0	0	–	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	2	1	10	0.5
'06	0	0	1	0	–	–	1	1	0	0	–	0	1	1	0	0	0	1	0	3	1	0	1	11	0.6
'07	0	2	0	1	–	–	1	0	0	0	–	1	1	0	0	1	0	0	2	0	2	1	0	12	0.6
'08	0	1	1	0	–	–	0	0	0	0	–	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	7	0.4
'09	0	1	0	0	–	–	1	0	0	0	–	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	6	0.3
'10	0	1	1	0	–	–	0	0	0	0	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1
'11	1	1	1	0	0	–	0	0	0	0	–	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	7	0.33
'12	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	9	0.39
'13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	6	0.26
'14	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0.22
누계	109	55	33	29	1	0	39	8	6	2	2	29	26	14	12	8	5	26	18	10	11	6	3	452	–

제5절 정비 및 교육훈련 관리

1. 정비관리

가. 안전최우선 계획예방정비 수행

2014년도 국내원전의 계획예방정비는 18개 호기에서 총 1,036일 동안 수행하였으며 호기별 평균 75일이 소요되었다. 증기발생기 교체 등의 설비개선에 따라 장기간 계획예방정비를 수행한 발전소(한울#3)를 제외하면 평균 정비기간은 64.5일대로 전년도 55.4일대와 비교하여 약 10일 정도 증가되었다. 이는 안전 최우선을 기반으로 한 표준공기의 증가와 후쿠시마 원전사고 후속조치, 품질문서 위조관련 후속조치 등이 지속적으로 수행되면서 2013년과 같이 장기간 소요되는 계획예방정비는 줄었지만 각 계획예방정비 기간마다 반영되어 수행되었기 때문으로 평가할 수 있다.

〈표 2-10〉 최근 10년간 국내 원전 평균공기 현황

년 도	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
평균공기 (일)	37.6	33.3	43.1 (33.3) 주1)	32.0	48.7 (29.6) 주2)	52.4 (28.1) 주2)	52.7 (30.5) 주3)	76.3 (53.4) 주4)	121.9 (55.4) 주5)	75.1 (64.6) 주6)

주1) 고리1호기 계속운전관련 장기 정비기간 제외시
주2) 월성1호기 계속운전관련 장기 정비기간 제외시
주3) 월성1호기 계속운전관련 및 한울4호기 증기발생기 전열관 정비관련 장기 정비기간 제외시
주4) 한울4호기 증기발생기 교체관련 장기 정비기간 제외시
주5) 신고리1,2/신월성1호기 제어케이블 교체, 고리1호기 주제어반 및 비상디젤발전기 교체, 한울4호기 증기발생기 교체, 한빛3호기 원자로헤드관통관 정비 등의 장기 정비기간 제외시
주6) 한울3호기 증기발생기 교체 등의 장기 정비기간 제외시

국내 원자력발전소는 2012~2013년 안전 최우선 정비로의 정비 패러다임 전환에 따라 계획예방정비 기간을 확대한데 이어, 2014년부터 그 동안의 정비기간 축소에 주력하던 정책에서 탈피하여 충분한 정비기간을 확보하여 정비품질을 높이는 기반을 마련하는데 주력하고 있다. 2014년 발전소 이용율은 85.0%로서 국내 원자력발전소가 2011년까지 90% 이상의 높은 이용률을 유지하고 있었던 반면, 2012년 82.27%, 2013년 75.5%으로 이용율이 급격하게 하락하였지만 2014년에는 약 10% 향상된 이용률을 기록하게 되었다. 그 원인으로 2013년 이용율의 급격한 저하 요인이었던 품질검증서류 위조관련 후속조치, 장기간 소요되었던 설비개선 사항들이 상당부분 해소되었으며, 그 동안의 노력을 통한 설비안정성 향상 등에 기인한 것으로 평가된다.

2012년부터 한국수력원자력은 정비 패러다임을 안전 최우선 정비로 안전성을 한층 더 강화함에 따라 발전소 정비에 있어 정비기간의 적절성, 공정 및 작업 관리기법 등 안전성 측면에서 계획예방정비 관리 전반을 재검토하여 전원 상실 및 안전 주입 유발작업 등 안전공정을 도출하여 주공정 수준의 관리를 수행하고, 기동 중 안전을 위한 완충공정 부여 등 리스크를 감안한 공정 조정 및 공기를 연장하였다. 이와 같이 확대된 공정에 따라 2014년에는 정비품질을 더 한층 높이기 위해 안전 및 중요 공정에 대해 4조3교대의 정비조가 운영되지 않는다면 심야 취약시간에 정비를 중단하도록 기틀을 마련하였다. 또한, 자주 고장나는 설비의 정밀점검 수행, 내구연한보다 조기 정비 또는 교체 등을 통해 정비품질 제고와 더불어 불시정지를 줄이기 위한 기반을 마련하고 있다.

2014년에 시행한 주요 정비 및 점검 사항(〈표 2-11〉 참조)을 살펴보

면, 고리1호기 비상디젤 연료탱크 세정, 고리3, 4호기에서 공기압축기 교체, 신고리1, 2호기는 1월초 장기간의 케이블교체를 완료하였으며, 한빛3호기는 원자로 헤드교체, 한빛4, 5호기/월성2호기는 후쿠시마 후속조치의 일환으로 피동형 수소재결합기 설치, 한울3호기는 증기발생기 교체, 한울5호기 저압터빈 분해점검, 한울6호기 원자로제어봉 집합체 교체 수행등 한 해 동안 이루어졌던 주요 설비정비관련 내용을 확인 할 수 있다.

〈표 2-11〉 2014년 호기별 계획예방정비 실적

호기	회차	일정	공기(일)	주요 작업 항목
고리#1	31차	'14.02.25~'14.04.17	51.5	○ 연료교체 ○ 비상디젤 연료탱크 세정
고리#3	22차	'14.02.08~'14.04.08	59.5	○ 공기압축기 교체 ○ 격납용기 재순환 집수조 여과기 개선
고리#4	22차	'14.08.08~'14.09.26	49.2	○ 공기압축기 교체 ○ 격남용기 재순환 집수조 여과기 개선
신고리#1	2차	'13.04.08~'14.01.04	271.6	○ 주급수승압펌프 성능개선 ○ 제어케이블 교체
신고리#2	1차	'13.05.29~'14.01.11	226.5	○ 주급수승압펌프 성능개선 ○ 제어케이블 교체
한빛#2	21차	'14.09.06~'14.11.19	74.4	○ 저압터빈 분해점검 ○ 냉각재계통 배수밸브 정비
한빛#3	15차	'14.10.17~'15.04.12	177.1	○ 원자로헤드 교체 ○ 제어봉교체
한빛#4	14차	'13.11.14~'14.03.15	121.5	○ 피동촉매형 수소재결합기 설치 ○ 원자로헤드 관통부 정비
한빛#5	9차	'13.12.12~'14.03.15	93.6	○ 피동촉매형 수소재결합기 설치 ○ 주변압기 교체

호기	회차	일정	공기(일)	주요 작업 항목
한빛#6	9차	'14.05.16~'14.07.18	57.9	○ 냉각재펌프 내장품 교체 ○ 증기발생기 화학세정 및 초음파검사
월성#2	14차	'14.07.04~'14.08.07	33.6	○ 피동형 수소재결합기 설치 ○ 저압터빈 분해점검
월성#3	13차	'14.09.13~'14.11.02	49.7	○ 냉각재펌프 밀봉장치 교체 ○ 고압터빈 분해점검
월성#4	12차	'14.05.17~'14.07.16	60.6	○ 원자로건물 종합누설률 시험 ○ 고압터빈 분해점검
신월성#1	1차	'13.05.29~'14.01.04	219.9	○ 살수계통 밸브 및 연결배관 개선 ○ 제어케이블 교체
한울#2	19차	'14.10.23~'14.12.17	55.4	○ 원자로냉각재펌프 회전체 분해정비 ○ 원자로내부 육안점검
한울#3	12차	'14.03.08~'14.10.03	209.4	○ 증기발생기 교체 ○ 격납건물종합누설률 시험
한울#5	8차	'14.11.14~'15.01.01	47.7	○ 저압터빈 분해점검 ○ 갑종보호계전기 3중화
한울#6	7차	'14.04.07~'14.05.17	39.7	○ 원자로 제어봉집합체 교체 ○ 저압터빈 분해점검

2. 교육훈련관리

국내 원전의 효율적인 운영과 안전성 확보, 신규원전의 적기 건설 및 해외사업의 성공적 수행과 저탄소 녹색성장의 중추적 역할을 성공적으로 수행하기 위해서, 유능한 기술 인력의 확보는 필수 불가결한 조건이다. 따라서 한국수력원자력(주)은 원전 전문인력 양성과 이를 통한 안전문화 정착을 위해 많은 노력과 투자를 하고 있다. 이를 위해 건설·시운전·운영 등 전 분야에 걸쳐 전문인력을 양성하기 위해 인재개발원을 운영하고 있다. 또한 각 원전본부는 원전조종사의 시뮬레이터

실습을 포함한 사업소별 특정 부문의 훈련을 위해 교육훈련센터를 설립하여 교육체계 및 과정을 현장 중심으로 세분화 및 전문화하였다.

한국수력원자력(주)은 교육시설을 현대화하고 발전소 종사자의 직무분석을 통한 교육훈련 프로그램을 개편하여 직무 전문성을 향상시키기 위해, 현장 문제해결 중심으로 교육 과정을 개선하였다. 또한 인적오류 방지 및 운전기술 고도화 등 전문교육과정을 중장기 교육 프로그램에 반영하여 시행하고 있다.

가. 교육체계

원자력분야의 교육체계를 살펴보면, 신입사원(대졸수준 채용)은 입사 후 원자력 전문 교육기관인 인재개발원에서 11주간의 신입입문, 공통직무기초, 신입원자력기초 교육을 받게 되며, 이어서 발전소 현장에서 13~33주간의 현장적응훈련과 훈련센터에서 8주간의 해당 노형별 계통교육 등 총 32~52주 교육을 받은 후 보직을 받아 업무에 임하게 된다. 특히 발전팀의 원전조종사에 보직된 신입직원은 4주간의 복수근무를 추가로 시행하여 실무 중심의 교육을 받게 된다. 한국수력원자력(주)은 발전소 종사자가 업무수행 중 각 보직에 필요한 실무과정, 전문과정, 간부과정 등을 단계적으로 이수하도록 사내교육을 시행하고 있다. 또한 핵심 및 취약분야 기술 습득을 위해 우수인력을 해외 및 국내 설비제작기관과 해외 우수원전에 파견하여 위탁교육을 시행하고 있다.

나. 인재개발원 교육

한국수력원자력(주)은 1979년 10월, 원자력 전문기술인력 양성이라는 중요한 역할을 수행하기 위해 인재개발원을 설립했다. 인재개발원은 "혼, 창, 통이 살아있는 글로벌 인재 양성"이라는 인재상과 "2020 World Best 인재개발 기관" 이라는 비전을 가지고 국내외의 원자력분야 종사자들에 대한 교육을 실시하고 있다. 인재개발원의 직무전문과정은 기본과정, 실무과정, 전문과정, 간부과정으로 분류된다. 이를 세분화하면, 기본과정은 신입직원을 대상으로 한 원자력이론 및 계통기초 과정을 말하며, 실무과정은 운영·정비요원을 대상으로 직무능력 향상을 위한 과정이고 전문과정은 각 분야별 전문가를 양성하기 위한 과정이다. 그리고 간부과정은 관리자의 조직역량 및 리더십 향상을 위한 교육과정이다. 또한 인재개발원은 IAEA 및 WANO 국제협력과정과 경영, 경제, 외국어 등 사이버 교육과정을 운영하고 있으며, 현장의 교육 Needs 분석을 통한 체계적 교육 프로그램 개발 방법을 도입하는 등 원자력 전문가 양성을 위한 교육인프라를 구비하고 있다. 그 외 원자력발전소 정비업무를 전담하고 있는 한전KPS(주)의 정비요원을 대상으로 한 교육과정과 국내원전 관련 업체 및 해외 원전 개발국 기술자 양성을 위해 다수의 수탁 교육과정도 운영 중에 있다. 각 사업소 교육훈련센터(고리, 월성, 한빛, 한울)에서는 사업소 특성에 맞는 특수교육과정과 노형별 직무교육을 운영하고 있다. 특히 사업소 해당원전과 동일한 원자로 모의제어반을 도입하여 원전 조종사를 양성하고 있으며, 노형별 특성을 반영한 현장 문제해결 중심의 교육을 시행하고 실습훈련을 강화하기 위해 노력하고 있다.

다. 국내 위탁교육 및 해외훈련

한국수력원자력(주)은 사내 교육과정으로 운영하기 어렵고 국내외 전문기관을 활용한 교육훈련이 필요한 분야에 대해서는 위탁교육을 시행하고 있다. 국내 위탁교육은 한국표준협회, 한국생산성본부 등 국내 전문교육기관을 이용해 교육을 시행하고 있으며, 이외에도 한전원전연료, 두산중공업 등 국내 원전 기자재 제작 및 설계회사에 위탁하여 교육을 시행하고 있다.

또한, 전문기술 향상, 선진기술의 습득, 신규원전의 운영요원 및 특수분야 전문인력 양성을 위하여 원자로 제작사 등 해외 전문기관 위탁훈련을 지속적으로 실시하고 있다. 해외 우수원전의 운영기술을 벤치마킹하기 위한 우수인력 장기파견교육을 통해 선진 운영기법을 국내 원전에 반영함으로써 국내 원전의 안전성과 신뢰성을 더욱 확고히 하고 있다.

〈표 2-12〉 교육훈련 실적

[단위 : 명]

구 분		~'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	합 계
사내 교육 (인재개발원 및 각 훈련센터)	자체과정	62,021	6,872	7,061	7,933	8,240	9,060	8,055	8,525	10,970	11,255	13,606	14,703	168,301
	수탁과정	3,221	288	344	447	397	535	532	788	850	1,733	1,024	1,012	11,171
	소 계	65,241	7,160	7,405	8,380	8,637	9,595	8,587	9,313	11,820	12,988	14,630	15,715	179,471
국내 위탁교육		9,956	2,864	2,592	3256	3,461	4,769	3,580	3,022	4,943	7,576	7,404	7,759	61,182
해외 위탁교육		1,423	341	462	546	427	308	84	87	313	317	365	258	4,931
합 계		76,620	10,365	10,459	12,182	12,525	14,672	12,251	12,422	17,076	20,881	22,399	23,732	245,584

〈표 2-13〉 원전 훈련용 시뮬레이터 현황

기준 원전	활용 원전	설치일	설치장소
고리#1	고리#1	'12.07	고리본부
고리#2	고리#2	'98.07	
고리#3	고리#3,4	'86.12	
신고리#3	신고리#3,4	'11.12	
월성#2	월성#1,2,3,4	'96.12	월성본부
신고리#1	신고리#1,2 신월성#1,2	'10.01	
한빛#1	한빛#1,2	'06.09	한빛본부
한빛#3	한빛#3,4,5,6	'97.04	
한울#1	한울#1,2	'90.02	한울본부
한울#3	한울#3,4,5,6	'02.10	

03 원자력발전소 건설

한국수력원자력(주) 건설처 건설계획팀장 정영기

제1절 원전 건설사

1978년 4월 고리원자력 1호기가 가동됨으로써 세계에서 21번째 원전보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전건설을 추진하여 2015년 8월 말 기준으로 24기의 원전을 가동하고 있다.

지난 37여년의 우리나라 원전건설사는 기술자립 및 기술독립의 역사였다고 할 수 있다. 초창기 아무런 기술과 경험 없이 시작된 원전건설은 외국에 전적으로 의존하였다. 이를 극복하고 원자력이 준 국산 에너지로서 위치를 확실하게 자리 잡기 위해서는 원전건설 기술자립이 가장 시급하고도 중요한 과제로 대두되었다. 따라서 정부, 사업자, 연구기관 등이 역할분담에 따라 중·장기적인 비전수립 하에 기술 자립에 온 힘을 쏟았다. 이를 단계별로 보면 크게 외국기술 의존기, 기술 축적기, 기술 자립기, 기술 선진화기, 기술 독립기 등으로 구분할 수 있다.

외국기술 의존기
○ 외국계약자 일괄도급계약
고리 1·2호기, 월성 1호기

⇩

기술 축적기
○ 외국계약자 분할 발주 ○ 국내업체 하도급 참여
고리 3·4호기, 한빛 1·2호기, 한울 1·2호기[4)]

⇩

기술 자립기
○ 한수원 사업주도 ○ 국내업체 주계약자 참여 ○ 한국표준형원전 개발
한빛 3·4·5·6호기, 월성 2·3·4호기 한울 3·4·5·6호기

⇩

기술 선진화기
○ 개선형 한국표준원전(OPR1000) 개발 ○ 차세대 신형경수로(APR1400) 개발
신고리 1·2·3·4호기, 신월성 1·2호기

⇩

기술 독립기
○ APR+ 기술개발 ○ 미확보 핵심기술 국산화 (RCP, MMIS, 핵심설계코드)
신한울1,2호기 이후 후속 원전

〈그림 2-2〉 원전건설 변천사

4) 한빛 : 舊 영광, 한울 : 舊 울진

1. 외국기술 의존기

초창기 원전건설은 전적으로 외국의 기술에 의존할 수밖에 없었다. 따라서 외국 주계약자가 발전소 착공부터 준공까지 모든 책임을 지고 사업관리, 설계, 자재 구매, 시공 및 시운전을 수행하는 일괄발주방식(Turn-Key)으로 건설되었다. 이러한 형태의 사업추진 방식은 당시 원전건설에 대한 국내 기술과 경험, 산업기반이 취약하였기 때문이다. 우리가 참여하였던 분야는 부지조성공사, 일부 토건자재 공급, 단순 노무인력 제공 등에 국한되었다. 따라서 기술축적 측면에서의 큰 진전은 없었으나 사업관리, 시운전에 대한 경험을 축적하게 되었다.

가. 고리 1호기

1967년 10월 수립된 장기전원개발계획에 따라 정부는 500MW급 원전 2기를 1976년까지 건설하기로 확정하였다. 이로써 우리나라 최초의 원전건설이 본격적으로 시작되었다. 먼저 원전입지를 경남 양산군(현 부산광역시 기장군) 장안읍 고리로 확정한 한전은 1969년 2월까지 건설부지에 대한 현장조사를 끝낸 뒤 동년 5월 주민대표와 한전관계자로 구성된 원자력발전소 부지매수 및 보상위원회를 설치하고 부지매수에 착수하였다. 그러나 주민들의 완강한 반대에 부딪혀 처음에는 많은 어려움을 겪었으나 설득과정을 거쳐 주민을 이주시키고 21만평의 부지를 확보하게 되었다. 한전은 건설비를 약 344억원으로 추정하고 기기 공급 및 설치공사의 계약체결과 소요자금의 차관획득을 위하여 원전건설 경험이 있는 외국 업체에 예비 견적의뢰 안내서를 발송하였다. 그 견적서를 접수·검토하여 원자로형과 공급회사를 결정하고 소요차관을 알선

하도록 한다는 원칙을 확정하였다. 이 결정에 따라 한전은 1968년 6월 미국의 GE, Westinghouse, Combustion Engineering과 영국의 British Nuclear Export Executive 등 4개사를 대상으로 예비견적제출 안내서를 발송하였다. 1968년 10월 4개사로부터 예비제의를 접수하고 기술사양 등을 검토·평가한 결과 미국 웨스팅하우스사를 계약상대자로 결정하였다. 1970년 12월 발전소 공급계약이 발효되고 1971년 3월 19일에 현지에서 기공식이 거행되었다. 그러나 건설기간 중 때마침 밀어닥친 석유파동으로 인한 물가상승과 건설재원의 부족, 그리고 건설 참여국인 영국의 산업분쟁 등으로 공기가 지연되어 당초보다 2년이 늦은 1978년 4월 29일에 역사적인 상업운전을 시작함으로써 한국은 세계에서 21번째의 원자력발전소 보유국으로 원자력발전 시대의 막을 열게 되었다.

〈그림 2-3〉 고리1호기 기공식 (1971.3.19.) 〈그림 2-4〉 고리1호기 준공식 전경 (1978.7.20)

고리 1호기는 가압경수로형 587MW로써 주계약자인 미국의 웨스팅하우스사가 전반적인 건설책임을 지고 원자로 계통설비의 공급과 초

기 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈·발전기 계통설비의 공급과 토건공사의 감독을 맡았다. 국내업체로는 현대건설(주)이 원자로계통 공사를, 동아건설(주)이 터빈·발전기계통 공사를 하도급 형태로 참여했으며, 비파괴검사는 유양원자력(주)이 맡았다. 이 건설공사에는 외자 1억7천390만 달러, 내자 717억원 등 모두 1천560억원이 소요되었는데, 당시로서는 우리나라 사상 최대규모의 단위사업이었다.

나. 고리 2호기

정부는 1971년 5월 7일자로 신장기 에너지종합대책을 마련하고 1981년까지 600MW급 원자력발전소 3기를 건설·가동키로 계획하였다. 이 계획에 따라 한전은 고리 2호기의 건설을 위한 건설지점의 선정과 준공시기, 노형과 설비용량의 결정을 포함한 건설계획을 확정하여 1973년 8월 11일 미국의 웨스팅하우스사에 통보했고, 이를 계기로 2호기에 대한 계약추진 작업이 본격화되었다. 이듬해인 1974년 3월 4일 기술사양 및 공급책임범위 등에 관한 계약서 초안을 접수하고 3월 25일 계약일반조건의 초안을 접수함으로써 계약합의가 이루어져 같은 해 10월 28일 고리 2호기의 건설공급계약 및 원전연료 공급계약을 체결하기에 이르렀다. 그러나 고리 2호기는 계약자측이 계약발효시기인 1975년 11월 30일까지 차관획득에 실패함에 따라 계약발효 조건을 충족시키지 못해 계약효력이 자동 상실되는 어려움을 겪기도 하였다. 고리 2호기는 1호기에 인접하고 있어 기초굴착 시 발파작업으로 인한 진동이 1호기에 미치는 영향을 배제하기 위하여 1호기의 상업운전 이

전에 구조물 기반 암반의 굴착을 끝낼 필요가 있었다. 정부는 이에 따라 건설허가 이전에 제한작업승인을 검토하게 되었으며, 1977년 3월 1일 한전은 구조물의 기초굴착 작업을 착공하였다. 1983년 7월 25일 준공, 상업운전을 개시한 2호기는 1호기와 같은 가압경수로형으로 시설용량은 650MW이다. 턴키방식으로 추진된 이 공사는 주계약자인 미국의 Westinghouse사가 원자로계통 설비의 공급과 초기노심용 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈·발전기 계통설비의 공급을 맡았는데 국내 업체로는 현대건설(주)이 1차 계통에, 동아건설(주)이 2차 계통에 하도급 형태로 참여하였다. 이 공사에는 외자 5억4천만 달러, 내자 2천8백5억원 등 5천9백16억원이 소요되었다.

다. 월성 1호기

1973년 4월 방한한 캐나다원자력공사(AECL)의 그레이 총재는 청와대, 상공부, 과기처 등 정부 관계부처와 한전을 방문하여 캐나다가 개발한 가압중수로(CANDU)형 원자로의 장점을 소개하고 한국의 장기 전원개발계획에 참여하기를 강력히 희망하였다. 정부는 1973년 6월 한국과학기술연구소의 현경호 박사를 단장으로 중수로조사단을 구성하여 이들을 캐나다에 파견하였으며, 캐나다원자력공사는 같은 해 8월과 10월 두 차례에 걸쳐 기술진을 파견하고 한전 및 원자력연구소의 기술진과 가압중수로형 원자로의 기술적 측면에 대하여 활발한 토의를 진행하였다. 바로 이때 불붙기 시작한 중동의 석유무기화전략은 제1차 석유파동을 몰고 왔으며 정부는 이에 대처하는 방안으로 원자력발전개발계획의 확장을 서둘러야 하는 처지에 있었다.

한전은 원전 2·3호기의 조기도입을 위해 1973년 11월 24일 월성 1호기의 건설계획을 확정하고, 곧이어 11월 27일 구매의향서를 캐나다 원자력공사에 발송하였다. 한전은 캐나다원자력공사와 계약조건과 내용에 대한 오랜 협상 끝에 최종합의를 위해 민충식 한전사장을 대표로 하는 협상대표단을 파견하게 되었으며, 1974년 12월 31일 캐나다 몬트리올에서 합의 내용에 대한 가계약을 체결하고 정부에 보고, 추인을 받은 후 1974년 1월 27일 정식계약서에 서명하였다.

1975년 10월 월성 1호기 건설사무소가 경북 월성군(현 경주시) 양남면 나아리에 설치되고 부지 63만평에 대한 매입과 200여 가구에 대한 주민이주가 시작되면서 본격적인 사업이 착수되었다. 1975년 5월 3일 기초굴착 공사가 착공되고 같은 해 6월 15일 기공식을 가진 월성 1호기는 6년 후인 1983년 4월 22일에 준공, 상업운전을 개시하였다. 이 발전소의 건설은 턴키방식으로 캐나다원자력공사가 발전소 기기의 설계, 구매, 현장설치, 시운전, 품질보증, 운전원 훈련 및 초기노심용 원전연료와 중수의 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 일부 설비의 공급 및 설치를 담당했고, 영국과 캐나다의 Parsons사가 터빈·발전기의 공급, 설치감독 분야를 맡았다. 시설용량 678MW의 이 중수로 건설에는 외자 6억달러, 내자 3천55억원 등 6천4백28억원이 소요됐는데, 캐나다수출개발공사, Royal은행, 영국의 Hambros은행, Lazards은행의 차관으로 충당하였다. 고리 2호기와 월성 1호기는 1983년 7월과 4월에 각각 준공됨으로써 한국은 거의 같은 시기에 비슷한 용량의 경수로와 중수로를 함께 보유하게 되었다.

2. 기술 축적기

고리 1호기 등 3개 호기의 원전건설에서 자신감을 얻은 한전은 사업 추진 방식을 일괄발주방식에서 분할발주방식(Non-Turnkey)으로 변경하여 건설기술 자립에 박차를 가하였다. 분할발주방식이란 한전이 사업관리를 주도하고 종합설계 용역, 원자로설비 공급, 터빈·발전기 공급, 원전연료 공급, 시공 등을 분야별로 전문업체에 분할하여 계약하는 형태를 말한다. 국내업체의 참여폭을 확대하고 효율적인 사업관리, 품질보증, 국산화율 제고 등을 통하여 기술축적이 가능하도록 분야별로 외국 주계약자 밑에 국내업체들이 하도급으로 참여하였다. 보조기기는 국산화 가능여부를 사전에 정부 및 산업체와 공동으로 평가하여 국내 제작 가능분, 외국기술 지원하에 국산화 가능분, 그리고 국산화 불가능분으로 품목별로 구분하여 국산화가 불가능한 부문을 제외한 모든 기자재를 국내 제조업체에 발주시켰으며, 시공은 국내 전문 건설업체가 수행하였다.

가. 고리 3·4호기

이제까지의 원자력발전소 3기 모두가 일괄발주방식으로 건설된 600MW급인데 반하여, 고리 3·4호기부터는 한전주도 아래 분할발주방식(Non-Turnkey)을 채택하였으며, 설비용량도 950MW급으로 대형화하였다. 이것은 원전건설에 있어서 국산화율의 제고와 기술축적을 위한 조치인 동시에 경제규모 확대에 따른 전력수요 성장을 감안한 의욕적인 전원개발계획을 반영한 것이다. 건설사업 전반을 주도·관리하게 된 한전은 건설부지를 고리 1·2호기의 인접 지역으로 정하고

1978년 2월 부지정지작업에 들어갔다. 같은 해 4월 Westinghouse사와 1차계통 공급계약을 체결하고 잇따라 5월에는 GEC사와 2차계통 공급계약을, 그리고 Bechtel사와 기술용역 계약을 맺으면서 공사진척이 활발해졌다. 1978년 7월 고리현장에서 당시 박정희 대통령이 참석한 가운데 1호기의 준공식과 병행하여 3·4호기의 기공식을 가졌으며, 1979년 1월 건설추진반을 확대·발족시켜 4월에 기초굴착에 착수하였다.

고리 3호기는 1985년 9월에, 4호기는 1986년 4월에 각각 상업운전을 시작하였으며 설비용량은 각각 950MW이고 노형은 가압경수로형이다. 공사비는 외자 11억 4천만달러, 내자 9천2백51억원 등 모두 1조 7백18억원이 소요되었다.

나. 한빛 1·2호기(舊 영광 1·2호기)

한빛 1·2호기는 건설부지를 전남 영광군 홍농면(현 홍농읍) 계마리로 확정하고 고리 3·4호기와 마찬가지로 한전 주도의 분할발주방식으로 추진되었다. 설비용량은 각각 950MW, 노형은 가압경수로형이고 공사비는 외자 10억6천3백만달러, 내자 1조2천78억원 등 모두 2조 4백억원이 소요되었다. 건설에 따른 국제입찰이 진행 중이던 1979년 3월 28일 미국의 쓰리마일 원전 2호기 사고가 발생하여 인허가 요건이 강화됨에 따라 한빛 1·2호기는 안전성 향상에 역점을 두고 설계되었다. 1981년 2월 기공식을 가진 한빛 1호기는 1986년 8월에, 2호기는 1987년 6월에 각각 상업운전을 개시하였다.

다. 한울 1·2호기(舊 울진 1·2호기)

경북 울진군 북면 부구리에 건설된 한울 1·2호기는 원전기술과 원전연료의 공급원을 다원화하고 정치, 경제, 기술협력의 증진 등을 고려하여 프랑스의 설비를 도입하였다. 고리 3·4호기와 한빛 1·2호기에 이어 세번째로 한전의 사업주도방식으로 추진된 이 발전소도 설비용량 950MW의 가압경수로형이다.

특징으로는 하나의 보조건물을 2기가 공유할 수 있도록 경제성을 살렸으며, 쓰리마일 원전 사고 후의 보완조치를 충분히 반영시킴으로써 신뢰성과 안전성에 역점을 두어 설계되었다. 1982년 10월에 착공하여 1호기는 1988년 9월, 2호기는 1989년 9월에 각각 상업운전을 시작하였다. 총 공사비 2조1천2백억원이 소요된 한울 1·2호기는 국내업체가 설계, 기기제작, 시공 등 공사전반에 직접 참여하였는데 설계분야는 6%, 기기공급분야는 40%까지 국산화율을 높였고 시공분야는 완전 기술자립을 이룩했다.

3. 기술 자립기

원전건설 기술자립 촉진을 위해 1984년 7월 동력자원부(현 산업통상자원부)가 "원자력발전 경제성 제고방안"을 수립하고 기술자립을 위한 방향 및 역할분담에 확정함에 따라 1987년 5월 한빛3,4호기 주기기공급, 종합설계용역 및 핵연료공급계약 체결과 동시에 ABB-CE사와 기술도입을 위한 10년기한의 기술도입계약(TTA, Technical Transfer Agreement)을 체결하여 기술자료 도입, 교육훈련 수행 등 체계적이

고 종합적인 원전건설 기술자립계획을 추진하였다. 한빛 3·4호기는 순수 국내 기술진에 의해 건설된 한국 원전건설 기술의 집합체이며 한국표준형원전인 한울 3·4호기의 효시가 되었다. 우리나라는 그동안 중화학공업 분야의 국내 산업기술 수준 향상과 외국업체의 하도급자로 참여하면서 습득한 기술능력을 바탕으로 국내업체를 분야별 주계약자로 하고 외국업체는 핵심기술 분야를 지원하는 하도급자로 참여하게 함으로써 명실상부한 원전건설 기술자립을 달성할 수 있게 된 것이다. 최초의 한국표준형원전인 한울 3호기가 1998년 8월, 4호기가 1999년 12월에 각각 상업운전을 개시하였다.

가. 한빛 3·4호기(舊 영광 3·4호기)

한빛 3·4호기는 운전 중인 한빛 1·2호기 바로 옆에 시설용량 1,000MW급 2기로 계획되었다. 1987년 5월에 사업을 착수하여 약 2년여에 걸친 국내·외 전문기관의 안전성 검토결과를 토대로 원자력위원회의 최종 심의를 거쳐 1989년 12월 21일 정부로부터 건설허가를 받았다. 이에 따라 같은 해 12월 23일 최초 콘크리트를 타설하고 1990년 초부터는 구조물 공사가 본격적으로 진행되었다. 한빛 3·4호기는 원자력 기술자립 기반구축을 위해 한전의 종합사업관리하에 국내업체를 분야별 주계약자로 하고 외국업체는 국내 주계약자의 하도급자로 참여토록 하는 국내주도 계약방식으로 추진되었다.

한빛 3·4호기는 원전건설의 기술자립과 건설사업을 병행 추진함으로써 원전 건설기술을 자립하여 원자력이 국산 에너지자원이 되게 하는 기반을 구축했다는데 큰 특징이 있다. 최초의 국내주도형 사업으로

서 한전이 전체사업을 총괄 관리하고 국내업체는 각 분야별로 사업을 주도하되 기술이 미진한 분야에 대해서만 외국업체로부터 지원을 받도록 함으로써 사업에 소요되는 자금 중 외자의존도를 17% 정도로 대폭 축소시켰다. 한빛 3호기는 1994년 3월, 4호기는 1996년 1월에 성공적으로 상업운전에 들어감으로써 한국표준형원전을 탄생시킨 모태로서 큰 역할을 하였다.

나. 월성 2·3·4호기

각각 700MW급 캐나다 가압중수로형인 월성 2·3·4호기는 월성 1호기와 동일부지에 건설하기로 하고 2호기는 1991년 10월에, 3·4호기는 1993년 8월에 착공되었다. 월성 2·3·4호기는 중수로 기술자립 기반을 마련하기 위해 한전의 종합관리하에 외국업체와 국내업체를 분야별 주계약자 및 하도급 계약자로 하는 계약체제를 도입하였다. 종합설계 및 원자로 설비공급은 1호기의 주계약자였던 캐나다원자력공사와 체결하였으며 동시에 중수로 건설기술 전수협약도 체결하였다. 월성 2·3·4호기는 각각 1997년 7월, 1998년 7월 및 1999년 10월에 상업운전을 개시하였다.

다. 한울 3·4호기(舊 울진 3·4호기)

한울 3·4호기는 한국표준형원전으로 건설된 최초의 원전이다. 정부는 1990년 7월 제225차 원자력위원회에서 총 공사비 약 3조3천5백억원이 투입되는 「울진원자력 3·4호기 건설추진계획」을 의결하였다. 한울 1·2호기와 동일부지에 위치한 한울 3·4호기는 가압경수로형으로

설비용량이 각각 1,000MW이며 1992년 5월에 착공되었다. 3호기는 1998년 8월에, 4호기는 1999년 12월에 상업운전을 개시하였다. 한울 3·4호기는 한빛 3·4호기의 설계 및 건설경험을 활용하여 최초의 표준원전 설계개념을 도입함으로써 한국표준형원전 건설의 시발점이 되었으며, 이 표준설계는 앞으로 건설되는 후속기에도 계속 적용하여 원전 건설의 해외의존도를 낮추고 명실상부하게 원전기술자립을 이룩하는 토대가 되었다.

라. 한빛 5·6호기(舊 영광 5·6호기)

한빛 1·2·3·4호기와 동일부지에 건설된 한빛 5·6호기는 한국표준형원전으로 한빛 3·4호기, 한울 3·4호기에서 축적된 기술과 경험을 바탕으로 진일보된 원전을 건설하였다. 건설기간 중에 영광군의 건축허가 취소로 인한 건설중단 및 온배수문제로 준공지연 등 숱한 난관이 있었지만 한빛 5호기는 2002년 5월 21일에, 한빛 6호기는 2002년 12월 24일에 각각 상업운전을 개시하였다. 특히 한빛 6호기는 국내 최초 첫주기 무고장 안전운전을 달성하여 우리나라 원전의 우수성을 다시 한 번 보여주었다.

마. 한울 5·6호기(舊 울진 5·6호기)

한울 1·2·3·4호기와 동일부지에 건설된 한울 5·6호기는 한국표준형원전의 결정판이다. 순수 국내 기술진에 의해 건설된 1,000MW급 가압경수로형인 한울 5·6호기는 1999년 1월에 기초굴착공사를 시작하여 6여년간 약 4조 4,700억원의 공사비와 연인원 800만명이 투입된 대형

국책사업이었다. 특히 1997년말 시작된 IMF기간 동안에는 국내 건설경기 활성화는 물론 지역고용에도 크게 기여하였다. 또한 원전의 핵심설비인 증기발생기의 재질변경(Inconel-600에서 Inconel-690으로 변경) 등을 통해 안전성을 강화하였고, 최신기술의 적용과 선행호기의 운전경험을 반영하여 운전 및 유지보수의 편의성을 향상시켰다.

4. 기술 선진화기

1997년 5월 기술도입계약(TTA)이 만료되어 도입된 특허, 저작권 및 제3자 제한코드 등을 국내외에서 더 이상 사용할 수 없게 됨에 따라 1997년 6월 10년기한의 기술사용협정(LA, License Agreement)을 체결하였다. 기술사용협정(LA)은 기술도입계약(TTA)와는 달리 도입기술에 대한 영구적 실시권을 보장받도록 하였으며 동시에 ABB-CE가 개발한 Sys.80+ 설계자료를 확보함으로써 신형경수로1400(APR1400) 개발을 위한 기반을 구축하였다.

준공을 완료한 신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기는 개선형 한국표준원전(OPR1000)으로 30여년의 원전건설 및 운영경험 등을 토대로 한국표준형원전 설계개선 1, 2단계 사업을 통해 일체형원자로상부구조물, 복합건물 등 97개의 개선사항을 반영하여 기존원전 대비 안전성과 경제성의 향상은 물론, 원전 종사자의 운전 편의성과 방사선피폭 저감을 도모하는 한편 합성구조물공법과 원자로냉각재계통의 자동용접 등 신공법을 적용하였다. 2015년 8월말 현재 건설 중인 신고리 3·4호기와 신한울 1·2호기 및 건설준비 중인 신고리5·6호기와 신한울3·4호기

는 1992년 6월 정부의 국가선도기술 개발사업(G-7) 과제로 선정되어 그 후 10 여년 간 국내 산·학·연 공동으로 개발한 신형경수로 1400(APR1400)이다. 2002년 5월 정부로부터 표준설계인가(Standard Design Approval, SDA)를 취득하였다. 국내 기술로 개발한 APR1400은 국내 원전건설 및 운전경험을 토대로 세계 주요 신형원전에서 채택하고 있는 최신의 안전설비와 기준을 적용하였으며, 사고방지는 물론 만일의 경우 사고 발생 시에도 그 영향을 최소화 할 수 있도록 중대사고 완화개념을 설계에 대폭 반영하였다.

5. 기술 독립기

웨스팅하우스와 체결한 기술사용협정(LA)이 2007년 6월 만료됨에 따라 웨스팅하우스의 협력 없이 독자적 해외수출을 위한 미자립 핵심기술(원자로냉각재펌프, 원전계측제어설비, 제3자 제한코드)의 개발과 함께 APR1400이후 해외 선진노형과 경쟁할 수 있는 1,500MWe급의 고유원자로(APR+) 개발을 위해 정부는 2006년 12월 "원전기술발전방안(Nu-Tech2012)"을 수립하였다. 미자립 3대 핵심기술 중 원자로냉각재펌프와 원전계측제어설계에 대해서는 2009년 3월 신한울 1·2호기 건설사업을 통해 국산화를 추진하기로 결정하였다. 원전계측제어설비는 2010년 7월 국산화 개발을 완료하였고, 원자로냉각재펌프는 2012년 12월 국산화 개발을 완료하여 2015년 8월 말 현재 신한울 1·2호기에 설치 중에 있으며 신고리 5·6호기 등 후속 원전에도 설치될 예정이다.

APR+는 원전설계핵심코드 등 3대 핵심기술 국산화 반영, 피동보조급수계통개발 등 해외 경쟁원전 대비 성능개선, 후쿠시마 후속조치 설계단계에서 반영, 항공기 충돌 등 강화된 규제요건을 적용하여 순수 우리기술로 완성한 1,500MW급 고유노형이다.

APR+는 2007년 8월 개발에 착수하여 약 7년만인 2014년 8월 14일 원자력안전위원회에서 표준설계인가(Standard Design Approval, SDA)를 취득하였다. APR+는 2015년 7월 확정된 제7차 전력수급기본계획에 따라 천지 1·2호기 및 후속 신규원전의 건설노형으로서 2020년 후반 국내 전력수급 안정에 기여하고, 해외 수출 주력노형으로 자리매김 할 전망이다.

제2절 원전건설 현황

1. 개 요

2015년 8월말 현재 우리나라는 4기의 원전을 건설 중에 있으며 6기의 원전이 건설준비 중, 2기의 원전이 건설계획 중에 있다. 건설 중 원전으로는 신형경수로(APR1400)로 건설되는 신고리 3·4호기 및 신한울 1·2호기 있다. 건설준비 중 원전으로는 신형경수로(APR1400)로 건설되는 신고리 5·6호기 및 신한울 3·4호기, APR+로 건설예정인 천지 1·2호기가 있다.

원전 입지는 고리원전 인근 효암·비학 지역과 신암리 지역에 8기를 건설할 수 있는 부지를 각각 1997년과 2000년에 전원개발사업 예정구

역으로 지정·고시하였다. 신고리1호기와 2호기가 2011년 2월과 2012년 7월에 준공되어 상업운전 중이며, 신고리5·6호기가 건설준비 중에 있다. 현재 신고리 3·4호기가 건설 중에 있다. 또한, 2002년 5월 한울원전 인근 덕천리 지역에 4개 호기를 건설할 수 있는 부지를 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시하여 현재 신한울 1·2호기가 건설 중, 신한울3·4호기가 건설준비 중에 있다. 한편 1995년 7월 월성원전 인근 봉길리에 4기를 수용할 수 있는 부지를 지정·고시하였으나 동 부지의 일부가 2005년 11월 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지선정 주민투표 결과에 따라 2006년 1월 중·저준위방사성폐기물 처분시설 예정지역으로 지정·고시됨에 따라 2개호기 부지로 축소되어 신월성 1·2호기 건설사업을 추진하였다. 신월성 1호기와 2호기는 각각 2012년 7월과 2015년 7월에 준공되어 상업운전 중이다. 또한, 1,500MW급 신규원전 각각 4기를 건설할 수 있는 신규원전의 부지로는 2010년 12월 군에서 자율유치를 신청하여 2010년 9월 전원개발사업 예정구역으로 지정·고시된 천지원전부지(영덕군)와 대진원전부지(삼척군)가 있다. 천지 1·2호기는 2015년 8월 건설기본계획이 확정되어 건설준비 중에 있다.

2. 신고리 3·4호기

신고리 3·4호기는 가동 중인 고리 1~4호기와 신고리 1·2호기의 인접 부지인 울산광역시 울주군 서생면 신암리 일원에 국내 최초로 건설되는 설비용량 1,400MW급 신형경수로1400(APR1400) 원자력발전소다.

신고리 3·4호기는 2000년 1월 정부가 확정 공고한 「제5차 장기전력수급계획」에 의거 2001년 2월 건설기본계획을 확정하고 사업준비기

간을 거쳐 2006년 8월 두산중공업(주)과 원자로설비 및 터빈/발전기 공급계약, 한국전력기술(주)과 종합설계용역계약을 각각 체결하였다. 그리고 2007년 3월, 현대건설(주)/두산중공업(주)/SK건설(주)를 공동수급체로 하는 주설비공사 시공계약을 체결함으로써 본격적인 사업 수행체제를 갖추었다.

신고리3호기는 2007년 9월 착공하여 2008년 원자로 설치 착수, 2012년 11월 상온수압시험을 완료하였으며 신고리4호기는 2011년 7월 원자로 설치 착수, 2012년 5월 초기 전원가압을 착수하였다. 2013년 10월 안전등급케이블의 화염시험이 실패함에 따라 케이블 교체를 결정하고 동년 11월 케이블 교체에 착수하여 2014년 10월에 케이블 교체를 완료하였다. 현재 원자력안전위원회에서 운영허가 심사가 진행되고 있으며, 운영허가 취득 후 연료장전과 시운전을 거쳐 2016년과 2017년 준공을 목표로 사업을 추진 중에 있다.

〈표 2-15〉 신고리3·4호기 주요 공정 추진일정

주 요 공 정	3 호기	4 호기
○ 착공(부지정지공사 착수)	'07. 9.13	'07. 9.13
○ 본관기초굴착 착수	'08. 4.15	'08. 4.15
○ 최초콘크리트 타설	'08.10.16	'09. 8.19
○ 원자로 설치 착수	'10. 7.15	'11. 7.18
○ 초기 전원가압	'10. 6. 1	'12. 5. 9
○ 원자로계통 상온수압시험	'12. 5. 1	(※)
○ 고온기능시험	'12.11.20	(※)
○ 연료 장전	(※)	(※)
○ 준공(상업운전)	(※)	(※)

※ 사업일정 조정 중

〈그림 2-6〉 신고리3·4호기 공사현장 전경('15. 8)

신고리 3·4호기는 한국표준형원전을 토대로 해외 신형원전의 신개념 기술을 참조하여 설계되었으며, 기 확보된 국내 원전의 건설·시운전 및 운영경험을 최대한 반영하였다. 내진성능을 강화시키고자 원자로건물과 보조건물을 공동기초 위에 건설하도록 하였고 설계수명을 60년으로 늘려 경제성도 크게 향상시켰다.

또한, 사고 방지는 물론 만일의 사고 발생 시에도 그 영향을 최소화할 수 있도록 중대사고 완화 방안을 설계개념에 대폭 반영하였는데 원자로용기 직접주입(Direct Vessel Injection), 비상노심냉각수 유량조절장치(Fluidic Device in SIT), 파이롯트구동안전밸브(POSRV), 원자로건물내 핵연료재장전수조(IRWST) 등을 들 수 있다.

신고리 3·4호기의 주제어실은 디지털 기술을 적용한 워크스테이션 형식으로 구성된 첨단개념을 도입하여 신호 검증 및 기능 감시 등의 다양한 운전지원 기능을 컴퓨터기반의 워크스테이션에서 제공함으로

써 운전원의 업무부담을 감소시키고 인적오류 가능성이 최소화 되도록 설계하였다.

또한 한국표준형원전의 반복건설을 통해 축적된 경험을 바탕으로 개선된 설계 개념을 적용하였으며 특히, 공용으로 사용할 수 있는 건물을 양호기 사이에 통합 배치하였고, 각종 펌프, 탱크, 열교환기의 통합 등으로 건물 및 설비를 최적화함으로써 건설 물량을 크게 감소시켜 경제성을 향상시켰으며, 모듈화 공법 및 Deck Plate 공법 등의 신기술·신공법을 최대한 적용하여 시공성도 더욱 향상시켰다.

아울러, 발전소 기기냉각용 해수는 수중 취·배수 방식을 채택하여 온배수 영향을 최소화함으로써 환경친화적인 발전소를 구현하였다.

3. 신한울 1·2호기(舊. 신울진 1·2호기)

신한울 1·2호기는 신고리 3·4호기에 이어 국내에서 두번째 건설되는 신형경수로 1400(APR1400) 노형으로서 2005년 6월 건설기본계획을 확정, 사업을 착수하여 1호기는 2018년 4월, 2호기는 2019년 2월 준공을 목표로 사업을 추진하고 있다.

신한울 1·2호기는 원전건설에 대한 사회적 수용성을 높이고 사업지연으로 인한 영향을 최소화하기 위해, 전원개발사업실시계획 승인 및 건설허가 신청에 필요한 설계분야 계약은 실시계획 승인 이전에 계약을 추진하고, 주기기 공급계약은 전원개발사업실시계획 승인 후 발주하는 것을 원칙으로 사업을 진행하였다.

2006년 3월부터 2007년 10월까지 지형측량, 부지배치 확정, 초기 시공계획수립, 냉각해수 영향평가 및 저감방안 제시 등의 사전준비용

역을 수행하였으며, 2007년 12월 건설허가 신청서류 작성을 위해 한국전력기술(주) 및 두산중공업(주)와 초기 분 계약을 체결하여 인허가 신청 준비 업무를 수행하고 2008년 9월 건설허가를 신청하였다.

2009년 4월 정부로부터 전원개발사업실시계획을 승인 받은 후, 2009년 5월 한국전력기술(주)와 종합설계용역 계약을 체결하였으며, 2009년 6월, 7월에 두산중공업(주)과 터빈/발전기 및 원자로설비 공급계약을 각각 체결하여 주기기 제작에 착수하였고, 2010년 3월 현대건설(주)/SK건설(주)/GS건설(주)의 공동수급체와 주설비공사 계약을 체결함으로써 사업체제를 완비하고 2010년 4월 30일 부지정지공사를 착수하였다. 또한, 2011년 12월 2일 원자력안전위원회로부터 건설허가를 취득하여 2015년 8월말 현재 1호기와 2호기 각각 주요 기기 설치와 원자로설치가 진행 중에 있다.

신한울 1·2호기의 주요 공정 추진일정은 아래 표와 같다.

〈표 2-16〉 신한울1·2호기 주요 공정 추진일정

주 요 공 정	1 호기	2 호기
○ 착공(부지정지공사 착수)	'10. 4. 30	'10. 4. 30
○ 본관기초굴착 착수	'11. 12. 3	'11. 12. 3
○ 최초콘크리트 타설	'12. 7.10	'13. 6.19
○ 원자로 설치 착수	'14. 4.30	'15. 3
○ 원자로계통 상온수압시험	('17. 1)	('17. 11)
○ 고온기능시험	('17. 5)	('18. 3)
○ 연료 장전	('17. 9)	('18. 7)
○ 준공(상업운전)	('18. 4)	('19. 2)

〈그림 2-7〉 신한울1·2호기 공사현장 전경('15. 8)

신한울 1·2호기는 신기술·신공법 적용 확대를 통해 APR1400의 안전성 및 경제성을 확보하고 원자로냉각재펌프(RCP) 및 계측제어설비(MMIS) 등 주요기자재의 국산화 추진으로 원전건설 모든 분야에 대한 완전한 기술자립을 목표로 사업을 추진하고 있다.

5. 신고리 5·6호기

신고리 5,6호기는 울산광역시 울주군 서생면 신암리 현 신고리 3,4호기 인접부지에 건설되는 설비용량 1,400MW급 신형경수로(APR1400) 원자력발전소이다. 2009년 2월 건설기본계획을 확정하여 5호기는 2021년 3월, 6호기는 2022년 3월 준공을 목표로 사업을 추진하고 있다.

2009년 1월부터 2010년 11월까지 초기업무 추진을 위한 사전준비용역을 통해 예비지질조사, 냉각해수 영향평가 등을 수행하였고, 부지기본배치 및 초기시공계획을 작성하였다. 또한, 2010년 10월 예비안전

성분석보고서(PSAR) 작성을 위한 부지세부조사를 착수하였고, 2011년 8월 환경영향평가 및 방사선환경영향평가서 초안을 작성하여, 2011년 10월 환경영향평가서 초안 주민공람 및 주민설명회와 2012년 6월 환경영향평가 공청회 개최를 완료하였다. 또한 2012년 7월과 9월에 각각 전원개발사업 실시계획과 건설허가를 신청하였다. 2014년 1월 정부로부터 전원개발사업 실시계획을 승인받은 후 2014년 4월 한국전력기술(주)와 종합설계용역 계약을 체결하였으며, 2014년 8월 두산중공업(주)와 원자로설비 및 터빈발전기 공급계약을 체결하였고, 2015년 6월 주설비시공 도급계약을 삼성물산(주)/두산중공업(주)/(주)한화건설과 체결하여 동년 12월 착공을 준비 중에 있다.

신고리 5,6호기는 발전소 기기냉각용 해수의 수중취배수 방식을 채택하여 온배수 영향을 최소화하고, 일본 후쿠시마 원전사고 후속조치 사항 반영 및 각종 신기술·신공법을 도입하여 안전성 강화와 더불어 경제성 측면에서도 국제경쟁력을 갖춘 발전소로 건설할 계획이다.

또한, 국내원전 최초로 주설비공사에 최고가치낙찰제를 도입·적용하고, 정밀시공이 요구되는 원자로설비 및 터빈발전기 주요 부분을 공급자가 책임시공토록 함으로써 시공품질 및 시공생산성을 향상시킬 계획이다.

신고리5·6호기의 주요 공정 추진일정은 아래 표와 같다.

〈표 2-17〉 신고리5·6호기 주요 공정 추진일정

주 요 공 정	5 호기	6 호기
○ 착공(부지정지공사 착수)	-	-
○ 본관기초굴착 착수	('15.12)	('15.12)
○ 최초콘크리트 타설	('16. 9)	('17. 9)
○ 원자로 설치 착수	('18. 5)	('19. 5)
○ 원자로계통 상온수압시험	('20. 1)	('21. 1)
○ 고온기능시험	('20. 5)	('21. 5)
○ 연료 장전	('20. 9)	('21. 9)
○ 준공(상업운전)	('21. 3)	('22. 3)

〈그림 2-8〉 신고리 5·6호기 조감도

6. 신한울 3·4호기(舊. 신울진 3·4호기)

신한울 3·4호기는 경상북도 울진군 북면 덕천리 및 고목리 일원에 건설되는 설비용량 1,400MW급 신형경수로(APR1400) 원자력발전소이다. 한수원에서는 2010년 11월 건설기본계획을 확정하여 3호기는 2022년 12월, 4호기는 2023년 12월 준공을 목표로 사업을 추진하고 있다.

2011년 2월에 지형현황측량, 부지기본배치, 초기시공계획, 냉각해수 영향평가 및 저감방안 검토 등을 하기 위해 사전준비용역 계약을 체결하여 수행하고 있고, 2011년 6월에는 건설사업 세부추진 계획을

수립하였다. 또한, 2011년 7월에는 환경영향평가 용역, 2011년 8월에는 방사선환경영향평가 용역 계약을 체결하여 수행하고 있으며, 2012년 3월에는 예비안전성분석보고서(PSAR) 작성을 위한 부지세부조사를 착수하였다.

신한울 3·4호기는 발전소 기기냉각용 해수의 수중 취·배수 방식을 채택하여 온배수 영향을 최소화하고, 후쿠시마 원전사고 이후 국내외 안전점검결과 및 개선사항을 건설초기단계부터 지속적으로 반영하여 안전성을 더욱 강화해 나갈 예정이다.

신한울 3·4호기의 주요 공정 추진일정은 아래 표와 같다.

〈표 2-18〉 신한울 3·4호기 주요 공정 추진일정

주 요 공 정	3 호기	4 호기
○ 착공(부지정지공사 착수)	('17. 5)	('17. 5)
○ 본관기초굴착 착수	('17.11)	('17.11)
○ 최초콘크리트 타설	('18. 7)	('19. 7)
○ 원자로 설치 착수	('20. 3)	('21. 3)
○ 원자로계통 상온수압시험	('21.10)	('22.10)
○ 고온기능시험	('22. 2)	('23. 2)
○ 연료 장전	('22. 6)	('23. 6)
○ 준공(상업운전)	('22.12)	('23.12)

〈그림 2-9〉 신한울 3·4호기 조감도

7. 천지 1·2호기

천지 1·2호기는 경상북도 영덕군 영덕읍 석리, 노물리, 매정리 일원에 건설되는 1,500MW급 APR+ 원자력발전소이다. 한수원에서는 2015년 8월 27일에 건설기본계획을 확정하여 1호기는 2026년 12월, 2호기는 2027년 12월 준공을 목표로 사업을 추진하고 있다.

2015년 9월에 부지기본배치, 초기시공계획, 냉각해수 영향평가 및 저감방안 검토 등을 위한 사전준비용역 계약 체결을 추진 중에 있다.

천지 1·2호기는 선행호기와 달리 기존원전 연접부지가 아닌 대규모 신규부지 조성이 필요함에 따라 용수공급, 해안구조물 등 인프라 조사 역무를 우선 추진할 예정이다.

천지 1·2호기의 주요 공정 추진일정은 아래 표와 같다.

〈표 2-19〉 천지 1 · 2호기 주요 공정 추진일정

주 요 공 정	1 호기	2 호기
○ 건설기본계획 수립	'15. 8	'15. 8
○ 착공(부지정지공사 착수)	('19. 2)	('19. 2)
○ 최초콘크리트 타설	('22. 3)	('23. 3)
○ 원자로 설치 착수	('23.11)	('24.11)
○ 연료 장전	('26. 3)	('27. 3)
○ 준공(상업운전)	('26.12)	('27.12)

제3절 원전건설 기술의 발전

1. 원전건설 기술자립

가. 추진배경 및 경위

우리나라의 원전건설 기술자립 추진은 1970년대 두 차례의 석유파동 경험으로 부존자원의 영향이 적고 경제성이 높은 기술 집약적인 에너지개발에 대한 국민적 공감대가 형성되면서 1983년 7월 원전건설 기술자립을 통한 원전설계 및 기자재 국산화율 90% 달성과 표준형 원전건설에 의한 건설비 절감을 위해 『원전 건설사업 장기 추진방향』을 수립하였다. 이어 1984년 7월 기술자립 촉진항목이 포함된 『원자력발전 경제성 제고방안』이 정부 정책으로 확정되어 기술자립 추진기반을 마련하였다.

1987년 초 착수된 한빛 3·4호기 건설사업과 연계하여 원전건설 기술자립 추진을 도모하였으며 이를 위해 국내 역할 분담사와 외국 기술보유사(CE, GE, S&L)간에 기술도입계약(TTA)을 체결하여 전산코드를 포함한 기술자료의 도입, 교육훈련의 수행 등 체계적이고 종합적인 원전건설 기술자립을 추진하였다.

나. 기술자립 목표

한빛 3·4호기와 동일 기종의 원전을 주어진 공기 및 예산 내에서 품질요건에 맞게 독자설계제작, 건설할 수 있는 기술능력의 95%를 1995년말 까지 확보하는 것을 목표로 하였다.

다. 기술자립 역할 분담

〈표 2-20〉 기술자립 역할 분담

구 분	담 당 분 야	비 고
한국전력공사	종합사업관리	현, 한국수력원자력(주)
한국전력기술(주)	플랜트종합설계	
한국중공업(주)	주기기설계 및 제작	현, 두산중공업(주)
한국원자력연구소	원자로계통설계 및 초기노심설계	현, 한국전력기술(주)
한국원전연료(주)	원전연료 제조	현, 한전원자력연료(주)
국내 건설업체	발전소 시공	

주) 산업자원부 『원자력발전의 경제성 제고 방안』('84. 7)

라. 추진 방법

기술도입계약을 통해 원전건설에 필요한 모든 전산코드 및 기술자료를 도입하고 국내·외 교육훈련을 통해 기술 인력을 양성하여 한빛 3·4호기 설계, 구매, 제작, 및 시공업무를 직접 수행함으로써 도입기술의 소화, 흡수 및 축적을 도모하도록 하였으며, 사업수행만으로 습득이 어려운 분야 및 취약 기술 분야는 자체 기술개발을 통해 극복하였다.

마. 추진실적

(1) 기술자립 완성

원전건설 기술자립을 시작한 1986년말, 원전건설 기술자립률은 약 60%정도였으나 1995년말에는 95%를 달성하게 되었다.

주요 추진 실적을 살펴보면, 원전건설에 필요한 모든 기술 자료와 전산코드를 확보하였으며, 국내·외 교육훈련을 통한 기술인력 양성도

계획대로 완료하였다.

그리고 도입된 기술자료와 양성된 인력을 활용하여 우리나라 원전 건설 사상 최초로 국내업체가 건설업무 전반을 주도하였으며, 이에 따른 경험기술도 충분히 습득하였다. 또한 부족기술의 보완을 위해 추진한 설계검증 및 기술 검토, 반복 및 모의설계, 시제품 제작 등은 물론 지속적인 연구개발을 통해 Know-how 수준을 높여 복제설계를 자체적으로 수행할 수 있게 되었다. 이러한 성공적인 기술자립을 기반으로 최초의 한국표준형원전인 한울 3·4호기를 1998년과 1999년에, 한빛 5·6호기를 2002년 5월과 12월에 각각 성공적으로 준공하였으며 계속하여 한울 5·6호기가 2004년 7월과 2005년 4월에 상업운전을 개시함으로써 총 6기의 한국표준형원전을 성공적으로 건설하였다.

(2) 개량화(Evolution) 기술능력 확보

1987년 5월에 체결된 기술도입계약(TTA)이 1997년 5월에 만료됨에 따라 도입기술(특허, 저작권, 전산코드 등)의 실시권 연장 및 영구적 권리확보를 위한 추가 기술사용협정(TCA/LA)을 1997년 6월에 체결하였다. 이와 함께 APR1400 개발이 국내 기반 기술을 바탕으로 ABB CE사가 개발한 Sys.80+ 원자로계통을 부분 참조함에 따라 APR1400 개발 지원을 위한 차세대원자로개발지원협정(SWA)을 동시에 체결함으로써 자체 기술능력 향상을 통한 개량화(Evolution) 및 자체개발 능력 확보가 가능하게 되었고 또한, 도입기술의 영구 실시권 확보로 제한 없이 국내외 사업을 추진할 기반을 구축하게 되었다.

2. 미자립 핵심기술 개발

가. 추진 배경

국내 원전기술자립을 위해 추진한 ABB-CE(현 웨스팅하우스)와의 기술사용협정(License Agreement)이 2007년 6월 완료됨에 따라 웨스팅하우스의 협력 없이 독자적인 해외수출을 하기 위해서는 미도입 핵심기술인 원자로냉각재펌프(RCP), 원전계측제어시스템(MMIS), 원전설계핵심코드(노심설계코드, 안전해석코드)에 대한 기술개발이 필요하게 되었다. 이에 산업통상자원부는 2006년 12월 정부주도로 "원전기술발전방안(Nu-Tech2015)"을 수립하여 2015년까지 원전 핵심기술 개발 및 한국고유노형(APR+) 개발을 목표로 기술개발을 추진하였으며, 원전 수출 적기 달성을 위하여 2009년 2월 기술 개발 완료시점을 3년 단축하는 "원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)"을 수립 추진하였다.

나. 추진 현황

원자로냉각재 펌프는 2012년 12월까지 성능시험을 완료하였고, 원전계측제어설비는 2010년 7월 연구개발 및 통합검증을 완료하고 현재 신한울 1·2호기 현장에 설치 중에 있다. 원전설계핵심코드의 경우 노심설계코드는 2010년 3월 개발을 완료하고 2012년말 까지 인허가 심사가 마무리되어, 가동원전에 적용 중에 있으며, 안전해석코드는 2012년 말 개발을 완료하고, 2015년까지 인허가 취득을 목표로 하고 있다. APR+ 개발은 2014년 8월 원자력안전위원회로 부터 표준설계인가를 취득하였으며, 2015년 말까지 인허가 심사 결과반영, 신규 후

속원전에 적용을 위한 설계최적화 및 설계고유화 등의 연구개발을 계속 진행할 계획이다.

3. 건설공정 최적화 추진

가. 추진 배경

미국의 AP1000을 비롯하여 전 세계적으로 원전선진국들은 모듈화, 신공법 적용 등을 통한 건설공기 단축으로 경제성을 향상시키는 노력을 활발히 전개하고 있다. 우리나라의 경우 한국표준형원전의 반복건설과 신공법 적용을 통해 63개월(한빛3호기)의 건설공기(최초콘크리트 타설~상업운전)를 53개월(신고리1호기)까지 단축시키고 있으며 신형경수로1400(APR1400)의 경우도 신기술·신공법 도입과 반복건설을 통해 현재 건설준비 중인 신한울3호기는 54개월 공기로 사업을 진행 중에 있다.

그러나 해외 선진노형과의 수출경쟁력을 확보하고 세계 3위의 원전강국으로 도약하기 위해서는 수출노형의 안전성, 경제성 확보와 더불어 모듈화 등 신기술·신공법의 확대적용 및 건설사업관리 체계화를 통한 건설공정 최적화가 절실히 요구되고 있다.

나. 추진 방안

건설공정 최적화를 위해서는 신기술, 신공법의 도입과 더불어 선진 건설관리 등을 통한 지속적 건설기간 단축 노력이 필요하다.

APR+ 연구개발에서는 단일 호기기준 건설공기 36개월(최초콘크리트 타설~연료장전) 달성을 목표로 공기단축 방안을 검토하였다. 구조

물공사 기간 단축을 위해 기초철근모듈, 원자로건물 내부차폐벽 모듈화 등을 적용할 예정이며 기전공사 기간 단축을 위해 수직반입공법, 원자로냉각재배관-원자로내부구조물(RVI) 병행시공, 원자로내부구조물(RVI) 모듈화 등의 공법을 개발 중에 있다. 그 밖에 구조물공사 부공정 단축을 위한 신공법으로 원자로건물 외벽 CLP(Containment Liner Plate) 모듈단수 증가, 원자로건물 콘크리트 타설 높이 증가, Polar Crane 모듈화, Post Tensioning 공법변경 및 장비추가 등의 방안을 적용할 예정이다.

이와 함께 건설사업체계 선진화로 수출형 원전의 경쟁력을 향상시키기 위해 2016년 말까지 "데이터기반 원전 건설관리체계 통합화·자동화 기술개발"을 수행하고 있다. 이 연구개발을 통해 사업비산정체계 개선, 가상건설 공정 최적화시스템, 3-D기반 실시간 시공관리시스템 등 핵심 선진건설관리 기술을 개발할 예정이다. 또한 최초콘크리트타설기준 설계공정률 90% 달성을 위해 설계/해석 통합시스템, 데이터기반 설계통합시스템 등 설계프로세스 개선을 위한 기술개발을 수행할 예정이며 이와 더불어 한국형 원전 생애주기(Life Cycle) 통합정보관리체계 구축을 위한 통합정보관리시스템, 원전형상관리체계, 글로벌 협업시스템 등을 개발함으로써 최고의 원전사업관리체계 기술을 보유한 세계 3대 원자력 강국으로 도약할 계획이다.

4. 향후 전망

우리나라는 1987년 초 착수된 한빛 3·4호기 건설사업과 연계하여 원전건설 기술자립을 추진한 결과 한울 6호기까지 총 6기의 한국표준

형원전을 건설하고 개선형 한국표준원전인 신고리 1·2호기와 신월성 1·2호기 건설을 완료함으로써 명실공히 1,000MW급 원전의 건설기술을 완전하게 확보하게 되었다. 이와 더불어 APR1400으로 건설 중인 신고리 3·4호기, 신한울 1·2호기 및 건설준비 중인 신고리 5·6호기, 신한울 3·4호기가 준공될 경우 우리나라 전력수요의 안정적 공급에 기여할 것으로 예상된다. 뿐만 아니라, 제7차 전력수급기본계획에서 확정·반영된 천지 1·2호기가 우리 고유기술로 개발된 APR+(1,500MW급) 노형으로 건설되면 우리의 선진 원전 건설기술을 세계 원전시장에 입증할 수 있게 됨으로써 해외 원전 건설 시장에서 유리한 입장에 설 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 우리원전이 타 원전 대비 보다 우수한 경쟁력을 갖추기 위해서는 설계, 제작, 시공 등 모든 분야에서 신기술, 신공법 적용 확대를 통해 획기적인 건설기간 단축 및 건설품질 향상을 도모해야 하므로 국내원전 반복건설을 통한 경험의 피드백과 더불어 현재 진행 중인 APR+ 노형과 원전 건설관리체계 통합화·자동화 기술개발이 성공적으로 완수될 수 있도록 하여야 한다.

아울러 미래 원전기술의 선두적 지위를 확보하고 원전이 국가 에너지공급의 중추적 역할을 계속 유지하기 위해서는 안전성 및 신뢰성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 미래노형인 제4세대 원자로 및 핵융합로 개발 등에도 꾸준한 노력을 기울여야 할 것으로 본다.

04 원자력발전소의 주요 운전현황

한국수력원자력(주) 설비개선실 개선계획팀장 정영식

제1절 계속운전

1. 개 요

계속운전은 설계수명에 도달한 원전에 대해 원자력안전법에서 규정한 기술기준에 따라 안전성을 평가하여 만족한 경우 설계수명 기간 만료일 이후에도 운전을 계속하는 것이다. 설계수명이란 원전 설계 시 설정한 기간으로써 원전의 안전성과 성능기준을 만족하면서 운전이 가능한 최소한의 기간을 말한다.

계속운전의 안전성은 여러 나라에서 이미 입증된 기술이다. 미국, 영국, 일본 등과 같은 선진국에서는 설계수명 혹은 운영허가 기간 만료일이 도래한 원전에 대해 경년열화평가 등 안전성을 심도 있게 평가하여 안전한 경우에는 설계수명 기간 만료일 이후 계속운전을 승인하여 운전하고 있다.

2. 우리나라의 계속운전 추진현황

가. 법제화

우리나라는 2005년 9월 원자력법 시행령(제42조의2~5)과 동법 시행규칙(제19조의2~3)이 개정되었으며 2005년 12월에는 계속운전 관

련 과학기술부 고시2005-31호(경수로형)가 공포되었다. 이후 2007년 10월에 고시 2005-31을 경수로와 중수로의 계속운전 평가를 위한 기술기준 적용지침 2007-18호로 개정하였다. 계속운전과 관련된 원자력법 시행령과 시행규칙의 주요사항은 다음과 같이 요약될 수 있다.(계속운전과 관련된 과거의 원자력법은 2011년 7월 25일 원자력안전법으로 개정됨)

(1) 설계수명 기간 만료일 이후 계속운전을 하고자 할 때에는 주기적 안전성평가, 주요기기에 대한 수명평가 그리고 운영허가 이후 변화된 방사선환경영향 등의 평가 보고서를 제출하여야 한다.

(2) 정부는 평가보고서를 제출받은 경우에 18개월 이내에 심사하고 그 결과를 신청인에게 통보한다.

(3) 계속운전을 하고자 할 때에는 설계수명 기간 만료일을 평가 기준일로 하여 평가기준일로부터 5년 내지 2년 이전에 평가보고서를 제출하여야 한다.

나. 국내 가동중 원전의 설계수명

가동 중인 24기의 원전 중에서 고리1호기와 월성1·2·3·4호기의 설계수명은 30년, 나머지 원전은 40년이며, 신고리2·4호기 이후는 60년이다. 설계수명의 산정 기산일은 고리1호기와 월성1호기는 최초임계일이며, 나머지 원전은 운영허가일이다.

설계수명 산정 기산일이 다른 이유는 고리1호기와 월성1호기까지는 건설허가와 운영허가를 동시에 발급하였으나, 후속기는 분리하여 허가하였기 때문이다.

〈표 2-21〉 국내 가동중 원전의 설계수명 현황

기수	발전소명	용량 (MW)	착공일	건설허가일	운영허가일 (최초임계일)	상업운전 개시일	설계수명 만료일
1	고리 1호기	587	'70. 9.25	'72. 5.31	'72. 5.31 ('77. 6.19)	'78. 4.29	'07.6.18
		* 계속운전 승인('07.12.11), 허가기간('07.6.19 ~ '17.6.18, 10년간)					
2	월성 1호기	679	'76.11.17	'78. 2.15	'78. 2.15 ('82.11.21)	'83. 4.22	'12.11.20
		* 계속운전 승인('15.2.27), 허가기간('12.11.21 ~ '22.11.20, 10년간)					
3	고리 2호기	650	'77. 3. 1	'78.11.18	'83. 8.10	'83. 7.25	'23. 8. 9
4	고리 3호기	950	'78. 2.11	'79.12.24	'84. 9.29	'85. 9.30	'24. 9.28
5	고리 4호기	950	'78. 2.11	'79.12.24	'85. 8. 7	'86. 4.29	'25. 8. 6
6	한빛 1호기	950	'80. 3. 5	'81.12.17	'85.12.23	'86. 8.25	'25.12.22
7	한빛 2호기	950	'80. 3. 5	'81.12.17	'86. 9.12	'87. 6.10	'26. 9.11
8	한울 1호기	950	'81. 1.12	'83. 1.25	'87.12.23	'88. 9.10	'27.12.22
9	한울 2호기	950	'81. 1.12	'83. 1.25	'88.12.29	'89. 9.30	'28.12.28
10	한빛 3호기	1,000	'89. 6. 1	'89.12.21	'94. 9. 9	'95. 3.31	'34. 9. 8
11	한빛 4호기	1,000	'89. 6. 1	'89.12.21	'95. 6. 2	'96. 1. 1	'35. 6. 1
12	월성 2호기	700	'91.10. 9	'92. 8.28	'96.11. 2	'97. 7. 1	'26.11. 1
13	한울 3호기	1,000	'92. 5.27	'93. 7.16	'97.11. 8	'98. 8.11	'37.11. 7
14	한울 4호기	1,000	'92. 5.27	'93. 7.16	'98.10.29	'99.12.31	'38.10.28
15	월성 3호기	700	'92. 9.18	'94. 2.26	'97.12.30	'98. 7. 1	'27.12.29
16	월성 4호기	700	'92. 9.18	'94. 2.26	'99. 2. 8	'99.10. 1	'29. 2. 7
17	한빛 5호기	1,000	'96. 9.24	'97. 6.14	'01.10.24	'02. 5.21	'41.10.23
18	한빛 6호기	1,000	'96. 9.24	'97. 6.14	'02. 7.31	'02.12.24	'42. 7.30
19	한울 5호기	1,000	'99. 1. 4	'99. 5.17	'03.10.20	'04. 7.29	'43.10.19
20	한울 6호기	1,000	'99. 1. 4	'99. 5.17	'04.11.12	'05. 4.22	'44.11.11
21	신고리1호기	1,000	'05. 1.17	'05. 7. 1	'10. 5.19	'11. 2.28	'50. 5.18
22	신고리2호기	1,000	'05. 1.17	'05. 7. 1	'11.12. 2	'12. 7.20	'51.12. 1
23	신월성1호기	1,000	'05.10. 1	'07. 6. 4	'11.12. 2	'12. 7.31	'51.12. 1
24	신월성2호기	1,000	'05.10. 1	'07. 6. 4	'14.11.14	'15. 7.24	'54.11.13
계		21,716					

3. 해외 계속운전 추진현황

현재 상업용 원자력발전소는 전 세계적으로 34개국에서 438기가 가동되고 있으며 30년 이상 운전중인 원자력발전소는 225기이고, 40년 이상 운전중인 것도 63기가 있다(국제원자력기구, Power Reactor Information System 홈페이지, 2014년 12월).

미국 원전의 설계수명은 40년으로써 운영허가갱신 규정(License Renewal Rule, 연방법 10CFR54)에 따라 운영허가 종료일 기준으로 20년 전부터 5년 전까지 계속운전을 신청할 수 있으며, 운영허가갱신 신청서(License Renewal Application)를 제출하여 승인이 되면 설계수명 이후 20년동안 운전이 가능하다. 2014년 12월 현재 99기 원전 중 인허가 갱신 승인을 받은 원자력발전소는 73기이며, 이 중에서 Dresden 2호기 등 33기가 40년 이상 운전중에 있고, 인허가 심사중인 원자력발전소는 19기이다(NRC, Licensing Renewal 홈페이지).

일본은 1990년대 초반부터 정부와 전력회사가 공동으로 장기 가동 원전에 대한 검토를 착수하여, 경년열화 예방 및 수명관리를 조합한 개념을 기초로 하여, 1996년 4월에 정부(통상산업성)에서 총 60년 계속운전이 가능하다는 내용의 장기가동원전 기본정책(발전소 수명관리 기본원칙)에 대한 성명을 발표하였다.

일본내각은 2012년 1월 31일 원전의 운전기간을 최장 60년까지 허용하는 것을 주요내용으로 하는 원전 안전규정 강화 법안을 승인했다고 발표하였다.

영국은 운영허가기간의 제한이 없으며 10년마다 수행되는 주기적안

전성평가(PSR) 결과를 활용하여 계속운전 허용여부를 결정하며, 2014년 12월 현재 16기 원전중 Wylfa 1호기 등 5기의 원전이 계속운전 중이다.

캐나다는 통상 2년(2~5년) 주기로 원전의 안전수준과 운영성적을 종합평가하여 운영허가기간을 갱신하고 있으며, 2014년 12월 현재 Pickering 1·4호기 등 12기가 계속운전 중이다.

러시아는 장수명 수동형기기의 경년열화관리 규정에 따라 계속운전을 하며 총34기 원전중 Smolensk 1호기 등 20기의 원전이 계속운전 중이다.

〈그림 2-8〉 미국 기네이 원전, 일본 쓰루가 원전, 영국 올드버리 원전

4. 고리1호기 계속운전 추진현황

가. 기초연구 및 안전성평가

원자력발전소의 계속운전을 위한 수명관리연구 1단계가 1993년 11월부터 1996년 11월까지 수행되어 발전소 수명관리의 기술적, 경제적, 규제적 관점에서 고리1호기 계속운전 타당성을 평가하였다.

그 결과 적절한 경년열화관리를 통하여 안전성을 확보할 수 있고 설계수명 이후 20년 이상의 계속운전은 기술적으로 가능하며 경제적 이익도 충분함을 입증하였다.

수명관리연구 2단계는 1998년 7월부터 2001년 6월까지 수행되었으며 경년열화된 계통·구조물·기기의 수명평가, 진단 및 감시를 위한 기술을 개발하였다.

계속운전을 위한 계통·구조물·기기의 효율적인 경년열화 관리프로그램은 수명평가 결과와 국내외 경험을 고려하여 도출되었으며, 경년열화 관리프로그램이 효과적으로 이행될 때 계속운전 기간 동안에도 발전소의 계통·구조물·기기의 고유기능과 안전성이 유지됨을 확인하였다.

확률론적안전성평가는 1999년 11월부터 2002년 11월까지 수행되었다. 이는 중대사고에 대한 종합안전성을 확률론적 방법으로 평가하는 것으로, 평가 결과를 토대로 중대사고 예방 및 완화에 필요한 설계개선 또는 설비보강 계획을 도출하여 발전소 안전성을 증진시키고자 하는데 목적이 있다.

고리1호기는 우리나라에서 최초로 건설된 발전소로 TMI 후속조치와 다른 안전 현안들을 적극적으로 초치하였고, 증기발생기와 공정제어계통 등을 교체하여 발전소의 안전성을 지속적으로 향상시키고 양호한 운전상태를 유지해 왔다.

우리나라에서 처음으로 실시된 고리1호기 1차 주기적안전성평가는 2000년 5월부터 2002년 11월까지 수행되었으며, 심사결과는 다음과 같이 나타났다.

(1) 고리1호기는 현재 적용되는 유효한 기술기준에 적합하게 운영되고 있다.

(2) 운전경험, 연구결과와 최신기술기준을 활용하여 최종적으로 40개의 안전성 증진사항을 도출하였다.

나. 주요설비 보강

국내 최초의 상업용 원자력발전소인 고리1호기는 가동 이후 주요핵심기기의 지속적인 설비개선을 꾸준하게 수행하여 발전소 안전 운영 향상은 물론 장기 가동을 위한 기틀을 마련하였는데, 주요 설비개선 내용은 주제어반 및 부대설비 개선('13), 원자로헤드 교체('13), 비상디젤발전기 교체('13), 피동촉매형 수소재결합기 설치('10), 화재방호·내진·내환경 성능개선('07), 고압차단기 교체('07), 대체 교류전원 발전기 신설('06), 주발전기 및 여자시스템 교체('05), 주변압기 및 보조변압기 교체('04), 격납용기 냉방설비 신설('04), 저온과압방지설비 신설('03), 노내핵계측설비 개선('03), 터빈조속기설비 개선('03), 원자로정지불능완화설비 신설('01), 계기용 압축공기계통 개선('99), 증기발생기 교체('98), 저압터빈 회전자 교체('97), 제어봉 위치지시계 신설('96), 원격정지 제어반 신설('94), 증기발생기세관누설 측정설비 신설('93), 증기발생기 수위제어설비 교체('92), 습분분리재열기 성능개선('85) 등이 있다.

〈그림 2-9〉 고리1호기 신형 증기발생기 설치, 원자로냉각재펌프 교체

다. 고리1호기 계속운전 안전성평가보고서

2006년 6월 고리1호기 계속운전 신청 시 정부에 제출한 안전성평가보고서는 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서, 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서로 구성되었으며 그 내용은 아래와 같다.

(1) 주기적안전성평가서

해당 원자력발전소의 운영허가일을 기준(단, 고리1호기는 최초 임계일 기준)으로 매 10년 마다 국제원자력기구(IAEA)의 주기적안전성평가 지침서에 제시된 11개 안전인자와 국내외 운전경험, 안전활동, 노후화 영향 등을 포함하여 평가하였다.

(2) 주요기기에 대한 수명평가서

원자력발전소의 수동형 장수명(Long Lived Passive)기기들 중에서 안전 관련 계통·기기·구조물 고장 시 안전관련 계통·기기·구조물의

기능을 저해하는 비안전 관련 계통·기기·구조물, 화재방호, 가압열충격 등 소급적용과 관련되는 계통·기기·구조물들이 평가대상이다. 고리1호기는 미국의 운영허가갱신의 일반경년열화관리 지침(NUREG 1081, Rev.0)을 참고하였다.

(3) 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서

계속운전을 함으로써 운영허가 심사시 평가된 방사선환경영향평가가 얼마나 달라졌는지를 평가하기 위함이며 평가사항은 아래와 같다.

- ○ 계속운전 계획에 관한 사항
- ○ 환경현황에 관한 사항
- ○ 발전소 현황에 관한 사항
- ○ 계속운전으로 인한 영향에 관한 사항
- ○ 사고로 인한 영향에 관한 사항
- ○ 환경감시 계획에 관한 사항

라. 고리1호기 계속운전 안전성평가보고서 심사

2006년 6월 16일 한수원(주)로부터 고리1호기 계속운전 신청서류를 접수한 후 과기부는 한국원자력안전기술원의 전문인력 100여명을 투입하여 18개월동안 심사를 수행하였다.

16개 평가분야의 112개 항목의 안전성평가 보고서를 검토하면서 한수원과 3회에 걸쳐 심사질의·답변을 주고 받았으며, 원전 주요설비의 설치상태 및 성능, 경년열화 관리계획의 구비 등 현장의 계속운전 준비상태를 확인하기 위한 현장점검도 수시로 실시하였다.

(1) 주기적안전성평가보고서 심사

원자로시설의 물리적 상태, 안전성 분석, 기기검증 등 11개 평가분야를 고려하여 수행된 주기적안전성평가 내용 및 결과가 원자력법령 및 기술기준에 적합하여 안전성이 확보되어 있음과 1차 주기적안전성평가 시 도출되었던 40개 안전성증진사항이 모두 이행되었음을 확인하였다.

(2) 주요기기수명평가보고서 심사

경년열화 관리대상이 되는 기기 및 구조물이 빠짐없이 적절히 선정되었음을 확인하였고 경년열화 관리계획의 적용범위, 예방조치, 감시 및 검사변수, 경년열화 탐지 등이 과기부 고시에서 요구하는 항목 및 내용으로 적합하게 수립되어 있음을 확인하였다.

계속운전을 위한 수명평가 대상이 안전과 관련된 기기들로 적절히 선정되고, 수명평가 시 경년열화 영향, 시간제한 가정, 안전성 관련사항 등이 적절히 고려되어 수행되었음을 확인하였다.

국내·외 운전경험과 연구결과를 반영하여 안전성을 증진시킨 것으로 평가되었다. 원자로용기의 경우 핵분열 시 발생되는 중성자의 조사로 인해 재질 특성이 변하기 때문에 원자로용기의 최대흡수에너지, 가압열충격 특성 등을 평가해서 건전성을 확인하였다.

원자로용기의 최대흡수에너지 특성과 관련하여 한수원(주)은 과기부 고시 제2005-03호에 따라 계속운전 목표시점인 40년에 상당하는 중성자 조사량을 가진 원자로용기 내의 시편을 사용한 파괴인성시험을 수행하였으며, 파괴인성시험결과 계속운전 기간에도 최대흡수에너

지 저하로 인한 원자로용기의 파손 가능성은 없는 것으로 확인하였다.

또한 원자로용기의 가압열충격 특성과 관련하여 한수원(주)은 국제적으로 통용되는 최신의 해석방법인 마스터 커브 방법을 이용하여 계속운전 목표시점인 40년에서 원자로용기의 가압열충격 기준온도가 127℃인 것으로 평가하였으며, 이 값은 허용기준 149℃ 이하를 만족하므로 원자로용기는 계속운전기간에도 가압열충격사고에 대해 건전성을 확보하는 것으로 확인하였다.

원자로 용기의 건전성은 IAEA, 아레바사(미국), 성균관대 등 국내외 전문기관을 통해 수차례의 제3자 검증을 거쳤고, 건전성에 문제가 없음을 재차 확인하였다.

(3) 방사선환경영향평가보고서 심사

인구, 환경방사선, 방사성물질의 확산 등 환경 현황과 발전소 현황이 과기부 고시에서 요구하는 기준에 따라 적절히 제시되어 있으며 계속운전으로 인해 원전주변 주민 및 환경에 미치는 방사선 영향평가 결과가 관련 기준을 만족하는 것으로 확인하였다.

또한 가상사고로 인한 방사능 누출량과 주민의 피폭선량이 적합한 방법으로 평가되었으며 피폭선량 값이 허용기준보다 매우 작은 값임을 확인하였고, 환경감시계획도 계속운전에 대비하여 환경 방사선 영향 평가가 가능하도록 적절하게 수립된 것으로 확인하였다.

(4) 현장점검 결과

현장점검 결과, 원전의 주요설비들이 실제로 안전한 상태로 설치되어 있고, 또한 성능을 충분히 발휘할 수 있는 것으로 현장 확인되었다.

특히 지진 발생에 대비한 내진설비, 가상배관파단 사고에 대비한 내환경 설비, 화재방호설비, 안전관련 설비 등 많은 설비들이 이번에 보강 및 교체 등을 통해 개선되어 원전의 안전성이 제고된 것으로 평가되었다. 그리고 원전의 장기간 운전에 따른 노후화에 대비한 경년열화 관리계획도 잘 구비되어 있는 것으로 확인하였다.

(5) 심사의 객관성 확보

국제원자력기구(IAEA)의 전문가와 공동으로 안전성을 확인한 결과 원전의 안전성 증진 차원에서 2건의 제안사항과 3건의 권고사항이 도출되었다.

제안사항으로는 가압기 하부헤드 등 주기기 피로평가의 보완과 격납건물 전기관통부집합체의 제어·계측 케이블 연결을 보호튜브 방식으로 교체하는 것이었다.

권고사항으로는 비안전관련 설비의 위치영향 분석, 가압기 살수 헤드에 대한 일회검사 수행, 그리고 지하수위의 관측 시스템을 구축하는 것이었다. 한수원은 이러한 사항들을 모두 적합하게 조치완료 하였고 조치결과는 적합한 것으로 확인하였다.

(6) 심사결과

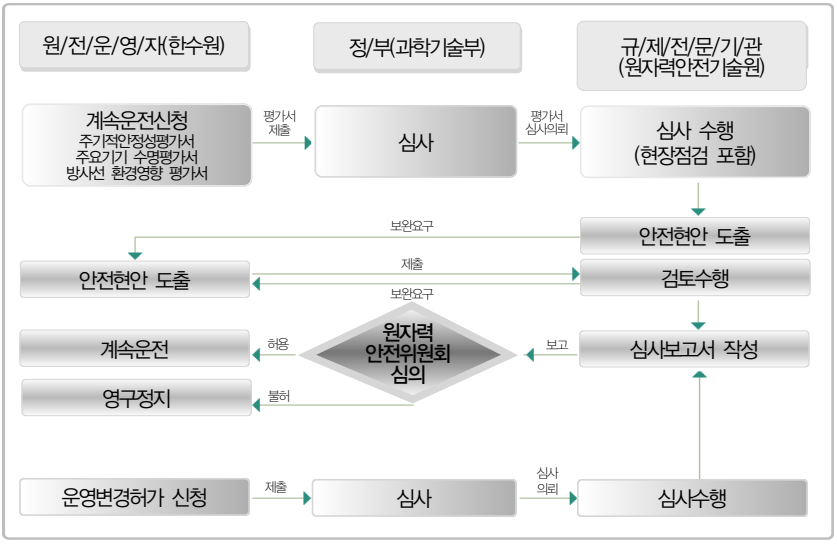
종합적인 안전심사 결과로써 고리1호기 계속운전 신청서류인 주기적안전성평가보고서, 주요기기수명평가보고서, 방사선환경영향평가보고서 등의 심사를 통해 원자로 용기, 안전등급 배관, 격납건물 등 주요 기기에 대한 수명평가 및 경년열화 관리계획이 관련 요건에 따라 적절하게 수립되어 있음을 확인하였고, 운영허가 이후 변화된 자연환

경 및 부지특성을 반영한 방사선환경영향평가 내용이 관련요건을 만족하고 있어 고리1호기는 향후 10년간 안전한 상태로 계속운전이 가능한 것으로 최종 결론을 내렸다. 교육과학기술부는 이러한 심사결과를 토대로 2007년 12월 11일 고리1호기 계속운전을 허가하였다.

마. 고리1호기 안전성 증진사항 이행

고리1호기 계속운전의 안전성을 더욱 증진시키기 위하여 비상디젤발전기 전면 교체, 원자로헤드 교체 및 주제어반 설비개선 등 28건의 안전성 증진항목을 도출하였고, 그에 따른 조치 이행계획서를 교육과학기술부에 제출하여 23건을 이행 완료하였고, 나머지 5건은 2016년까지 완료하는 것을 목표로 차질없이 이행중에 있다.

또한, 고리1호기는 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 국내원전의 안전성 증진에 대한 사회적 요구에 적극 부응하기 위하여, '해안방벽 증축', '이동형 발전차량 확보', '지진자동정지설비 설치' 등 35건을 완료하였으며, 12건은 2015년까지 완료하는 것을 목표로 이행 중에 있다.



〈그림 2-10〉 계속운전 안전심사 절차도

바. 사회적 수용성 확보

(1) 고리원전 주변 지역주민의 반대활동

지역주민들은 고리1호기 계속운전의 안전성에 대해 우려하고 지역 지원을 요구하며 격렬한 반대활동을 하였다. 7회의 집단시위에 2,230명의 주민이 참석하여 고리지역의 30년간 그린벨트 지정으로 인한 피해 보상을 요구하였다.

장안읍 길천이장은 8일 동안 단식 농성을 하였고, 장안읍 지역대표 24명은 9일간 릴레이 천막농성을 통해 고리1호기 계속운전 반대활동을 하였다.

지역 청년연합회는 환경단체 등과 함께 지역주민 300명이 참석한 고리1호기 계속운전 반대토론회를 개최하였으며, 국회, 정부, 국민고

충처리위원회에 고리1호기 계속운전 반대 탄원서를 제출하는 등 많은 반대활동을 하였다.

〈그림 2-11〉 고리1호기 계속운전 반대집회

(2) 환경단체 반대활동

환경단체는 계속운전 안전성에 우려를 나타내며 반대를 하였다.

부산청년환경센터는 고리1호기 계속운전 반대 캠페인 개최와 함께 민노당 및 일본의 반원전 단체 등과 함께 고리1호기 계속운전 반대 토론회를 수차례 개최하였다. 국내 주요 환경단체 연대 서명 및 정부 각 부처에 계속운전 반대와 정보공개를 요구하는 10여회의 탄원 및 진정을 하였으며, 고리1호기 사망선고 기자회견, 국가인권위원회 제소 기자회견 등의 방법을 동원하여 계속운전 반대 언론활동을 펼쳐나갔다.

(3) 계속운전 반대정서 극복활동

반대활동을 극복하고 사회적 수용성 제고를 위하여 한수원(주)은 계속운전의 공론화, 계속운전의 필요성, 해외 원전의 계속운전 사례 및 안전성 등의 내용으로 지역주민들에게 홍보활동을 하였다. 또한 계속운전이 에너지 자원의 효율적 활용에 이바지하고 지역경제에도 기여

함을 알리는 등 이해관계자들과 지역주민들이 현명한 판단을 할 수 있도록 하였다.

지역주민, 지역 여론주도층, 지자체 공무원, 지역 주요단체, 지역 국회의원 등을 대상으로 총 1,131회의 소규모 설명회 개최 및 맨투맨 홍보를 하여 계속운전의 올바른 정보전달과 계속운전 안전성을 설명하였다. 이러한 활동으로 계속운전 이해기반을 넓힘으로써 계속운전 안전성에 대한 공감대를 확산하였다.

중앙과 지역의 주요언론사 기자를 대상으로 미디어 투어를 비롯한 기자간담회를 53회 시행하여 계속운전 안전성에 대한 올바른 보도를 유도하였으며, 지역주민, 환경단체, 학계를 대상으로 9회에 걸쳐 계속운전 세미나, 워크숍을 개최 및 참석하여 계속운전을 공론화 하는 한편 각계의 의견을 수렴하였다.

이밖에 지역주민 등을 대상으로 해외 계속운전 원전 시찰을 시행하여 계속운전 안전성에 대한 이해의 폭을 넓혔다. 특히 정부, 한수원 경영진, 학계, 언론계, 갈등관리전문가로 구성된 상황점검반을 구성하여 고리1호기 계속운전 이해관계자들과의 갈등 해소 대책에 주력하였다.

〈그림 2-12〉 계속운전 안전성 설명회, 심포지움 모습

(4) 계속운전 주민합의

설계수명 이후 원전의 계속운전은 지역주민의 동의를 법적으로 요구하고 있지는 않지만 원전사업은 주민 수용성이 중요하다는 인식아래 지역 국회의원, 지자체장, 기장군 주민대표, 울주군 주민대표 및 부산광역시 주요인사를 대상으로 한수원(주) 사장 등 경영진 간담회를 27회 시행하여 지역의 다양한 요구사항은 협의회를 구성하여 협의회 내에서 합리적 대화로써 해결할 것을 제시하고 설득하였다.

동시에 성실하고 책임 있는 자세로 지역의 의견을 수렴하고 한수원의 입장을 솔직하게 전달함으로써 지역대표와 신뢰관계를 구축하였다.

신뢰를 기반으로 기장군 지역의 2개 계속운전 반대위원회를 단일화시켜 고리원전주변지역발전협의회를 구성함으로써 집회와 시위를 통한 반대활동을 대화와 협의를 통해 합리적으로 해결할 수 있는 길을 마련하였다.

이후 협의회는 총 5회의 전체회의와 수차례의 실무협상을 통하여 계속운전 안전성에 대한 폭넓은 의견을 교환하였다. 또한 고리원전으로 인해 지역이 30년간 그린벨트로 묶여 지역이 낙후되었다는 주장이 제기되어 농수산물 특산품 판매장, 도서관 건립 등의 지역 숙원사업 지원을 협의하였다.

양측의 성실한 협의로 기장군 지역은 2007년 12월 18일 마침내 합의서를 체결 하였으며 울주군은 서생지역 대책위 및 울주군 어대위와 2007년 12월 21일 합의서를 체결함으로써 2년여에 걸친 지역주민과의 갈등이 해결되었다.

〈그림 2-13〉 고리1호기 계속운전 주민 합의서 체결

(5) 주민합의 성공요인 및 의의

합의성공의 의의는 첨예한 이해관계가 대립되는 사회적 현안을 지역협의회를 구성하여 외부 개입을 배제하고 법과 원칙에 따라 자발적으로 논의하고 민주적으로 문제를 해결했다는 점에 그 의미를 둘 수 있으며, 그동안 국내에서 겪어 왔던 사회적 갈등과는 다른 갈등 해소의 선례가 될 것이다.

주민과의 합의에 성공한 요인은 다음으로 요약할 수 있다.

첫째, 문제의 인식과 접근하는 방식의 변화였다. 한수원(주)은 주민들이 요구하고 있는 안정성(Security)의 의미가 과학기술적인 의미의 안전성(Safety)과 차이가 있음을 인식하고 주민요구에 대해 역지사지로써 이해하고자 노력하였으며, 지역주민은 한수원(주)이 공기업체로써 자신들의 모든 요구를 수용하는 데에는 한계가 있다는 점을 인식하고 현실적인 요구를 하였다.

둘째, 문제해결 방식에 변화가 있었다. 한수원(주)은 부안과 경주 방폐장 사태 등을 경험하면서 합의와 집단적 논의의 중요성을 인식하였고, 지역주민은 그동안의 경험을 통하여 투쟁 자체가 문제를 해결하

는데 도움을 주는 것이 아니라 상대의 처지와 한계를 인식하고 현실적인 논의와 합의가 필요하다는 것을 체험하였다.

셋째, 논의체계와 논의방식의 변화를 들 수 있다. 그동안 정부와의 협상을 통하여 문제를 해결하고자 했던 과거의 방식에서 벗어나 지역사회의 실제적 대표성을 갖고 있는 인사들로 협의회를 구성하고, 주민이 실질적으로 원하는 문제에 접근하였다.

마지막으로 신뢰관계 형성을 주요 요인으로 꼽을 수 있다. 협상에 참여한 한수원(주) 경영진은 지역의 요구에 대해 현실성과 실현 가능성을 고려하면서 할 수 있는 부분과 할 수 없는 부분을 명확한 근거에 입각해서 솔직하게 털어놓고 주민들의 양해를 구함으로써 주민과 한수원(주)은 서로의 진정성을 확인하게 되었고, 신뢰의 기반이 이루어졌다.

이러한 노력으로 주민합의 후 고리1호기는 2007년 12월 21일 연료장전을 시작하여 2008년 1월 3일 임계에 도달하였고, 2008년 1월 9일 계통병입에 이어 100% 출력운전에 도달하게 되었다. 그리고 1월 17일에는 지역주민의 성원을 받으며 고리1호기 계속운전 재가동 기념행사를 가질 수 있었다.

〈그림 2-14〉 고리1호기 계속운전 재가동 기념식 모습

5. 월성1호기 계속운전 추진현황

가. 수명관리연구 및 안전성평가

월성1호기는 수명관리연구 1단계를 2000년 7월부터 2003년 1월까지 수행하였으며, 연구 결과 중수로 원전의 수명평가 방법론을 개발하였고 주요기기 수명평가를 하였다.

수명관리연구 2단계는 2004년 12월부터 2007년 5월까지 수행하였으며, 확률론적안전성평가는 2001년 10월부터 2003년 12월까지 수행하였다.

그리고 월성1호기에 대한 1차 주기적안전성평가는 2001년 5월부터 2003년 6월까지 수행하였으며 다음과 같이 평가되었다.

월성1호기는 우리나라에서 최초로 건설된 중수로 발전소임에도 불구하고 안전 현안들에 대한 적절한 조치를 통해 발전소의 안전성을 지속적으로 향상시키고 양호한 운전상태를 유지해 온 결과, 평가 결과는 다음과 같이 나타났다.

(1) 월성1호기는 현재 적용되는 유효한 기술기준에 적합하게 운영되고 있다.

(2) 안전성 강화를 위해 최신기술기준 및 안전규제 경험을 반영하여 심사결과 27개의 안전성 증진사항을 도출하였다.

나. 주요설비 보강

국내 최초의 상업용 중수로 원자력발전소인 월성1호기는 가동 이후 주요핵심기기의 지속적인 설비개선을 꾸준하게 수행하였는데, 주요

설비개선내용은 압력관 교체, 제어용전산기 교체, 증기발생기 습분분리기 보강, 고압터빈 동익 교체, 노내 중성자속 검출기 교체, 제1정지계통 전산기 교체, 주변압기 교체, 제2정지계통 전산기 교체, 바나듐계측기 교체, 전기유압 조속기 제어판넬 교체, 고압급수 가열기 교체 등이 있다.

다. 1차 주기적 안전성평가(PSR) 안전성 증진사항 이행

월성1호기는 1차 주기적안전성평가 결과 안전성 증진사항으로 도출된 27건은 내진 및 내환경 검증 유지관리체계 구축, 경년열화 대비 계측 및 전기설비 보완, 최신기준을 반영한 피폭 평가기법 개선 등으로 2013년까지 설비보강 및 관리체계를 보완 완료하였다.

라. 월성1호기 계속운전 안전성평가보고서

2009년 12월 월성1호기 계속운전 신청시 정부에 제출한 안전성평가보고서는 주기적안전성평가서, 주요기기에 대한 수명평가서, 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서로 구성되었으며 그 내용은 아래와 같다.

(1) 주기적안전성평가서

해당 원자력발전소의 운영허가일을 기준(단, 월성1호기는 최초 임계일 기준)으로 매 10년 마다 국제원자력기구(IAEA)의 주기적안전성평가 지침서에 제시된 11개 안전인자와 2003년 개정된 IAEA PSR 지침을 반영, 3개 신규인자(발전소 설계, 확률론적 안전성평가, 위해도 분석)를 추가하여 평가하였으며 11개 인자는 다음과 같다.

- 원자로시설의 평가 당시의 물리적 상태에 관한 사항
- 안전성 분석에 관한 사항
- 기기검증에 관한 사항
- 경년열화에 관한 사항
- 안전성능에 관한 사항
- 원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항
- 운영 및 보수 등의 절차서에 관한 사항
- 조직 및 행정에 관한 사항
- 인적 요소에 관한 사항
- 비상계획에 관한 사항
- 환경영향에 관한 사항

(2) 주요기기에 대한 수명평가서

원자력발전소의 수동형 장수명(Long Lived Passive)기기들 중에서 안전 관련 계통·기기·구조물, 고장시 안전관련 계통·기기·구조물의 기능을 저해하는 비안전 관련 계통·기기·구조물, 화재방호 등 소급적용과 관련되는 계통·기기·구조물들이 평가대상이다. 월성1호기는 원자력안전위원회 고시 2012-25(원자로시설의 계속운전 평가를 위한 기술기준 적용에 관한 지침)에 따라 평가하였으며 내용은 아래와 같다.

〈표 2-22〉 경년열화관리 대상선정 평가에 관한 사항

세 부 사 항	참조 기술기준
1. 기계계통의 범위 설정 및 선정결과 평가 2. 구조물의 범위 설정 및 선정결과 평가 3. 전기 및 계측제어계통의 범위설정 및 선정결과 평가	- CNSC Reg. Guide G-360 - NUREG-1800(운영허가 갱신 안전심사지침) 및 NUREG-1801(GALL) 중 가압중수로에 적용가능한 분야

〈표 2-23〉 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항

세 부 사 항	참조 기술기준
1. 안전등급 기기 가동중검사 2. 안전등급 지지대 가동중검사 3. 일회검사 4. 원자로 집합체 5. 원전연료 채널 6. 원전연료 교환기 7. 수화학 8. 공급자관 9. 손상연료 위치감시계통 10. 유동가속부식 11. 재료의 선택적 침출 12. 환형기체계통 13. 니켈합금 용접부 14. 볼트결합 건전성 15. 증기발생기 세관 건전성 16. 크레인 17. 매설 배관 및 탱크 검사 18. 지상의 탄소강 탱크 19. 연료유 화학 20. 중수관리 21. 개방형 냉각수 순환계통 22. 밀폐형 냉각수 순환계통 23. 압축공기계통 24. 화재방호설비 25. 소방수계통 26. 원자로건물 비금속 라이너 27. 원자로건물 28. 원자로건물 누설률 시험 29. 조적벽	- CNSC Reg. Guide G-360 - IAEA Safety Series No. 50-P-3 - IAEA Technical Report Series No.338 - IAEA Safety Series No.15 - NUREG-1800(운영허가 갱신 안전심사지침) 및 NUREG-1801(GALL) 중 가압중수로에 적용이 가능한 분야

세 부 사 항	참조 기술기준
30. 구조물 31. 원전 수리 구조물 32. 원자력 방호도장 33. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 전기 케이블 및 비금속연결부 34. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 계측 회로에 사용된 전기케이블 및 연결부 35. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 접근 곤란한 중전압 케이블 36. 금속 밀폐형 모선 37. 휴즈 홀더 38. 내환경검증 요건을 적용받지 않는 전기 케이블 금속 연결부	

〈표 2-24〉 계속운전을 위한 수명평가에 관한 사항

세 부 사 항	참조 규정 및 기술기준
1. 시간제한 경년열화 평가의 확인 2. 원자로 집합체 및 원전연료채널 수명평가 3. 금속 피로 평가 4. 기기의 내환경검증 5. 콘크리트 격납건물 텐돈 프리스트레스 평가 6. 관통부 피로 평가 7. 기타 원자로별 시간제한 경년열화 평가	- CNSC Reg. Guide G-360 및 10 CFR 54.21 - 10 CFR 50.49

〈표 2-25〉 운전경험, 연구결과 반영 필요사항

세 부 사 항	참조 규정 및 기술기준
1. 화재방호 평가 2. 기기의 동적시험 및 내진 검증 3. 능동형기기의 관리계획 4. 배관 열성층 평가 5. 가연성기체 연소에 대한 안전성 평가	- CAN/CSA-N293 - CAN3-N289.1 - ASME OM, KEPIC MO 및 CAN3-N290.1, CAN/CSA-N290.5 - 미국 NRC 행정조치(Bulletin) 88-11 - IAEA 안전지침 NS-G-1.10

(3) 운영허가 이후 변화된 방사선 환경영향 평가서

계속운전을 함으로써 운영허가 심사시 평가된 방사선환경영향평가가 얼마나 달라졌는지를 평가하기 위함이며 평가사항은 아래와 같다.

- ○ 계속운전 계획에 관한 사항
- ○ 환경현황에 관한 사항
- ○ 발전소 현황에 관한 사항
- ○ 계속운전으로 인한 영향에 관한 사항
- ○ 사고로 인한 영향에 관한 사항
- ○ 환경감시 계획에 관한 사항

마. 월성1호기 계속운전 안전성평가보고서 심사

월성1호기 계속운전 안전성평가보고서는 신청서류 및 현장점검을 통해 계속 운전의 타당성을 확인하였으며, 규제기관의 심사가 완료되어 2015년 2월 27일 원자력안전위원회에서 계속운전이 승인되었다.

바. 후쿠시마 원전사고 후속조치 및 스트레스테스트 검증

월성 원자력발전소 1호기는 계속운전 법적요건 이외에 후쿠시마 후속조치로서 격납건물 여과배기설비, 원자로 비상냉각수 외부주입유로 등이 국내 최초로 설치되었고, 전원 없이 수소를 제거할 수 있는 피동촉매형수소제거기(PAR), 지진자동정지 설비, 이동형 발전차량 구비 등 높은 수준의 중대사고 대응능력을 확보한 것으로 평가되었으며, 원자력안전위원회 스트레스 테스트 수행지침에 따라 제출한 한국수력원자력(주)의 스트레스테스트 보고서에 대해 한국원자력안전기술원

검증단과 민간검증단이 검증을 수행한 결과 평가기준에 적합함을 확인하였으며, 대형 자연재해 대응능력을 강화하기 위해 중장기 개선사항을 도출하여 이행계획을 수립, 실행함으로써 극한 자연재해 대응능력을 보다 더 강화시킬 예정이다.

사. 사회적 수용성 증진

월성1호기 계속운전의 경우 지역주민의 동의를 법적으로 요구하고 있지는 않지만 원전사업은 주민 수용성이 중요하다는 인식아래, 지역 여론주도층을 대상으로 지속적으로 대면설명, 간담회 개최 등을 통해 계속운전 필요성을 전달하고 지역의 이해를 구하는 동시에, 성실하고 책임 있는 자세로 지역의 의견을 수렴하고 소통함으로써 계속운전 수용성을 증진하여 지역과 상생협력방안에 대해 2015년 6월 8일 지역주민대표, 지자체장 및 사업자간 합의서를 체결하였다.

또한 발전소 공개프로그램, 이웃사촌(1팀 1마을 자매결연) 활동, 지역주민 대상 건강검진 시행, 장수기원 영정사진 촬영 등을 통해 지역 일체감을 조성하고, 원전본부별 대변인 제도 도입 및 정기 브리핑 시행으로 발전소 운영정보를 투명하게 상시 공개함으로써 지역의 신뢰를 얻기 위해 지속적으로 노력하고 있다.

제2절 월성1호기 압력관교체

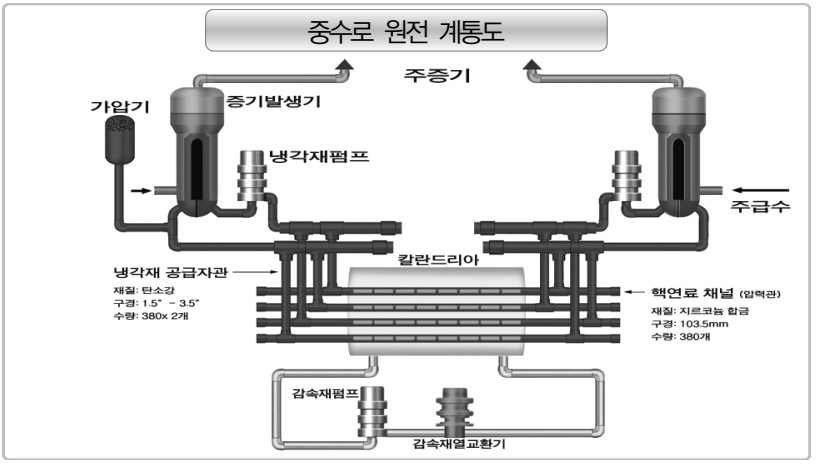
1. 월성1호기 운영현황

가. 개요

월성1호기는 국내 최초로 도입된 가압중수로형(PHWR : Pressurized Heavy Water Reactor) 원자력발전소로 냉각재와 감속재를 물보다 비중이 약간 더 큰 중수를 사용하고, 연료로 천연우라늄을 사용하는 원자력발전소이며 캐나다에서 개발하였다.

참고로 가압경수로형(PWR : Pressurized Water Reactor)은 냉각재로 경수를 사용하고, 연료로 농축우라늄을 사용한다.

월성1호기는 1977년 5월 3일에 착공을 시작하여 1982년 11월 21일 원자로 최초 임계에 도달하였고, 이듬해인 1983년 4월 22일 상업운전을 시작하였으며 발전소 용량은 678MW이다.



〈그림 2-15〉 월성1호기 계통도

나. 운영현황

월성1호기의 운영실적은 2008년말 기준으로 누계 이용률이 86.2%이며 한주기무고장운전(OCTF : One Cycle Trouble Free)을 5회 달성하였으며, 세계 이용율 1위를 4회 달성하는 등 운영 실적이 매우 우수한 상태이다.

〈표 2-26〉 월성1호기 평균 이용률 및 발전정지 현황

연도	'83~'90	'91~'00	'01~'08*	누계
평균 이용률(%)	82.3	87.0	89.2	86.2
연평균 발전정지	2.8	0.9	0.6	-

* 압력관교체 작업기간('09~'10) 제외

다. 월성1호기 원자로설비

원자로는 원자로(칼란드리아), 압력관, 원자로관 및 냉각재공급자관으로 구성되어 있다.

(1) 원자로

감속재로 충진된 원통형 용기[7.6m(D) × 7.8m(L)]

(2) 압력관

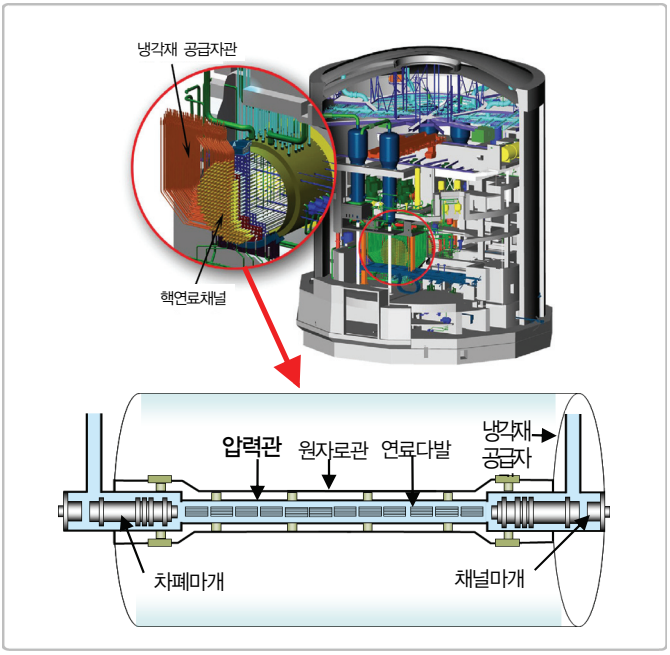
원자로관 안에 있는 관으로(380개) 관 내부에 연료 다발을 장전하며, 약 99기압의 냉각재가 흐름

(3) 원자로관

냉각재와 감속재를 구분해 주는 관(380개)

(4) 냉각재 공급자관

압력관과 증기발생기를 연결하는 관(760개)



〈그림 2-16〉 월성1호기 원자로

2. 압력관교체 개요

가. 압력관교체

압력관은 원래 내용연한이 도달하거나 정비가 필요한 경우 부품을 교체 할 수 있도록 설계되어 있으며, 이미 그 기술은 입증되어 있다. 그리고 압력관은 개별교체(SFCR : Single Fuel Channel Replacement) 또는 전량교체(LSFCR : Large Scale Fuel Channel Replacement)를 할 수 있다.

나. 압력관 교체사례

중수로(CANDU)형 원전은 전 세계적으로 한국, 캐나다, 중국 등에서 모두 47기가 가동되고 있으며, 압력관교체 수행 사례는 다음과 같다.

〈표 2-27〉 압력관 전량교체 사례(2014년말 현재)

발전소	준공년도	교체 시기	비고
피커링 1호기	'71	'87	교체완료
피커링 2호기	'71	'88	교체완료
피커링 3호기	'72	'91	교체완료
피커링 4호기	'73	'93	교체완료
월성1호기	'83	'09	교체완료
부루스 1호기	'77	'11	교체완료
부루스 2호기	'77	'12	교체완료
포인트레프르	'83	'12	교체완료

〈표 2-28〉 국내·외 원전 압력관 일부교체 사례

발전소	준공년도	교체시기	비고
월성1호기	'83	'94	3채널
엠발스	'84	'95	2채널
부루스 6호기	'85	'02	1채널
포인트레프르	'83	'03	1채널

다. 압력관 교체공정

압력관교체 주요공정은 다음과 같다

(1) 준비작업

연료제거, 중수배수 및 건조, 간섭설비 제거, 교체장비용 플랫폼 설치 등

(2) **제거작업**

냉각재공급자관, 엔드피팅 및 관련기기, 압력관, 원자로관 제거

(3) **검사작업**

재사용 기기들에 대한 건전성 검사

(4) **설치작업**

원자로관, 압력관, 냉각재공급자관 등 신품기기를 설치하는 작업

(5) **연료장전 및 성능시험**

연료장전, 수압시험, 교체기기 및 계통 성능시험 등

3. 월성1호기 압력관교체

월성1호기는 2005년 주기적안전성평가(PSR) 결과, 압력관의 길이 방향 연신량이 운전제한치에 도달할 것으로 평가되어 발전소의 안전성을 확보하기 위하여 압력관 전량교체를 추진하게 되었다. 월성1호기는 2006년 5월 캐나다 원자력공사(AECL)와 교체공사 계약 체결 후 장비 및 기자재 제작, 인허가 취득 등 약 34개월의 준비기간을 거쳐 2009년 4월 1일 원자로 정지 및 교체작업에 착수하였다. 월성1호기는 총 839일간의 교체작업을 성공적으로 완료하고 2011년 7월 18일 발전 재개를 개시했다. 이는 캐나다 선행원전 대비 2년 이상 공기를 단축한 것이며, 이러한 성공경험을 바탕으로 캐나다, 아르헨티나 등 해외원전에 기술수출을 이루기도 하였다.

가. 사업개요

(1) 주계약자

캐나다 원자력공사(AECL) / 시공하도급 : 한전 KPS

(2) 사업기간

'06.05~'11.07 / 실 교체기간 : '09.04~'11.07

(3) 교체범위

압력관, 원자로관, 엔드피팅, 냉각재공급자관 및 관련기기 일체

나. 추진일정

월성1호기 압력관교체 주요 추진일정은 다음과 같다.

- 2006. 5 : 주공사 계약체결
- 2008. 12 : 압력관교체 인허가 취득
- 2009. 4 : 발전소 정지 및 교체 착수
- 2009. 6 : 연료제거, 중수 배수 및 건조, 간섭설비 제거
- 2010. 1 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 제거
- 2011. 3 : 재사용품 검사
- 2011. 3 : 압력관, 원자로관, 냉각재공급자관 및 관련기기 설치
- 2011. 7 : 연료장전, 성능시험 및 발전재개

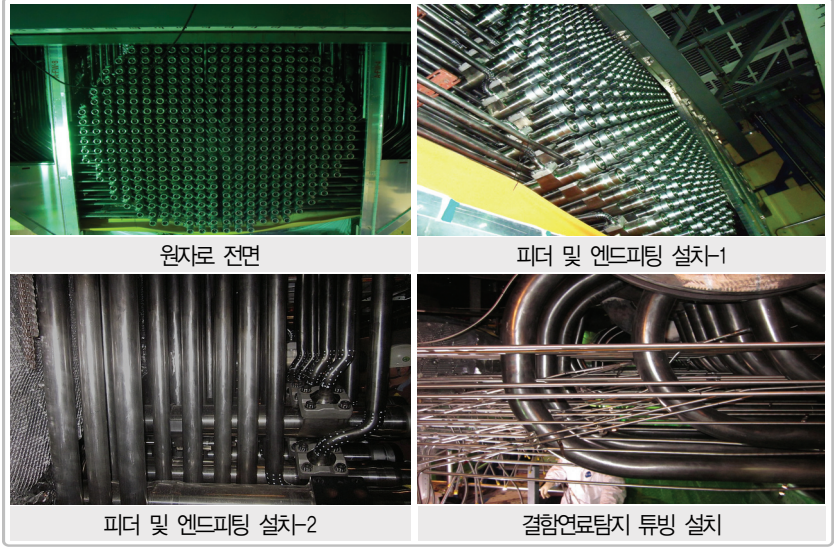
다. 주요 개선사항

월성1호기 압력관 교체공사 주요 개선사항은 다음과 같다.

〈표 2-29〉 교체기기 기존대비 개선사항

구 분	개 선 사 항
압력관	○ 재질취성 보강 - 주괴(Ingot) 용융횟수 변경(2회 → 4회) - 수소농도 감소(25ppm → 5ppm)
	○ 연신량 허용치 확대 (최대 76.2mm → 98mm) - 내측 저널링, 외측 베어링슬리브 길이 증가
원자로관	○ 열전달 능력 향상 - 외부표면 유리구슬 피닝(glass-peening) 처리
냉각재 공급자관	○ 탄소강배관의 감육개선 및 관두께 여유도 증가 - 크롬함량 증가 - 재질요건 변경(SA Grade B → Grade C)

라. 교체작업 사진



〈그림 2-17〉 압력관 교체작업

4. 월성1호기 압력관저장시설

압력관교체를 통해 발생되는 주요 방사성폐기물은 교체대상 기기인 압력관, 원자로관, 엔드피팅, 냉각재공급자관 및 관련기기 등으로 원자력안전법 등 관련규정에 따라 중·저준위 방사성물질로 분류된다.

월성1호기는 압력관교체시 발생되는 방사성물질을 안전하게 관리하기 위하여 압력관, 원자로관, 엔드피팅 등은 별도로 설치되는 압력관저장시설에 저장하고, 냉각재공급자관은 발전소에서 운영중인 기존 중·저준위방사성폐기물 저장시설에 저장하였다.

압력관저장시설은 사일로 형태의 구조물로 월성1호기는 캐니스터 4기를 설치하였고, 설치위치는 월성원자력본부 내 사용후연료 건식저장시설 인근에 설치되고 제원은 아래와 같다.

〈표 2-30〉 압력관저장시설 제원

항 목	내 용
구 조	사일로(Silo)형태의 콘크리트 구조물
규 격	높이×외경×벽두께 : 8.08m×9.45m×1.22m
수 량	4기
설계수명/내진	50년 / 0.2g

〈그림 2-18〉 압력관 저장시설

5. 압력관교체 안전관리

가. 안전관리

월성1호기는 압력관교체시 방사선 및 산업안전 관리를 위해 강의식 교육, 컴퓨터를 통한 입체 영상교육, 그리고 현장과 유사한 조건을 만들어 교육을 할 수 있는 Mock-up 훈련장에서 작업자들을 충분히 교육시켜 작업에 투입하였으며, 교체기간 내 작업자의 방사선 피폭선량을 법적 허용치 이내로 관리하였다.

나. 주변 환경영향

월성1호기 압력관교체는 원자로 건물내에서 이루어지는 작업으로서, 작업 착수전 냉각재와 감속재를 배수하고 계통을 건조함으로써 방사선물질 누출을 원천적으로 방지하여 발전소 주변환경으로의 영향은 없었다.

압력관교체 작업기간 동안 원자로건물의 환기는 발전 운영중 사용하는 환기설비가 이용되며 캐나다 원전의 운영경험을 반영하여 추가로 필터가 장착된 진공장비를 설치하여 운영하는 등 대기로 방출되는 방사성물질을 엄격히 관리하였다.

월성1호기에 앞서 압력관교체를 시행한 캐나다 원전에서도 방사성물질로 인한 주변지역 영향은 없었다.

제3절 출력최적화

1. 개요

가동원전 출력최적화(power uprate)는 가동 중인 발전소의 계통 및 설비의 건전성과 성능을 상세하게 분석하여 제반 안전기준과 성능기준을 만족하는 범위 내에서 운영허가출력(원자로 열출력)을 증가시키고 2차측이 이를 수용하게 함으로써 궁극적으로 원자력발전소의 전기출력을 증대하는 사업이다.

미국에서는 1970년대부터 적용하기 시작하여 2014년 2월말 현재 가동원전 총 100기 중 91기의 원전에서 148건의 출력최적화를 적용하고 있다. 또한, 유럽은 30여기의 발전소에서 출력최적화를 적용하고 있다.

한수원(주)은 2002년 9월 지식경제부와 기술개발협약을 맺고 고리 3·4 및 한빛1·2호기를 대상으로 출력최적화 기술개발과제에 착수하여 2009년 고리3·4호기에 출력최적화를 적용하는데 성공하였다. 한수원(주)은 이러한 성공을 바탕으로 후속사업을 추진하고 있으며, 본 절에서는 국내원전 출력최적화 적용현황과 후속 계획에 대해 기술하고자 한다.

〈표 2-31〉 미국원전 출력최적화 현황

(2014.8.26 기준, 출처 : NRC)

구 분		PWR	BWR	계	비 고
가동원전	총 원전수	65	35	100	
	출력최적화 적용원전	58	33	91	
출력최적화 유형별 적용건수	MUR주1)	40	16	56	4건 심사 중
	SPU주2)	40	22	62	
	EPU주3)	11	19	30	
	소계	91	57	148	

주1) 출력최적화(MUR : Measurement Uncertainty Recapture)
- 원자로열출력 측정 불확실도를 감소시켜 불확실도에 대비하여 원설계에 반영되어 있는 안전성능을 활용하여 출력을 약 1.5% 증진

주2) 출력최적화(SPU : Stretch Power Uprate)
- 원설계여유도, 연료 및 설비의 성능향상 등을 고려한 발전소 성능 종합평가를 실시하여 최적출력을 재설정함으로써 출력을 2%~7% 증진

주3) 출력최적화(EPU : Extended Power Uprate)
- 증기발생기, 발전기 등 발전소 출력의 제한요인으로 작용하는 대형설비개선시 용량을 증대시켜 발전소 최적출력을 7%~20% 증진

2. 가동원전 출력최적화 적용 현황

가. 고리3·4 및 한빛1·2호기 출력최적화 인허가 취득

2002년부터 지식경제부의 전력산업기반기금을 활용하여 수행한 가동원전 출력최적화 기술개발 결과 고리3·4호기 및 한빛1·2호기의 출력을 4.5% 안전하게 증진시킬 수 있음을 확인하여 2005년 9월 1일 동 발전소들의 4.5% 출력최적화(SPU)를 위한 운영변경허가를 신청하였다. 정부의 심사를 거쳐 2006년 12월 14일 고리3·4호기 출력최적화를 위한 운영변경허가를 취득하였으며 한빛1·2호기는 2008년 8월 3일 운영변경허가를 취득했다.

나. 고리3·4호기 출력최적화 시행

고리4호기는 제18차 계획예방정비기간 동안 고압터빈 개선 등 출력최적화를 위한 설비개선을 마친 후 2009년 2월 14일 출력최적화 성능시험을 완료하였다. 고리3호기 또한 제19차 계획예방정비기간 동안 동일한 설비개선을 수행하고 2009년 12월 6일 출력최적화 성능시험을 완료하였다. 고리3·4호기는 출력최적화(SPU) 적용으로 각각 34MWe 정도의 발전용량이 증대되어 연간 약 5억 4천만 kWh의 전력을 증산할 수 있게 되었다. 고리3·4의 출력최적화 성공은 이러한 경제적 이득이 외에도 후속 출력최적화 사업을 위한 기술적, 사회적 기반을 형성하였다는데 그 의의가 매우 크다 하겠다.

다. 한빛1·2호기 탄력적 출력최적화 강구 중

한빛1·2호기는 출력최적화 시 예상되는 온배수 온도의 미미한 상승에 대한 지역민들의 우려를 반영하여 탄력적 출력최적화 방안을 수립하여 준비 중이다. 탄력적 출력최적화는 온배수 배출량을 현재수준 이내로 유지하기 위하여 한빛본부 내 원전이 한 호기 이상 계획예방정비 등을 위하여 출력을 감발하거나 정지하였을 때에만 제한적으로 출력최적화를 적용하는 방안이다. 한빛1호기는 2010년 9월 제17차 계획예방정비기간 동안 출력최적화를 위해 발전소의 제반 설정치를 변경하고 2010년 10월 5일 출력최적화 성능시험을 완료하였으며, 한빛2호기 역시 2011년 9월 제17차 계획예방정비기간 동안 출력최적화를 위해 발전소의 제반 설정치를 변경하고 2011년 10월 7일 출력최적화 성능시험을 완료하였다. 한빛본부는 출력최적화를 위한 주민설명회 등을

개최하여 지역사회의 이해를 구한 후에 한빛1·2호기의 탄력적 출력최적화 운영을 착수할 계획이다.

라. 가동원전 출력최적화 기술개발 성과

고리3·4호기에 성공적으로 적용함으로써 발전용량을 약 68MWe 증대시켰다. 기술개발 관점에서는 무엇보다도 가동원전 출력최적화를 국내기술진에 의해 독자적으로 추진할 수 있는 기술기반을 구축한 것이 가장 큰 성과라 할 수 있으며 동 과제수행 과정에서 웨스팅하우스의 원설계자료를 대부분 입수하여 분석함으로써 대상 발전소의 설계기술을 자립하였다. 안전성 측면에서도 대상 발전소의 안전 및 성능에 대한 종합적인 상세평가를 수행하여 제반 안전 및 운전변수의 최적화 및 안전성 증진조치를 도출하여 이행함으로써 발전소의 출력뿐만 아니라 운전편의성, 안전성을 모두 개선하였다.

3. 향후 계획

가. 한울1·2호기 출력최적화(SPU) 추진

한울1·2호기 증기발생기, 저압터빈, 발전기 등을 교체하는 대규모 설비개선이 2011년에서 2013년 사이에 수행되었다. 대규모 설비개선으로 증진되는 설비의 건전성 및 용량을 최적으로 활용하기 위해 한수원(주)은 가동원전 출력최적화 기술개발을 통하여 확보한 기술을 바탕으로 한울1·2호기의 출력최적화를 위한 안전성분석을 수행하여 출력최적화의 안전성을 확인하였다. 2011년 11월 규제기관에 운영변경허

가를 신청하였으나, 심사 중 주민수용성 이슈로 2013년 12월부터 운영변경허가 심사가 보류 중에 있다. 적용 시점은 주민수용성이 확보되면 추진하는 것으로 계획하고 있다. 출력최적화가 적용되면 한울1·2호기의 원자로 출력은 2,775MWth에서 2,900MWth로 4.5% 증가되며 발전기 출력은 54MWe 증대되어 연간 총 8억 6천만 kWh의 전력을 증산할 수 있게 된다.

나. 출력최적화 추진방향

고리3·4호기에 출력최적화(SPU)를 최초로 적용한 후 다른 원전으로 확대 적용할 예정이었으나 주민수용성 이슈로 현재 한빛1·2호기는 출력최적화(SPU) 적용을 유보하고 있으며, 한울1·2호기는 출력최적화(SPU) 인허가심사 보류를 요청한 상태이다. 원전 및 출력최적화에 대한 주민수용성이 개선되면 그 결과에 따라 추진방향을 다시 수립할 예정이다.

05 원자력발전소 영구정지

제1절 고리1호기 영구정지

한국수력원자력(주) 원전사후관리실 사후관리전략팀장 김일환

고리1호기는 2007년 12월11일 계속운전을 승인받고, 이듬해 1월 9일 100% 출력운전에 도달하였다. 한수원은 고리1호기 2차 계속운전을 위해 주기적안전성평가, 주요기기에 대한 수명평가 그리고 계속운전 운영허가 이후 변화된 방사선환경영향 등의 평가보고서를 작성하여 제출하기 위한 준비를 진행했다.

원안법 시행령 제37조 및 제38조 등에 따라 2014년 7월부터 2015년 5월까지 24개분야 158개 항목을 평가한 결과 관련법령을 모두 만족함을 확인하였다.

주기적안전성평가 보고서 내용은 일반현황, 경년열화, 방사선안전, 안전성분석, 발전소운영으로 구성되어 있으며, 평가결과 기술기준을 만족하여 계속운전기간 동안 안전 여유도 확보가 가능함을 확인하였다.

주요기기수명평가보고서 내용은 경년열화관리계획 평가, 계속운전을 위한 수명평가, 운전경험/연구결과반영으로 구성되어 있으며, 평가결과 관련 기술기준을 모두 만족함을 확인하였다.

방사선환경영향평가보고서 내용은 계속운전 계획, 환경영향, 발전소현황, 계속운전으로 인한 영향, 사고로 인한 영향, 환경감시계획으

로 구성되어 있으며, 평가결과 관련 기술기준을 모두 만족하여 계속운전 및 사고로 인한 영향이 없음을 확인하였다.

2015년 5월 국회 예산정책처와 에너지경제연구원에서 각각 고리1호기 2차 계속운전의 경제성을 평가하였는데, 국회 예산정책처에서는 2차 계속운전 (세전) 순이익을 1,166~1,928억원으로 추계하였고, 에너지경제연구원에서는 2차 계속운전 (세후) 순이익을 769억원~1,665억원으로 추계하였다.

한편 산업통상자원부는 2015년 6월 12일 윤상직 장관 주재로 에너지위원회를 개최하여 고리1호기 정책방향을 논의하였다.

일부 위원들은 한수원의 자체 안전성과 경제성 분석 결과를 토대로 안전성과 경제성이 담보된다면 계속운전을 추진하는 것이 타당하다는 의견을 제시하였으며, 다른 일부 위원들은 고리1호기 계속운전 경제성 평가내용에 고리1호기를 2차 계속운전할 경우 추가 발생이 예상되는 지역지원금이 미반영되어 있어 일부 불확실성이 내포되어 있는 측면을 지적하였다. 아울러 7차 전력수급기본계획(안)에 따라 신규원전 2기 등 원전건설이 차질없이 추진될 경우 고리1호기는 우리나라 전체 전력설비의 0.5% 수준으로 전력수급에 미치는 영향이 크지 않으며, 후쿠시마 사고, 원전비리 등으로 저하된 원전산업에 대한 국민들의 신뢰를 회복하기 위해서라도 고리1호기 영구정지를 결정할 필요가 있다는 의견을 제시하였다.

산업통상자원부는 각계 의견수렴결과와 에너지위원회 논의 결과를 토대로, 고리1호기의 경제성, 안전성, 국민 수용성, 전력수급영향과 미래해체산업대비 등을 종합 고려해 고리1호기 영구정지를 2015년 6월 15일 한수원에 권고하였다.

2015년 6월 16일 한수원 이사회는 고리1호기 계속운전 신청여부 결정과 관련한 안건에 대해 논의했다.

우선 이사회는 후쿠시마 사고 후속 조치, 주요 안전설비 개선, 스트레스테스트 수행 등 한수원이 시행한 안전성 증진관련 조치결과를 검토하였다.

이사회는 최종 안전성은 원자력안전위원회의 판단이지만 사업자로서 2차 계속운전 신청을 위한 안전성은 충분히 확보했음을 확인했다. 특히, 1차 계속운전 결정이 내려진 2007년 이후 고리1호기의 현재까지 고장정지는 5건으로, 고리1호기 고장정지 전체 130건중 약 4%에 불과해 충분한 안전운영을 하고 있음을 확인했다.

하지만, 경제성에 대해서는 의견이 엇갈렸다. 일부 이사들은 최근 에너지경제연구원과 국회 예산정책처 등 두 기관의 고리1호기 경제성 분석 결론은 모두 흑자로 나타나 2차 계속운전 신청이 타당하다는 의견을 밝혔다.

그러나 다른 일부 이사들은 월성1호기 사례에 비춰볼 때 고리1호기 2차 계속운전의 심사기간 장기화로 인한 운전기간 단축 및 가동율 저하, 지역지원금 증액 등의 가능성이 있어 경제성은 불투명하다는 의견을 제기했고, 장시간 격론 끝에 2차 계속운전의 경제성은 불확실성이 있다고 결론지었다.

또한 이사회에서는 전력수급과 관련해서도 큰 문제가 없음을 확인하고 원전산업의 중장기적 발전을 위한 에너지 정책 추진이라는 대의를 감안해 고리1호기의 영구정지를 권고한 산업통상자원부의 의견을 수용하기로 최종 결정했다.

제2절 원전해체일반

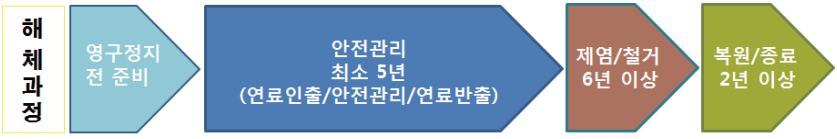
한국수력원자력(주) 원전사후관리실 해체사업팀장 최영기

1. 원전해체개요

해체는 수명을 종료한 다양한 종류의 원자력시설을 안전하고 경제적으로 처리하는 것을 의미하며, 해체 대상 시설의 특성과 국가별 여건에 적합한 기술을 적용하여 수행한다.

일반적인 원전해체 수행 내용은 아래와 같다.

원전해체 추진절차



1단계 : 영구정지 전 준비

원전해체의 준비단계에서는 영구정지 전 2~3년 동안 영구정지 운전, 사용후 핵연료 관리를 수행하기 위한 해체준비를 위한 업무에서부터 운영변경허가 인허가 신청을 위한 문서 작성 및 승인 취득, 해체사업 계획을 수립하게 된다

2단계 : 안전관리

안전관리 기간은 발전소가 영구정지된 후 사용후핵연료를 최소 5년 이상 저장조에서 냉각하며 안전관리를 수행한다. 이 기간에는 발전소는 영구정지 운전을 통해 계통을 차단하고 배수하고 해체를 위한 재분

류 작업을 수행하여 해체준비를 하게 된다. 또한 해체계획서를 작성하여 해체승인을 위한 인허가 문서를 준비하고 사업수행을 위한 단위작업별 용역 계약의 체결, 해체에 대한 환경영향평가, 방사선영향평가 등을 수행한다.

3단계 : 제염, 철거

안전관리 기간 이후 발전소내 저장중이던 사용후핵연료가 반출이 완료되면 방사선 관련 계통 및 시설물들이 철거하게 된다. 방사성물질에 의해 오염된 계통 및 시설물들은 필요시 제염을 통해 자체처분 되거나 재활용하게 되며, 방사성폐기물은 분류/감용 등 처리작업을 통해 방사성폐기물 처분장으로 이송되게 된다.

4단계 : 부지복원

원전해체의 마지막 단계인 부지 복원은 부지의 활용용도에 적합하게 수행된다.

예비부지조사에서 토양 및 지하수의 방사능농도를 측정하고 부지의 오염정도를 평가한다. 부지개방 기준을 충족하기 위하여 토양 제염 및 복원을 수행한다. 최종부지조사를 통하여 잔류방사능을 측정하고 최종부지상태보고서, 해체완료보고서를 작성 및 제출한다. 이후, 최종검사를 받아 최종적으로 운영허가 종료 및 부지개방 인허가를 받는다. 향후 부지는 산업단지, 공원, 녹지 등으로 활용될 수 있다.

2. 법제화

한국수력원자력(주) 원전사후관리실 해체기술팀장 이종설

우리나라는 2011년 7월 원자력안전법 제정을 통해, 발전용원자로 운영자가 원자로시설을 해체하려는 경우에 해체계획서를 작성하여 미리 위원회의 승인을 받도록 규정하였다. 이후 해체관련 제도 정비 및 주민의견 수렴강화를 목적으로 한 원자력안전법이 2015년 1월에 개정 공포되었다. 이와 관련된 동법 하위법령(시행령 및 시행규칙)이 2015년 7월 공포되었고, 원자로 시설 등의 기술기준 규칙(위원회 규칙)에 해체승인 허가기준 등이 새로이 반영되었다. 또한 2015년 7월 해체계획서 등의 작성에 관한 규정(고시)이 신규 제정되었다. 영구정지 및 해체와 관련된 원자력안전법령 주요사항은 다음과 같이 요약될 수 있다.

(1) 원전운영자는 건설허가 신청시 예비해체계획서를 위원회에 제출하여 승인을 받도록 함

(2) 예비해체계획서는 주기적으로 갱신하여 위원회에 보고하여야 함

(3) 발전용원자로운영자가 해당 시설의 영구정지하려는 경우에는 기존 운영허가의 변경허가를 받도록 함

(4) 해당 시설을 해체하려는 때에는 위원회의 승인을 받도록 하며, 이 경우 주민의 의견을 수렴하기 위하여 해체계획서 초안을 공람하게 되거나 공청회 등을 개최하도록 함

(5) 원전운영자는 해당 시설에 대한 해체상황 및 해체완료를 위원회에 보고하도록 함

(6) 위원회가 해체검사를 완료한 때에는 원전운영자에게 운영허가 종료를 통지토록 함

3. 원전해체 기술개발

후쿠시마 사고 이후 원전해체에 대한 관심과 영구정지에 대한 대비 필요성이 증대함에 따라, 한수원은 2012년 '원전해체 기본전략'을 수립하여 본격적인 원전해체에 대한 준비를 시작하였고, 원전해체 기본전략을 바탕으로 2013년 '원전해체 기술개발 로드맵'을 작성하여 원전해체 기술개발을 선도적으로 추진해 나가고 있는 중이다.

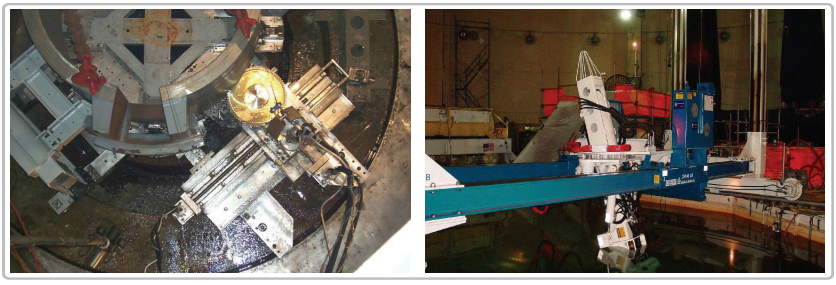
현재 국내 기술수준을 살펴보면 운영원전의 증기발생기, 원자로헤드 등 대형기기 교체와 중수로 압력관 교체 등을 통해 원전해체와 관련된 기본적 기술은 확보한 상태이다. 특히 월성1호기 압력관 교체를 통해 계통제염 및 원자로 절단, 방사선안전관리, 폐기물 처리 능력을 한단계 향상시키는 계기가 되었다고 평가된다. 또한 방사선준위가 낮은 소규모 원자력시설 해체경험을 보유한 기업들이 부분적으로 존재하고 있다.

〈국내 원전해체관련 경험〉

구분	세부 내용(시기)
소규모 원자력 시설	연구로 #1('11~'15 예정), 연구로 #2('01~'09), 우라늄변환시설('04~'11)
운영원전 대형기기 교체	증기발생기 교체 : 고리#1('95~'98), 한울#1,2('06~'12), 한울#3,4 ('12~'14) 원자로 압력관 교체 : 월성1 ('08~'11) 원자로 헤드 교체 : 고리1 ('13)

해체기술은 방사선안전관리, 기계, 화학, 제어 등 여러분야의 지식과 기술이 복합된 종합 엔지니어링 기술이라 할 수 있다. 상용화된 일반산업분야 기술을 방사선환경 하에서 최적화시킨 기술이라 할 수 있으며 해체경험이 있는 미국, 유럽, 일본 등은 연구로, 상용로 해체를 통해 기반기술을 확보해 나갔다. 미국은 LSDDP(Large Scale Demonstration and Deployment Project)를 통해 해체기술을 확보하였으며 유럽은 약 20년간에 걸친 단위기술 연구와 EU Pilot 프로젝트(AT-1, BR-3, KRB-A, Greiswald)를 통해 기술을 확보하였다.

〈원자로 절단 과정〉



일본은 '86년도부터 '96년까지 원형로(JPDR) 해체를 통해 원자로 원격절단 등 핵심기술을 확보하였다. 이들 선진 국가들은 현재 해체사업과 병행하여 안전성과 친환경성, 효율성이 향상된 기술을 지속적으로 개발 중에 있다.

한수원은 원전해체기술을 크게 설계 및 인허가, 제염, 해체, 폐기물처리, 부지복원 5개 분야로 분류하여, 연구계·산업계·정부 협력 하에 각 분야별 특성에 맞는 기술개발 전략을 수립·추진하고 있다.

〈원전해체 기술개발 분야별 수준〉

대분류	중분류	기술수준
설계 및 인허가	사업관리, 엔지니어링, 특성평가, 환경관리, 방사선관리	자체수행 가능
제염	계통제염, 기기제염, 콘크리트제염	자체수행 가능 (일부 기술개발 중)
해체	기계적 절단, 열적전기적 절단, 원격제어	자체수행가능 (원자로해체 제외)
폐기물처리	고체액체기체폐기물, 특수폐기물, 폐기물재활용, 기타	자체수행 가능
부지복원	잔류방사능 측정, 부지복원, 부지 규제해제	관련 기술기준 준비 중

원전해체에 필수적인 기술들을 선별해 2017년까지 한수원 주도로 개발하고, 2022년까지 보조기술들을 산학연 협력을 통해 확보해나갈 계획이다. 나아가 2023년 이후에는 해체기술 고도화와 국내 최초 원전해체 경험 축적을 기반으로 하여 해외시장에 진출할 예정이다.

제 3 편

원전연료 및 방사성폐기물 관리

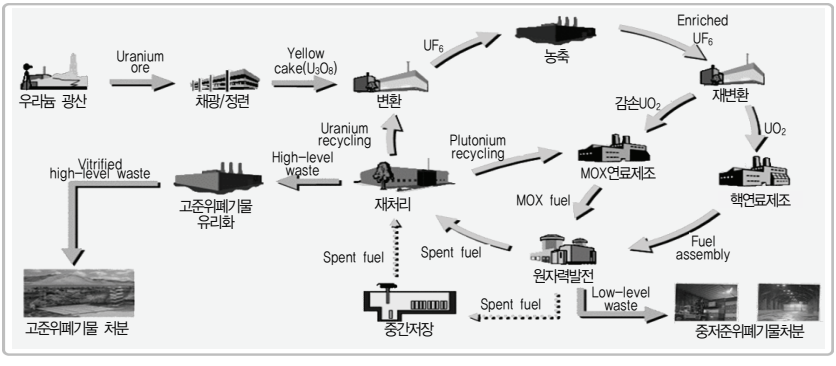
제1장 원전연료 현황
제2장 원전연료 설계 및 제조
제3장 방사성폐기물 관리
제4장 방사성폐기물 관리사업

01 원전연료 현황

한국수력원자력(주) 연료실 연료수급팀장 강신섭

제1절 원전연료 주기

원자력발전소의 연료로 사용되는 우라늄은 석탄, 석유 등의 화석연료와 달리 아주 적은 분량으로 다량의 전기를 생산할 수 있으며, 채광, 정련, 변환, 농축 및 성형가공 등 일련의 과정을 거쳐 원자력발전소에 사용가능한 형태인 연료집합체로 제작된다. 이렇게 제작된 연료는 원자로에 장전되어 경수로의 경우 3~5년, 중수로의 경우 1년 동안 연소되며 연소 후 인출된 사용후연료는 장기간 냉각 후 영구처분(Once-through Cycle) 되거나 미연소된 우라늄 및 생성된 플루토늄을 회수하기 위해 재처리과정(Reprocessing and Recycling)을 거친 후 영구처분 된다.



〈그림 3-1〉 원전연료 주기도

우리나라의 경우 영구처분이나 재처리에 대한 국가정책이 결정되지 않아 사용후연료를 중간저장하고 있다. 제253차 원자력위원회(2004년 12월 17일)에서 사용후연료를 2016년까지는 원자력발전소 부지 내 저장용량을 확충하여 각 부지별로 관리하고, 중간저장시설 건설을 포함한 사용후연료 관리방침에 대해서는 국가의 정책방향과 국내외 기술개발 추이 등을 감안하여 결정하되 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대 하에서 추진·결정하기로 의결한 바 있다.

우라늄 원광의 채광에서부터 가공된 연료를 원자로에 장전하기까지의 과정을 '선행원전연료주기(Front-end Nuclear Fuel Cycle)', 원자로에서 연소 후 인출된 사용후연료를 소외저장시설이나 재처리시설로 수송하는 시점부터 이를 최종 처분하기까지의 과정을 '후행원전연료주기(Back-end Nuclear Fuel Cycle)'라고 한다〈그림 3-1 참조〉.

제2절 각 주기별 수급현황 및 전망

1. 우라늄 정광 (Uranium Concentrates)

우라늄도 다른 금속과 마찬가지로 광석 형태로 존재하며, 노천광상(Open Pit)이나 지하광상(Underground Mine)에서 채광한다. 이렇게 채광한 우라늄 광석을 분쇄, 여과 및 화학적 추출과정을 거쳐 우라늄 성분을 분리하는데 이 과정을 정련이라고 한다. 정련된 우라늄을 우라늄 정광(U_3O_8)이라고 하며, 질량비로는 약 85%의 우라늄을 함유하고 있다. 한편 최근에는 비용절감 및 환경보전을 위하여 광산 내에 침출액

을 주입하여 우라늄을 용해시켜 회수하는 침출방법(In-Situ Leach)이 많이 이용되고 있다.

우리나라는 충청도 일대에서 우라늄 광석의 매장이 확인되었으나 평균 품위가 0.03% 이하로 경제성이 없어 소요량 전량을 해외에서 도입하고 있는 실정이다. 세계 우라늄 확인매장량은 약 764만톤U으로 2014년 세계 수요량(약 6.6만톤U)을 기준으로 향후 약 120년 정도 사용가능한 양이며, 확인매장량과는 별개로 약 770만톤U의 추정매장량이 있는 것으로 평가되고 있다. 이밖에도 약 2,200만톤U의 우라늄이 지각 속에 인산염과 함께 혼재되어 있고, 바닷물 속에는 전 세계 원자력발전소가 6만년 이상 사용할 수 있는 40억톤U의 우라늄이 존재하고 있는 것을 고려한다면 우라늄 자원은 21세기에도 인류의 에너지 문제를 해결하는데 기여할 수 있을 것으로 예상된다〈표 3-1 참조〉.

〈표 3-1〉 세계 우라늄 매장량

구 분 (생산비 기준)	확인매장량 (천톤U)	추정매장량 (천톤U)	소 계 (천톤U)
40 U$/kgU 이하	683	-	683
40 ~ 80 U$/kgU	1,274	665	1,939
80 ~ 130 U$/kgU	3,946	3,197	7,143
130 ~ 260 U$/kgU	1,732	840	2,572
생산비 미정	-	2,996	2,996
합 계	7,635	7,698	15,333

[OECD/NEA, IAEA-Uranium 2014: Resources, Production and Demand, 2014]

세계원자력협회(WNA)는 2015년 전 세계 원자력발전소 설비용량을 378GWe로 추정하였으며, 2020년 433GWe, 2030년에는 574GWe가

될 것이라고 전망하였다〈표 3-2 참조〉.

〈표 3-2〉 세계 원자력발전소 설비용량 전망

구 분	2014	2015	2016	2020	2025	2030
설비용량(GWe)	358.1	378.3	396.9	433.4	491.1	574.4

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2013]

2014년 전 세계 우라늄 정광 생산량은 약 56,252톤U로 추정되고 있다. 이는 수요량 65,908톤U의 85%에 해당하며 부족분은 우라늄 2차 공급원(Secondary Supplies)에서 충당함으로써 수급균형을 유지하고 있다. 이러한 우라늄 2차 공급원으로는 ① 각국 정부, 전력회사 또는 원전연료 주기시설 회사들이 보유하고 있는 재고량, ② 냉전종식 후 미국 및 러시아의 핵무기 해체에 따른 고농축우라늄(HEU)의 희석사용, ③ 사용후연료를 재처리하여 회수한 우라늄, 플루토늄 등이 있다.

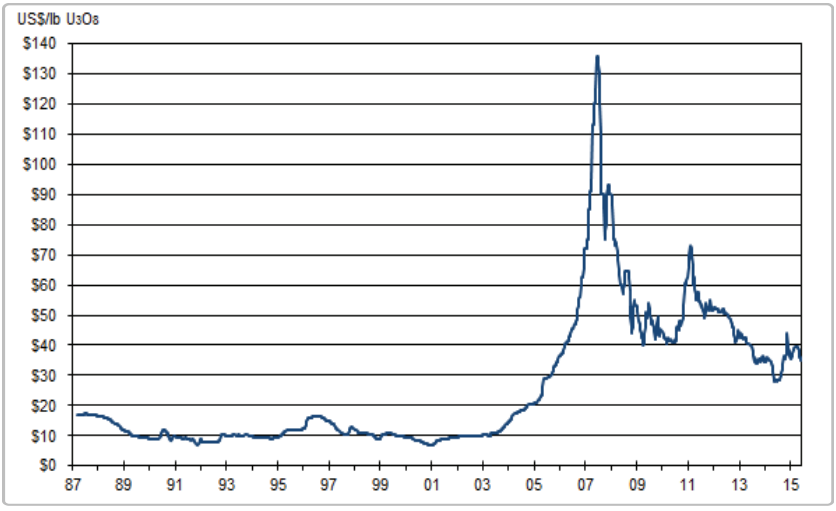
〈표 3-3〉은 세계원자력협회가 2013년 발표한 세계 우라늄 정광 수급전망으로 2025년까지는 수요와 공급이 대체로 균형을 이루지만 그 이후에는 수요를 충족하기 위해 새로운 광산의 개발이 필요함을 나타내고 있다.

〈표 3-3〉 세계 우라늄 정광 수급전망

구 분	2014	2015	2016	2020	2025	2030
수요량(톤U)	65,908	66,883	71,739	77,615	89,207	97,450
공급량(톤U)	71,107	71,603	73,944	80,991	83,370	66,359

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2013]

우라늄 정광시장은 수요의 급증과 급감, 공급과잉과 생산차질 등으로 파운드당 최저 7달러와 최대 136달러 사이에서 등락을 반복하였으나 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고 이후 수요가 감소함에 따라 2015년 8월 현재 파운드당 36달러 수준의 가격을 형성하고 있다 〈그림 3-2 참조〉.



〈그림 3-2〉 우라늄 정광 현물시장 가격 추이

향후 우라늄 정광시장은 원자력발전소 건설 확대에 따른 수요증가, 후쿠시마 원전사고 이후 일본 및 일부 국가들의 단기적 수요감소, 저원가 광산의 매장량 고갈 및 고원가 광산의 시장진입, 카자흐스탄, 호주 등 주요 생산국의 신규광산 개발, 메이저 공급사의 주니어 광산 인수합병 등 가격상승 및 하락요인들에 의해 복합적으로 영향을 받을 것으로 예상된다.

2. 변환역무 (Conversion Services)

우라늄 원광에서 생산된 우라늄 정광(U_3O_8)의 U^{235} 존재비는 0.71%에 불과하기 때문에 이것을 경수로 연료로 사용하기 위해서는 U^{235} 존재비를 3~5%로 높이는 농축과정이 필요하다. 이와 같이 우라늄 정광을 농축이 가능한 육불화우라늄(UF_6) 형태로 만드는 공정, 중수로용 연료의 경우에는 정광(U_3O_8)을 바로 성형가공 할 수 있는 UO_2 분말로 만드는 공정을 변환이라 한다. 경수로 변환역무는 미국, 영국, 프랑스, 캐나다, 러시아 및 중국 등의 상용시설에서 공급하고 있다〈표 3-4 참조〉.

〈표 3-4〉 세계 경수로 변환시설 현황

국 명	회사명	생산용량 (톤U/년)	비 고
미 국	ConverDyn	15,000	
영 국	SFL	6,000	
프랑스	Comurhex	14,000	
캐나다	Cameco	12,500	
러시아	TENEX	11,500	
중 국	CNNC	5,000	
브라질	IPEN	100	
합 계		64,100	

[UxC-Conversion Market Outlook, 2015. 5]

2014년도 전 세계 연간 생산량은 설비용량 64,100톤U의 77%인 약 49,100톤U으로 추정되고 있다. 이는 수요량 63,196톤U에 못 미치는 수준이며 부족분은 각국 정부, 전력회사 및 원전연료 주기시설 회사들이 보유하고 있는 재고량과 사용후연료를 재처리하여 회수한 우라늄, 플루토늄 등의 2차 공급원에서 충당하고 있다. 세계원자력협회는 경

수로 변환역무 수요량이 2015년 64,169톤U, 2020년 74,829톤U, 그리고 2030년에는 94,571톤U로 계속 증가할 것이라고 예측하였다〈표 3-5 참조〉.

〈표 3-5〉 세계 경수로 변환역무 수급전망

구 분	2014	2015	2016	2020	2025	2030
수요량(톤U)	63,196	64,169	69,023	74,829	86,259	94,571
공급량(톤U)	70,602	71,199	68,697	73,876	81,242	83,582

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2013]

경수로 변환역무 시장 역시 정광시장과 마찬가지로 수요와 공급에 따라 최저 2.3달러/kgU와 최대 13달러/kgU 사이에서 등락을 반복하였으나 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고 이후 단기 수요감소로 지속적인 하락세를 보이며 2015년 8월 현재 현물은 7.5~8.0달러/kgU 수준을 유지하고 있다. 반면 장기공급가는 ConverDyn사의 최저 판매단가 유지정책(15달러/kgU) 및 타 공급사 동조로 상승 후 16~17달러/kgU 수준을 유지하고 있어 현물가와 장기공급가 사이에 큰 폭의 차이를 보이고 있다. 경수로 변환역무 시장은 노후화된 설비로 인한 유지비용 증가와 신규투자의 저조, 2013년 종료된 러시아 핵무기해체 우라늄의 시장유입 중단 및 아시아지역 신규 원자력발전소 건설에 따른 수요증가로 점진적인 가격상승이 예상된다.

중수로 변환역무의 경우는 국제거래가 거의 없어 시장가격이 존재하지 않는다. 중수로형 원전을 운영하는 국가는 캐나다, 인도, 파키스탄, 중국, 아르헨티나, 루마니아와 대한민국뿐이며, 이 중 대한민국을 제외한 다른 국가들은 자국 공급용 시설을 운영하고 있기 때문이다.

3. 농축역무 (Enrichment Services)

천연우라늄에는 세 가지 동위원소가 존재하며 그 조성비는 U^{234} 0.0054%, U^{235} 0.711%, U^{238} 99.28%이다. 농축이란 U^{235}의 함량을 높이는 공정을 말한다. 경수로용 연료로 사용하기 위해서는 농축이 필요한데 이는 천연에 존재하는 우라늄 동위원소 중 U^{235}만이 핵분열 반응을 일으킬 수 있으며, 원자로 내에서 지속적인 반응을 유지하기 위해서는 U^{235}의 농축도가 3~5% 정도가 되어야하기 때문이다. 농축단위는 SWU(Separative Work Unit : 농축역무 단위)라는 특수단위를 사용하는데 일종의 에너지 단위로 농축도가 높을수록 SWU가 지수적으로 증가하며 1,000MW급 발전소 1기당 연간 약 135톤SWU가 소요된다.

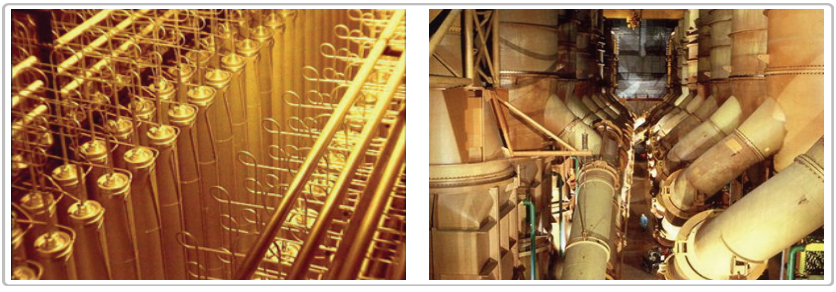
현재까지 개발된 농축기술은 기체확산법, 원심분리법, 노즐분리법, 화학교환법, 레이저법 등이 있다〈표 3-6 참조〉. 이 중 원심분리법만이 상업용으로 이용되고 있으며 러시아, 프랑스, 영국, 중국 등 핵무기 보유국들이 농축공장을 운영하고 있다. 농축시설 건설에는 막대한 투자비가 소요될 뿐만 아니라 핵확산 금지를 위해 농축기술 자체가 엄격히 통제되고 있어 핵무기 비보유국의 농축시설 보유는 상당히 어려운 실정이다〈그림 3-3, 표 3-7 참조〉.

〈표 3-6〉 농축기술

■ 기체확산법 : 다수의 소공(약 1억6천만개/㎠)이 있는 융막을 통하여 UF_6가스를 흘려보낼 때 가벼운 동위원소(U^{235})가 더 많이 통과하는 원리 이용(전력소요량 : 2,300~2,500 kWh/SWU)

■ 원심분리법 : 원통 속의 UF_6가스를 고속회전시켜 원심력을 이용하여 분리하는 방법으로 무거운 U^{238}은 회전통의 바깥쪽으로 밀려나가고 가벼운 U^{235}는 안쪽으로 모이는 원리 이용(전력소요량 : 50 kWh/SWU)

■ 레이저법 : U^{235} 원자에만 흡수되는 레이저를 조사시킨 후 여기된 $(+)U^{235}$ 원자를 전자기장에 통과시켜 $(+)U^{235}$이온을 (-)이온판에 집적하는 방법으로, 연구개발 단계



〈그림 3-3〉 원심분리 및 기체확산 농축시설

〈표 3-7〉 세계 농축시설 현황

국 명	회사명	생산용량 (톤SWU/년)	농축방법	비 고
영 국	Urenco EU	14,400	원심분리법	
	Urenco USA	4,900	원심분리법	
프랑스	Areva	7,000	원심분리법	
러시아	TENEX	28,800	원심분리법	
중 국	CNNC	5,600	원심분리법	
기 타	-	600	-	
합 계		61,300		

[UxC-Enrichment Market Outlook, Q1 2015]

미국은 1969년 상업용 경수로에 대하여 최초로 우라늄 농축역무를 공급한 이후 1970년대까지 전 세계의 우라늄 농축역무 시장을 독점하였다. 그러나 1974년 석유파동 이후 세계 각국이 원자력 개발 및 원자력발전소 건설을 확대함에 따라 농축수요가 급증하여 영국의 Urenco, 프랑스의 Eurodif 등 농축을 전담하는 새로운 회사가 등장하게 되었다. 결국 1980년대 초부터 농축시장은 시장경쟁체제로 전환되었으며, 1990년대 초 러시아의 적극적인 서방세계 시장확대 노력 등으로 현재 시설용량은 61,300톤SWU이며 수요량 51,425톤SWU를 초과하는 상태이다. 세계의 농축 수요량은 2015년 51,425톤SWU, 2020년 61,236톤SWU, 2030년 76,612톤SWU로 증가할 것으로 전망된다〈표 3-8 참조〉.

〈표 3-8〉 세계 농축역무 수급전망

구 분	2014	2015	2016	2020	2025	2030
수요량(톤SWU)	50,461	51,425	55,136	61,236	68,792	76,612
공급량(톤SWU)	48,944	51,640	54,011	61,507	68,792	76,612

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2013]

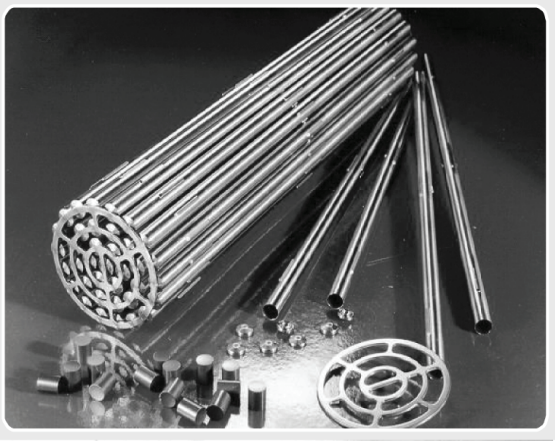
상용화된 농축시설 중 기체확산법을 사용하는 프랑스 Areva와 미국의 USEC 농축공장은 낮은 효율성, 노후화 및 생산원가 상승에 따른 경제성 저하로 각각 2012년과 2013년 5월에 폐쇄되었다. 따라서 전 세계 농축시장은 원심분리시설을 중심으로 재편되었으며, 러시아 TENEX 및 Urenco의 경우 지속적으로 증량을 추진 중이다.

농축역무 시장가격은 2010년 3월 160달러/SWU까지 상승하였으나 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전사고 이후 수요감소에 따라 가격이 지

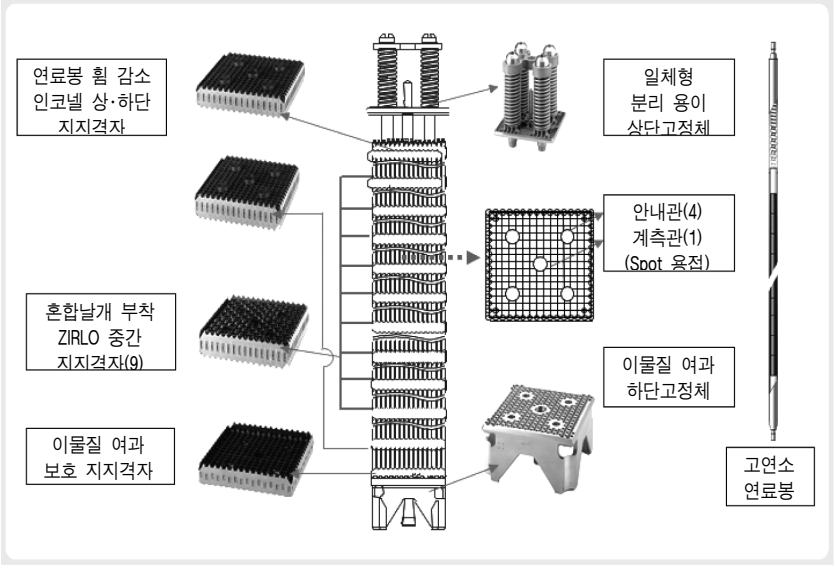
속적으로 하락하여 2015년 8월 현재 70달러/SWU 수준의 가격을 형성하고 있다.

4. 성형가공 (Fuel Fabrication)

경수로 연료의 경우 농축된 UF_6를 이산화우라늄(UO_2) 분말로 재변환 시킨 후 펠렛(pellet) 형태로 압축하고 고온의 가열로에서 소결하여 세라믹연료를 만든다. 이렇게 소결된 펠렛을 중성자 흡수율이 낮고 내부식성이 우수한 지르코늄 재질의 봉에 넣어 밀봉한 후 지지격자 및 골격체를 사용하여 수백 개의 연료봉을 집합체로 조립하는 일련의 과정을 성형가공이라 한다〈그림 3-4, 3-5 참조〉.



〈그림 3-4〉 중수로용 원전연료 집합체



〈그림 3-5〉 경수로용 원전연료 집합체

현재 전 세계 성형가공 수요량은 경수로의 경우 약 7,200톤U, 중수로는 약 2,000~3,000톤U 수준이며 대부분의 원자력발전소 보유국들은 원전연료주기 기술 확보를 위해 성형가공 부문의 국산화를 추진하여 자국 내 수요량을 공급하고 있다. 최근 고연소 연료개발 및 노심설계기술 향상에 따라 전 세계 성형가공 수요량이 감소하고 있는 추세이며, 이에 따라 생산용량(경수로 12,772톤U/년, 중수로 4,320톤U/년)은 수요량을 훨씬 상회하고 있다. 이러한 시장여건 하에서 기존의 대규모 연료 공급사들(미국 Westinghouse, 프랑스 Areva 등)은 자사 시장점유율 확대를 위해 신제품 개발에 주력하고 있으며, 상호 기업합병(M&A) 등을 통해 경쟁력을 확보하고 있다〈표 3-9 참조〉.

〈표 3-9〉 세계 성형가공시설 현황

구 분	국 명	회 사 명	생산용량(tHM[1])/년)
경수로	미 국	WH 등	3,700
	영 국	WH(SFL)	860
	독 일	AREVA NP	650
	프 랑 스	AREVA NP-FBFC	1,400
	일 본	GNF-J 등	1,724
	스 페 인	ENUSA	500
	브 라 질	INB	240
	한 국	KEPCO NF	500
	러 시 아	TVEL-MSZ 등	2,100
	스 웨 덴	ABB-ATOM	600
	중 국	CNNC	450
	인 도	NFC	48
	소 계		12,772
중수로	캐 나 다	CFM, GEC	2,700
	아르헨티나	CONUAR	160
	인 도	NFC	600
	한 국	KEPCO NF	400
	중 국	CNNC	200
	루 마 니 아	SNN	240
	파 키 스 탄	Chasma	20
	소 계		4,320
합 계			17,092

[WNA-The Global Nuclear Fuel Market, 2013]

1) 중금속톤(tHM : Ton Heavy Metal)

제3절 국내 원전연료 수급계획

1. 원전연료 확보 기본방침

우리나라는 각 공정(정광, 변환, 농축, 성형가공)별로 구분하여 원전연료를 확보하고 있다. 즉, 발전소별 소요량 및 시기를 고려하여 적절한 양의 정광을 구입하고 이를 변환, 농축, 성형가공 과정을 통해 원전연료로 제작하여 발전소에 공급하고 있다. 따라서 후속공정의 지연 없이 안정적이고 경제적인 연료공급을 위한 확보전략이 필요하며, 이를 위해 공정별 공급원의 다원화, 적정 비축량 유지 및 원전연료 기술개발 등을 추진하고 있다.

2. 우라늄 정광

2015년 8월 현재 국내에는 경수로 20기, 중수로 4기(총 설비용량 21,715MWe)가 운전되고 있으며 이에 소요되는 정광(연간 약 5천톤 U_3O_8) 전량을 해외에서 도입하고 있다. 한국수력원자력(주)은 우라늄의 안정적인 확보를 위해 공급원을 다원화하여 프랑스, 캐나다, 독일, 호주, 카자흐스탄, 니제르 등으로부터 정광을 구매하고 있으며, 장기계약과 현물시장 조달물량을 적정하게 배분하고 있다.

3. 변환역무

1988년 한국원자력연구소는 중수로 원전연료 제조를 위한 변환공정을 국산화하여 국내 소요량(100톤U/년) 전량을 공급하였으나 1992년

경제성 문제로 가동을 중지함에 따라 1993년부터는 캐나다 Cameco사로부터 중수로용 변환역무 전량을 제공받고 있다.

경수로용 변환역무의 경우도 국내 소요량 전량(3~4천톤U/년)을 해외에서 도입하고 있으나 중수로용 변환역무와는 달리 도입선을 미국, 캐나다, 일본, 프랑스, 독일, 중국, 러시아 등으로 다원화하고, 국제경쟁입찰을 통해 소요량을 확보하고 있다. 또한 변환역무 계약과 변환우라늄 구매계약을 병행하여 공급 안정성과 경제성을 동시에 추구하고 있다.

4. 농축역무

국내 원자력발전소에 필요한 농축역무 역시 전량 해외에 의존하고 있으며, 5~10년 단위의 계약으로 국제경쟁입찰을 통해 영국, 프랑스, 러시아 및 중국 등으로부터 확보하고 있다. 한국수력원자력(주)은 우라늄 농축역무 계약과 더불어 농축우라늄의 구매계약도 병행하여 추진하고 있다.

5. 성형가공

성형가공은 국내 경수로 및 중수로 소요분 전량을 한전원자력연료(주)에서 공급받고 있다. 1998년 공장 증설에 따라 국내 경수로 및 중수로 성형가공 생산용량은 각각 연간 400톤U로 확충되었고, 2008년 다시 경수로용 생산용량을 550톤U로 증설하여 국내 소요분 전량을 차질 없이 공급하고 있다. 전력수급기본계획에 따른 원자력발전소 가동기수 지속증가에 따라 향후 추가증설이 전망된다.

02 원전연료 설계 및 제조

한전원자력연료(주) 홍보협력실장 이종무

제1절 경수로 원전연료

1. 설계 현황

한전원자력연료(주)는 기술자립을 통한 1994년 10월 고리2호기 12주기 교체노심 설계부터 웨스팅하우스형 원전 설계를 독자적으로 수행하고 있으며, 한국표준형 원전용 설계는 1997년 1월 1일부터 한국원자력연구소로부터 초기 및 교체 노심 설계 역무 및 인력을 인수하여 수행하고 있다.

2014년에는 신규원전사업 9개 호기(신월성 원전 2호기, 신고리 원전 3,4호기, 신한울 원전 1,2호기, 신고리 원전 5,6호기 및 신한울 원전 3,4호기)에 대한 초기노심설계 및 원전연료 공급의 목표 공정률이 계획대로 100% 달성되었다.

교체노심 설계는 한국표준형 및 웨스팅하우스형 원전 19개 발전소에 대한 노심 설계를 일정에 따라 차질 없이 진행하였고, 설계 관련 인허가 업무를 적기에 수행하여 원전연료의 안정적 공급에 만전을 기하였다. 각 호기별 추진 세부실적은 다음과 같다.

가. 초기노심 설계

(1) 신월성 원전 2호기

2014년 말 기준으로 초기노심설계 공정률이 99.9%에 이르고 있다. 1호기는 2012년 7월 31일에 상업운전을 개시하였고, 2호기는 11월 14일에 운영허가를 받아 177다발 연료장전을 완료하였고 출력상승시험 등 시운전 시험 업무가 2015년 상업운전 전까지 수행될 예정이다. 2호기의 상업운전 목표일은 2015년 7월말이다.

(2) 신고리 원전 3, 4호기

2014년 말 기준으로 초기노심 설계 공정률은 98% 수준에 이르고 있으며, 2011년 6월 운영허가 신청 이후 2014년까지 최종안전성분석보고서(Final Safety Analysis Report : FSAR)의 인허가 현안에 대한 기술지원이 이루어졌다. 또한, 원전 운영에 필요한 설계자료 및 유관 기관에 제공되는 연계자료가 계획대로 생산되어 제출되었다. 3호기의 경우 사업이 당초 계획보다 지연되어 운영허가 승인 목표일은 2015년 9월 이다.

(3) 신한울 원전 1, 2호기

2014년 말 기준으로 초기노심 설계는 약 91% 공정률을 보이고 있으며, 2011년 12월 건설허가 승인 이후 2014년에는 최종안전성분석보고서(FSAR) 작성을 완료하여 12월1일에 운영허가 신청을 했다. 1호기 운영영허가 승인 목표일은 2016년 9월로 예정되어 있다.

(4) 신고리 원전 5, 6호기

2014년 말 기준으로 약 15% 공정률을 기록하고 있다. 2012년 9월 건설허가 신청 이후 3차에 걸친 규제기관의 초기노심 설계분야에 대한 질의/답변이 2014년에 수행되었다. 초기노심 핵연료 성형가공공급계약이 12월30일에 체결되어 계약에 따른 업무수행이 2015년에 수행될 예정이다.

(5) 신한울 원전 3, 4호기

2014년 말 기준으로 약 15% 공정률을 나타내고 있다. 2014년에는 사업내용의 보완사항을 반영하기 위해 초기노심에 대한 보완설계를 완료하고 건설허가 신청을 위한 예비안전성분석보고서(PSAR) 재작성 업무가 수행되었다. 건설허가 신청은 2015년 12월로 예정되어 있다.

나. 교체노심 설계

국내 가동 중인 19개 경수로형 원전 노심에 대한 2014년 교체노심 설계 현황은 〈표 3-32〉과 같다.

〈표 3-32〉 교체 노심 설계 현황

호 기	주기	설계 착수	예비 장전모형 생산	안전성 평가 보고서 생산	핵설계 보고서 생산	설계 종료
고리#1	30	–	–	–	'14. 3	'14. 3
	31	'14. 4	'14. 10	–	–	–
고리#2	28	–	'14. 2	'14. 10	–	–
고리#3	23	–	–	–	'14. 3	'14. 3
	24	'14. 4	'14. 10	–	–	–

호 기	주기	설계 착수	예비 장전모형 생산	안전성 평가 보고서 생산	핵설계 보고서 생산	설계 종료
고리#4	23	–	–	'14. 7	'14. 9	'14. 9
	24	'14. 9	–	–	–	–
한빛#1	23	–	'14. 5	'14. 12	–	–
한빛#2	22	–	–	'14. 7	'14. 10	'14. 11
	23	'14. 11	–	–	–	–
한빛#3	16	–	'14. 1	'14. 9	–	–
한빛#4	15	–	–	–	'14. 1	'14. 3
	16	'14. 3	'14. 10	–	–	–
한빛#5	10	–	–	–	'14. 1	'14. 3
	11	'14. 3	'14. 10	–	–	–
한빛#6	10	–	–	'14. 3	'14. 6	'14. 7
	11	'14. 7	–	–	–	–
한울#1	21	–	'14. 6	–	–	–
한울#2	20	–	–	'14. 8	'14. 11	'14. 12
	21	'14. 12	–	–	–	–
한울#3	13	–	–	'14. 1	'14. 6	14. 9
	14	'14. 10	–	–	–	–
한울#4	12	–	'14. 3	'14. 11	–	–
한울#5	9	–	'14. 1	'14. 8	'14. 12	'14. 12
한울#6	8	–	–	'14. 2	'14. 5	'14. 5
	9	'14. 5	'14. 12	–	–	–
신고리#1	4	'14. 1	'14. 7	–	–	–
신고리#2	3	'14. 1	'14. 8	–	–	–
신월성#1	3	'14. 1	'14. 7	–	–	–

2. 제조 현황

한전원자력연료는 1988년 10월부터 경수로용 핵연료에 대한 양산 체제를 구축하여 1989년 7월 고리 2호기 7주기용 핵연료를 첫 납품한

이후 국내에서 소요되는 핵연료 전량을 공급해오고 있다.

2014년에는 한국표준형 초기노심 장전연료 및 재장전용 핵연료 578다발, 웨스팅하우스형 원전용 핵연료 295다발 등 총 873다발을 생산하였으며, 한울 6호기 교체노심을 포함한 13개 영역에 853다발을 한국수력원자력에 납품하였다. 2014년 말까지 총 누적된 생산량은 16,999다발이다(〈표 2〉 참조).

〈표 2〉 연도별 국산 경수로용 핵연료 생산 현황(1989–2014년)

(단위: 다발, 2014년말 기준)

구분 \ 연도		'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
경수로	집합체 수량	292	244	368	392	363	397	382	439	583
	누 계	292	536	904	1,296	1,659	2,056	2,438	2,877	3,460

구분 \ 연도		'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
경수로	집합체 수량	569	543	640	700	720	742	737	737	730
	누 계	4,029	4,572	5,212	5,912	6,632	7,374	8,111	8,848	9,578

구분 \ 연도		'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	
경수로	집합체 수량	750	769	802	1,110	1,148	1,094	875	873	
	누 계	10,328	11,097	11,899	13,009	14,157	15,251	16,126	16,999	

3. 핵연료 기술개발

가. 개량 핵연료 개발

(1) HIPER16 고유 핵연료 개발

(가) 개발 개요

한전원자력연료(주)는 국내 최초로 기술 소유권과 실시권이 확보된 세계 최고 수준의 '수출 선도형 고성능 고유 원자력연료'를 개발하고자 2005년 9월부터 지식경제부(現 산업통상자원부) 국가전략과제로 착수되어 2010년 8월까지 5년 동안 수행하였다. OPR1000 및 APR1400 원전용 HIPER16 고유 원자력연료는 연소성능(65 GWD/MTU 이상), 열적성능(기존 연료 대비 2% 이상), 내진성능(0.3g 지진요건 만족), 신뢰성(무결함 연료) 및 제조성(기존 연료 대비 제조성 향상)이 확보되도록 개발을 추진하였으며, 고유 핵연료 후보모형 도출, 선별시험 및 평가, 주 후보모형 선정, 상세설계, 고유 핵연료 제조기술 개발, 고유 핵연료 부품 및 시범집합체 제조, 부품 및 집합체 노외 성능 시험, 최종설계를 통하여 HIPER16 고유 핵연료 개발을 완료하였다.

HIPER16 고유 핵연료는 2011년부터 2015년까지 상용원전에서 시범집합체 노내 연소 시험을 수행하고 2018년까지 상용공급을 위한 인허가를 획득한 후, 2019년 이후 연료 인도분부터 국내 OPR1000 및 APR1400 원전에 대한 상용공급을 추진할 계획이다.

(나) 추진 실적

2014년에는 2주기 노내성능검사 결과에 근거하여 3주기 노내성능

시험을 추진하였으며, 정기적으로 냉각재 방사능분석을 통해 시범집합체의 노내연소성능을 분석 하였다. HIPER16 시범집합체 3주기 노내성능검사는 2015년 10월에 수행할 계획이다.

(다) 향후 전망

HIPER16 시범집합체는 2015년 10월에 3주기 노내연소시험을 종료하고 노내성능검사를 수행할 예정이다. 또한 노내 성능검사 결과에 근거하여 상용공급을 위한 인허가를 2018년까지 완료하고 2019년 이후 연료 인도분부터 국내 OPR1000 및 APR1400 원전에 대한 상용공급을 시작할 예정이다.

(2) HIPER17 **고유 핵연료 개발**

(가) 개발 개요

독자 기술소유권이 확보된 '웨스팅하우스형 고성능 고유 핵연료'를 개발하기 위해 2008년 1월부터 웨스팅하우스 17×17형 원전용 고유 핵연료 개발을 착수 하였으며, 노외 성능시험과 최종설계를 포함한 고유 핵연료 개발을 2012년 12월에 완료하였다.

(나) 추진 실적

2014년에는 HIPER17 시범집합체 제조를 위해 부품 제조공정 개발과 공정자격인증시험을 수행하고 시범집합체 4다발을 제조하여 한빛 2호기에 인도하였다. 또한, 시범집합체 장전노심 안전성평가 결과를 이용하여 시범집합체 장전인허가를 2014년 7월에 완료하였으며, 2014년 11월부터 시범집합체 노내연소시험을 착수하였다.

(다) 향후 전망

HIPER17 연료는 한빛 2호기에서 노내연소시험을 3주기 동안 수행하고 노내연소시험 결과에 근거하여 상용공급을 위한 인허가를 완료한 후 2019년부터 국내 웨스팅하우스 17x17형 원전에 대한 상용공급을 추진할 계획이다.

나. 공정개선 및 구조부품 국산화

한전원자력연료(주)는 국제 경쟁력 확보와 고객만족을 위한 신뢰성 높은 핵연료를 생산 공급하기 위해 원가 절감 및 품질 향상에 중점을 두고 여러 분야에서 제조공정을 개발· 개선하고 부품 국산화를 꾸준히 추진하여 왔다. 회사 설립 초기부터 각종 부품의 해외 의존도를 낮추고 생산원가의 경제성을 높이며 부품의 안정적인 국내 공급체계 구축을 위해 '핵연료부품국산화전담반'을 구성하고 부품 국산화 계획을 수립하여 봉단마개를 시작으로 1991년까지 약 4개년에 걸쳐 모든 부품을 국산화하기에 이르렀다. 당시 원자로 내 출력 분포 제어를 위해 필요로 하는 가연성흡수봉인 가돌리니아 봉을 전량 수입에 의존하고 있었으나, 소요량이 계속 증가함에 따라 국산화가 절실하여 1999년 10월 가돌리니아 봉 국산화 종합추진계획을 수립하고 주요 제조 장비인 소결체 장입장비, 용접장비 및 가공장비를 국산화하여 시운전 및 공정자격인증시험을 거쳐 2001년 11월 영광 원전 4호기 7주기부터 상업생산에 돌입하게 되었다.

2001년 하반기에는 지지격자 레이저 용접 1호기 제조경험을 바탕으로 수입가의 절반 값으로 2호기를 국산화하여 제작 설치하였고, 2002

년 6월에는 한국표준형 골격체 생산을 위한 로봇 점용접기를 개발 완료함으로써 골격체 양산체제에 돌입하였다. 이후에도 계속적인 생산성 향상을 목표로 소결체 장입장비 개발, 튜브 자동세척 장비 개발, 지지격자 번호 각인기 개선, 한국표준형 안내관 자동용접기 개발, 지지격자 용접치구 분리기 개발, 연료봉 탐상시험기 신호증폭기 개선 등을 수행하였다.

2006년 6월에는 2007년 하반기 ACE7 핵연료 생산에 대비하여 기존 웨스팅하우스형 골격체 생산에 사용되었던 수동 벌징장비를 자동화 개발, 설치하여 골격체를 안정적으로 생산할 수 있게 되었다. 고품질 지지격자 제조관련 독자기술을 확보하기 위해 2006년부터 전력산업연구개발 사업으로 '핵연료용 신개념 지지격자 레이저용접 장치 및 기술개발'을 시작하여 2009년 3월까지 3년여에 걸쳐 신개념 레이저 용접기 OBERON을 성공적으로 개발 완료하였다. 또한, 이를 기본으로 하여, 생산성이 50% 이상 향상된 차세대 지지격자 레이저용접 장치를 2012년 9월부터 2013년 말까지 15개월에 걸쳐 성공적으로 개발 완료함으로써 지지격자의 생산량 증대에 안정적으로 대비할 수 있게 되었다.

이 외에도 2005년도부터는 한국표준형 원전용 개량연료 PLUS7에 사용되는 부품을 전량 국산화 개발하였고, 웨스팅하우스형 원전용 개량연료 ACE7의 경우는 2006년부터 구조부품 및 제조공정의 개발에 착수하여, 16ACE7 연료는 2007년 10월 부품 국산화 완료 및 2008년 1월 집합체 제조를, 그리고 17ACE7 연료는 2008년 4월 부품 국산화 완료 및 2008년 6월 집합체 제조를 완료하여 그 해 고리 4호기 19주기용부터 공급을 시작하였다. 또한, 2010년부터 급격히 증가하는 생산

량에 대응하기 위해 경수로 연료봉 공정의 자동화 및 최적화 사업을 2007년부터 준비하여 2010년까지 약 4년간에 걸쳐 수행하였다.

본 사업은 연료봉 생산능력 증대와 동시에 효율적인 생산시스템을 갖추도록 하기 위해 전체 제조라인 및 개별 공정의 설계에 자동화와 최적화 개념을 도입하여 한정된 제조 공간에서 최대의 생산능력을 발휘할 수 있도록 전 공정을 설계하였다. 피복관 양단 가공장비 외 8종 15대의 장비를 개발하여 2009년 말 양산에 적용하였다. 이후 2010년 11월까지 연료봉 신 용접기술 개발 외 3개 공정을 개발하여 본 사업을 완료함으로써 안정적 공급용량 확보와 더불어 생산성 향상 및 원가절감 효과를 거두었다. 한편으로 생산량 증가에 병행하여 집합체의 저장용량 증대가 필요함에 따라 기존 원형 저장랙을 중성자 흡수재를 이용한 조밀 저장랙으로 변경, 설계하여 동일 공간 내에서 약 2배 저장용량을 확대함으로써 시설투자비를 대폭 절감하는 성과를 거두었다. 또한, 그간 해외에서 수입 또는 기술도입으로 제작 사용하고 있던 3종의 운반용기가 강화된 규정을 만족하지 못하게 되어 2007년 3월부터 2010년 2월까지 3년간 국내외 강화규정을 만족하는 국산 운반용기를 설계 및 제작함으로써 해외 기술의존을 탈피하여 제조기술 자립을 이룩하게 되었으며, 향후 해외 수출기반을 조성하게 되었다.

2012년에는 향후 UAE 원전에 사용될 초기노심용 연료 운송을 위하여 UAE로 부터 운반용기 사용 인허가를 취득하였으며, 현재 핵연료의 해외 수출기반 조성을 위하여 운반용기 미국 인허가 추진을 검토 중에 있다.(〈표 3〉 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황 참조)

〈표 3〉 경수로용 핵연료 제조공정 개선 및 부품 국산화 현황

구 분	내 용	효 과	개발기간
제조 공정 개선	가연성흡수봉 및 관련 제조공정 개발	원가 절감	'99. 10 ~ '01. 10
	골격체 로봇 점용접기 개발	생산성 향상	'01. 1 ~ '02. 6
	연료봉 2차용접 기존라인 시스템 개선 - 소결체 장입장비, 연속식 건조로 개발	생산성 향상	'03. 1 ~ '05. 12
	골격체 자동 벌징장비 개발	생산성 향상	'03. 1 ~ '06. 6
	PLUS7TM 안내관 자동용접기 개발	생산성 향상	'03. 10 ~ '04. 12
	튜브 자동세척 장비	생산성 향상	'04. 2 ~ '04. 12
	인코넬 지지격자 제조용 경납땜로 증설	생산성 향상	'04. 7 ~ '05. 10
	PLUS7TM 지지격자 용접치구 분리기 제작	생산성 향상	'05. 1 ~ '05. 5
	지지격자 번호 각인방법 개선	생산성 향상	'05. 1 ~ '05. 3
	집합체 조립장비 장입장치 개선	생산성 향상	'06. 9 ~ '08. 12
	신개념 레이저용접기 OBERON* 개발	생산성 향상	'06. 10 ~ '09. 3
	차세대 레이저용접 장치	생산성 향상	'12. 9 ~ '13. 12
	연료봉 탐상시험기 신호증폭기 개선	검사성 향상	'07. 6 ~ '07. 8
	경수로 연료봉 공정자동화 및 최적화 - 피복관 양단 가공 장비 - 봉단마개 용접 자동 검사 장비 - 피복관 이송 및 저장 시스템 - 소결체 자동 적재 장비 - 소결체 건조랙 이송 로봇 - 헬륨누출 검사 장비 - 연료봉 저장 장비 - 연료봉 자동 위치선정 장비 - 웨스팅하우스형 안내관 용접장비 - 연료봉 신용접 기술 개발 - 안내관 신용접 공정 개발 - 연료봉 표면 비파괴검사 기술 개발 - 락카/디락카 대체 타당성 연구 개발	생산용량 증대 생산성 향상 원가 절감	'07. 1 ~ '10. 11
	집합체 저장고 증설(1단계)	생산용량 증대	'08. 1 ~ '10. 6
	집합체 저장고 증설(2단계)	생산용량 증대	'12. 10 ~ '14. 5
	경수로 핵연료집합체 운반용기 국산화 개발	생산용량 증대	'11. 5 ~ '12. 6
	집합체 조립장비 2호기 국산화 개발	생산성 향상	'13. 1 ~ '13. 12
부품 국산화	웨스팅하우스형 개량연료 ACE7TM 구조 부품 및 제조공정 국산화	원가 절감	'06. 9 ~ '08. 5

*OBERON: Oh Byeong Eun's Reliable & Optimized techNology

다. 지르코늄합금 튜브 제조기술 개발

(1) 개발 개요 및 추진실적

한전원자력연료는 재료비의 약 70%를 차지하며 전략물자로 분류되어 국가간 거래가 엄격히 제한되는 지르코늄 합금 튜브를 2002년 말부터 국산화에 착수하여 2008년 말에 성공적으로 개발을 완료하였으며 2009년 1월부터 제조공장의 상업가동을 시작했다. 그러나 국내·외 신규원전 증설로 증가되는 튜브 물량을 충족하기 위해 TSA 플랜트에 필거라인(25LC) 1대를 2012년도에 증설하였고, 미래 수요 증가에 대비하여2017년 상업가동을 목표로 NSA 플랜트에 설비 증설을 추진하고 있다.

2009년 웨스팅하우스사 품질보증감사를 시작으로 튜브 수출 자격인증을 2010년 12월에 획득함에 따라 2011년부터 2년간 경수로 피복관 약 50,000개(22억 원, 교체노심 3개 호기용)를 제조하여 기술 전수국인 미국에 역수출하였으며, 향후 지속적인 수출을 기대하고 있다. 아울러 2010년 10월에는 중국 SNZ사에서 선진 경쟁사보다 성능 및 안전성이 뛰어난 튜브제조 핵심장비인 내면산세장비 공급을 요청하여 2011년 11월에 장비(122만불)를 수출하였다.

국산 피복관으로 제조된 핵연료는 한울 6호기 5주기에 최초 장전(2010년 3월)한 이후, 현재 국내 경수로 19기 원전에 전량 생산·공급하고 있다. 한편 우리나라에서 개발한 HANA 합금 신소재(TREX)를 경수로용 핵연료 튜브 제조에 적용하기 위해 공정자격인증시험을 2010년

말에 수행하였으며, 지속적인 공정 및 제조기술 개발을 통한 경제적이고, 성능이 향상된 신합금 핵연료 튜브의 상용화를 추진 중에 있다.

(2) 향후 전망

핵연료 피복관 제조공장은 각종 성능시험 및 제조경험을 통해 축적한 경험을 바탕으로 생산라인의 자동화와 효율을 높이고 품질 건전성을 확보하여 해외 선진경쟁사와의 경쟁력을 확보할 계획이다. 이에 따라 핵연료 튜브 제조장비 국산화 및 기술고도화 전략프로젝트를 통해 독자적인 튜브 제조 고유기술 확보를 추진하고 있다. 또한 튜브 제조 고유기술 확보는 피복관의 국산화에 국한하는 것이 아니라 한전원자력연료가 회사의 비전을 걸고 추진하는 핵연료 해외수출 기반을 확고히 한다는 점에서 매우 중요한 의미가 있다.

라. 원전 노심설계코드 개발

(1) 개발 개요

기술소유권이 확보된 원전 노심설계코드 개발을 위해 지식경제부(現 산업통상자원부)의 국가전략과제로 2006년 10월에 1 단계 과제를 착수하여 2010년 3월까지 코드원형 개발을, 2010년 4월에 2단계 과제를 착수하여 노심설계코드 인허가 및 설계절차 확립 연구를 2012년 12월까지 수행하였다. 2013년부터 APR1400형인 신고리 원전 3, 4 호기 실설계 적용을 위하여 최종안전성분석보고서 개정 업무와 신고리 원전 3호기 2주기 예비 설계가 진행 중이다.

(2) 추진 실적

42개월에 걸친 개발 1단계('06.10.~'10.3.)와 33개월에 걸친 2단계('10.4.~ '12.12.)를 통해 노심설계 수행에 필요한 코드를 개발하였으며 개발내용은 표 4와 같다. 이중 KARMA/ASTRA, THALES, ROPER, DYTRAC, AsCORE는 인허가가 필요한 코드들로서 DYTRAC은 2012년 4월에, KARMA/ASTRA와 THALES는 2013년 1월에 인허가 승인을 획득하였다. ROPER는 최근의 국제 현안인 연소도에 따른 소결체 열전도도 저하 현상에 대한 추가 분석을 수행하여 2014년 4월 인허가를 획득하였다. 2014년 12월에는 THALES 코드를 이용한 열설계방법론 인허가를 획득하였다. AsCORE는 2015년 9월까지 인허가 획득을 목표로 인허가 질의 답변을 수행 중이다.

1 단계 개발의 기관별 주요 내용은 아래와 같다.

한전원자력연료(총괄기관): 노심분석 코드원형 개발, 인허가 신청

한국원자력연구원(참여기관): 군정수코드 개발 및 인허가 신청, 부수로코드 검증체계 개발

서울대(위탁기관): 중성자 노달해법 개발, 장전모형 생산기 및 전노심수송해석코드 원형개발

경북대(위탁기관): 3차원 행렬연산기 개발

한수원 중앙연구원(참여기관): 운전지원코드 개발

2 단계 개발의 기관별 주요 내용은 아래와 같다.

한전원자력연료(총괄기관) : 인허가 지원, 설계 방법론 및 절차서

개발, 설계 적용성 평가

한국원자력연구원(참여기관): 군정수코드 개선 및 기능 확장, 부수로코드 검증체계 개발

서울대(위탁기관): 장전모형 생산기 개선 및 ASTRA 계산능력 검증

한수원 중앙연구원(참여기관): 운전지원코드 개선 및 기능 확장, 핵심코드기반 원전운영지원절차서 개발

〈표 4〉 원전 노심설계코드 국산화 종류 및 기능

개발기관	코드이름	설계분야	기능
KEPCO NF	ASTRA	핵설계	다차원 노심해석
	ECHO	핵설계	군정수 편집
	ATOZA	핵설계	연계 자료 생산
	ASTRA1D	핵설계	1차원 노심해석
	THALES	열수력설계	노심 부수로 해석
	ORCA	열수력설계	신속 DNBR 계산
	HYDRA	열수력설계	노심 수력 계산
	ROPER	연료봉설계	연료봉 성능 해석
	DANTE	연료봉설계	연료봉 DNB 전파 해석
	CFLAT	연료봉설계	피복관 함몰 분석
	DYTRAC	집합체/제어봉설계	집합체 지진해석
	CAPER	집합체/제어봉설계	집합체 노내 성능 해석
	ROVIN	집합체/제어봉설계	연료봉 진동 및 안정성 해석
	CEDRA	집합체/제어봉설계	제어봉 낙하시간 해석
	CESTA	집합체/제어봉설계	제어봉 응력 해석
	CEATHER	집합체/제어봉설계	제어봉 열적 성능 해석
	PLESCAN	집합체/제어봉설계	연료봉내 스프링 성능 해석
KAERI	KARMA	핵설계	군정수 생산
CRI	AsCORE	핵설계	원자로 출력 분포 계산
서울대학교	nTRACER	핵설계	미래형 핵설계 코드
	McFLOP	핵설계	장전모형 탐색

(3) 향후 전망

원전 노심설계코드 개발을 성공적으로 완료함에 따라 2014년부터 APR1400형인 신고리 원전 3호기 2주기 교체노심 설계에 최초로 적용하였으며, 2015년 이후 순차적으로 OPR1000, BNPP 및 웨스팅하우스형 가압경수로 노심설계에 적용할 예정이다.

마. 원전 안전해석 코드 및 방법론 개발

(1) 개발 개요

국내외 원천기술 소유권 확보를 위한 경수로 원전용 안전해석코드 개발과제가 한국수력원자력(주), 한전전력연구원, 한전원자력연료(주), 한국전력기술 등이 참여하여 2006년 10월에 착수 되어 2010년 3월 말로 1단계 코드원형 개발이 완료되었으며 개발된 코드는 SPACE로 명명되었다. 개발된 SPACE 코드의 사업적용을 위해서는, 사고별 안전해석방법론의 개발 및 인허가가 필수적이다. SPACE 코드 원형 개발이 완료된 후 후속 단계의 코드개발 업무는 다른 기관에서 담당하고 한전원자력연료(주)는 SPACE 코드를 사용한 안전해석방법론 개발에 참여하였다. 2단계 업무로 2012년까지 대형냉각재 상실사고 해석방법론과 노심과도 안전해석 방법론을 개발하였고, 이후 3단계 업무로 2016년 인허가를 목표로 SPACE 코드와 안전해석 방법론에 대한 인허가와 원전적용 체계 구축 업무를 수행 중이다.

(2) 추진 실적

한전원자력연료(주)는 2006년부터 2010년 3월까지 SPACE 코드원

형 개발로 원자로 냉각재 펌프 등의 원전기기 모델, 임계유동 등의 특수현상 모델, 열구조체 모델, 연료봉 모델, 원자로 동특성 모델 등의 16개 모델 개발을 담당하였다. 대형냉각재 상실사고 방법론 개발에서는, 실험자료 기반 주요 현상 예측성능 확인, 발전소 예측성능 확인, 코드 개선 사항 도출 및 오류보고 등의 업무를 2010년에 수행하였다. 2011년에는 모든 실험과 원전 계산에 대하여 코드 개선 영향평가를 지속적으로 수행하였다. 아울러 발전소의 124회 다중계산과 실험자료 커버링 계산을 위한 다중 입력 생산 프로그램을 모든 실험과 발전소에 대하여 작성하였다. 2012년에는 방법론 개발을 완료하였다. 노심과도해석방법론 개발에서는 2010년에는 SPACE 코드 적용성 평가, 과도현상 (Non-LOCA) 분석용 예비 모델 개발, 예비 초기화 방법론 개발 등의 업무를 수행하였으며, 2011년에는 추가로 연계체계구축, 반응도 사고해석 방법론 개발, 유량감소사고해석 방법론개발, 예비분석을 수행하고 2012년에는 방법론 개발을 완료하였다. 2013년에는 인허가 신청용 SPACE 버전을 사용한 대형 냉각재상실사고와 노심과도해석 최종평가를 수행하고 인허가보고서를 작성하여 심사기관에 제출하였으며 2014년에 인허가 1차 질의서에 대한 답변을 제출하였으며, 2015년도에는 인허가 2차 질의 답변 예정이다.

(3) 향후 전망

국내외 원천기술 소유권 확보를 위한 경수로 원전용 안전해석코드 개발과제는 2015년 까지 수행될 예정이며 이 기간 동안 국내 인허가 기관의 코드 및 방법론에 대한 검토 결과로 요구되는 질의에 대한 답변

서 작성과 APR+ 원전에 대한 적용성 평가 업무를 수행한다. 2016년에 코드 및 방법론에 대한 인허가 획득이 예상되며 이후 신규 APR1400 및 APR+ 원전의 안전해석에 SPACE 코드를 사용한 방법론을 적용할 예정이다.

바. 혁신형 지르코늄 신합금 및 부품 개발

(1) 개발 개요

피복관의 내식성 향상 및 원전의 부하추종운전에 따른 열적·기계적 내피로 강도를 향상 시킨 차세대 지르코늄 합금 개발을 위하여 혁신형 지르코늄 신합금 및 부품 개발 과제가 국내 산학연 공동으로 2012년 8월에 착수되어 1단계 3년간 후보합금 개발 및 2단계 3년간 후보 합금의 부품 제조공정 개발을 목표로 수행 중에 있다.

(2) 추진 실적

2010년부터 한전원자력연료(주)는 합금개발을 위한 기본 장비를 구축하여 기준합금의 제조 절차를 확립하였고, 신합금의 개발 방향 정립 및 합금 설계 등을 바탕으로 1·2차 후보 합금을 설계·제작하여 309종의 후보합금에 대해 성능시험 수행 및 제조·성능시험 결과 등을 분석중이다.

(3) 향후 전망

2단계의 신합금 부품 제조공정 개발에 투입할 후보합금을 선정하여 부품 제조성 및 노내연소 시험을 통해 신합금의 노내외 성능을 확인하여 혁신형 신합금의 부품 상용화를 추진할 예정이다.

4. 핵연료 서비스

한전원자력연료는 1995년에 국내 핵연료 서비스 기술자립을 목적으로 연료서비스팀을 구성하여 해외 기술연수, 수리장비 개발과 외국 회사와 공동 수리작업 등을 통하여 2000년부터 자체 인력과 장비로 연료 수리작업을 본격적으로 수행하게 되었다.

연료수리는 수중에서 누설연료봉(Leakage Fuel Rod)을 스테인레스 스틸 모의연료봉(Stainless Steel Dummy Rod)으로 교체하거나 손상된 부품을 수리하는 작업으로 2000년 2월 한빛 2호기에서 국내기술로 최초 실시하였으며, 2014년 5월 한빛6호기 연료수리까지 총 23개 호기에서 32다발 연료를 수리하였다.

집합체 다발의 건전성 검사를 위한 집합체 정밀검사는 2004년 4월 한울 3호기 PLUS7 LTA 1주기 검사를 시작으로 고리 2호기 16ACE7, 고리4호기 17ACE7, 한빛 1호기 HANA 피복관, 한울 4호기 M5 피복관, 한빛 3호기 TSA Zirlo 피복관, 한울 6호기 16 HIPER, 한빛1호기 HANA 피복관, 고리4호기 17ACE7, 한빛5호기 HANA 피복관, 한울6호기 HIPPER 검사 등 2014년 6월 현재까지 총 42회에 걸쳐 139다발을 검사하였다.

크러드 세정기술은 2004년부터 2007년까지 개발하였으며, 2009년 2월 한울 1호기에서 89다발을 시작하여 2014년 4월 한울 3호기 108다발까지 3개 호기에서 5회에 걸쳐 총 469다발을 수행하였으며, 중수로 핵연료 육안 및 Sipping 검사 기술은 2007년부터 2010년에 걸쳐 개발한 장비를 활용하여 2012년 2월 월성 4호기 4다발을 시작으로 2013년 2월 월성 1호기 255다발, 2014년 6월 월성3호기 4다발 검사까지 총

10회에 걸쳐 294다발을 수행하였다

또한 현재까지 개발한 연료 수리장비, 정밀검사장비, 그리고 초음파 검사장비 등 연료서비스장비를 중국 NPIC에 수출계약을 체결하고 2013년 2월에 장비를 제작 및 납품하여 동년 6월 중국 진산 제2발전소 1주기 연료 검사에 이어서 2014년 6월 2주기 연료 노내연소 성능검사를 성공적으로 수행하였다.

연료서비스 기술 향상과 개량연료 개발 및 발전소의 효율적 운영 지원을 위하여 지속적인 서비스 기술개발 과제를 수행 중에 있다.

핵연료 서비스분야의 연구개발 과제 내용 및 기술 확보 현황은 〈표 3-35〉에 요약하였다.

〈표 3-35〉 연구개발 과제 내용 및 연료서비스 기술 확보 현황

순번	기간	내 용	후원 및 지원 기관	성과 및 활용
1	'99.10 ~'02.4	가압경수로 핵연료 수리기술 개발	산업자원부 '전력산업 기술개발사업' 연구개발과제	• 연료 수리장비 개발 • 수리용원 기술 연수 • 수리장비 현장 적용
2	'02.3	핵연료 서비스 건물 준공	자체 예산 투자	• 연료 수리 및 검사 모의시험
3	'02.9 ~'05.8	사용후핵연료 정밀검사기술 개발	산업자원부 '원전 기술고도화' 연구개발과제	• Zirlo 피복관 성능검사 • PLUS7TM 연료 노내 입증시험
4	'04.4 ~'07.3	축방향 출력 불균형 방지를 위한 크러드 제거기술 개발	산업자원부 '원전 기술고도화' 연구개발과제	• AOA 해소에 따른 출력 증강 •발전소 운전원 피복 저감
5	'07.3 ~'10.2.	중수로 사용후핵연료 건전성 검사장비 및 기술개발	산업자원부 '전력산업기술개발사업' 연구개발과제	• 중수로형 연료검사기술 확보 •결함연료 분리저장 기술 구축
6	'07.8 ~'13.7	사용후핵연료 노내연소 성능검사장비 및 기술개발	산업자원부 '전력산업기술개발사업' 연구개발과제	•연료성능 고유 검사장비 개발 •노내 연소성능 평가기술 구축
7	'13.1 ~'15.12	Sipping 및 초음파를 이용한 결함연료 검출기술 개발	회사 자체 과제	•Sipping 검사기술 및 장비 개발 •초음파 검사기술 및 장비 개발

제2절 중수로 핵연료

1. 제조 현황

한전원자력연료는 1997년 말 준공한 연간 400톤U 생산규모의 가공시설에서 국내 중수로형 원전에 소요되는 핵연료 전량을 생산·공급하고 있다. 2014년에는 월성 원전 3기에 중수로 핵연료 14,642다발을 공급하였고, 1998년 이후 2014년 현재까지 총 320,955다발을 공급해 오고 있다(〈표6〉참조).

〈표 6〉 연도별 국산 중수로용 핵연료 공급 현황(1998~2014년)

(단위: 다발, 2014년말 기준)

구분 \ 연도		'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06
중수로	집합체 수량	14,112	18,828	15,696	19,872	19,872	19,872	21,528	21,528	22,248
	누 계	14,112	32,940	48,636	68,508	88,380	108,252	129,780	151,308	173,556

구분 \ 연도		'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	
중수로	집합체 수량	21,204	21,168	16,296	19,729	20,448	18,684	15,228	14,642	
	누 계	194,760	215,928	232,224	251,953	272,401	291,085	306,313	320,955	

2. 기술개발

2014년도에는 생산성 향상과 원가절감 및 품질향상을 위해 흑연 베이킹 장비 국산화 증설 외 7건의 제조공정 개선 및 장비개발(〈표 7〉

참조)을 수행하였으며, 2015년에도 월성 원전에서 소요되는 핵연료 수요량의 적기 공급과 고품질의 핵연료 제조를 위해 봉단마개 용접 장비 국산화 증설 , 중수로 연료 포장박스 개발을 하였다. 또한 월성 원전의 압력관 노후화로 인한 출력감발 문제를 해결하기 위해 중수로 개량연료(37M)의 제조기술을 개발하고 관련 제조기술 구축하여 시범집합체를 제조함으로써 10월에 월성 4호기에 시범장전되어 연소되고 있다.

〈표 7〉 중수로 핵연료 주요 제조공정 개선 및 장비개발 현황(2014년도)

기술개발 내용	효 과
흑연 베이킹 장비 국산화 증설	생산성 향상
가접 및 경납땜 3호기 제어시스템 개선	생산성 향상
베릴륨 도포 공정 부품 세척조 개선	생산성 향상
간격체 성형프레스 주축 개선	품질 향상
가접 및 경납땜 3호기 유리관 내부 표면 개선	품질 향상
집합체번호 각인기 개선	품질 향상
충격기록계 개선 검토	품질 향상
중수로연료 포장박스 개발	품질 향상

03 방사성폐기물 관리

한국수력원자력(주) 원전사후관리실 사용후핵연료팀장 김정묵

제1절 개 요

일반 산업 활동에서 산업폐기물이 발생되는 것처럼 원자력을 이용한 산업 활동에서도 폐기물이 발생된다. 원자력발전소, 병원 및 연구소의 운영 중 방사성 물질에 의해 오염된 폐기물로써, 방사선관리구역에서 작업에 쓰였던 작업복, 종이, 기기부품, 공구 등이 이에 해당된다. 보통 방사성 물질을 제거해서 재사용 하지만 더 이상 쓸모가 없게 된 대상물이 방사성폐기물로 분류된다. 그러나 그 양은 생활폐기물이나 산업폐기물 등 다른 폐기물에 비해서 그 양이 매우 적고 발생되는 곳도 한정되어 있어서 격리 및 체계적 관리가 용이하다.

원자력발전은 화석연료 대비 경제적이고 한정된 에너지원으로 인하여 대용량 에너지원으로서 세계적으로 건설·운영하고 있으나 2011년 3월 후쿠시마 원전 사고에 대한 기억은 아직도 일반인들에게 불안 심리를 갖게 하고 있어 안전성관리를 최우선으로 관리하고 있다.

우리나라에서는 어렵게 중·저준위 방사성폐기물 처분부지가 선정되어 처분장 건설이 진행되고 있으나 사용후핵연료의 중간저장을 위한 준비에는 아직도 많은 어려움이 있을 것으로 예상되고 있다. 원자력이 1950년대 군사적 목적으로 사용되면서 세상에 알려지고 반핵운동이 지속적으로 유지되면서 원자력에 대한 부정적인 이미지가 깊어

원자력발전에 의한 여러 가지 혜택이 가려지고 대중적 호응도가 아직 개선되지 못하면서 방사성폐기물에 대한 일반인의 과잉 반응은 과학적인 근거와는 전혀 관계없이 호도되는 경향이 있다.

방사성폐기물은 발생원 및 발생량이 극히 적고, 더구나 다른 일반폐기물과 달리 시간이 지남에 따라 방사능이 감소하는 특징이 있어 공학적인 조치를 통해 인간 및 환경에 전혀 위해가 없도록 관리할 수 있음에도 불구하고 일부에서 방사성폐기물이 경계의 대상으로만 인식되고 있는 것은 매우 안타까운 일이다. 방사성폐기물의 처분은 유럽 및 일본 등 선진 외국의 처분장 운영 사례에서도 입증되듯이 원전과 마찬가지로 안전을 위주로 관리하는 완벽한 시설임을 인식시키기 위한 노력이 계속되어야 한다.

1970년대 말부터 본격화된 우리나라의 원자력산업은 지난 30여 년간 괄목할 만한 성장을 이룩하여 현재 23기의 원자력 발전소가 가동되고 있고, 9개의 신규 원전이 건설 중에 있어 명실공이 원자력발전 국가로 발돋움하였다. 국내 전력수요의 약 30%를 원자력발전으로 충당하고 방사선 및 방사성동위원소의 이용 면에서도 국가산업 발전에 비례하여 산업적 이용이 큰 폭으로 늘어나고 그 이용분야가 더욱 다양화, 고도화되는 추세에 있다. 더구나 국내 원전 건설 및 운영기술의 해외수출과 함께 청정에너지로써 국가 산업발전에 기여하는 바가 클 것으로 기대되고 있다.

이처럼 국내 원자력 산업이 확대되면서 방사성폐기물의 안전한 관리 및 처분은 지속적인 원자력이용을 위해 매우 중요한 사안이다. 국내 원자력 산업에서 생성된 방사성폐기물은 원전에서 배출되는 사용

후핵연료를 제외하고는 모두 중·저준위 방사성폐기물이다. 발생원별로는 원전에서 생성되는 폐기물이 대부분을 차지하고 있으며, 연구용 원자로 및 기타 방사성동위원소 이용기관에서 나머지 방사성폐기물을 발생시키고 있다. 한수원(주)은 원전에서 발생되는 방사성폐기물을 원전 부지 내 방사성폐기물 저장고 등에 보관하고 있으며, 방사성동위원소 폐기물은 한국방사성동위원소협회에서 수거 및 운반하여 한국원자력환경공단(구 한국방사성폐기물공단)의 대전소재 전용 저장시설에 보관하고 있다. 중·저준위 방사성폐기물 처분장이 건설되면 원자력발전 및 방사성동위원소 이용으로 발생된 폐기물을 안전하게 처분하게 될 것이다.

제2절 사용후핵연료 관리

1. 저장관리

사용후핵연료는 그 속에 포함된 핵분열생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 오랜 기간 동안 방사선과 열이 발생한다. 따라서 발전소에서 근무하는 작업자를 방사선으로부터 보호하고 열을 제거하기 위하여 사용후핵연료는 발전소의 원전연료취급건물안의 수조(지속적인 냉각 설비가 갖추어져 있고, 이를 "사용후핵연료저장조"라 부른다)에 저장한다. 사용후핵연료 중간저장시설의 건설이 늦어짐에 따라 상업운전을 시작한지 오래된 각 발전소의 사용후핵연료 저장용량을 확장하기 위해 고리3·4호기, 한울 1·2·3·4·5·6호기 및 한빛 1·2·3·4·

5·6호기를 대상으로 조밀저장대를 설치하였다.

최근 해외에서는 물 속에 사용후핵연료를 저장하는 기술 외에도 콘크리트 또는 탄소강 등으로 방사선을 막고 자연순환 되는 공기를 이용해 냉각시키는 기술을 적용한 건식저장시설을 운영하고 있다. 우리나라에서도 월성원자력발전소에 이러한 공기냉각식 콘크리트 구조물 형태의 저장시설을 1992년, 1998년, 2002년 및 2006년 4회에 걸쳐 건식저장시설을 건설하였으며, 2010년 2월에 조밀건식저장시설 건설을 완료하고 원전부지 내에 저장중에 있다. 2014년 말 현재 사용후핵연료의 저장관리현황은 〈표 3-17〉과 같다.

〈표 3-17〉 사용후핵연료 저장현황('14년말)

[단위: 다발]

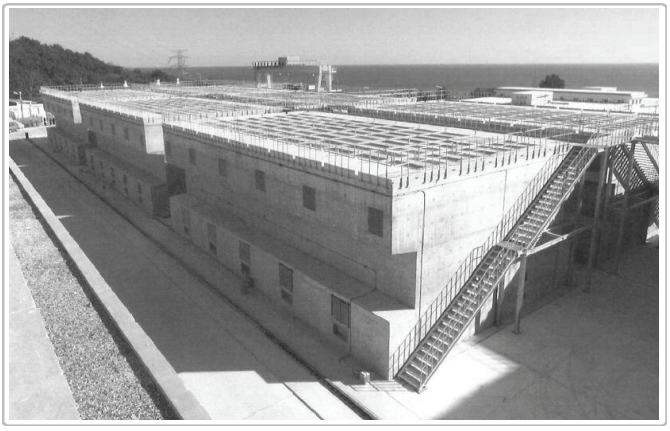
구 분		저장용량[1]	현 저장량
고 리		6,494	5,322
한 빛		9,017	5,413
한 울		7,066	4,652
월 성	경수로	523	64
	중수로	499,632	391,872
계		522,732	407,323

1) 비상 노심분 제외

2. 중간저장

중간저장이란 사용후핵연료를 직접처분하거나 재활용 처리를 하기 전 사용후핵연료의 방사능과 발열량을 충분히 낮추기 위해 저장하는 것을 말한다. 정부가 중간저장시설 건설 등을 포함한 종합적인 사용후핵연료 처리방침을 국가정책방향, 국내·외 기술개발 추세 등을 감안

하여 공론화를 통해 결정할 예정으로 있다.



〈그림 3-6〉 월성 사용후핵연료 조밀건식저장시설

3. 영구처분

사용후핵연료는 열이 식을 때까지 충분히 원전 부지내 또는 중간저장시설에 보관하다가 지하 깊이 최종 처분하는 개념이 세계적으로 널리 인정되고 있다. 이에 따라 일부 국가에서는 이미 암반특성을 연구하는 지하 실험시설을 운영 중에 있다. 그러나 다른 한편에서는 회수 가능한 처분방안 연구가 계속되고 있는데 이는 다음 세대에 더 효과적인 처분방법이 개발될 것이므로 사용후핵연료를 회수할 기회를 주지 않고 최종 처분하는 것은 비경제적일 수도 있다고 보는 견해에서 비롯된다. 미국에서는 사용후핵연료를 직접 영구처분할 목적으로 영구처분시설 확보를 위해 추진해 왔으나, 오바마 정부가 들어선 이후 2009년 초에 보류되어 최종 처분방식은 추후 결정될 예정이다. 프랑스, 독일, 일본, 영국

등과 같은 나라에서는 재처리하고 남은 고준위 고화체를 2030~2040년대에 영구처분할 예정으로 있다. 또한, 스웨덴은 최종 처분장 건설 예정지로 '포스마크' 지역을 선정하여, 지하 500m 암반에 매립하는 심지층처분장을 2020년대초에 완공할 계획이다. 핀란드의 경우 2000년 최종 처분시설 부지로 올킬루오트를 선정하였고, 2012년에 건설허가를 신청하였다. 한수원(주)은 1983년부터 상업운전에 들어가는 원전에 대해 향후 사용후핵연료 처분에 소요될 비용, 수명 종료 후 원전의 해체 철거비 및 철거 시 발생될 중·저준위 폐기물 처분비용을 함께 적립하고 있으며, 이를 매년 발전원가에 반영하고 있다.

해외 각국에서는 사용후핵연료의 누적량이 처분장을 운영하기에는 적정한 경제적 규모에 도달하지 않았다고 판단하여 원전 부지 내, 재처리 시설 내 또는 중간저장시설에 저장하고 있고, 아직 영구처분장을 운영하고 있지는 않으며 자체적 또는 공동으로 해결책을 찾는데 부심하고 있다.

제3절 중·저준위 방사성폐기물 관리

1. 기체폐기물 관리

가. 발생원

원자력 에너지는 우라늄이 중성자를 흡수하여 핵분열하는 과정에서 발생된다. 핵분열 과정에서 생성되는 핵분열생성물은 대부분 연료봉 안에 격리되어 있지만 극히 일부가 원자로 냉각재계통으로 이동하거

나, 원자로계통의 부식생성물과 냉각재내 붕소의 방사화로 인해 원자로건물 및 보조건물 내 각종 설비에 방사성물질이 존재하게 된다. 방사성 기체는 냉각재의 탈기, 체적제어계통 등의 배기시에 발생한다.

나. 처리방법

기체 방사성폐기물은 기체폐기물 저장탱크에 압축 저장하여 일정기간 동안 저장하여 반감기가 짧은 방사성 동위원소는 완전 붕괴시키고 방사성 옥소와 반감기가 긴 방사성 동위원소는 여과설비로 제거한 후 배출하는 방법과 활성탄 지연대와 고효율 여과기(HEFA Filter)를 이용하여 기체 폐기물을 제거하는 방법을 이용하여 처리한 후 방사능 연속감시기로 감시하면서 배출하는 방법이 있다.

다. 배출관리

원자력안전위원회 고시 제 2014-34호에 의하면 기체 방사성폐기물에 대한 배출 방사능량은 발전소 부지경계에서 배출관리기준 값을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 또한, 원자력안전법 시행령에서는 기체 배출로 인한 발전소 인근 주민의 방사선 영향이 연간 선량한도를 넘지 않 도록 제한하고 있다. 이에 따라 원자력 발전소에서는 이러한 관련 규정을 준수하기 위하여 정기적으로 시료를 채취·분석하고 기체 폐기물을 외부로 배출하기 전에 방사성물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출관리기준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다. 외부 배출 중에도 방사선감시기로 연속적으로 감시하며 만약 방사능이 기준치에 도달하게 되면 방사선감시기가 이를 감지하여 배출을 차단시키는 신호를 발생시키게 된다.

방사성 기체 폐기물의 배출로 인해 인근 주민이 받는 영향은 배출 핵종별 방사능량, 기상상태, 반경 80㎞이내 지역사회의 각종 자료를 "발전소 인근 주민 방사선량 피폭평가 프로그램(ODCM)"에 입력하여 평가한다.

2014년도에 가동 중인 원전으로부터 배출된 기체폐기물의 방사능량은 총 205.22테라베크렐(TBq) 이었으며, 발전소별 배출실적은 〈표 3-18〉과 같다.

2. 액체폐기물 관리

가. 발생원

액체폐기물 발생의 근원은 핵분열생성물과 방사화생성물이 포함되어 있는 원자로 냉각재이며, 계통수 정화과정에서 발생되는 폐액, 각종 펌프나 밸브 등 기기로부터의 누설수, 세탁수 등으로 구성된다. 액체폐기물은 포함된 방사능의 양, 화학적 순도에 따라 발생원에서부터 분리하여 수집하도록 되어 있다.

나. 처리방법

원자로냉각재의 처리과정에서 발생하는 액체 방사성폐기물에는 입자나 이온형태의 방사성물질뿐만 아니라 붕산도 포함되어 있으므로 여과기 및 붕산증발기로 구성된 붕산회수설비를 사용하여 붕산은 재사용하고 이 과정에서 붕산과 함께 있던 방사성물질은 제거된다. 방사능이 제거된 물은 발전소에서 재사용하거나 방사능 연속감시기로 감

시하면서 배출하고 있다.

각종 기기로부터 누설된 액체 방사성폐기물은 먼지 등 불순물을 포함하고 있기 때문에 저장탱크에 수집하였다가 액체 방사성폐기물 처리설비인 여과기, 이온교환수지탑, 역삼투압 및 폐액증발기 등을 사용하여 처리한다.

다. 배출관리

기체 폐기물에 대한 배출관리와 마찬가지로 액체 방사성폐기물에 대해서도 원자력안전위원회 고시 제2014-34호의 배출관리기준 상의 제한값을 초과하지 않도록 관리하고 있으며 발전소 인근 주민의 방사선 영향도 원자력안전법에서 정한 연간 선량한도를 넘지 않도록 제한하고 있다. 원전에서는 이러한 관련 규정을 준수하기 위하여 정기적으로 시료를 채취·분석하고 액체 폐기물을 외부로 배출하기 전에 방사성물질의 종류 및 농도를 측정하여 발전소 인근 주민이 거주하는 지역에서 배출관리기준을 초과하지 아니함을 확인하고 있다. 액체 폐기물도 배출 방사능이 기준치에 도달하게 되면 방사선 연속감시기가 이를 감지하여 배출을 차단시키는 신호를 발생하게 된다.

액체 방사성폐기물의 배출로 인해 인근 주민이 받는 영향도 "발전소 인근 주민 방사선량 피폭평가 프로그램(ODCM)"을 사용하여 평가한다.

액체 폐기물은 증발·농축·여과 등을 거쳐 방사능 농도를 최대한 낮추어 배출하고 있으며 2014년도에 가동 중인 원전으로부터 배출된 액체폐기물의 방사능량은 총 179.09테라베크렐(TBq)이었으며, 발전소별 배출실적은 〈표 3-18〉과 같다.

〈표 3-18〉 '14년도 방사성 액체 및 기체 배출실적

[단위: TBq]

구분	고 리		월 성			한 빛			한 울			신고리
	1발	2발	1발	2발	3발	1발	2발	3발	1발	2발	3발	1발
액체	2.21E+00	3.51E+01	5.41E+00	4.13E+01	1.67E+00	1.38E+01	1.04E+01	1.29E+01	1.85E+01	2.80E+01	7.38E+00	2.41E+00
기체	1.04E+01	9.79E+00	6.58E+01	8.71E+01	1.99E-01	1.38E+01	2.12E+00	2.71E+00	5.79E+00	1.93E+00	4.94E+00	6.38E-01

주) 삼중수소 및 C-14 포함

〈표 3-19〉 '14년 기체 및 액체 방사성 유출물 배출에 의한 주민예상선량

[단위: mSv/yr]

구분	선량한도 (mSy/yr)	주 민 피 폭 선 량			선량한도 대비(%)
		액체	기체	계	
고 리	1	9.168E-05	2.589E-03	2.681E-03	0.269
월 성	1	3.477E-04	1.049E-01	1.052E-01	10.52
한 빛	1	1.391E-04	7.871E-03	8.010E-03	0.801
한 울	1	8.418E-06	2.611E-02	2.611E-02	2.61

2014년의 발전소 인근주민에 대한 방사선영향을 평가한 결과는 〈표 3-19〉와 같다. 기체 폐기물로 인해 제한구역외부에 거주하는 주민이 지난해에 받은 것으로 예상되는 유효선량은 월성원전의 경우 0.1049밀리시버트(mSv)였고, 액체 폐기물로 인한 유효선량은 월성원전의 경우 0.0003477밀리시버트(mSv)였다. 일반인에 대한 선량한도 1밀리시버트(mSv/yr)의 약 10.52% 수준으로 미미한 수준이다. 방사선에 관하여 세계 최고기관인 국제방사선방호위원회(ICRP)가 일반시민에 대해 권고한 개인선량이 1년에 1밀리시버트이고, 원전이 없어도 우리 인간은 자연적으로 받는 개인선량이 2.4밀리시버트 혹은 그 이상인 점을 생각해 본다면 원전 운영으로 인해 주민이 받는 영향은 거의 없다고 볼 수 있다.

3. 고체 폐기물 관리

가. 발생원

고체 방사성폐기물은 기체 및 액체 방사성폐기물의 정화에 사용된 필터, 이온교환수지 및 액체폐기물 증발기의 농축폐액, 그리고 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 공구, 휴지 등의 잡고체로 구분할 수 있다.

나. 특징

고체 방사성폐기물은 일반 산업폐기물에 비하면 발생량이 매우 적으며, 일반 산업폐기물의 경우 유해물질이 소멸되지 않으나 방사성폐기물 중의 방사능은 각각의 고유 반감기에 따라 시간이 지나면 세기가 감소된다. 따라서 방사성폐기물을 생활환경으로부터 격리하고 적절한 시간동안 보관해 두면 방사능을 내지 않는 일반폐기물이 된다.

다. 처리방법

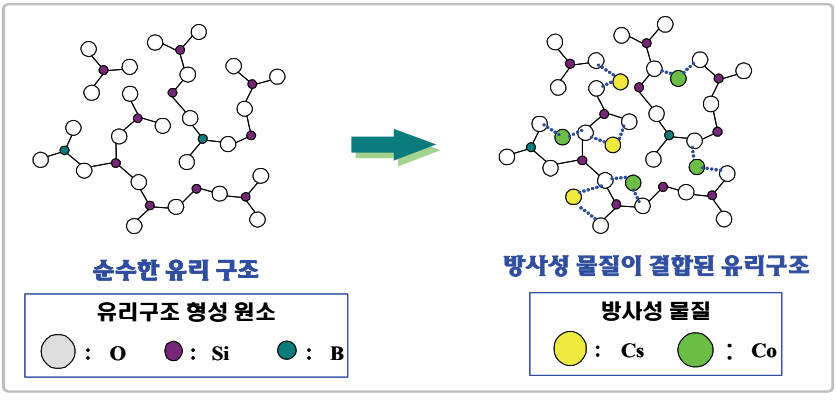
고체 방사성폐기물은 종류에 따라 알맞은 처리방법을 사용하여 그 부피를 감용하고 형태를 안정화함으로써 원전부지 내 임시저장시설의 이용효율 극대화, 영구처분 비용 절감, 최종 방사성폐기물의 특성 안정화 및 작업종사자 피폭 방사선량 저감을 도모하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 압축이 가능한 잡고체폐기물은 수집하여 30 톤 압축기로 드럼 내에서 압축하여 뚜껑을 닫아 밀봉처리 한다. 폐수지는 완전 건조 후 고건전성용기(HIC, High Integrity Container)에 넣어 보관하고 있다.

한수원(주)은 중·저준위 방사성폐기물을 유리화함으로써 처분안전성을 제고하고 방사성폐기물 발생량을 줄이기 위해 한울원전에 설치

한 유리화설비는 2009년 하반기부터 한울5·6호기에서 발생되는 가연성폐기물을 처리하고 있다.

라. 유리화 설비

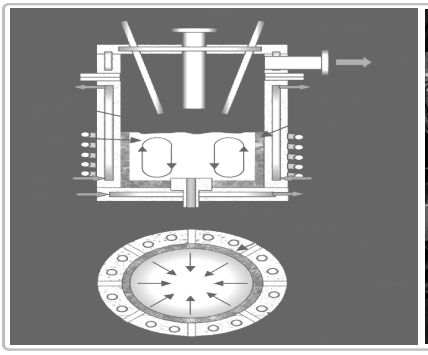
원전에서 발생되는 방사성폐기물은 대부분 방사선의 세기가 낮은 저준위방사성폐기물이지만 보다 안전한 관리를 위해 처분에 앞서 형태에 따라 알맞게 처리하고 있다. 특히, 원전의 방사선 작업자들이 사용했던 작업복, 장갑, 덧신 등 가연성 고체폐기물을 처리하기 위한 방법으로 '유리화'가 있다. 유리는 나트륨, 붕소 및 실리콘 등이 산소와 결합하여 서로 연결고리를 형성하는 분자를 가지고 있다.



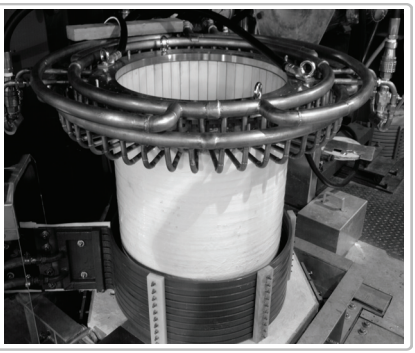
〈그림 3-7〉 유리화 설비의 유리 구조

유리분자 구조 중에서 붕소 및 실리콘의 조성을 적당히 변경시키면 연결고리에 큰 구멍이 뚫리게 되고, 방사성 핵종을 유리와 함께 1,000도 이상의 온도로 가열하면 방사성핵종이 유리분자 구조의 큰 구멍

속에 잡히게 된다. 이렇게 유리분자 속에 갇힌 방사성핵종은 좀처럼 밖으로 빠져나오지 못하게 되는데 이러한 원리를 이용해서 방폐물을 처리하는 방법을 유리화라고 한다.



〈그림 3-8〉 유리화 설비 용융로



〈그림 3-9〉 한울원전 유리화 설비

마. 저장관리

고체 폐기물은 포장용기에 포장 후 전용트럭으로 원전 부지 내 방사성폐기물 임시저장고로 운송하여 폐기물 종류별로 저장하고 있으며 최종적으로는 영구처분장으로 운반되어 처분하게 된다.

바. 발생량 추이

2014년도에 가동 중인 원전에서 발생한 고체폐기물은 모두 2,079드럼(200리터 드럼 기준)으로, 전년도(1,971드럼)와 비슷한 수준이며 발생실적은 〈표 3-20〉과 같다.

〈표 3-20〉 '14년도 중·저준위 고체폐기물 발생실적

[단위 : 드럼]

구 분	고 리	한 빛	한 울	월 성	신고리	계
농축폐액	0				0	0
폐 수 지	75		85	110	0	270
폐 필 터	0			12	0	12
잡 고 체	520	440	393	328	116	1,797
슬 러 지	0				0	0
계	595	440	478	450	116	2,079
누 계	42,282	22,823	17,467	10,209	534	93,315

사. 중·저준위폐기물 처분인도

방사성폐기물을 처분시설로 인도하기 위해서는 처분인도 규정에 적합하여야 한다.

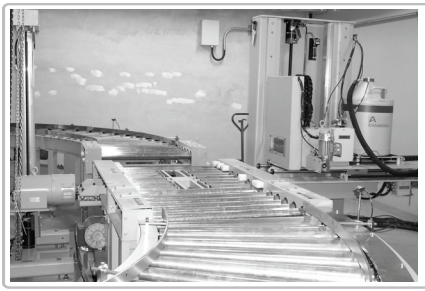
처분인도 규정은 1991년 처음으로 과학기술부 고시로 제정되어 2차례 개정을 거쳤으나 정성적인 내용이 많아 처분요건으로 실제 활용하기에는 다소 미흡한 점이 있었다. 그러나 2005년부터 처분을 위한 기술기준이 구체적으로 제시되었으며 2015년도에는 "중저준위 방사성폐기물 인도규정"이 원자력안전위원회 고시 제2015-04호로 개정되었다. 주요 내용은 〈표 3-21〉과 같다.

〈표 3-21〉 중·저준위 방사성폐기물 인도규정(고시 2015-04호) 주요내용

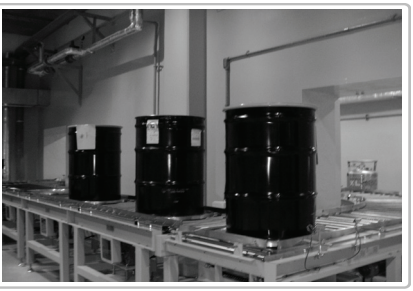
항목	주요내용
핵종규명	○ 폐기물에 포함되어 있는 전체 방사능량의 95% 이상을 구성하는 핵종 규명 및 아래 핵종에 대하여는 규명 - H-3, C-14, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Tc-99, I-129, Cs-137, 전 알파, Fe-55, Co -58, Ce-144 ○ 핵종규명방법 : 직접 측정법, 척도인자 등 간접 평가법 등 제시
유리수	○ 폐기물 부피의 0.5%이하(단, 고건전성용기의 경우 1%이하)
폭발성 물질 등	○ 위험성 제거, 방사분해 등에 의한 포장물 건전성, 처분장 성능 저하 금지 및 폐기물 취급시 작업자 안전 저해 금지
유해성 물질 등	○ 킬레이트제 등은 처리 과정 중 그 특성이 제거되거나 0.1%이상 함유된 폐기물은 명시
협의 등	○ 정하지 않은 폐기물의 인도 및 요건은 운영자-위탁자 협의 ○ 처분장 위치, 처분방법, 폐기물종류에 따라 처분요건에 대한 세부사항 제정가능
인수의뢰	○ 발생지점, 발생시점, 포장일자 ○ 폐기물종류, 물리적·화학적·생물학적 특성 및 특성 평가방법 ○ 총 방사능량, 주요 핵종농도, 표면 방사선량율 ○ 주요 안정성 특성 및 특성 평가방법 등
적합성 확인	○ 운영자는 폐기물이 처분기준에 적합함을 보장하기위한 계획 수립, 운영

방사성폐기물의 처분을 위해서는 중·저준위 방사성폐기물 인도규정에서 정하는 바에 따라 폐기물에 포함되어 있는 주요 핵종별 방사능농도를 규명하여야 하며, 규명방법으로 방사선계측 등에 의한 직접측정 방법, 척도인자 등 간접평가 방법, 물질수지 등을 이용한 이론적 평가방법을 이용하도록 규정하고 있다. 드럼 내에 존재하는 방사성핵종의 방사능농도를 평가하기 위해 각 원전본부별로 드럼핵종분석장치(Radioactive Waste Assay System)를 1대씩 방사성폐기물 임시저장고에 설치하였다.

○ 임시 저장시설내 장비설치 모습



〈그림 3-10〉 드럼핵종분석장치 검출기 및 컨베이어



〈그림 3-11〉 드럼측정 대기중 (이송용 컨베이어)

폐기물드럼내 핵종평가를 위해서는 알파, 베타, 감마핵종을 분석해야 하나 알파, 베타 핵종의 경우 시료 전처리 및 분석방법의 복잡성과 소요시간 등을 고려하여 간접법인 척도인자(Scaling Factor)를 사용하여 평가한다. 척도인자란 직접측정이 곤란한 핵종의 방사능을 평가하기 위한 인자로서, 주요 감마선 방출핵종과 알고자 하는 핵종과의 농도비를 말한다. 이러한 척도인자는 발전소별, 폐기물종류별 시료채취·분석을 통해 국내 원전별 특성이 반영되도록 개발 하였으며, 주기적으로 유효성을 검증하고 있다.

또한, 2010년에는 처분관련 규정에 적합하게 처리, 포장된 한울(1,000드럼) 및 월성(536드럼) 원자력발전소 중저준위 방폐물을 국내 최초로 경주 처분장에 안전하게 처분인도 하였고, 이후 월성은 2012년도(1,000드럼), 2013년도(176드럼) 및 2014년도(824드럼)에 추가로 처분하였다. 경주 처분시설 인허가 승인(2014년 12월)으로 향후 발전소에 보관중인 방폐물 드럼의 처분 적합성을 확인하여 안전하게 처분 인도할 계획이다.

〈그림 3-12〉 방폐물 운반선 "청정 누리호"

04 방사성폐기물 관리사업

제1절 방사성폐기물관리사업 계획 수립

한국원자력환경공단 홍보실장 김용식

우리나라의 원자력산업은 1978년 7월 고리원전 1호기를 가동한 이래 눈부신 성장을 이룩했다. 또한 병원이나 산업체 등에서 방사성동위원소의 이용이 크게 증가했고, 그 분야도 더욱 다양화되고 고도화되었다. 이처럼 원자력산업이 확대되자 방사성폐기물 발생량이 크게 증가하여 국가 차원의 종합대책 수립이 현안 과제로 대두되었다.

이러한 상황에서 정부는 방사성폐기물관리 종합대책 수립을 위해 1983년 '방사성폐기물 관리사업 대책위원회'를 설립했다. 이는 방사성폐기물관리에 대한 첫 국가정책의 수립이었다.

주요 내용은 △중·저준위방사성폐기물 육지처분 원칙 △영구 처분장은 원전부지 외부에 중앙집중식으로 건설 △정부 주도의 비영리 방사성폐기물 전담기구 설치 △방사성폐기물 관리비용은 발생자가 부담 △전담기구 설립추진협의회 구성·운영 △사용후핵연료 관리대책 별도 수립 등이었다.

이러한 내용을 골자로 정부는 1984년 10월 13일 제211차 원자력위원회에서 '방사성폐기물 관리대책'을 의결하고, 1986년 5월 12일 방사성폐기물관리사업의 시급성을 감안하여 △방사성폐기물관리기금 설

치 △관리사업주체를 한국에너지연구소(현 원자력연구원)로 변경 △원자력위원회를 국무총리 소속으로 격상시키는 등의 원자력법을 개정·공포하였다.

이렇듯 1986년부터 시작된 방사성폐기물 처분시설 부지확보 사업은 19년간 9차례 실패를 거듭하면서 국가적인 난제로 떠올랐다. 사업주체도 수차례 바뀌었다. 정부는 부지확보 사업이 계속 실패하자 주민수용성을 높이기 위한 특단의 대책을 강구했다. 따라서 사업의 투명성과 안전성 확보를 위해 민주적인 주민합의의 절차를 도입하는 등 획기적인 방법으로 전환했다.

2004년 주민투표제를 도입하여 방사성폐기물관리사업은 밀실행정의 오명을 벗고 주민참여와 의사결정을 통해 민주적인 방법으로 진행하는 틀을 수립하게 됐다. 그동안 사회적 갈등과 대립이 반복되던 부지확보 사업은 주민의견 수렴을 거쳐 국책사업 추진과정의 갈등을 해결하는 모범적 선례로 남게 된 것이다.

더불어 2004년 12월 17일 제 253차 원자력위원회에서 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 함께 건설하기로 한 기존의 방사성폐기물 관리대책('98.9.30, 249차 원자력위원회)을 변경하여 이를 분리 추진하기로 심의·의결했다. 이미 세계 여러 나라에서 수십 년 동안 안전하게 운영돼 시설 안전성이 입증된 중·저준위방사성폐기물 영구처분시설을 먼저 확보하기로 하면서 부지선정이 보다 용이해진 것이다.

2005년 11월 2일 주민투표를 통해 중·저준위방사성폐기물 처분시설 부지가 경주로 확정되어 방사성폐기물관리사업은 원자력발전 역사

에 큰 획을 긋게 됐다. 또한 주민의견을 통해 사회적 갈등과 대립을 승화시킨 갈등해결의 모범적 선례를 남겼고, 방사성폐기물의 안전한 처분을 통해 자연환경 보존과 원자력발전의 지속가능성을 확인하게 됐다는 점에서 시사하는 바가 크다.

제2절 부지선정 과정

한국원자력환경공단 홍보실장 김용식

1. 1차 추진 (울진·영덕·영일 : 1986~1989)

1978년 고리원전 1호기의 가동과 함께 방사성폐기물의 안전관리 문제가 점차 대두되었다. 이에 따라 정부는 1983년 「방사성폐기물 관리사업 대책위원회」를 설립하여 전문가들로 실무 작업반을 구성하여 방사성폐기물 관리대책 수립에 착수하였다.

1984년 10월 13일 제211차 원자력위원회에서 중·저준위 방사성폐기물은 육지처분을 원칙(추후 해양처분도 고려)으로 하고 방사성폐기물을 관리하는데 필요한 소요경비는 발생자가 부담하며, 국가주도의 비영리 운영관리기구를 설치한다는 내용의 '방사성폐기물 관리대책'을 의결했다.

1985년 6월 29일 제213차 원자력위원회는 「방사성폐기물 운영관리기구 설치방안」을 의결하여 한국핵연료주식회사가 방사성폐기물관리사업을 전담하고 장기대책 수립을 위한 기술 검토, 관리기준 작성, 비용 조달방안 강구 및 사업 수행을 위한 기술개발을 수행토록 했다.

그러나 1986년 5월 12일 정부는 방사성폐기물관리사업을 위한 재원 확보를 위하여 방사성폐기물 관리기금을 설치하고 정부가 기금을 운용할 수 있도록 원자력법을 개정하고 전담수행기관을 한국핵연료주식회사에서 한국에너지연구소(현 한국원자력연구원)로 변경, 지정했다.

사업을 위탁받은 한국에너지연구소는 부지확보의 시급성을 감안해 방사성폐기물 종합관리시설의 후보부지 도출을 위하여 한국전력기술(주)에 전국을 대상으로 부지환경 현황조사 용역을 의뢰했다. 한국전력기술은 1986년 7월 용역에 착수해 1단계로 89개 후보부지를 도출했고, 2단계에서는 89개 도출지역을 중심으로 부지 선별기준에 적합한 총 25개(동해안 15개, 남서해안 10개) 후보부지를 선정했다.

1987년 3월부터 9월까지 25개 후보부지를 대상으로 미국 바텔연구소와 공동연구를 통해 경북 울진, 영덕, 영일 등 3개 지역을 후보부지로 선정했다. 조사대상 지역은 모두 임해지역으로 동굴처분방식의 중·저준위 방사성폐기물 영구처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설, 그리고 관련 부대시설이 입지하는 것으로 상정했다.

1988년 7월 27일 제220차 원자력위원회에서 「방사성폐기물관리 기본방침」이 결정되면서 사업에 힘을 얻게 됐다. 주요내용은 중·저준위 방사성폐기물 관리를 위하여 지중매몰식의 영구처분시설을 1995년 12월 말까지 건설하며, 사용후핵연료는 재처리 또는 영구처분에 대한 국가정책이 결정될 때까지 중간저장(Interim Storage) 관리하고 이를 위한 중간저장시설을 1997년 12월 말까지 원전부지 이외의 장소(Away from Reactor)에 중앙집중식으로 건설하기로 했다.

또한 방사성폐기물은 처분시설 확보 시까지 한전이 원전부지 내에

서 관리하고, 소요재원은 방사성폐기물관리기금을 활용하기로 했다. 아울러 방사성동위원소 폐기물의 종합관리를 위하여 별도방안을 강구하였다.

1988년 12월 29일 제221차 원자력위원회는 이에 대한 후속조치로 방사성폐기물 관리 중장기사업계획을 의결하였다. 총 투자규모 7,006억원, 부지는 임해지역을 대상으로 150만평 규모로 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설, 그리고 연구시설 관련 부속시설을 건설키로 했다.

그러나 울진군 기성면, 영덕군 남정면, 영일군 송라면 등 3개 지역에서 부지조사를 실시하던 중 1989년 임시국회를 통해 방사성폐기물 처분장 건설계획이 일반에 알려지면서 지역에서 반대운동이 격렬하게 일어났다. 한국에너지연구소는 3월 14일 부지조사활동을 일시 중단하고, 전반적인 분위기가 호전되지 않자 홍보활동을 접고 1989년 말 관련 인력을 모두 철수시켰다.

2. 2차 추진 (안면도, 1990~1991)

당초 우리나라 방사성폐기물관리 개념은 방사성폐기물을 집중관리하기 위해 중·저준위 방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설 등을 동일부지에 건설하고 수송의 용이성을 위해 구릉성 산지를 포함한 임해내륙지역에 확보한다는 것이었다. 그러나 국민들의 인식부족으로 방사성폐기물 종합관리시설의 부지를 공개적으로 조사하기가 곤란한 것이 현실이었다.

이에 따라 중·저준위 방사성폐기물 처분시설은 인간 생활권으로부터 영구처분이 가능한 무인도 또는 대륙붕에 건설하고 사용후핵연료 중간저장시설은 한국원자력연구소(현 한국원자력연구원) 제2연구소 설립계획으로 개념을 변경해 추진하는 방안이 검토되었다.

1989년 말부터 과학기술처(현 교육과학기술부)는 충남 태안군 안면도에 원자력 제2연구소 설치를 추진했다. 주요내용은 총 150만평의 토지를 매입하여 우선 한국원자력연구소 분소를 설치하고, 방사성폐기물관리시설은 후에 대륙붕 또는 도서에 설치키로 했다. 1990년 9월 6일 제226차 원자력위원회에서는 충남 안면도를 원자력 제2연구소 부지로 결정하고 1991년 5월까지 원자력위원회 의결을 거쳐 최종 확정한다는 내용을 의결했다.

그러나 11월 9일 이와 같은 가칭 '서해연구단지 개발계획'이 모 일간지를 통해 알려지자 안면도 주민들을 중심으로 극심한 반대운동이 전개됐고, 환경단체의 반대운동도 조직적으로 전개됐다.

안면도 부지선정 사업은 주민과의 사전 협의 없이 비공개로 진행한 결과 '안면도 사태'라는 국민들에게 커다란 충격을 안겨준 대규모 시위 상황을 초래하였고, 국민들에게 '방사성폐기물처분시설'의 부정적인 이미지를 깊이 심어주는 계기가 됨으로써 이후 방사성폐기물사업 추진에 많은 어려움을 야기하게 되었다.

또한 안면도 사태로 인해 방사성폐기물에 대한 국민들의 인식은 더욱 부정적으로 굳어졌으며, 정부가 추진하는 국책사업도 지역주민의 합의가 없으면 백지화 될 수 있다는 전례를 남기게 되었다.

결국 과학기술처장관은 '주민들의 오해가 풀리지 않는 한 어떠한 원

자력시설도 안면도에 추진하지 않겠다.'는 입장을 밝히고 1991년 6월 7일 제227차 원자력위원회에서 안면도 원자력 제2연구소 추진계획을 공식적으로 철회하였다.

3. 3차 추진 (부지공모에 의한 후보부지 도출, 1991~1993)

정부는 안면도 사태를 겪으면서 부지 선정과 관련하여 과거 동해안의 경우와 같은 기술적 측면의 적합성 검토와 안면도와 같은 정책적인 방법 모두 우리나라의 실정에 비추어 볼 때 오히려 역효과를 초래할 수 있다는 사실을 인식하게 됐다.

이에 따라 부지확보 절차는 기술적 측면의 기본검토 결과를 바탕으로 선정된 지역에 대해 국민이해 차원의 지역협의의 과정을 반드시 거치는 방법을 선택하게 되었다. 즉 사업요건을 고려한 '다수대상지역 도출→협의대상 지역선정 및 지역협의→지역협력협정 체결'을 거쳐 부지를 선정한다는 기본방향을 설정했다.

정부의 이 같은 기본방침에 따라 한국원자력연구소는 인문·사회·기술적 측면에서 국내 현실에 적합한 부지확보 절차와 지역협력방안 수립, 다수 후보지역 도출을 위한 작업에 착수했으며, 객관성을 확보하기 위해 대학연구소에 연구용역을 의뢰했다. 이와 함께 도서 및 폐광의 현황을 조사하여 방사성폐기물처분시설 부지로서의 활용 가능성을 분석하기 위해 한국자원연구소에 용역을 의뢰했다.

1991년 4월 한국원자력연구소는 기술적인 접근과 함께 국민이해를 바탕으로 사회과학적인 접근방안을 모색하기 위해 '서울대 인구·발전문제

연구소'를 중심으로 '방사성폐기물 부지확보 및 지역협력 방안연구' 용역을 의뢰하여 전국 임해지역을 대상으로 강원도 고성·양양, 경북 울진·영일, 전남 장흥, 충남 태안 등 6개의 최적 후보지역을 도출했다.

한국자원연구소의 도서·폐광현황 및 활용성 연구용역의 목적은 전국의 도서와 폐광지역 중 방사성폐기물 관리부지로서의 활용 가능성이 있는 곳을 찾는 것으로 연구수행 절차를 통해 제 3단계를 거쳐 활용성을 분석하였다.

활용성 분석은 210개의 도서와 90개의 폐광지역에 대한 기존 자료조사와 현지조사를 통해 수집된 인문·사회·자연환경 현황자료를 토대로 단계별로 부적합 지역을 제외시키는 방식으로 수행되었다.

그 결과 1단계에서는 121개의 도서와 82개의 폐광이 부적합한 것으로 분석되었고, 2단계 검토에서 5개의 도서만이 남게 되었으나 3단계에서 이 도서들도 용수확보 등의 어려움으로 적합하지 않은 것으로 분석되었다.

이와 별도로 과학기술처와 한국원자력연구소는 원자력의 이용과 방사성폐기물에 대한 국민의 이해 증진에 전력을 다한다는 목표를 세우고 방사성폐기물 부지확보 사업을 공개주의 원칙하에 지역개발 사업과 연계해서 자율신청을 권유하기로 방침을 정하고 전국을 대상으로 부지공모를 시행하기로 결정했다.

전국을 대상으로 부지공모를 시행하여 자율신청을 한 44개 지역 중 부적격 지역을 제외한 11개 지역을 후보부지로 도출했고, 부지면적과 정지가능 면적이 충분하고 용수확보가 가능한 7개 후보부지 지역을 최종 도출했다.

그러나 이들 후보부지 중 충남 1개 지역이 안면도며 서울대 용역조사에서도 안면도가 후보부지로 추천됐다는 사실이 알려지자 안면도는 또다시 소요에 휩싸였다.

결국 1993년 3월 9일 정부는 '지역주민이 90% 이상 찬성하지 않으면 추진하지 않겠다'고 안면도 재추진 철회를 발표했다.

서울대 용역 최종 후보부지 6곳 가운데 하나인 경북 영일군 청하면에서도 안면도처럼 반원전단체들의 선동과 지역주민의 반대활동이 극렬하게 일어났다. 청하면의 반대활동은 1994년 굴업도를 방사성폐기물관리시설 지구로 공식 발표하고서야 중단됐다.

4. 4차 추진 (방촉법의 시행, 1993~1994)

안면도에 이어 청하지역을 추진하던 정부는 3차 추진까지 실패하자 1993년 방사성폐기물 부지선정을 민주적인 절차, 지역개발사업과의 연계, 주민합의라는 3가지 원칙 아래 추진하겠다고 발표했다.

1993년 6월 부지확보 사전 주민협의 절차 및 시설지역에 대한 대폭적인 지원을 내용으로 하는 '방사성폐기물관리사업의 촉진 및 시설주변지역의 지원에 관한 법률(이하 방촉법)'을 입법 예고하여 1994년 1월 5일 제정·공포했다.

방촉법이 입법 예고되자 기대감으로 1993년 11월 경남 양산군 장안읍 미래개척운동협의회 공동의장을 비롯한 일부 찬성 주민들이 장안지역에 대한 입지추진 타당성을 과기처와 한국원자력연구소에 질의하였다.

예비부지조사 결과 입지에 문제가 없는 것으로 나오자 1994년 3월 장안의 일부 지역인사들이 중심이 되어 '장안읍발전추진위원회'를 결성하여 본격적으로 유치운동을 벌였고, 한국원자력연구소도 장안읍에 입지추진 대책반을 상주시켜 홍보활동을 펼치는 등 유치추진 활동은 빠른 속도로 진행되어 갔다.

그러나 방사성폐기물관리시설의 유치 움직임이 일어나면서 '핵폐기물 영구저장고 유치반대 장안읍 투쟁위원회'라는 반대조직이 형성되었다. 이들은 유치계획이 중단되지 않을 경우 반핵단체와 연계하여 강력한 반대활동을 벌이겠다고 경고했다.

결국 반대측의 극심한 반대활동은 등교거부, 국도봉쇄, 원자력발전소 출입 봉쇄 등의 형태로 계속되자 정부는 1994년 5월 장안읍에 대한 입지추진을 포기하였다.

1차 사업추진 때 후보부지였던 울진군은 반대가 심했지만 1994년 5월 경북 울진군 기성면에서 지역주민 57%의 유치찬성을 서명 받아 과기처에 방사성폐기물관리시설 유치신청서를 제출했다. 이는 정부가 장안읍 입지추진 포기선언 일주일 후 5월 22일 신문에 보도됐다.

그러나 기성면 인근지역 주민들과 반원전단체들의 극렬한 반대로 정부는 공식 포기선언을 하였다.

5. 5차 추진 (굴업도, 1994~1995)

정부는 방촉법이 시행되어 부지공모에 대한 기대감이 커졌지만 울진과 장안지역에서 또다시 실패하자 보다 전문적이고 실질적인 추진

체계의 필요성이 제기되었다. 이에 '방사성폐기물관리사업추진위원회(위원장 국무총리)'라는 범 정부조직을 신설하여 사업추진 주체를 과학기술처에서 이관하였다.

이 추진위원회는 위원장인 국무총리 이하 경제기획원 장관, 내무부 장관, 법무부 장관, 상공자원부 장관, 과기처 장관 등 9명의 관계부처 장관과 임명직 5인 등 15인 이내의 위원으로 구성된 범부처적 부지확보 관련 위원회로, 1994년 11월 15일 추진위원회가 위탁하는 업무를 수행하는 '방사성폐기물관리사업기획단'이 구성되었다.

한편 한국원자력연구소는 방사성폐기물관리시설과 연구시설을 분리하여 건설하는 방안까지 고려하여 전국의 임해지역, 폐광지역 및 도서지역을 대상으로 후보부지 선정을 다시 시작하게 됐다.

이에 따라 1991년 서울대 용역결과에 따라 동일부지 개념을 전제로 도출된 6개 임해지역(경북 울진군, 경북 영일군, 강원 양양군, 강원 고성군, 전남 장흥군, 충남 태안군)과 분리부지 개념을 적용하여 새롭게 선정한 3개 도서지역(경기도 굴업도, 충남 삽시도, 전북 비안도), 그리고 지역주민 대표들이 연명으로 유치 신청했던 경남 양산군 장안읍 등 총 10개 지역을 후보지역으로 선정하고 1994년 11월 정부에 보고했다.

이 10개 지역은 어느 지역을 최종 후보지로 확정하더라도 기술적인 측면에서는 원자력법 등 관계 법령이 요구하는 기술적인 조건들을 만족시키는 것으로 판단되었다. 이 중 외국의 사례와 국민 정서, 지역개발 효과, 인구 밀집지역, 지역의회의 의견 등을 참고하여 1994년 12월 22일 '방사성폐기물관리사업추진위원회(위원장 국무총리)'와 '원자력

위원회(위원장 경제기획원장관)'의 심의를 거쳐 단일후보지역으로 서해지역 옹진군 덕적면 굴업도를 최종 대상지역으로 선정했다.

한국원자력연구소는 1995년 2월 27일 굴업도가 방사성폐기물관리시설지구로 지정·고시되자 1995년 5월부터 굴업도와 그 주변지역에 대한 부지 특성조사 및 환경영향평가에 착수하였다. 부지특성조사를 전담한 한국자원연구소는 굴업도를 중심으로 반경 3㎞ 해역에 대한 해양지구 물리탐사를 진행하던 중 굴업도 인근 해저에서 활성단층이 존재하는 것을 발견했다.

이에 한국원자력연구소는 한국자원연구소의 추가조사 및 정밀분석 작업과 병행하여 국내외 전문가로 지질자문위원회 및 시설입지 검토위원회를 구성하여 활성단층 조사 및 분석내용의 객관적인 검증과 원자력법령에 의한 기술기준의 충족여부, 공학적 처리를 통한 안전성 확보 가능성 등을 종합적으로 검토하게 되었다.

결국 활성단층이 확인됨에 따라 과학기술처 장관은 1995년 2월 담화문을 통해 굴업도가 방사성폐기물관리시설 부지로 부적합한 것으로 판명되어 적법한 절차에 따라 시설지구의 지정을 해제할 것을 밝히고, 사업추진 과정에서 찬반주민의 갈등치유와 주민화합에 도움이 될 수 있는 일은 최대한 돕겠다고 하였다.

1995년 12월 15일 원자력위원회의 의결을 거쳐 굴업도에 대한 「방사성폐기물관리시설지구」지정을 해제했다. 비록 굴업도는 활성단층 발견으로 사업을 추진할 수 없었지만 방사성폐기물 부지선정사업을 시작한 이래 최초로 방사성폐기물관리시설지구로 지정·고시된 곳이다.

6. 6차 추진(사업이관 및 자율유치 공모방식 도입, 1997.1~ 2001.6)

활성단층 발견으로 굴업도에 대한 시설지구지정이 해제됨에 따라 1996년 1월 11일 국가과학기술자문회의에서 대통령은 원자력사업의 효율적 추진방안으로 한국원자력연구소가 수행하고 있는 방사성폐기물 관리사업을 사업추진 경험이 풍부한 한전으로 이관하는 방안을 검토하도록 지시했다.

이에 따라 1996년 6월 25일 제245차 원자력위원회의 심의·의결을 거쳐 1997년 1월 1일부로 방사성폐기물관리사업 추진체계가 조정됐다. 한국원자력연구소에서 수행했던 방사성폐기물 관리사업은 전기사업법에 의한 통상산업부(현 산업통상자원부) 주관 하에 한국전력(이하 한전)이 사업을 수행토록 하고 연구원내 업무 및 인력을 한전에 이관하기로 했다.

사용후 핵연료에 대한 연구개발 업무는 원자력연구소에서 계속 수행하며 방사성폐기물관리기금은 폐지토록 했다. 그리고 한전이 한국원자력연구소에 출연금 형식으로 매년 지원하던 원자력연구개발비를 중장기적으로 안정적 확보를 위하여 과학기술처 관리 하에 「원자력연구개발기금」을 신설하여 운영하고, 기금은 한전 출연금 등으로 충당하되 원자력 발전량(㎾h)당 일정금액으로 출연하도록 법제화하였다.

사업주체가 바뀐 후 한전은 1997년 4월부터 9개월간 정책연구를 수행했다. 연구내용은 방사성폐기물 발생전망과 관리방향, 중·저준위방사성폐기물 및 사용후핵연료 관리, 부지확보, 국민이해 및 지역협력, 방사성폐기물관리기술로 구분하고, 국내외의 관리동향을 파악하여 정

책방향 및 기술현황 등을 조사·분석하였다.

이후 1997년 6월 13일 원자력진흥종합계획이 수립되어 제 247차 원자력위원회에서 의결되었고, 이 계획에는 방사성폐기물관리 기본 방향을 제시하였다.

이러한 연구결과를 바탕으로 정부는 1998년 9월 30일 제249차 원자력위원회에서 국가 방사성폐기물관리대책을 의결했다. 주요내용은 2008년까지 중·저준위 방사성폐기물처분시설을 건설하고 2016년까지 사용후핵연료 중간저장시설을 건설하기 위해 약 60만평 규모의 부지를 유치공모 또는 사업자주도 방식으로 적기 확보한다는 내용이다. 또한 종합관리시설 건설에 있어 부지선정 전까지 처분시설 개념 및 방사성폐기물 관리체계를 정립하고 사용후핵연료 중간저장시설 준공시까지 원자력발전소 부지 내 자체 저장시설을 확충하여 관리한다는 세부방침도 확정했다.

우선 정부는 방사성폐기물 관리사업을 유치공모 방식으로 추진하기로 했다. 지역주민과의 합의과정이 없는 사업자 선정방식으로는 성공이 불가능하다고 판단하여 지역주민의 자율적인 의사를 존중하는 투명하고 공개적인 방식으로 사업추진을 결정하였다. 또 유치 희망 지자체가 없거나 적격 후보지가 없을 경우 지자체와 협의하여 사업자가 적격 후보지를 선정하기로 했다.

이에 정부와 한전은 2000년 6월 27일 방사성폐기물관리시설 부지 유치 공모를 발표했다. 유치신청은 기초지방자치단체장이 기초지방의회의 동의를 받아 신청하고 부지 규모는 약 198만㎡(약 60만평)로 약 79만㎡(약 24만평) 정도의 정지면적 조성이 가능한 임해지역이어야

하며, 과학기술부 고시에 규정된 자연 환경, 인문·사회적인 제요건 등 관련 법령상의 부지위치기준에 부합된 지역으로 하였다. 유치공모기간은 2000년 7월부터 2001년 2월 말까지며, 응모부지에 대해서는 투명하고 공정한 부지적합성조사 절차를 거쳐 최종 후보 부지를 결정키로 했다.

또한 최종 선정지역에는 '발전소주변지역지원에 관한 법률'에 따라 지역지원사업을 시행하게 되며, 건설기간 및 운영기간을 통해 약 2,127억원을 지원하기로 했다.

당초보다 부지 유치공모를 4개월 더 연장하여 2001년 6월 30일 방사성폐기물관리시설 유치공모 마감결과 영광, 강진, 진도, 고창, 보령, 완도, 울진 등 7개 지역이 유치청원을 했다. 그러나 이후 완도는 청원을 자진 철회하였고 다른 지역은 지방의회 및 지자체장이 주민청원을 기각함으로써 자율유치에 실패했다.

그러나 자율유치공모로 인해 방사성폐기물 부지에 대한 지역주민의 부정적인 인식이 크게 호전되는 등 사업이해 저변확대와 중앙언론의 사실에 근거한 긍정적 보도로 방사성폐기물관리시설의 필요성에 대한 국민적 공감대는 확산되었고, 환경단체의 반대 명분을 상대적으로 약화시키는 결과를 가져오는 계기가 되었다.

반면 찬반주민간의 갈등, 민-민 갈등으로 지역사회를 분열시킨다는 여론과 함께 국가사업 수행 책임을 지자체로 전가한다는 부정적인 의견도 제기되었다.

이로써 부지선정 방식은 자율유치공모 방식에서 사업자 주도 방식으로 전환하여 추진하게 되었다.

7. 7차 추진 (한국수력원자력(주)의 사업추진 및 사업자 주도방식 전환, 2001.12 ~ 2003.6)

2001년 4월 1일 방사성폐기물관리사업의 주체였던 한전이 전력산업구조개편에 따라 6개 발전회사 및 전력거래소로 분리되면서 원자력발전사업자인 한국수력원자력(주)[이하 한수원(주)]이 방사성폐기물관리사업을 승계했다.

한수원(주)은 유치공모 방식이 실패하자 2001년 8월 6일 '사업자 주도 방식의 부지확보 방안'을 수립하고 방사성폐기물관리시설 후보부지 도출을 위한 용역을 전문기관과 체결했다. 그리하여 2001년 12월부터 2002년 12월까지 임해지역 47개 시·군, 244개 읍·면을 대상으로 단계별 검토 과정을 통해 최종 후보부지로 경북 울진군 근남면 산포리, 경북 영덕군 남정면 우곡리, 전남 영광군 홍농읍 성산리, 전북 고창군 해리면 광승리 등 4개 지역이 도출되었다.

2003년 2월 4일 제252차 원자력위원회는 원자력발전소의 지리적 분포 등을 감안할 때 복수의 방사성폐기물관리시설을 운영하는 것이 바람직하다고 판단하고 제249차 원자력위원회('98.9.30)에서 결정한 방사성폐기물관리대책을 일부 변경했다.

주요 내용을 보면 방사성폐기물관리시설 부지는 동·서해안에 각각 1개소로 선정하되 전문기관의 용역을 통해 도출된 후보부지를 대상으로 향후 1년간 지질 조사와 환경성 검토, 그리고 적극적인 지역협의를 거쳐 「부지선정위원회」에서 최적격 부지를 선정하고, 최종 「원자력위원회」의 심의·의결을 거쳐 선정키로 했다.

2003년 2월 5일 산업자원부(현 산업통상자원부)장관은 관계부처 장

관과의 공동담화문을 통해 방사성폐기물관리시설 4개 후보지역을 발표하고 향후 확정될 최종부지 지역에는 관련법에 따라 약 3,000억원 규모의 지역지원금은 물론 범정부적 차원에서 주민들이 희망하는 각종 국가사업을 다른 지역보다 우선적으로 지원해 나갈 것과 관광개발 및 지역특화사업 등을 지원할 것을 약속했다.

그럼에도 후보 지역에서 반대활동이 전개되자 정부는 양성자기반공학기술개발사업을 연계하여 추진하기로 방침을 정했다. 2003년 5월 1일 과학기술부와 산업자원부는 중앙일간지를 통해 「방사성폐기물 관리시설 부지확보 사업과 양성자기반공학기술개발사업 연계추진」공고문을 발표했다.

이는 용역을 통해 도출되었던 4개 지역의 지방자치단체가 유치신청 할 경우 우선권을 부여키로 한다는 내용과 4개 후보지 이외 지역에서 유치신청 할 경우 후보부지 도출 용역보고서 상의 도출단계에 따라 우선순위를 부여하되, 동일 단계 내의 복수 지역이 경합하는 경우에는 부지선정위원회에서 보고서상의 순위와 부지조사 결과 등을 감안하여 선정키로 하였다.

그러나 반대단체의 강한 반발로 울진·영덕·영광·고창 4개 후보지역의 부지조사는 시추조사 조차 실시하지 못했다.

8. 8차 추진 (전북 부안군 단독 유치신청, 2003.7.~2003.12.)

정부는 2003년 6월 4일 서울에서 지방자치단체장 및 지방의회 대표들을 대상으로 설명회 성격의 정책협의회를 개최하였는데 전북도 및 군

산시, 부안군, 장흥군 등 여러 지방자치단체에서 깊은 관심을 보였다.

2003년 6월 27일 정부는 부지선정 변경 공고안을 발표했다. 기존 4개 후보지역 이외의 지역이라도 부지조사를 완료하여 부지 적합성을 확인하고 2003년 7월 15일까지 유치신청을 할 경우 울진·영덕·영광·고창 등 4개 후보부지와 동일한 우선권을 인정키로 했다. 이는 사업자 주도 방식을 접고 완전한 자율유치 공모방식으로의 전환을 의미했다. 부지선정 절차도 1개 지역 지방자치단체만 신청한 경우 부지조사 결과 적합 판정 시 최우선적으로 최종 부지로 선정한다는 내용이었다.

이렇듯 부지선정 절차 변경으로 군산·장흥·삼척·부안 등에서 관심을 보였으나 군산은 해양물리탐사 과정에서 활성단층 징후가 발견되었고 장흥, 삼척에서는 지방자치단체의 미온적인 자세로 유치 신청은 무산되었다.

한편, 2003년 6월 5일 위도주민 10여명은 주민 80% 이상 서명을 받아 전북도와 도의회를 방문하여 방사성폐기물관리시설 유치 신청서를 발표하고 도의 지원을 요구했다. 그러나 부안군의회에서는 이를 부결시켰다. 하지만, 지역발전을 염원하는 찬성세력의 의견을 받아들여 당시 부안군수와 부안군의회 의장은 2003년 7월 14일 산업자원부를 방문하여 '부안군 위도면 치도리 일대'에 방사성폐기물 관리시설을 유치하겠다는 유치신청서와 양성자기반공학기술개발사업 유치신청서를 제출했다. 이로써 2003년 5월 1일 양성자기반공학기술개발사업 연계추진과 4개 후보지를 중심으로 한 정부의 유치공모는 전북 부안의 단독 유치신청으로 마무리되었다.

이에 따라 「방사성폐기물관리시설부지선정위원회」는 7월 15일 1차

회의를 시작으로 총 6차례 회의를 개최하고 위도지역 현장답사와 부지 환경조건, 사업추진여건 등에 대한 종합평가를 거쳐 7월 24일 부안군 위도를 방사성폐기물 관리시설 최종후보부지로 선정 발표했다.

그러나 부안에서는 군의회의 부결에도 불구하고 군수 단독의 유치신청으로 방폐장 건설사업이 추진되자 대대적인 반대활동이 전개됐다. 환경단체, 농민회, 종교단체 및 핵폐기장 백지화 범부안군민대책위 주도의 지속적인 대규모 촛불시위와 격포항 해상시위, 부안~전주간 국도 차량시위, 부안군내 초·중·고교 학생 등교거부 등의 격렬한 반대활동을 통하여 방사성폐기물 관리시설 위도유치 백지화를 요구했다. 심지어 내소사에서 부안군수를 폭행하는 불미스런 일까지 발생하였다.

2003년 10월 3일 정부는 국무총리 주재 하에 부안 반대대책위 대표단과의 간담회를 갖고 '방사성폐기물 관리시설 유치 백지화나 전면추진'과 같은 전제조건 없는 대화를 원칙으로 하는 「부안 民·政 대화기구」구성에 합의하고 해결방안을 모색하고자 했다. 이후 「부안지역 현안해결을 위한 공동협의회」가 발족되어 몇 차례 회의를 개최했으나 양측은 입장 차이를 좁히지 못한 채 2003년 말 협상이 사실상 중단됐다.

9. 9차 추진 (주민투표제 도입, 2004)

정부는 부안군 유치신청 이후 부지선정 과정에서 논란의 핵심인 주민의견 수렴과정이 없는 지자체장의 독단신청을 부안 실패원인으로 분석하고, 주민투표 도입과 주민의견 수렴 등 민주적인 절차를 보장한 새로운 사업추진 정책을 수립하게 됐다.

이에 따라 정부는 2003년 12월 10일 「부지선정과정에 주민투표 도입」과 「타 자치단체에 대한 기회부여」 등을 골자로 하는 유치신청 보완방침을 발표했다. 따라서 부안군 외에도 방사성폐기물 관리시설 유치를 희망하는 자치단체는 새로운 절차에 따라 유치신청을 할 수 있으며, 예비신청을 마친 부안군도 타 자치단체와 마찬가지로 새로운 절차에 따라 찬·반 주민간의 자유토론과 주민투표를 통해 유치신청 여부를 최종 결정할 수 있다고 발표했다.

2004년 2월 4일 정부는 방사성폐기물 관리시설 부지 신규유치공모를 공고했다. 주민투표를 거쳐 연말까지 후보 부지를 선정하며 부지조사 단계부터 건설 및 운영까지 제도적으로 주민에 대한 참여를 보장하였다. 신규 유치공모에 따라 유치신청 마감기한인 5월 31일까지 울진·고창·군산·영광·완도·장흥·강화 등 7개 시, 10개 군 지역에서 유치청원을 신청했다.

그러나 방사성폐기물 사업 유치공모 예비신청 마감일인 9월 15일까지 예비신청을 접수한 결과 해당 지자체장이 지역 내 갈등을 우려하여 예비신청을 포기함에 따라 이 또한 무산되고 말았다.

한편 부안반대대책위는 대책위 주관으로 2004년 2월 14일 사적인 주민투표를 실시했다. 위도를 제외한 36개 투표소에서 독자적으로 실시된 주민투표에서 유권자 52,108명중 37,524명이 투표에 참가(투표율 : 72.01%)하여 투표자 91.9%가 방사성폐기물 관리시설 유치를 반대한 것으로 나타났다.

정부는 반대대책위가 일방적으로 실시한 사적인 주민투표에 대해 공적인 주민투표가 아니므로 인정할 수 없다는 입장을 밝혔다. 그리고

찬반세력의 갈등이 심화되는 가운데 부안군도 11월 30일 주민투표 시한을 넘김에 따라 결국 주민투표는 실시되지 못했다.

제3절 중·저준위방폐물처분시설 부지선정

한국원자력환경공단 홍보실장 김용식

1. 방사성폐기물 관리정책 변경

1986년부터 9차례에 걸쳐 추진된 방사성폐기물처분시설 사업추진의 가장 큰 걸림돌은 안전성에 대한 국민들의 이해부족과 시민환경단체의 반대운동이었다. 따라서 정부의 부지선정사업은 민주적 절차 및 투명성 확보에 이어 어떻게 국민이해 증진활동을 펼쳐 수용성을 높이느냐에 초점이 맞춰졌다.

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회는 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 분리하여 추진토록 결정했다. 당시 원자력발전소 내에 저장 중인 중·저준위방사성폐기물은 2008년 말부터 포화가 예상되어 처분시설 건설이 시급한 상황이었다. 또한 영구처분 이외에는 다른 대안이 없으며 중·저준위방사성폐기물 처분장은 이미 세계 여러 나라에서 수십 년 동안 운영돼 시설 안전성에 대해서는 입증된 상황이었다.

사용후핵연료의 경우 상대적으로 포화시점에 여유가 있고 국가정책 방향과 연계되어 있어 중간저장시설 건설 등을 포함하여 충분한 논의를 거쳐 추진하는 것이 바람직하다는 판단 아래 주민수용성, 포화시

점, 사회적 논의 필요성 등을 감안하여 중·저준위방사성폐기물처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 분리하여 추진하기로 결정했다.

우선 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물은 영구처분시설 준공시까지 각 원자력발전소 부지 내에서 저장·관리하고 처분시설이 건설되면 단계적으로 이송하여 영구처분하며 또한 설비개선, 운영 최적화, 감용기술 개발 등을 통해 방사성폐기물 발생량을 최소화하도록 했다.

원자력발전소 이외의 산업체, 연구시설, 의료기관 등에서 발생하는 방사성폐기물은 현재의 시설을 효과적으로 활용하여 저장 관리하되, 처분시설이 건설될 경우 단계적으로 이송하여 영구처분토록 하였다. 한편 연구용원자로의 제염, 해체로 발생되는 중·저준위방사성폐기물은 영구처분시설이 건설될 때까지는 현지에서 자체 저장하여 관리하도록 했다.

중·저준위방사성폐기물 영구처분시설 부지는 2008년까지 관련시설의 준공을 위해 적기에 확보될 수 있도록 추진하며, 단수 또는 복수로 선정하되 부지 규모는 입지 여건 및 처분방식에 따라 결정토록 하였다. 그리고 영구처분시설 부지에는 중·저준위방사성폐기물 관련 연구시설 등을 함께 수용토록 했다.

부지유치는 유치공모 또는 지정방식 또는 두 가지 방식을 병행하여 추진하는 방안을 검토하고 주민투표를 통해 지역주민의 민주적이고 자율적인 결정을 존중하는 절차로 추진하며, 설명회 및 토론회 등 주민의견을 충분히 수렴할 수 있는 방안을 강구토록 했다. 또한 부지선정 계획, 부지조사 결과, 부지선정 과정 및 영구처분시설 건설계획 등을 공개토록 하였다.

아울러 중·저준위방사성폐기물처분시설 유치지역의 발전과 지역주민의 복리증진을 위한 지원방안을 마련하며 주민고용 등 사업자가 이행할 수 있는 간접지원방안도 병행하여 검토, 추진토록 하였다.

그리고 유치지역에 대한 효율적인 지원을 위해 '유치지역 지원 등에 관한 특별법' 제정을 추진토록 하고 유치지역에 대한 지원사업을 효율적으로 추진하기 위해 범정부적인 지원체제를 마련하여 운영토록 하며, 시설의 안전성에 대하여 주민들이 확인할 수 있도록 민간환경감시기구를 운영하고 주민 건강진단 및 역학조사를 정기적으로 실시토록 하였다.

사용후 핵연료 관리는 원자력발전소 부지 내 임시저장고의 저장공간을 확충하여 2016년까지 각 원자력발전소 부지 내에서 관리함을 원칙으로 하고 원자력발전소별로 조밀저장대 설치, 호기간 이동, 건식저장소 추가 설치 등으로 임시저장 공간을 확충하고, 사용후핵연료의 처리, 처분과 관련한 연구개발을 지속적으로 추진토록 했다.

이와 함께 중간저장시설 건설 등을 포함하여 사용후핵연료에 대한 종합적인 관리 방침을 국가정책 방향, 국내·외 기술개발 추이 등을 고려하여 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에 공론화를 거쳐서 추진하되, 원자력발전소 부지내의 임시저장시설이 2016년부터 포화되는 점을 감안하여 적기에 추진방침을 결정토록 했다.

2. 유치지역지원 특별법 제정

2004년 4월 22일 '국정현안정책조정회의'에서 '방사성폐기물 관리시설 유치지역지원 등에 관한 특별법' 제정방침을 확정하고 관계부처

의 협의를 통해 7월 13일 입법예고했다. 그러나 부지선정 절차가 지자체장들의 예비신청 포기로 무산됨에 따라 정부는 중·저준위방사성폐기물과 사용후핵연료를 분리하여 추진하는 것을 골자로 하는 신규대책을 확정하였다. 아울러 유치지역 지원내용과 주민투표 실시 등을 포함한 특별법을 절차공고 전에 제정키로 결정하고 특별법 명칭도 '중·저준위방사성폐기물처분시설 유치지역지원에 관한 특별법'으로 변경하였다.

이 특별법은 2005년 3월 2일 제253차 임시국회 의결을 거쳐 2005년 3월 31일 법률 제7444호로 공포됐다. '유치지역지원 특별법(안)'은 기존의 '발전소주변지역 지원에 관한 법률' 중 지역지원 관련 내용들을 흡수하되 지원대상 범위를 유치지역 전체주민으로 확대하고 지원계획 수립 시 지역이 요구하는 사항을 최대한 반영토록 하는 등 유치지역 주민들의 생활 향상과 소득증대를 위한 실질적인 지원책 마련에 중점을 두었다.

유치지역 지원대상 지역을 현행 '발전소주변지역 지원에 관한 법률'상 시설이 설치될 지점으로부터 반경 5km 이내로 규정되어 있는 기존 거리개념에서 시·군·구 단위 행정구역으로 변경하여 시설을 유치하는 지역의 모든 주민들이 지원 혜택을 받을 수 있도록 했다.

지역 발전을 위한 장기적인 재원 확보 차원에서 '반입수수료' 규정을 신설하여 방사성폐기물관리시설 사업자는 방사성폐기물 배출사업자에게 방사성폐기물 양에 연동하여 반입수수료를 징수하고, 그 중에서 대통령령이 정한 일정금액을 매년 유치지역 지원 용도로 지방자치단체에 납부하며, 나머지 금액은 사업자가 전기요금 보조, 육영사업 등

독자적인 주민지원 사업에 활용하도록 규정했다.

유치지역이 정해지면 사업자는 3천억원의 유치지역 특별지원금을 유치지역에 제공하고 유치지역 지방자치단체 장은 특별지원금을 지역개발, 관광 진흥, 농수산물 판로지원, 지역주민의 소득증대·생활안정·복리증진 등에 사용하도록 규정했다.

또한 특별지원금과 반입수수료로 조성된 지역지원사업 재원을 유치지역 지방자치단체가 독립적으로 운용할 수 있도록 '지원사업특별회계'를 설치하여 운용할 수 있는 근거규정도 마련했다.

국·공유재산의 대부, 국고보조금의 인상 지원, 지역 업체와의 의무공동도급계약, 지역주민 우선고용 등 지역개발 촉진을 위한 다양한 특례규정도 도입하였다. 관리시설 설치지역 내의 토지·건물 또는 광업권·어업권 등의 권리가 침해될 경우 이를 적정기준에 따라 보상하는 한편, 관리시설 설치로 인하여 이주하게 되는 주민을 위하여 이주대책을 수립하여 실시토록 했다.

그리고 지역지원사업의 심의·의결을 위해 '유치지역지원위원회'와 '유치지역지원실무위원회'를 설치·운영하는 등 범정부적 지원체계를 구축토록 하였다.

한편 특별법 제 7조에서 주민투표를 유치지역 선정의 필수절차로 규정하는 한편, 부지선정 과정을 공개적이고 투명하게 진행하도록 하였다.

정부는 주민투표절차 개시 전 특별법 시행령 제정을 완료하기로 방침을 정하여 주민투표 실시요구가 있기 하루 전인 2005년 9월 14일 대통령령 제19047호로 공포하였다.

3. 부지선정위원회 구성 운영

과거와 확연히 달라진 정책의 도입에도 불구하고 그간 수차례의 사업추진 과정에서 훼손된 정부정책에 대한 신뢰성을 회복하는 일은 또 하나의 중요한 과제가 되었다.

이에 따라 정부정책에 대한 투명성과 객관성을 확보하기 위하여 중립적인 입장에서 정부의 부지 선정 과정을 관리해 나갈 민간전문기구 설치의 필요성이 제기되었다.

산업통상자원부 장관은 유치지역 선정계획, 부지조사결과, 선정과정 등을 공개적이고 투명하게 진행하도록 한 「중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역 지원에 관한 특별법」 제7조 제2항에 따라 「중·저준위방사성폐기물처분시설 부지선정위원회」를 구성하고, 동법 시행령 제18조에 부지선정위원회의 설치근거 및 기능, 위원회 구성 등에 관한 사항을 구체적으로 명시하였다.

2005년 3월 11일 정부는 인문·사회분야, 과학·기술 분야, 법조계, 언론, 시민단체의 명망 있는 16인의 인사를 위원으로 하는 「중·저준위방사성폐기물처분시설 부지선정위원회」를 구성했다.

부지선정위원회는 산업자원부 장관의 자문기구로서 공정하고 객관적인 부지선정기준 및 적합성 평가기준을 수립하여 부지선정 절차 전반을 투명하고 효율적으로 관리함을 목적으로 했다.

부지선정위원회는 유치지역 선정계획 및 절차에 관한 사항, 부지조사 결과의 평가에 관한 사항, 기타 부지선정에 관하여 산업자원부장관이 필요하다고 인정하는 사항에 대하여 심의하도록 하였고, 효율적인

업무 추진을 위하여 ①부지적합성소위원회, ②부지선정기준소위원회, ③여론조사소위원회, ④대외협력소위원회 등 4개의 소위원회를 두었으며, 부지적합성소위원회와 여론조사소위원회에는 각각 지질, 환경, 토목 분야의 학계 전문가 5명과 언론, 통계학, 사회학의 학계 전문가 3명을 전문위원으로 위촉하여 위원회 활동의 전문성을 제고하였다.

부지적합성소위원회는 현장조사를 병행하며 부지 안전성 및 사업추진여건 평가, 부지선정기준소위원회는 부지선정기준과 절차 마련, 여론조사소위원회는 여론조사 대상지역 선정 및 여론조사기관, 여론조사시기 검토, 대외협력소위원회는 위원회 홈페이지 제작, 자체활동내용 대언론 브리핑 등 대외홍보 등 소위원회 별로 업무를 할당하여 전문성, 신뢰성을 제고하였다.

부지선정기준은 부지안전성, 사업추진여건, 주민수용성(주민투표) 등 크게 3가지로 구분하여 평가하는 틀을 마련하였다.

위원회는 객관적이고 투명한 시스템에 의해 부지가 선정되도록 부지안전성과 사업추진여건 등 부지적합성을 평가하여 제척기준에 해당되지 않고 일정수준 이상의 평가기준을 만족시키면 주민투표를 통해 가장 높은 찬성률을 얻은 지역을 후보부지로 선정하도록 하는 단계별 부지선정기준을 도출하였다.

부지선정위원회는 유치관심 지방자치단체를 대상으로 사전부지조사 수행 방침을 밝히고 특별시, 광역시, 도청소재지, 경기도 및 순수도서지역, 제주도, 울릉도 등 원거리 도서 지역 등을 제외한 전국 총 122개 지자체에 부지선정절차가 공고되기 이전 부지조사 협조요청 안내

문을 발송했다.

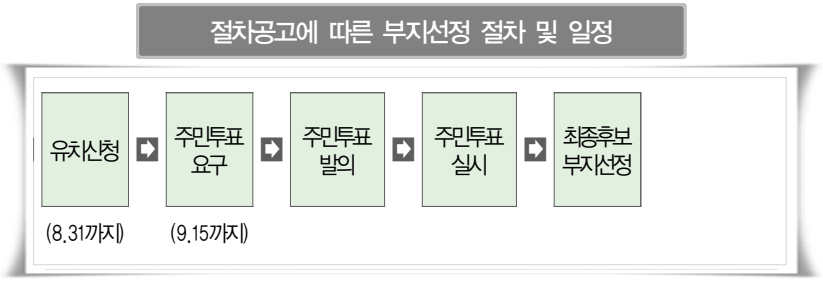
2005년 4월 8일 군산을 시작으로 사전 부지조사에 관심을 보인 경주, 울진, 영덕, 포항, 삼척 등 6개 지역 지방자치단체의 협조를 얻어 이들 지역 9개 부지에 대하여 사전부지조사 및 부지적합성조사를 수행하였다. 부지적합성(부지안전성+사업추진여건)을 확인하기 위하여 부지적합성소위원회를 중심으로 수차례에 걸쳐 이들 부지에 대한 현장조사를 실시하였으며, 조사과정에서 일부지역에서 반대단체 및 지역주민들의 시추조사 반대가 있었으나 큰 물리적 충돌 없이 진행되었다.

2005년 8월 말 경주, 군산, 영덕, 포항 등 4개 지자체의 유치신청 후 부지적합성소위원회는 4개 지역에 대한 부지적합성 최종 평가를 수행하였다. 부지선정위원회는 4개 지방자치단체 및 대상부지를 모두 방문하여 사업추진 여건 등에 대한 현장실사를 수행하였고, 그간 부지적합성소위원회의 평가결과를 근거로 부지안전성에 대한 최종검토를 수행한 결과 4개 유치신청지역 모두 부지안전성에 제척사유가 없는 것으로 확인되었다.

즉, 지질·지하수·자연환경·부지환경 등이 양호하여 권고기준에도 전반적으로 부합하는 것으로 평가되었고, 수송 용이성, 자연 및 사회환경, 부지 조건 등 사업 추진을 위한 제반여건이 전반적으로 양호한 것으로 평가되었으며 이러한 부지적합성 평가결과는 2005년 9월 15일 기자회견을 통해 발표되었다.

4. 부지 선정

정부는 2005년 6월 10일 국정현안정책조정위원회의를 통해 부지선정 절차와 진행일정을 최종 확정하고 2005년 6월 16일 산업자원부 장관은 다음과 같은 요지의 '중·저준위방사성폐기물처분시설 부지선정 등에 관한 공고'를 발표하였다.



① 지방자치단체의 장이 지방의회의 동의를 얻어 산업자원부 장관에게 유치신청

※ 신청지역이 2곳 이하일 경우 경쟁구도 조성을 위해 부지선정위원회가 여론조사를 통해 주민투표 대상지역 추가 선정 가능

② 주민투표 대상지역에 대하여 부지선정위원회가 부지안전성 및 사업추진 여건 등 부지적합성 종합평가

③ 부지가 적합하다고 평가된 지역에 대해 산업자원부 장관이 주민투표법 제8조에 따른 주민투표 실시 요구

④ 주민투표 실시를 요구받은 지방자치단체의 장은 지방의회 의견수렴을 거쳐 주민투표 발의 여부 결정

⑤ 발의 지역에서 동시에 주민투표 실시

⑥ 투표권자 1/3 이상 투표 및 유효투표수 과반수의 찬성을 획득한 지역 중 찬성률이 가장 높은 지역을 후보부지로 선정

2005년 8월 31일 유치신청 접수마감 결과 경주, 군산, 영덕, 포항 등 4개 지방자치단체에서 의회의 동의를 얻어 산업자원부에 유치신청서를 제출했다. 그간 유치신청에 관심을 보였던 울진과 삼척은 의회의 유치동의안 부결로 인하여 유치가 무산되었고, 부안 역시 부안군의회의 의장 직인 미비 등의 이유로 8월 23일 신청서가 반려된 이후 신청서 필수요건인 군의회의 동의를 확보하지 못해 유치신청서 접수시한을 넘기고 말았다.

〈표 3-22〉 유치신청 현황

지자체	부지 위치	부지평가결과	유치신청
경주시	양북면 봉길리	양 호	'05. 8. 16
군산시	소룡동 비응도	양 호	'05. 8. 29
포항시	죽장면 상옥리	양 호	'05. 8. 29
영덕군	축산면 상원리	양 호	'05. 8. 29

이후 지방자치단체간 치열한 부지유치 활동 과정에서 상호 비방과 부재자 투표에 대한 문제점 제기 등 다소 논란이 있었지만 유치지역에 대한 경제적 지원과 안전성이 보장됨에 따라 당초 투표율이 저조하리라는 예상과 달리 2005년 11월 2일 경주, 군산, 포항, 영덕 등 4개 지역 332개 투표소에서 실시된 주민투표에서 경주시가 89.5%의 가장 높은 찬성률로 중·저준위방사성폐기물처분시설 최종 후보부지로 선정되었다.

〈표 3-23〉 중·저준위방사성폐기물처분시설 유치 주민투표 결과

구 분	경주시	군산시	영덕군	포항시	계
총 선거인수	208,607	196,980	37,536	374,697	817,820
투표인수	147,625	138,192	30,107	178,586	494,510
- 부재자 투표 (신고자)	70,521 (79,599)	65,336 (77,581)	9,523 (10,319)	63,851 (82,637)	209,231 (250,136)
- 기표소 투표	77,115	72,856	20,584	114,735	285,290
투표율(%)	70.8	70.2	80.2	47.7	60.5
찬성률(%)	89.5	84.4	79.3	67.5	-

중·저준위방사성폐기물처분시설 부지선정은 19년간 표류하였던 최장기 국책사업이 최초로 주민투표를 통해 결정됨으로써 풀뿌리 민주주의 실현과 함께 사회적 갈등에 대한 민주적 해결사례의 새로운 모델을 제시하였다.

또한 방사성폐기물을 안전하게 처분할 수 있게 됨으로써 '저탄소 녹색성장'의 핵심에너지원인 원자력발전의 지속가능한 발전의 토대를 마련하였고, 국가 에너지 안보체계 구축을 위한 기틀에 크게 기여하게 되었다.

〈표 3-24〉 방사성폐기물처분시설 추진 역사

차수	추진지역	추진내용
1차 ('86년~'89년)	울진, 영덕, 영일	• 문헌조사를 통해 3개 후보지 도출 ⇒주민소요로 지질조사 중단
2차 ('90년~'91년)	안면도	• 충남 안면도 고남지역 비공개로 조사 ⇒주민소요로 백지화
3차 ('91년~'93년)	안면도(2차), 영일군 청하면 등	• 유치자원지역 공모 및 고성, 장흥 등 6개 후보지 도출 ⇒주민소요로 실패

차수	추진지역	추진내용
4차 ('93년~'94년)	울진군, 장안읍	• 울진 등 3개 유치신청지역에 대한 지역지원사업 제시 ⇒주민 소요로 실패
5차 ('94년~'95년)	굴업도	• 굴업도를 처분장부지로 지정고시 ⇒활성단층이 발견 되어 지정고시 해제
('97년 1월)	사업추진체제변경	• 과학기술부(한국원자력연구소) → 산업자원부(한국전력)
6차 ('00년~'01년)	영광, 고창, 강진, 완도, 진도, 보령, 울진	• 전국 46개 임해지역 지자체 대상으로 유치 공모 ⇒7개 지역에서 유치청원 했으나 신청 지자체 전무
7차 ('02년~'03년)	울진, 영덕, 고창, 영광	• 울진, 영덕, 고창, 영광 등 4개 후보지 도출 ⇒ 자율유치 방식으로 전환
8차 ('03년)	부안, 울진, 영덕, 영광, 고창, 군산, 장흥, 삼척	• 유치공모 통해 전북부안 단독공모 ⇒ 반대주민 소요로 난항
9차 ('04년)	울진, 영광 등 7개 시 군, 10개 지역	• 주민투표제도 도입 및 7개 시·군 10개 지역 유치청원 ⇒ 예비신청 전무
10차 ('05년)	경주, 군산, 영덕, 포항	• 유치지역지원특별법 공포('05.3.31) • 주민투표 실시('05.11.2) 및 경주시 부지선정('05.11.3)

제4절 한국원자력환경공단 설립

한국원자력환경공단 홍보실장 김용식

1. 국가차원의 방사성폐기물관리 전담기관의 설립

2005년 11월 2일 경주 중·저준위 방사성폐기물처분시설 부지선정 이후 국제 기준에 맞는 방사성폐기물 관리체계 구축이 핵심 정책과제

로 대두되었다. 그동안 방사성폐기물관리는 원전사업자이면서 방사성폐기물의 주요 발생자인 한국수력원자력(주)[이하 한수원(주)]이 수행해 왔다.

그러나 방사성폐기물 발생자가 관리사업을 동시에 수행하는 구조는 사업의 객관성 및 투명성에 문제가 있다는 지적이 제기되었다. 국제기준인 IAEA 권고사항도 방사성폐기물의 안전관리를 위해 방사성폐기물 발생자와 처분 관리자를 분리시켜 상호 견제와 균형이 가능한 구조로 만들 것을 권고하고 있고 감사원의 감사결과에서도 △방사성폐기물관리사업은 국가가 직접수행 또는 발전사업자와 독립된 법인이 담당 △방사성폐기물처리재원은 원전사업자, 관리사업자와 별도기관이 기금형태로 관리 △고준위방사성폐기물처분장 부지선정의 공정한 기준·절차를 법제화하도록 요구하였다.

이처럼 국내외적으로 방사성폐기물의 안전한 관리가 적극적으로 요구됨에 따라 기존의 방사성폐기물 관리체계를 개선하기 위해 2008년 3월 28일 방사성폐기물관리공단 및 방사성폐기물관리기금 설치 근거인 「방사성폐기물관리법」이 제정·공포되었다.

방사성폐기물관리법에 따라 그동안 한수원(주)에서 수행하던 방사성폐기물관리 사업을 한국원자력환경공단(舊 한국방사성폐기물관리공단)이 이관 받아 2009년 1월 1일 설립되었다.

산업통상자원부 산하 준정부기관으로 설립된 공단은 정원 270명 규모로 본사에 경영기획본부, 안전사업본부 등 2개 본부와 R&D를 전담하는 기술연구소, 중·저준위방사성폐기물 관리시설인 환경관리센터, 부설기관으로 기금관리센터를 두고 있다. 공단의 초대 이사장으로 민

계홍씨가 취임하였고, 2011년 10월 10일 송명재 2대 이사장이 취임하였고 이종인 3대 이사장이 2014년 1월 6일 취임하였다.

당초 공단은 2014년까지 중·저준위방사성폐기물 관리시설 유치지역인 경주로 이전하기로 하였으나 3년 앞당겨 2011년 3월 28일 경주로 본사를 이전하였다. 이는 2010년 말 방폐물이 반입됨에 따라 방폐장의 안전한 운영과 지역 수용성을 강화하기 위해서다.

공단의 설립으로 국제기준에 부합하는 방사성폐기물 관리체계를 구축하게 되었으며, 독립된 전담기관을 둠으로써 방사성폐기물 관리의 안전성·전문성·투명성이 더욱 향상되어 녹색성장의 주요 에너지원인 원자력에 대한 부정적인 인식을 줄여나가는데 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

〈그림 3-13〉 2011.3.28 공단 본사 경주이전

2. 공단의 역할

한국원자력환경공단은 방사성폐기물 관리 재원인 방사성폐기물관리기금을 정부로부터 위탁받아 운용·관리하며 △방사성폐기물의 운반·저장·처리·처분 △방사성폐기물 관리시설 등의 부지선정·건설·운영·폐쇄 후 관리 △방사성폐기물 관련 연구개발·국제협력·인력양성 △방사성폐기물에 대한 홍보 및 대국민 이해증진 사업 △방사성폐기물 관리시설의 주변지역에 대한 지원 · 협력 △방사성폐기물 관리시설의 주변지역에 대한 환경조사 △방사성폐기물 발생자에 대한 기술 지원 및 정보 제공 △방폐물관리법 또는 다른 법령에 따라 정부로부터 위탁받은 사업을 수행한다.

한국원자력환경공단은 2014년 6월 30일 1단계 중·저준위 방사성폐기물 관리시설의 공사를 완료하고 , 2014년 12월 11일 원자력안전위원회로부터 사용승인을 받았다. 지상지원시설은 조기 완공하여 2010년 12월 24일 울진원전 및 월성원전의 중·저준위방사성폐기물과 노원구 폐아스콘을 반입하여 인수저장건물에 저장하고 있다. 또한 2단계 처분시설 건설을 위한 준비도 차질 없이 추진하고 있다.

한편, 사용후핵연료 관리방안 마련을 위해 추진되는 사용후핵연료 공론화가 객관적이고 중립적으로 원활히 추진될 수 있도록 공론화 활동에 인적·재정적·기술적·행정적 지원을 맡아 사용후핵연료 관리정책을 적기에 도출하도록 지원하고 있다. 이 관리정책에 따라 사용후핵연료 부지확보 및 조사, 중간저장시설 설계, 건설 등 사용후핵연료 관리를 위한 구체적인 사업의 시행을 맡게 된다.

또한 국제적인 수준의 방사성폐기물 관리기술 확보를 위해 방사성폐기물 관련 핵심기술 개발과 처분시설의 주요설비 국산화 및 성능개선, 사용후핵연료 중간저장 및 처분관련 기술개발 등 방사성폐기물 관련 연구개발을 추진하고 있다.

이와 함께 해외 선진 방사성폐기물관리 전담기관과의 기술교류 확대를 통한 선진기술 확보, 국제협력을 통한 국가 위상제고 및 공단의 역할제고를 위해서도 힘쓰고 있다.

특히 방사성폐기물 관리사업의 원활한 추진을 위해서는 국민들의 이해가 무엇보다 중요하기 때문에 안전성과 투명성에 대한 국민의 신뢰 확보를 위해 처분시설 관련 정보를 홈페이지(www.korad.or.kr) 등 온라인을 통해 적극 공개하고 있다.

3. 관리사업자 지원사업

2006년 1월 2일 중·저준위방사성폐기물처분시설 전원개발사업 예정구역이 지정·고시됨으로써 "중·저준위방사성폐기물처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법"에 따라 특별지원금 3,000억원 지급, 양성자가속기사업, 한수원(주) 본사이전, 방사성폐기물 반입수수료 지원 등 4개의 특별지원사업과 55개 유치지역 지원사업이 시행되고 있다.

이 중 방사성폐기물관리사업자인 한국원자력환경공단에서 시행하는 방사성폐기물 반입수수료 지원사업은 200L 1드럼 당 637,500원이 발생하며, 이 중 75%는 관할 지방자치단체인 경주시가 직접 집행하고, 25%는 관리사업자인 공단이 집행하게 된다.

처분용량 80만 드럼을 기준으로 총 지원사업 규모는 5,100억원이 될 것으로 추정된다. 이중 75%(3,825억원)는 지방자치단체인 경주시에서 시행하며, 25%(1,275억원)는 공단이 직접 지역지원사업을 시행하게 된다.

이에 따라 경주시는 특별회계를 설치하여 지역개발·관광진흥·문화시설 확충 및 농수산물 판로지원, 지역주민의 소득증대·생활안전·생활환경 개선 및 복리증진, 유치지역 지원사업과 관련한 조사·연구, 방사능방재에 대비한 시설장비 확충·관리, 방사선 안전에 관한 민간환경감시기구의 설치·운영지원 등에 사용할 수 있다.

한편 한국원자력환경공단이 관리하는 지원사업은 전기요금보조, 홍보사업, 환경안전관리사업, 농수산물관련 지원사업 및 관광진흥사업 등 유치지역지원위원회에서 유치지역의 발전을 위하여 필요한 사업에 사용하게 된다.

현재까지 원전 방폐물, 노원구 폐아스콘 반입으로 8억원의 지원수수료가 발생하여 관리사업자인 공단에서는 초·중·고등학생 영어캠프, 다문화가정 부모초청, 상조물품 지원사업 및 농특작물 재배 지원사업, 사랑의 집고치기 등에 지원금액을 집행하였다.

〈표 3-25〉 관리사업자 지원사업의 종류

사업구분	세 부 사 항
(1) 전기요금 보조사업	- 주택용 전력요금의 일정액 보조 (산정기준 및 배분기준은 사업의 규모 및 지원대상자의 수, 처분시설과의 거리, 소득규모, 전기사업량을 고려하여 지경부 장관이 고시)

사업구분	세 부 사 항
(2) 홍보사업	– 처분시설의 건설·운용 및 지원사업에 관한 홍보 – 전통문화의 계승·발전 및 지역사회의 유대강화를 위한 사업
(3) 육영사업	– 각급 학교 및 학생을 대상으로 장학금 지급 – 시설 및 기자재 지원, 체육활동 또는 방과 후 활동 또는 학생 참여 행사 지원
(4) 환경·안전 관리 사업	– 민간환경감시기구가 처분시설 주변의 일반환경·방사선환경 또는 방사선 안전을 감시하는 데 직접 소요되는 비용지원
(5) 농수산물관련 지원사업 및 관광진흥사업	– 농수산물의 생산·가공·판매 및 관광진흥을 통하여 지역주민의 소득증대에 기여할 수 있는 사업

다만, 형평성을 고려하여 「발전소주변지역 지원에 관한 법률」에 의한 지원사업 및 경주시에서 시행하는 지원사업과 지원대상이 중복되는 사업에 대해서는 관리사업자의 지원사업 대상에서 제외한다.

또한 사업 추진 및 선정의 공정성과 객관성을 위하여 지원사업의 목표와 지원대상 사업, 지원대상 규모, 대상자 선정 기준 및 원칙 등이 포함된 '관리사업자 지원계획'을 수립하여 시행하되, 유치지역 주민이 50% 이상 참여한 '관리사업자 지원사업 심의위원회'의 의결을 거쳐 그 계획 및 결과를 산업통상자원부 장관에게 보고하도록 하였다.

이와 별도로 한국원자력환경공단은 중·저준위 방폐물처분시설 유치지역의 청년 일자리 창출에 기여하기 위해 노력하고 있다. 이에 신입사원 채용 시 방폐장 유치지역 할당모집, 실무 청년인턴제를 병행해 실질적인 고용효과가 돌아가도록 하고 있다.

제5절 중·저준위 방사성폐기물 처분시설

한국원자력환경공단 중·저준위정책팀장 곽상수

1. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영개시

한국원자력환경공단(舊 한국방사성폐기물관리공단, 이하 '공단')은 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분시설을 2014년 6월 준공, 2014년 12월 원자력안전위원회로부터 사용승인을 취득하여 본격적인 운영을 개시하였다. 2014년 9월 개정된 「원자력안전위원회고시」 제2014-3호(방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정)에서는 방사성폐기물의 효율적 처분을 위해 방사성폐기물 분류체계의 각 범주별로 방사성폐기물 처분방식을 제한하고 있으며, 이에 따라 1단계 동굴처분시설에는 고준위 방사성폐기물을 제외한 중·저준위 방사성폐기물을 처분할 예정이다.

처분방식		대상 폐기물
천층처분	매립형처분	극저준위
	표층처분	저준위, 극저준위
	동굴처분	중준위, 저준위, 극저준위
심층처분		고준위, 중준위, 저준위, 극저준위

(근거 : 원자력안전위원회고시 제2014-3호)

〈그림 1〉 방사성폐기물의 처분제한

2. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영개요

고리, 한빛, 한울 원자력발전소에서 보관 중인 중·저준위 방사성폐기물은 중·저준위 방사성폐기물 전용 운반선박('청정누리'호)을 이용하여 경주 처분시설로 운반하게 되며, 처분시설 인근에 위치한 월성원자력발전소에서 보관 중인 중·저준위 방사성폐기물은 전용 운반트럭을 이용하여 육상으로 경주 처분시설로 운반하게 된다. 원자력발전소 이외에서 발생한 방사성폐기물은 발생자의 책임 하에 처분시설까지 운반하게 된다.

원자력발전소에서 반입하기로 선정된 드럼은 발생지 예비검사를 거친 후 전용 운반용기에 포장되어 해상 또는 육상으로 처분시설의 인수저장건물까지 운반된다. 현재 공단에서는 200리터 및 320리터 드럼을 운반할 수 있는 IP-2형 운반용기를 제작하여 운영하고 있으며, 해당 운반용기로 운반이 불가능한 다양한 종류의 방사성폐기물을 안전하고 효율적으로 운반하기 위해 총 9종의 운반용기(IP-2형 4종, A형 4종, B형 1종)를 추가로 설계 중에 있다.

처분시설에 도착한 방사성폐기물은 인수저장건물에서 방사성핵종 분석기, 엑스레이 검사설비 등을 통해 방사능 농도, 채움율, 표면오염 여부 등 매우 정밀한 인수검사과정을 거치며, 인수검사가 완료된 방사성폐기물은 규제기관의 처분검사 완료 후 콘크리트 처분용기에 담겨 처분트럭을 통해 운영동굴을 거쳐 하역동굴로 이동되어 지하 사일로에 차곡차곡 쌓여진다.

모든 6기 사일로에 처분이 완료되면 빈 공간을 뒤채움재로 메우고 지하수 이동을 막기 위해 운영동굴 및 하역동굴 입구를 콘크리트로

밀봉 폐쇄하게 된다. 처분된 방사성폐기물은 시간이 지나 방사능이 감쇠되어 자연 상태로 돌아가게 될 때까지 처분시설 주변의 환경감시 및 부지감시를 통해 처분시설 운영기간은 물론 폐쇄 후에도 일정기간 철저하게 관리하게 된다. 공단은 방사성폐기물 발생기관인 한국수력원자력㈜, 한국원자력연구원, 한전원자력연료㈜ 등의 의견을 수렴하여 중장기 방사성폐기물 인수계획을 수립하였으며 처분 및 정치계획을 포함한 1단계 동굴처분시설 종합운영계획을 수립하였다.

처분시설은 방사성폐기물 드럼, 콘크리트 처분용기, 사일로 콘크리트 구조물(밀봉재 포함) 등과 같은 인공방벽과 자연암반 및 토양 등의 자연방벽이 서로 어우러져 방사성핵종의 누출을 방지 또는 누출 시 핵종의 이동을 지연시켜 안전기준을 충족할 수 있도록 설계되어 안전성을 갖추고 있으며, 정부의 철저한 안전규제와 민간환경감시기구의 감시 및 다각적인 부지환경감시 등을 통해 방사선량이 엑스레이 1회 촬영시보다 낮은 연간 0.01밀리시버트(mSv) 이하로 관리된다.

또한, 처분시설 안전성을 더하기 위해 원자력발전소와 동일한 내진설계기준을 적용하여 지진 발생 시에도 외부로의 방사능 누출을 원천적으로 봉쇄할 수 있도록 설계하였으며, 무엇보다 방사성폐기물이 처분되는 사일로는 해수면 이하 130m의 지하에 위치하고 있기 때문에 지진 등 자연재해에도 방사능 누출로 인한 환경으로의 피해를 최소화할 수 있다.

3. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 안전성

처분시설의 안전은 폐쇄 후 장기 안전성 확보에 목표를 둠에 따라

처분시설 운영단계에서부터 장기적인 관점에서 안전 확보 대책을 강구하며, 안전성 평가를 통해 안전 확보 대책의 타당성을 확인한다. 공단에서 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 건설·운영허가 후속조치로 수행한 폐쇄 후 안전성 재평가는 안전 확보 노력의 일환으로, 건설·운영허가 시 안전성 평가결과에 대한 보수성을 확인함으로써 안전에 대한 여유도를 제시하였다. 안전성 재평가 시 동굴과 사일로 굴착 중 추가로 취득되는 부지특성 자료 및 상세 설계내용이 반영되었는데 추가 취득 자료를 반영한 지하수 유동해석과 그 결과를 기초로 한 핵종이동 평가 및 생태계 영향평가를 수행하였다.

건설 중 부지감시를 수행하여 처분시설 운영이 부지환경에 미치는 영향을 판단하는데 필요한 기준을 설정하였으며, 처분시설의 운영 전부터 운영, 폐쇄 후까지 부지주변의 기상, 수문, 지질, 지진, 지구화학, 지질공학 및 인문사회분야 등의 변화에 대한 부지감시 및 조사를 통해 운영 전, 운영 중 및 폐쇄 후 각 단계에서 변화가 예상되는 주요 부지특성을 지속적으로 감시하여 처분시설의 성능평가 및 설계에 필요한 기초자료를 제공할 것이다. 이와 더불어 부지감시 현황에 대한 정보화기반 구축의 일환으로 부지감시활동과 감시 자료에 대한 통합관리 및 이상 현상 발생 시 대응조치 기능, 감시자료 외부공개 기능 등을 구현한 '부지감시 종합관리시스템'을 구축하였으며, 이를 통해 부지안전성을 가시적으로 확인하고 있다. 또한, 부지주변 지역에 대해 다양한 방법으로 공기, 물(식수, 지하수, 빗물, 지표수, 해수), 토양(표층토양, 하천토양, 해저퇴적물), 육상생물, 해양생물 등을 대상으로 환경방사선(능)을 연속 또는 주기적으로 측정·분석하여 환경으로의 영

향을 평가하고 있다.

한편 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 운영 및 증설에 있어 안전 관련 주요사항에 대한 독립적인 검토와 감사를 위해 2009년 4월부터 방사성폐기물안전위원회(Korea Rad-waste Review Board)를 구성하여 운영 중에 있다. 본 위원회는 처분시설 운영 및 안전에 관한 실무 경험이 풍부하고 전문지식을 갖춘 대내외 전문가 등으로 구성되었으며, 처분시설 안전에 직접적 영향을 미치는 건설·운영허가 사항의 변경 사항 등 안전관련 주요사항에 대한 심의와 처분시설 운영요원 교육 및 자격관리 상태, 방사선 비상계획, 화재방호계획, 환경방사능 감시 계획 및 이행상태 등에 대한 점검을 수행하고 있다.

4. 해상운반의 안전성

중·저준위 방사성폐기물 전용 운반선박인 '청정누리'호는 원자력발전소에서 발생한 중·저준위 방사성폐기물을 경주 처분시설까지 안전하게 운반하는 역할을 수행할 수 있도록 건조되었으며, 연간 최대 9,000드럼(1항차 당 1,000드럼)의 방사성폐기물을 운반하게 된다. 선박을 이용한 해상운반은 차량이나 철도를 이용한 육상운반에 비해 대량운반이 가능하며 사고위험성이 낮고 공공에 대한 노출이 적어 매우 안전하다. 또한 우리나라 원자력발전소가 해안에 위치하고 있는 지리적인 특성을 고려할 때 해상운반이 육상운반보다 효율적이라고 할 수 있다.

'청정누리'호는 국제해사기구(IMO) 등 국제기준과 선박안전법 및 원자력안전법 등의 국내규정을 적용하여 안전성이 충분히 확보되도록

설계·건조되어 해양수산부의 승인을 받았으며, 원자력안전위원회와 원자력전문규제기관의 점검을 통해 선박의 안전성 및 운영절차의 적절성이 확인되었다. 운반선박의 설계·건조에 있어 해상인명안전조약(SOLAS 협약), 해양오염방지협약(MARPOL 협약), 국제해상위험물규칙(IMDG code), 국제해상안전수송등급(INF code) 등 국제기준을 적용하였으며, 선박안전법, 선급강선규칙(한국선급), 선박법, 중·저준위방사성폐기물 운송선박에 관한 기술기준(원자력안전위원회고시), 방사성물질 운반선박의 안전기준(해양수산부고시) 등 국내규정을 적용하였다. 운반선박은 이중선체 및 이중엔진 구조로 설계되어 만일의 사고에도 방사성물질의 누출을 예방하고 있으며, 자동충돌예방장치, 선박자동식별장치, 선박위치추적시스템, 위성통신장치 등의 통합 항해 장비를 통해 충돌 등의 사고를 미연에 방지한다. 운반선박의 화물창 및 승무원 거주구역 등 주요지역에는 방사선 차폐체가 설치되어 있어 방사성폐기물에 의한 승선인원의 피폭을 최소화하고, 운반선박에 설치된 지역방사선감시시스템(ARMS)에서는 운반선박 내 주요지역의 방사선 준위를 자동으로 감시하며, 모든 승무원은 개인선량계를 착용하여 개인의 피폭 여부를 관리한다. 방사성폐기물 해상운반은 최적의 기상상황이 아니면 운항하지 않는 등 운항조건을 엄격하게 수립하여 운영할 예정이다.

중·저준위 방사성폐기물 해상운반의 안전성 검증과 관련하여 원자력안전위원회(당시 '교육과학기술부')는 2008년 9월 방사성폐기물의 해상운반 안전성을 확인하기 위한 서류의 제출을 요구하였다. 이에 공단에서는 해상운반에 따른 인체에 대한 방사선장해 및 방사성물질에

의한 해양오염 방지와 운반 중 사고로 인해 주변 환경에 미치는 영향 평가 등 해상운반 안전성을 사전 확인하기 위한 중·저준위 방사성폐기물 운송선박 안전성분석보고서, IP-2형 운반용기 안전성분석보고서, 운반 방사선방호계획서, 운반 비상대응계획서 및 운반경로 방사선영향평가서 등을 원자력안전위원회에 제출하여 2009년 12월 승인을 받았다. 다만, 운반경로 방사선영향평가서에 대해서는 후속조치가 부과되어 현재 후속조치 이행 중에 있다.

공단은 2010년 11월 동해안에 위치한 한울원전을 대상으로 운반선박 시범운항을 최초 실시하여 운반경로를 확인하고 운반절차를 검증하여 운반과정에서 발생할 수 있는 비상상황시의 대처능력을 점검하였다. 시범운항은 방사성폐기물 드럼이 담기지 않은 모의 운반용기를 운반선박에 싣고 한울원전 물양장으로의 진입 및 접안 능력을 확인한 후 월성원전 물양장까지 사전 계획된 항로를 따라 정상 운송시의 절차를 준수하며 운항 안전성을 확인하는 과정으로 이루어졌다.

운반선박 주요제원	
·총톤수(재화중량)	: 2,600톤(1,365톤)
·전장	: 78.60m
·폭	: 15.80m
·만재흘수	: 4.0m
·항해속력(만재상태)	: 최대 12노트
·화물적재용량	: 최대 1,520드럼
·승선인원	: 총 20명

(방사선안전관리자 및 운반책임자 포함)

〈그림 2〉 중·저준위 방사성폐기물 전용 운반선박 '청정누리'호의 주요제원

〈그림 3〉 월성원자력발전소의 물양장에 입항한 운반선박

5. 중·저준위 방사성폐기물 추적관리시스템 구축

폐기물추적관리시스템(Waste Tracking System)은 국내에서 발생되는 방사성폐기물의 발생지 인수시점부터 처분시설 폐쇄 이후 제도적 관리기간까지 각 단계별(인수, 운반, 검사, 처분, 폐쇄 등)로 생산된 방사성폐기물에 대한 모든 정보(관리이력)를 실시간으로 종합 관리할 수 있도록 개발된 시스템이다. 현재 국내 한국수력원자력㈜, 한국원자력연구원, 한전원자력연료㈜ 등 관련기관에서 발생되고 있는 방사성폐기물의 형태를 기준으로 핵심 프로세스를 구성하였으며, 향후 추가될 수 있는 다양한 형태의 방사성폐기물을 수용하기 위해 확장성 및 유연성을 갖추도록 구축되었으며, 기본적으로 웹 방식으로 구축함으로써 사용자 접근성 및 편의성을 증대하였다.

방사성폐기물의 이력을 실시간으로 관리함으로써 방사성폐기물 관리의 전반적인 업무에 대한 신뢰성을 확보하여 처분사업에 대한 대국민 투명성을 제고하고 방사성폐기물 운반선박 및 운반차량의 위치 추적으로 방사성폐기물이 운반되고 있는 동안에도 그 위치를 실시간 추적·관리함으로써 안전성 증진에 기여할 것이다.

6. 중·저준위 방사성폐기물 반입

한울 및 월성 원자력발전소 내 방사성폐기물 임시저장고가 포화됨에 따라 발생되는 방사성폐기물을 폐기물처리건물 등의 여유 공간에 보관하고 있는 실정이다. 따라서 안전하고 효율적인 관리를 위하여 이미 건설 완료하여 우선사용 승인을 받은 경주 처분시설의 지상시설인 인수저장건물(저장용량 7,000드럼)에 한울 및 월성 원자력발전소의 방사성폐기물 일부와 노원구 폐아스콘 폐기물을 반입하여 저장·관리하고 있다. 인수저장건물은 방사성폐기물을 검사하고 지하 처분시설에 영구히 처분할 때까지 저장하는 용도로 사용되는 철근 콘크리트 건물이다. 인수저장건물 외벽의 두께는 83㎝로 원자력발전소의 임시저장고보다도 안전성 측면에서 보다 강화된 기준으로 설계·시공되었으며, 건물 내부에 방사능 누출 감시기, 방사선 지역감시기, 소화설비, 공기조화설비, 크레인 등을 설치하고 성능시험을 완료한 상태이다.

국내 중·저준위 방사성폐기물 관리현황에 따르면 2014년 12월말 200리터 드럼 기준으로 원자력발전소 부지 내 임시저장시설에서 총 93,315드럼이 관리되고 있으며, 방사성동위원소 이용기관에서 발생된 방사성동위원소 폐기물 3,207드럼을 공단에서 인수하여 대전 RI 폐기시설에서 관리하고 있다. 그리고 한국원자력연구원에서 20,399

드럼, 한전원자력연료㈜에서 7,287드럼을 자체 저장시설에서 관리하고 있다. 2015년부터는 1단계 동굴처분시설의 본격 운영됨에 따라 방사성동위원소 이용기관에서 발생된 방사성동위원소 폐기물을 경주 처분시설에서 인수하여 관리할 예정이다.

2014년 12월말 200리터 드럼 기준으로 경주 처분시설의 인수저장건물에서 인수한 방사성폐기물은 한울 및 월성 원자력발전소와 노원구 폐아스콘 등 총 5,032드럼이다. 처분시설에 인도되는 모든 방사성폐기물은 방사성폐기물 인수기준(Waste Acceptance Criteria)을 만족하여야 하며, 인수검사와 처분검사를 거쳐 처분적합성이 확인된 방사성폐기물은 최종적으로 1단계 동굴처분시설(지하 사일로 6기)에 영구적으로 처분하게 된다. 2015년도에는 1단계 동굴처분시설에 총 3,008드럼(처분용기 188개)의 방사성폐기물을 처분할 계획이다.

방사성폐기물의 반입으로 「중·저준위방사성폐기물 처분시설의 유치지역지원에 관한 특별법」 제8조(유치지역특별지원금의 지원)에 의해 경주시에 지급되는 특별지원금 3,000억원이 경주시 특별회계로 이체되어 유치지역지원 사업에 사용되고 있으며, 또한 2014년 12월말 기준으로 동법 제15조(수수료의 징수 및 배분)에 의해 방사성폐기물 반입에 따라 33억 3,971만원의 반입수수료 중 75%인 25억 478만원은 경주시에 귀속되어 지역지원 사업을 시행하게 되었으며, 나머지 25%인 8억 3,493만원은 공단이 영어캠프, 학교 기자재지원, 다문화가정 지원, 농가 소득지원 사업 등 지역발전 사업을 실시하는데 사용하게 되었다. 그 밖에도 지역지원 사업의 일환으로 2014년에 경주 처분시설 주변지역 3개 읍면(양북면, 양남면, 감포읍) 주민 2,100여명을 대상으로 마을 복지회관에서 현장 건강검진을 시행하였다.

〈그림 4〉 인수저장건물에 저장 중인 방사성폐기물

〈표 1〉 중저준위 방사성폐기물 관리현황 ('14. 12. 31 기준)

(단위 : 200리터 드럼)

구 분		저장용량	저장량
원 전 폐기물 (A)	고 리	50,200	42,282
	한 빛	23,300	22,823
	월 성	13,2401)	10,209
	한 울	18,9291)	17,467
	신고리	10,000	534
	소 계	115,669	93,315
원전외 폐기물 (B)	방사성동위원소 폐기시설	9,750	3,207
	한국원자력연구원	39,4382)	20,399
	한전원자력연료㈜	8,900	7,287
	소 계	58,088	30,893
관리 현황	합 계 (C=A+B)	173,757	124,208
	방폐장 인수량 (D)	7,000	5,032
	총 계 (E=C+D)	180,757	129,240

1) 원자력발전소 내 임시 저장지역 포함(월성 4,240개, 한울 1,529개)
2) 폐기시설 부속 해체폐기물 저장고 인허가 취득에 따른 저장용량 증가
(근거 : 산업통상자원부장관 보고자료 '14년도 4/4분기 중저준위 방사성폐기물 관리현황)

〈표 2〉 중저준위 방사성폐기물 인수량 및 관리비용 현황 ('14. 12. 31 기준)

구 분	인수량(200리터)	관리비용[2](천원)	지원수수료(천원)
원전 폐기물	3,536	26,281,800	2,270,000
방사성동위원소 업계	243.1	1,412,929	116,005
기타[1]	1,496	9,628,256	953,700
합 계	5,275.1	37,322,985	3,339,705

1) 노원구 폐아스콘 방사성폐기물
2) 부가세 미포함
(근거 : 산업통상자원부장관 보고자료 '14년도 4/4분기 중저준위 방사성폐기물 관리현황)

제6절 월성원자력환경관리센터 건설

한국원자력환경공단 건설관리팀장 이종원

1. 사업추진 경과

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회에서 방사성폐기물 관리정책을 의결하고, 중·저준위방사성폐기물 영구처분 시설 총 80만 드럼 중 1단계로 우선 10만 드럼 규모를 건설하고 단계적으로 증설하기로 결정하였다.

2006년 1월 2일 전원개발사업 예정구역지정[지경부 고시 제2005-133호]과 더불어 건설인력을 경주 현장에 배치하고 본격적인 건설준비 업무를 수행해 나갔다.

1단계는 최초의 중·저준위방사성폐기물 처분시설로 지역주민과 전문가로 구성된 처분방식 선정위원회를 2006년 4월부터 2006년 6월까지 운영하였고 2006년 6월 28일 1단계 방사성폐기물(이하 방폐물) 처

분방식을 동굴처분방식으로 결정하였다. 동 위원회는 경주부지가 표층처분과 동굴처분이 모두 가능하나 경주가 천년고도이자 역사문화도시인 점을 감안하여 1단계는 동굴처분방식으로 결정하고 그이후의 처분방식은 부지여건, 폐기물 처분정책 및 제반여건 등을 고려하여 두 방식 모두 병행할 수 있도록 결정하였다.

2006년 12월 27일 처분시설 1단계 건설기본계획을 확정하였고, 2007년 6월 12일 처분시설 1단계 공사를 수행할 시공업체를 선정하여 건설을 위한 인적·물적 토대를 구축하였다.

이어 2007년 7월 12일 방폐장 건설사업 전원개발사업실시계획 승인을 받음으로써 인허가 요건을 갖추게 되어 2007년 7월 18일 방폐장 안전건설을 다짐하는 결의와 함께 대역사의 부지정지를 위한 첫 삽을 뜨게 되었다.

2007월 10월 4일 경주시민의 공모를 통해 방폐장 공식명칭을 "월성원자력환경관리센터"로 확정하였고 2007년 11월 9일 방폐장 착공식을 개최하였다. 2008년 3월 28일 방사성폐기물관리법이 공포(관보 제16719호 게재)됨으로써 방폐물을 발전사업자가 아닌 별도 전담조직에 의해 관리토록 하는 근거가 마련되었다.

규제기관의 인허가 심사 및 국제원자력기구 사전검토(IAEA Peer Review)를 거쳐 2008년 7월 31일 교육과학기술부(現 원자력안전위원회)로부터 중·저준위방폐물처분시설 건설·운영허가를 취득하였고 2008년 8월 1일부로 본격적인 건설공사를 착수하게 되었다. 2008년 12월 24일 방폐물 전용 운송선박(청정누리호) 진수식(Launching)이 있었으며, 2008년 12월 31일 방폐물관리법에 따라 한국수력원자력

(주)[이하 한수원(주)]에서 수행하던 방폐물 관리사업을 방폐물 전담 조직인 한국원자력환경공단(舊 한국방사성폐기물관리공단, 이하 공단)으로 이관하는 양도양수협약서를 체결하게 되었다.

방사성폐기물관리법에 따라 2008년 7월 21일 공단설립위원회의 공단발족 의결에 이어 이관사업 정리, 공단인력 확보작업을 거쳐 2009년 1월 1일 공단이 정식으로 출범하게 되었다.

공단은 용인에 임시본사를 두고 2개의 사업소를 설치하였다. 중·저준위방폐물처분장 건설 및 운영을 위한 월성원자력환경관리센터와 방폐물관리 및 R&D업무를 수행하는 대전센터이다. 2011년 3월 31일 책임경영강화와 지역경제 활성화를 위해 본사를 용인에서 경주로 이전하여 공단의 경주시대를 개막하였으며, 2013년 1월 1일 조직의 효율성 제고 및 책임경영체제 강화를 위해 2개의 사업소를 본사에 편입하였다.

한편 방폐장 건설사업의 일관성 유지를 위해 한수원(주)에서 수행함이 바람직하다는 판단하에 2009년 1월 2일 공단과 한수원(주)은 건설사업 위탁협약서를 체결하여 한수원(주)으로 하여금 처분시설 1단계 건설사업관리를 수행토록 하였다. 이후 양 기관의 긴밀한 협력하에 2009년 4월 13일 방폐물 전용 운송선박 인도에 이어 2009년 4월 30일 방폐장 지상지원시설 초기전원가압이 성공적으로 이루어졌고, 2009년 6월 30일에는 우선사용에 필요한 모든 설비가 갖추어지는 등 순조롭게 건설사업이 추진되었다.

그러나 2009년 6월 1일 당초 공사기간 23개월이 원전 내 방폐물 포화시점을 감안하여 무리하게 설정되었으므로 2010년 6월 30일 준공기한을 30개월 연장하여 2012년 12월 31일로 연장하였다.

이러한 변화된 사업여건을 고려하고 지역사회로부터 방폐장 사업추진에 대한 신뢰성 확보 차원에서 공단과 한수원(주)이 체결한 건설사업 위탁협약을 해지하고 공단이 건설사업을 조기에 인수, 사업관리를 직접 수행할 필요성이 대두되었다.

이에 2009년 8월부터 공단과 한수원(주)간 사업이관 공동협의체를 구성하여 매주 업무이관에 대한 협의 및 분야별로 인계인수업무를 진행하였으며 2009년 12월 31일부로 중·저준위방사성폐기물처분시설 1단계 건설사업 업무가 한수원(주)에서 공단으로 이관되었다.

사업이관에 따른 한수원(주) 수행분 1단계 건설사업비 정산을 위해 2010년 8월 2일 기본계획을 수립하여 정부에 보고하고 공단과 한수원(주)간 4차에 걸친 실무회의 및 회계법인의 검토를 통해 2011년 12월 31일 지식경제부(現 산업통상자원부), 공단, 한수원(주)간의 정산 상계계약이 체결되었다.

방폐장 건설업무 위탁해지와 함께 공단의 독자적인 역량으로 사업을 추진하였는데, 우선 사업관리주체를 명확하게 하기 위해 2010년 1월 주설비공사 계약 등 사업관련 각종 용역·계약을 변경하였으며 사업관리지침서 등 관련 절차서 제·개정을 통해 사업관리체계를 정비하였다.

또한 공단을 비롯하여 시공사, 설계사 및 감리사 등을 포함한 지질분야 전문가로 구성된 회의체를 구성하여 2011년 2월 11일 첫 회의를 시작으로 36여 차례의 협의와 검토를 거치고 오스트리아 3G사 및 한국터널공학회 등 국내·외 선진기술을 보유한 전문가들의 기술자문을 받아 방폐장 지질여건을 고려한 맞춤형 사일로 설계에 박차를 가했다.

한편 2009년 6월 22일부터 3주간 정부주관으로 대한지질학회에 의

뢰하여 방폐장 부지선정에서부터 시공에 이르기까지 전 과정을 조사한 결과 방폐장 안전성에 문제가 없다고 발표하였다. 그럼에도 불구하고 시민사회단체 등이 방폐장 안전성 문제를 제기하고 공사중단을 지속적으로 요구함에 따라 2009년 8월 25일 경주시의회, 시민사회단체 및 공단 등 23명으로 방폐장 현안사항 해결을 위한 지역공동협의회를 구성하였고 2013년 12월까지 총 61차례 회의를 개최하여 안전성 검증 등을 수행하고 있다.

지역공동협의회 주관으로 2009년 11월 11일 안전성검증조사단을 구성하여 지질구조, 수리지질, 지진, 터널, 원자력분야 등 5개 분야에 대해 4개월 동안 정밀조사하였고, 그 결과를 경주시민들에게 공개적으로 발표함으로써 방폐장에 대한 안전성 논란을 해소하고 신뢰성을 제고하였다.

아울러 공단은 2011년 7월 11일, 7월 28일, 8월 23일 3차례에 걸쳐 전국민을 대상으로 방폐장 건설현장 개방행사를 실시하여 공사내용을 투명하게 공개함으로써 안전성에 대한 논란을 불식시켰다.

지상지원시설물공사의 완료와 함께 포화상태에 이른 울진원자력본부(現 한울원자력본부)와 월성원자력본부에 저장중인 중·저준위방폐물의 방폐장 반입이 시급한 현안사항으로 떠올랐다. 이에 경주시로부터 2010년 6월 9일 지상지원시설물 중 우선사용에 필요한 6개동의 인허가 취득에 이어 2010년 12월 20일 지상지원건축물 전체에 대한 사용승인 인허가를 취득하였다.

또한 방폐물전용선의 운항에 따른 어업피해를 주장하는 경주인근 어민들과 2009년 8월 25일 협의회를 구성하여 지속적으로 대화를 하는

한편 40여 차례의 주민설명회를 통해 방폐물 반입에 대한 공감대를 이끌어 냈다. 마침내 2010년 12월 24일 울진원자력본부(現 한울원자력본부)에 보관중인 중·저준위방폐물 1,000드럼을 방폐장 지상지원건물 내에 최초로 반입함으로써 우리나라 원자력산업 역사에 새로운 이정표를 세우게 되었다. 이후 2012년 11월, 12월 월성원전의 방폐물 1,000드럼을 추가로 반입하였으며, 서울시 노원구 월계동에서 발생한 방사성 폐아스콘 1,496드럼(200리터 드럼 기준) 중 707드럼을 반입하였다.

공단은 2009년 6월 1차 공기연장 이후 인력 및 장비를 추가하는 촉진공정 수립 및 신공법 적용 등 목표공기 준수를 위해 매진하였다. 그러나 건설과정 중 일부 지하 지질상태가 예상보다 열악하였고 암반보강 및 지하수 차단을 위한 차수 작업 등이 요구되어 공사기간 재조정 필요성이 대두되었다. 방폐장 건설사업 전반에 걸친 면밀한 검토를 재수행하였고 그 결과 2012년 12월 준공이 현실적으로 어렵다는 판단하에 2012년 1월 13일 제2차 공기연장을 진행하여 준공시점을 2012년 12월 31일에서 2014년 6월 30일로 18개월 또다시 연장하였다. 정부는 대한지질공학회의 2차 공기연장 실태조사와 해외 전문기관 안전성 검증(핀란드 S&R사, Fortum사)을 2012년 4월부터 2012년 9월까지 수행하였고 그 결과 처분시설의 안전성에 이상이 없음을 다시 한 번 확인하였다. 2차 공기연장 후 안정적인 건설추진으로 2014년 6월 1단계 처분시설 시공을 완료하였으나, 사용승인에 필요한 인허가 심사기간에 소요되는 행정소요기간을 반영하여 사업기간을 2014년 12월 31일로 6개월 연장하였다. 2014년 12월 11일 원자력안전위원회로부터 사용전검사 등의 합격통지를 받으며 1단계 처분시설 건설사업을 완료하였다.

공단은 2009년 1단계 처분시설 건설사업에 이은 후속단계 처분시설 건설사업을 추진하고자 처분방식 선정위원회의 권고에 따라 부지여건, 방폐물 정책 및 제반여건 등을 고려하고자 '중·저준위방폐물 처분 시나리오 용역(한국전력기술)'을 수행하여 검토하였다. 그 결과 중·저준위방폐물 2단계 처분시설(이하 2단계 처분시설)을 표층처분시설로 결정하였고, 2011년 11월 2단계 건설사업 시행계획을 수립하였다. 이어 2014년 5월 지역수용성 확보를 위한 사업설명회를 시행하였으며 국내원자력 사업 최초로 종합설계용역을 공개경쟁입찰로 도입하여 본격적인 사업에 착수하였다.

2. 사업개요

가. 사업의 필요성

방사성폐기물은 일반 생활쓰레기나 산업폐기물과는 달리 방사성물질을 포함하고 있으므로 국가는 방사성폐기물이 자연 생태계로 돌아갈 수 있도록 안전하게 관리할 필요가 있다. 특히 안전관리에 관한 국제규범을 준수하고 생태적, 환경적으로 안전하게 관리하여 국민건강과 환경에 대한 위해를 사전에 방지해야 한다.

방사성폐기물 관리에 소요되는 비용은 발생시점에서 발생자가 부담토록 하여 다음 세대로 전가해서는 안 되며 원자력발전 및 방사성동위원소 이용에 수반되는 방사성폐기물의 발생량 최소화를 위해 노력해야 한다.

아울러, 방사성폐기물에 대한 대국민 이해 및 신뢰도 증진을 위해

투명하고 공개적으로 추진해야 하며 관리사업은 지역사회와의 조화 및 지역발전에 기여하는 방향으로 추진되어야 한다.

〈표 3-26〉 1단계 사업개요

사 업 명	중·저준위방사성폐기물 처분시설 1단계 건설
위 치	경상북도 경주시 양북면 동해안로 일원
면 적	2,058,038㎡
시설규모	1단계 10만드럼
처분방식	동굴처분
사업기간	2006. 1~2014.12
총사업비	1,543,571백만원
사 업 자	한국원자력환경공단
계 약 자	종합설계용역 : 한국전력기술(주)
	주설비공사 : (주)대우건설·삼성물산(주) 공동수급체
주요시설	지상시설 : 인수저장건물, 폐기물건물, 지원건물 등 9개동
	지하시설 : 건설동굴, 운영동굴, 처분동굴(사일로 6기) 등

〈표 3-27〉 2단계 사업개요

사 업 명	중·저준위방사성폐기물 처분시설 2단계 건설
위 치	경상북도 경주시 양북면 동해안로 일원
면 적	71,014㎡
시설규모	2단계 12.5만드럼
처분방식	표층처분
사업기간	2012. 1~2019.12
총사업비	258,848백만원(기본설계)
사 업 자	한국원자력환경공단
계 약 자	종합설계용역 : 한국전력기술(주)
	주설비공사 : 미정
주요시설	처분시설 : 처분고 20개, 지하점검로, 이동형크레인(3조), 배수계통
	부대설비 : 전기공급건물, 크레인정비고, 경비실 등

나. 사업추진 효과

방폐장 부지 유치과정은 우리나라에서 사회적 갈등과제에 대해 민주적 방식으로 해결한 모범사례라 할 수 있으며 지역현안을 지역주민 스스로 결정함으로써 풀뿌리 민주주의의 초석이 되었다. 또한 국내최초로 시행되는 처분시설 건설사업은 설계, 제작, 건설, 시운전 등 건설 전 과정이 국내업체 주도로 이루어짐으로써 원자력 관련 산업 기술발전에 크게 기여할 것이다. 아울러, 안전성을 최우선으로 환경친화적 처분시설 건설을 통해 완공 후 관광자원으로 활용될 수 있으며 건설과정에서 지역업체 참여확대와 지역민 고용증대를 통해 지역경제 활성화에 크게 기여하고 있다.

이와 함께 인접한 월성원자력발전소와 양성자가속기 등과 어우러져 경주 지역이 명실상부한 원자력에너지클러스터로 조성되고 있다. 1단계 처분시설이 동굴처분방식으로 완공되고 현재 추진 중인 2단계 처분시설이 표층처분방식으로 건설 완료되면 우리나라는 세계최초로 동일부지 내에 복합처분시설(표층+동굴)을 보유한 국가로 부상 될 것이고 세계 방폐장 처분 보유국가로서의 위상이 높아져 해외수출 기반이 구축될 것이다.

3. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 1단계 건설사업

가. 설계개요 및 기준

(1) 설계개요

중·저준위방사성폐기물 1단계 처분시설(이하 1단계 처분시설)은 원

자력발전소, 산업체, 병원 등에서 발생되는 방사성폐기물을 장기간 안전하게 격리시켜 방사능 준위가 충분히 낮아질 때까지 관리함으로써 처분부지 주변의 자연환경에 미치는 영향을 최소화하도록 하여 궁극적으로 인간, 자연, 환경을 보호하는데 있다. 이를 위해 설계초기 단계부터 조사·평가·분석 등을 철저히 수행하였고 국내 인허가 요건, 국외 인허가 요건과 기술기준 등을 참조하여 설계함으로써 처분시설 전 수명기간 동안 건전성과 안전성이 확보되게 설계하였다.

현재 수행 중인 1단계 처분시설 설계는 10만 드럼 규모로(200리터 드럼 기준) 동굴처분방식을 적용하고 있으며, 향후 총 80만 드럼까지 단계별로 건설할 계획이다.

1단계 처분시설인 동굴 설계에 있어 중요하게 고려되는 사항은 지하처분장으로의 지하수 유입을 억제하여 물과 폐기물의 접촉을 막음으로써 방사성물질의 이동을 차단하는데 있다. 이와 함께 부지, 구조물 및 환경에 대한 상시 및 주기적 감시를 통해 처분시설과 처분구조물의 건전성을 확보함으로써 어떠한 위해상황 하에서도 시설로부터 유출되는 방사성물질을 최대한 억제하여 방사선피폭으로 인한 영향을 최소화하는 데 있다.

1단계 처분시설 건설은 지상건물과 지하시설로 크게 나누어진다. 지상건물은 인수저장건물과 방사성폐기물건물, 지원건물 등 9개동으로 구성되며 지하시설은 건설동굴, 운영동굴, 동굴설비건물(수직구), 하역동굴과 방사성폐기물이 궁극적으로 처분되는 6개의 사일로로 구성된다.

지상건물과 방사성폐기물이 처분되는 지하시설로의 연결은 동굴설비건물, 건설동굴 및 운영동굴을 통하여 접근되도록 설계하였다. 동굴

설비건물은 내부에 엘리베이터를 설치하여 근무자가 출입할 수 있도록 하였으며, 아울러 환기용 덕트, 전기, 계측라인 및 지하수 배수관로 등을 설치하였다.

운영동굴은 인수검사를 마친 방사성폐기물이 방폐물 운반차량을 통해 통로로 사용된다. 건설동굴은 지하시설 공사 시 사일로 하부 바닥으로 떨어지는(지하 130m) 버력(암덩어리)를 지상의 사토장으로 이송시키는 통로로 활용되며 비상시 터널대피(피난갱)용으로 사용된다. 또한 향후 동굴처분 사일로 증설시를 대비하여 건설동굴과 운영동굴에 확장통로를 설치한다. 하역동굴에서는 운반된 폐기물의 처분을 위한 하역작업이 이루어지는데, 하역된 폐기물은 하역동굴에 설치된 크레인으로 이동되고 정밀한 정치작업을 통해 사일로에 적치된다.

1단계 처분시설 건설 사업에서는 6개 사일로가 있으며 해발 −80m 지점에서 −130m에 위치하며 최종적으로 10만 드럼의 방사성폐기물을 처분하게 된다.

1단계 처분시설에서의 핵심사항인 사일로 설계 및 해석은 일반구조물 설계와 달리 지반의 거동특성과 지보재(보를 지지하는 구조물)의 상호거동을 해석하여 장기적 안전성이 유지될 수 있도록 특별히 고려되었다.

사일로는 방폐장 처분시설 운영기간은 물론 제도적 관리기간 동안(100년) 처분장 핵심시설로서의 건전성과 안전성이 충분히 확보되도록 콘크리트 라이닝(동굴 굴착표면을 철근콘크리트 구조물로 보강하는 것)을 적용하여 인공방벽의 기능을 수행하도록 설계하였다.

또한 사일로의 콘크리트 라이닝은 내진등급 I의 설계기준 지진조건에

서 안정성이 확보되도록 설계하였다. 지하수가 적절히 배출되는 시스템 등 다중 방어적 개념을 설계에 적용하여 고유의 안전성을 확보하였다.

〈그림 3-17〉 1단계 처분시설 조감도

(2) 설계기준

2005년 12월 31일 현재 유효한 국내 및 외국(미국 및 참조시설 국가)의 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준을 적용하되 공업규격 및 표준은 국내기술기준으로 개발된 전력사업기술기준(KEPIC) 2000년판의 우선 적용을 원칙으로 하며, 교과부 고시 제2005-04호에 명시된 지침 및 제한사항을 준수하고, 이의 적용에 문제가 있을 경우 KEPIC 제정에 참조한 기술기준을 적용토록 하였다.

또한 2005년 12월 31일 이후의 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준 적

용이 보다 우수한 설계로서 경제성이 있고 국내·외 인허가 요건을 만족시키는 것으로 판단되는 경우 그 내용을 적용할 수 있도록 하였다.

나. 건설일정 및 공정률

(1) 건설일정

1단계 처분시설 건설 일정을 2007년 1월 정부로부터 전원개발사업실시계획을 승인 받고 건설에 착수하여 2014년 6월 시설완공을 하였으며 2014년 12월 규제기관(원자력안전위원회)의 심사를 거쳐 인허가를 취득하고 계획된 일정대로 처분시설을 운영하였다.

〈표 3-28〉 1단계 처분시설 건설일정

주공정(Milestone)	계 획	실 적	비 고
부지선정	2005.11. 3	2005.11. 3	
전원개발사업예정구역지정고시	2006. 1.31	2006. 1. 2	
전원개발사업실시계획승인 신청	2007. 1. 1	2007. 1.11	
건설·운영 허가 신청	2007. 1. 1	2007. 1.15	
전원개발사업실시계획승인 취득	2007.10.31	2007. 7.12	
부지정지착수	2007. 7.18	2007. 7.18	
시설공사착수	2008. 8. 1	2008. 8. 1	
시범운영관련시설 완료	2009. 6.30	2009. 6.30	
지상지원시설 완료	2010. 6.30	2010. 6.30	사용승인: 경주시 (2010.12.20)
사일로 굴착 착수	2010. 7.16	2011. 2.23	
사일로 축조 완료	2013. 8.31	2013.11.13	
공사 완료	2014. 6.30	2014. 6.30	
준공	2014.12.31	2014.12.11	

(2) 종합공정률

공단은 건설 전기간 동안 공사되어야 하는 물량 등을 검토하여 시공관리 기준공정표(IPS Rev.4)을 수립, 시행하였다. 2013년말 계획공정은 98.08%로 설정 되었고 실적은 98.75%로 다소 앞선 공정을 달성하였으며 계획된 공정대로 2014년 6월 공사를 완료하였다.

〈표 3-29〉 연도별 종합공정률

구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	비고
계획공정률 (%)	4.13	17.87	38.22	61.46	72.05	86.45	93.48	98.08	100	
실적공정률 (%)	4.13	18.03	38.18	61.42	72.24	86.62	93.80	98.75	100	

* 시공관리기준공정표(IPS REV.4 기준)

다. 주요 공사 추진현황

(1) 부지정지공사

부지정지 대상은 지상지원시설 부분이 51,000㎡(340m×150m)이고 동굴설비건물 영역이 3,150㎡(70m×45m)이며 제1 및 제2사토장 조성은 약 1,905,000㎥ 규모를 갖고 있다.

지상지원시설 부분은 2007년 7월에 착수하여 2008년 10월에 완료하였으며, 제1사토장 조성은 2007년 11월에 시작하여 2008년 11월에 마무리하였다. 제2사토장 조성은 2008년 11월에 시작하여 2010년 11월 영구 진입도로 포장이 완료되었고 2013년 11월 지하사일로 축조가 완료되는 시점에서 조성이 완료되었다. 사면 안전성 확보를 위한 녹생토 조성을 하였다.

(2) 지상지원시설공사

장방형 부지에 인수저장건물을 중심으로 9개 건물이 배치되며 총 연면적 16,074㎡, 건축면적 10,585㎡으로 2008년 8월에 인수저장건물 기초굴착을 착수하였다.

2008년 9월 5일 최초 콘크리트 타설, 2008년 9월 10일 방사성폐기물건물 공사착수 등 순조롭게 공정을 진행하여 2009년 6월 말 우선사용에 필수적인 인수저장건물, 지원건물Ⅱ 등 6개 건물을 우선적으로 완료하였다. 2010년 6월 말에는 9개 건물 전체를 완료하고 2010년 12월 20일 경주시로부터 사용승인(준공) 인허가를 취득하였다.

지상지원시설은 9개 건물로 구성된다. 주요 건물별 기능을 살펴보면,

① 인수저장건물(Radwaste Receipt / Storage Building) : 각 발생지에서 운반되어 온 방사성폐기물을 인수하고, 이들 폐기물의 인수기준 적합여부를 검사하는 시설

② 방사성폐기물 건물(Radwaste Building) : 폐기물의 보관 및 분류, 압축설비 및 고화설비 등을 구역별로 배치하여 오염된 포장물을 제염하고 포장하는 시설

③ 지원건물 I(Service Building) : 폐기물 처분시설의 고유기능을 직접적으로 지원하는 시설로써, 출입통제시설과 함께 방사선 방호를 위한 주제어실, 보건물리실, 세탁실 등 포함

④ 지원건물 II(Service Building) : 인수저장건물 및 방사성폐기물 건물에 유틸리티 공급을 위한 시설로써, 비상디젤발전기 및 관련 계통(오일탱크, 유류탱크, 전원계통 등), 소방펌프, 물처리실, 공

기압축기 시설 등 포함

⑤ 장비수리실 및 종합창고(Machine Shop & Ware House) : 처분시설 운영에 필요한 물품을 보관하고 저장하는 시설과 운영에 필요한 각종 장비의 보수와 수리를 위한 시설

⑥ 차고(Garage) : 처분부지 내에서 사용하는 운반기구(트레일러, 지게차, 크레인 일반차량 등 취급 장비 및 운반차량)에 대한 예방정비와 보수작업을 위한 시설

⑦ 전기공급시설건물(Substation Building) : 처분장 부지 내 소요전력을 공급하는 시설

⑧ 경비실(Guard House) : 제한구역에 출입하는 사람과 차량 등을 통제하는 기능과 처분시설의 물리적 방호를 위한 보안기능을 하는 시설

⑨ 폐수처리건물(Waste Water Treatment Building) : 각 시설물에서 배출되는 오폐수를 처리하기 위한 시설

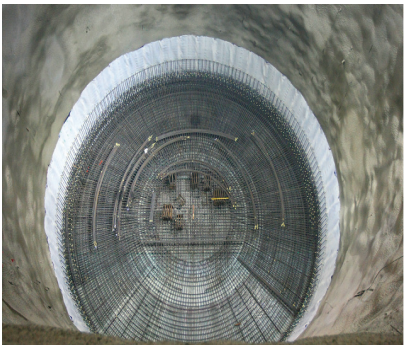
〈그림 3-18〉 지상지원시설 전경

(3) 지하시설공사

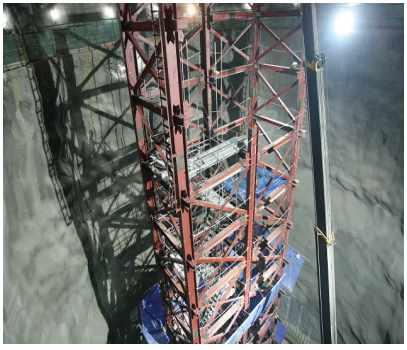
방사성폐기물을 처분하는 사일로 6기는 지하 80m~130m에 위치하며 높이 50m, 상부직경 27.3m, 하부직경 23.6m이다. 진입동굴은 폭 7.2m, 높이 6.5m로써 건설동굴은 총연장 1,950m, 운영동굴은 총연장 1,415m이다. 하역동굴은 폭 9.5m, 높이 9.5m이다. 동굴설비건물은 원통형 수직출입구로써 높이 207m, 직경 9m이다.

지하시설물의 핵심인 사일로는 2011년 2월 굴착을 착수하여 1호기는 2012년 9월 굴착완료 되고, 2012년 9월 바디라이닝에 착수하여 2013년 11월 23일에 라이닝 및 축조를 완료 하였다. 2호기는 2012년 6월 굴착완료 되고, 2012년 6월 바디라이닝에 착수하여 2013년 10월 26일에 라이닝 및 축조를 완료 하였다. 3호기는 2012년 2월 굴착완료 되고, 2012년 2월 바디라이닝에 착수하여 2013년 8월 26일에 라이닝 및 축조를 완료 하였다. 4호기는 2012년 3월 굴착완료하고 2012년 3월 바디라이닝에 착수하여 2013년 8월 9일에 라이닝 및 축조를 완료 하였다. 5호기는 2012년 2월 굴착완료하고 2012년 2월 바디라이닝에 착수하여 2013년 10월 31일에 라이닝 및 축조를 완료하였다. 6호기는 2012년 2월 굴착완료하고 2012년 2월 바디라이닝에 착수하여 2013년 10월 12일에 라이닝 및 축조를 완료하였다.

사일로(#1) 굴착완료



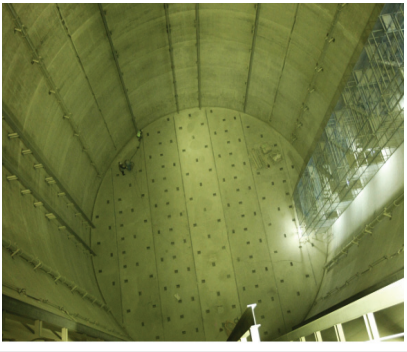
사일로(#2) 바닥 철근조립



사일로(#3) 클라이밍 타워설치

사일로(#4) 바디 철근조립 작업

사일로(#5) 바디 라이닝폼 작업



사일로(#6) 축조 완료

〈그림 3-19〉 사일로(6기) 주요 건설 현장

2007년 9월 진입동굴공사를 착수하여 2008년 6월 터널입구 및 공사용 진입로를 설치하였고 본격적인 굴착은 2008년 8월부터 시작하였다.

건설동굴은 2008년 8월 굴착에 착수하여 2012년 3월에 굴착이 완료되었고 2014년 2월 20일 라이닝 작업(동굴 굴착표면을 철근콘크리트 구조물로 보강하는 것)을 완료하였다.

운영동굴은 2011년 1월 굴착이 완료되었고 라이닝작업은 2013년 12월 13일 완료되었다.

〈그림 3-20〉 운영동굴

〈그림 3-21〉 건설동굴

동굴설비건물은 수직출입구가 2008년 8월에 착수하여 2011년 4월에 굴착을 완료하고 라이닝작업을 2012년 2월에 완료하였으며 수직구 상층부 건물인 동굴설비 건물은 2014년 완료하고 경주시로부터 건축허가를 취득할 예정이다.

운영 및 건설동굴과 사일로를 연결하는 하역동굴은 2010년 9월에 굴착을 착수하여 2011년 10월 19일 굴착이 완료되었으며 2012년 1월 라이닝 작업을 시작하여 2014년 1월 24일 완료되었다.

〈그림 3-22〉 동굴설비건물

〈그림 3-23〉 하역동굴

(4) 국도 31호선 이설공사

국도31호선 봉길리 구간의 노선이 방폐장 부지 중심부를 통과하게 되어 있어 설비운영에 막대한 차질이 예상됨에 따라 노선변경이 불가피하게 되었다. 여러 가지 방안이 논의되었지만 봉길리 주민들의 생활편의를 위해 최종적으로 방폐장 외곽 경계선을 따라 터널을 신설하는 방향으로 결정되었다.

이설된 국도31호선은 총연장 3.5km(본선터널 : 2.43km, 일반도로 : 1.07km)이다. 사갱터널 1.24km(시점부 : 0.81km, 종점부 : 0.43km)가 포함되어 있으며 길이 17m의 봉길교도 신설되었다. 2007년 12월 임시 공사용 진입도로 개설, 2008년 3월 종점부(봉길리) 터널부분 사면보강 및 2008년 10월 시점부(나산리) 법면 절취를 시작으로 2010년 3월 피난갱 굴착을 완료하였다. 이어 2010년 8월 본선 굴착을 완료하고 터널보강을 위한 콘크리트 라이닝작업과 터널관리를 위해 종점부에 관리사무소가 완공되었으며 2012년 9월 27일에 준공식을 하였고 정부(부산국토관리청)에 이관하였다. 이로써 경주 방폐장 주변지역의

교통안전 향상 및 원활한 교통망 확보로 주변지역주민들의 생활 편의를 도모하였다.

국도31호선 시점부

국도31호선 종점부

〈그림 3-24〉 신설 국도31호선 전경

(5) 운송선박 제작 및 운항

방폐물을 전문적으로 운송하는 2,600톤급 선박으로 한반도 연근해에서 특수한 환경에서 발생할 수 있는 격랑에 충분히 견딜 수 있도록 이중 선체로 제작되었다. 구체적인 사양은 전장 78.6m, 선폭 15.8m, 깊이 7.3m, 1,300마력 2기의 디젤기관으로 구성되어 있고, 운반용기 1,520드럼(200리터 기준), 약 950톤의 화물을 적재할 수 있으며 약 12노트의 속력으로 항해할 수 있다.

2008년 6월 착공식(Steel Cutting)에 이어 2008년 8월 기공식(Keel Laying), 그리고 2008년 12월 진수식(Launching)에 이르기까지 빈틈없이 수행함으로써 국내기술진의 우수성을 대내·외에 알리는 계기가 되었다.

방폐물 운송에 앞서 2010년 11월 16일부터 17일까지 2일간 울진원자력본부(現 한울원자력본부)에서 월성원자력본부까지 시범운항을

실시한데 이어 2010년 12월 24일 중·저준위방폐물의 역사적인 첫 해상운송을 성공적으로 수행하였다.

〈그림 3-25〉 청정누리호

(6) 환경친화단지 건설

공단은 방폐장 지역을 환경친화적으로 개발하여 건강한 생태계를 보전하고, 관광요소를 개발하여 지역경제를 활성화시키기 위해 테마공원 시설을 조성하고 있다. 이러한 목적으로 조성하는 시설을 환경친화단지라고 한다.

환경친화단지는 방문자들이 자유롭게 즐길 수 있는 공간이다.

"빛이 자연으로 돌아가는 환경친화단지"를 주제로 하여 빛의 다양한 성질을 이용한 시설물과 코라디움(방문객센터), 맞이공간, 레저문화공간으로 구성되어 있다.

환경친화단지는 2010년 5월 설계를 완료하고 동년 8월 조성공사에 착수하였다. 총면적은 약 50만㎡이며, 주요시설물은 코라디움, 테마광장, 인조잔디구장 등이다. 전망대는 연면적 140㎡로써 지상 2층 건

물로 2012년 3월에 완공되었다. 인조잔디구장은 축구장, 육상트랙 등으로 구성되며 2012년 12월에 완공되었다. 코라디움은 연면적 1,895㎡로 지상 2층의 건물이며 2013년 9월 11일 경주시로부터 건축물 (임시)사용승인을 취득하였고 2014년 9월 3일 건축물사용승인을 취득하여 완공되었다. 환경친화단지 준공을 통해 관광객 유도 및 지역경제 활성화로 지역사회와 동반성장을 위한 기반을 조성하고 방폐장에 대한 새로운 이미지를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

〈그림 3-26〉 환경친화단지 조감도

라. 건설관리 회의체 운영

(1) 사업추진회의(PRM)

방폐장 건설 중 주요사업분야별 추진현황 및 종합평가, 인허가 및 설계 등 현안사항 협의를 위해 실시하는 회의체로써 종합설계사, 시공사,

기자재 공급사 등 주요계약사가 참여하며 2007년 6월 27일 제1차 회의를 하였으며 2008년 8월 21일 제4차 회의를 개최하였다. 2009년도에는 주로 월간사업추진회의를 통해 사업관련 현안사항을 협의하였다. 그 이후에는 주로 주간공정회의를 통해 사업 관련 현안 사항을 협의하였다.

(2) 월간 사업추진회의(PM)

주요 공정별 분야별 사업추진실적 및 주요 수행업무를 점검하고 후속조치사항 도출 및 조치현황을 파악하기 위해 사업관리책임자 주관으로 회의체를 운영하였다. 2006년 1월 17일 제1차 회의를 시작으로 2009년 8월 28일까지 제37차 회의를 개최하였다.

이후 공단과 한수원(주)간 사업이관을 위한 회의체 운영 및 건설인수반 활동이 월간사업추진회의 역할 및 기능을 2009년 말까지 대신하였으며, 그 이후에는 회의체 운영의 효율성 제고를 위해 주간공정회의를 통해 사업 관련 현안 사항을 심층 협의하였다.

(3) 동굴공사 설계 및 시공관련회의

지상지원시설공사가 상당부분 진척된 2010년 초에는 지하시설공사에 사업역량을 집중하고 특히 안전성 논란이 있었던 사일로 부분에 대한 최적 설계 및 지하시설공사 공정촉진 방안에 대한 집중적인 검토가 필요하게 되었다.

이에 따라 2010년 2월 11일 공단을 비롯하여 종합설계사, 시공사, 감리단 등이 참석한 동굴공사 설계 및 시공관련회의를 발족하고 이후 격주단위로 개최하였다. 2011년 8월 11일까지 42번의 회의를 통해 안전성검증조사단의 권고사항에 대한 조치들을 협의·이행하였으며 국

내·외 기술자문을 거쳐 방폐장 지질에 적합한 맞춤형 사일로 상세설계를 수행하였다. 이후, 동굴공사의 설계 및 시공관련에 대한 협의는 주간공정회의를 통해 수행하고 있다.

(4) 주간공정회의

주간 시공공정 문제점 분석 및 해결방안 수립, 공정지연 예방대책 수립, 후속조치사항 도출 및 조치현황 등을 파악하기 위해 주 1회 개최하였다. 2006년 8월 4일 제1차 회의를 시작으로 2014년 6월 25일 제317차 회의에 이르기까지 주간공정회의를 통해 현장의 각종 문제점을 해결하였고 관련사간 긴밀한 협조체제를 유지하였다.

마. 환경 및 안전관리

공단은 "방사성폐기물의 안전하고 효율적인 관리로 국민생활의 안전과 환경보전에 이바지"한다는 가치 아래 방폐장 건설사업의 목표를 "안전하고 친환경적인 건설"로 설정하고 환경 및 안전관리 활동을 활발하게 전개하였다.

보다 체계적인 업무수행을 위해 국제표준화기구의 환경경영시스템을 도입하였다. 이에 2011년 7월 한국생산성 본부로부터 환경경영시스템 인증(ISO 14001)을 취득하고 관련 업무에 적용하여 대내외 신뢰도를 제고하였다.

또한 1단계건설사업 및 국도 31호선 이설사업 사후환경영향조사를 2008년 2월부터 개시하였으며 준공 후 5년간 수행될 예정이다. 현장 환경관리 활동도 환경경영시스템 운영 및 현장 환경점검을 주기적으로 실시하고 있으며, 환경영향평가 협의내용 이행사항 확인 및 협의내

용 관리대장을 비치하여 관리하고 있다.

그밖에 대외기관 현장점검 및 단체 현장확인으로는 대구지방환경청 비점오염원 관리현황 수검, 경주시청 임목폐기물 관련 재선충병 확산 예방 지도점검을 비롯하여 환경운동연합 단체 등으로부터 수차에 걸쳐 실시한 바 있으나 철저한 현장관리로 지적사항이 없었다. 한국산업안전보건공단의 서비스업사업장에 대한 안전보건컨설팅 및 평가를 통해 공단의 안전관리 수준향상을 위해 노력하였다.

철저한 안전관리를 위해 매년 초 안전관리기본계획을 수립·시행하고 있으며 해빙기, 하절기, 동절기 등 계절에 따른 건설현장 안전관리에도 만전을 기하고 있다. 공단은 2010년 1월 1일 한수원(주)으로부터 방폐장 건설사업을 인수한 이래 현장 안전관리에 최선을 다하고 있다.

이와 함께 안전보건관리책임자, 안전관리자, 관리감독자 등 법정 안전관리담당자를 선임하여 현장 안전관리체계를 정립하고 공단 경영진 현장점검, 노사간담회 및 시공사 합동 안전간담회 개최 등을 통해 안전활동에 대한 연대를 강화하고 안전의식 고취에 최선을 다하고 있다.

4. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 2단계 건설사업

가. 설계개요 및 공정률

(1) 설계개요

현재 완공된 1단계 처분시설과 마찬가지로 2단계 처분시설도 원전과 비교시 계통과 시설이 매우 단순함에도 불구하고 제도적 관리기간 동안 인간과 환경에 대한 안전성이 유지되어야 하는 요구를 충족시켜

야 하며, 방사성폐기물이 영구 처분됨에 따라 처분시설이 폐쇄 된 후에라도 방사능에 대한 위험이 현세대뿐만 아니라 후세대에서도 허용 가능한 수준임을 건설단계에서 입증해야 한다.

이를 위해 설계초기 단계부터 부지조사, 평가 및 분석 등을 철저히 수행하였고 국내 인허가 요건, 국외 인허가 요건과 기술기준 등을 참조하여 건전성과 안전성이 확보되도록 설계를 수행하고 있다.

2단계 처분시설은 20개의 처분고가 있으며 표고 107m 지역에 위치한다. 또한 12.5만 드럼(200리터 기준) 규모로 표층처분방식을 적용하고 있으며 향후 12.5만 드럼을 추가로 처분하여 총 25만 드럼 처분이 가능하도록 부지를 정지 할 예정이다.

2단계 처분시설에서 중요하게 고려되는 사항은 처분고에 처분되는 방사성폐기물의 방사성핵종이 처분고 아래로 누출되어 지하수를 따라 확산되지 않도록 차단하는 것이다. 또한 처분고 구조물 및 환경에 대한 상시 및 주기적 감시를 통해 처분시설과 처분구조물의 건전성을 확보함으로써 어떠한 위해상황 하에서도 시설로부터 유출되는 방사성물질을 최대한 억제하여 방사성피폭으로 인한 영향을 최소화 해야 한다.

2단계 처분시설은 처분시설, 부대설비, 공용시설로 크게 이루어진다. 처분시설은 처분고(20개), 지하점검로, 이동형크레인(3조), 배수계통으로 구성되며 배수계통은 배수로, 침투수 저장탱크 등으로 구성된다. 부대설비는 전기공급건물, 크레인 정비고, 경비실 등 운영지원 건물 4동으로 구성된다. 공용시설은 1단계 처분시설과 공용으로 사용하는 건물로 1단계 지상지원 시설인 인수검사시설, 저장시설, 용수폐수처리, 계측/감시계통 등으로 구성된다.

〈그림 3-27〉 2단계 처분시설 조감도

(2) 설계기준

설계 적용기준은 2012.12.31 기준 유효한 국내 및 외국(미국 및 참조시설 국가)의 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준을 적용하되 공업규격 및 표준은 국내기술기준으로 개발된 전력사업기술기준(KEPIC) 2000년판의 우선 적용을 원칙으로 하며, 1단계 처분시설 건설에서 적용된 과기부 고시 제2005-04호에 명시된 지침 및 제한사항을 준수하고, 이의 적용에 문제가 있을 경우 KEPIC 제정에 참조한 기술기준을 적용토록 하였다.

또한 법규, 규제지침, 공업규격 및 표준 적용이 보다 우수한 설계로서 경제성이 있고 국내·외 인허가 요건을 만족시키는 것으로 판단되는 경우 그 내용을 적용할 수 있도록 한다.

나. 건설일정 및 공정률

(1) 건설일정

2011년 11월 2단계 처분시설 건설사업 시행계획을 수립하여 2013년 7월 기본설계를 완료 하였고 2014년 5월부터 종합설계를 본격적으로 수행 하고 있다. 2015년 9월 전원개발사업실시계획 신청, 12월 건설·운영허가 신청을 할 계획이며 2019년 준공 예정이다.

〈표 3-30〉 2단계 처분시설 건설일정

주공정(Milestone)	계 획	실 적	비 고
2단계 건설사업 시행계획 수립	2011.11	2011.11	
부지특성조사 착수	2012. 1	2012. 1	
기본설계 완료	2013. 7	2013. 7	
종합설계 착수	2014. 5	2014. 5	
환경영향평가서 공청회 개최	2015. 7	-	
전원개발사업 실시계획 승인 신청	2015. 9	-	
건설운영허가 신청	2015.12	-	
부지정지공사 착수	2016. 7	-	
주설비공사 착공	2017. 9	-	
공사완료 및 준공	2019.12	-	

(2) 종합공정률

종합공정률 운영계획은 2015년 관리기준공정표 발행 후 수립 예정이다.

다. 사업관리 회의체 운영

2단계 처분시설 건설사업에 대한 사업추진실적 및 주요수행업무를

점검하고 후속조치사항 도출, 조치현황 파악 등을 위해 사업관리책임자 주관으로 공단, 종합설계사 등이 참여한 사업추진회의(PM회의)를 필요시 운영하고 있다. 2014년 7월 21일 1차 회의를 시작으로 2014년 9월 30일 3차 회의까지 개최하였으며 2015년부터는 본격적인 사업 추진을 위해 정례화 할 예정이다.

제7절 사용후핵연료 공론화

한국원자력환경공단 사용후연료정책팀장 이재학

1. 공론화 추진배경

1978년 고리원자력발전소 1호기가 가동되고 병원, 산업체, 연구기관 등 방사성동위원소 이용기관이 늘어나면서 방사성폐기물 발생량도 급속히 증가되어 이에 대한 안전관리 대책이 큰 문제로 대두되었다. 이에 따라 정부는 대책위원회를 구성하여 방폐물관리 기본원칙을 마련하는 등 대책마련에 나섰다.

정부는 중·저준위폐기물 영구처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 동일 부지에 건설한다는 방침 하에 1986년부터 부지확보 사업을 추진하기 시작했다. 그러나 당시는 지금과는 달리 홍보나 국민이해(Public Acceptance)에 대한 개념조차 없던 시기로서 해당 후보지역과 아무런 사전협의 없이 부지조사를 시작하면서 지역의 커다란 반발을 불러일으키는 상황을 초래했다. 이후 1990년 안면도 사태와 1994년 굴업도 사태를 겪었고, 이어 2003년에는 아직까지도 상처가 아물

지 않을 정도의 심각한 부안사태를 겪어야만 했다.

정부는 2004년 12월 제253차 원자력위원회에서 중·저준위폐기물 처분장과 사용후핵연료 중간저장시설 부지를 분리하여 추진하기로 결정하고 우선 시급한 중·저준위폐기물 처분장 부지확보에 나서기로 결정했다. 사용후핵연료에 대해서는 국가 정책방향 및 국내·외의 기술개발 추이 등을 감안하여 중장기적으로 검토하여 국민적 공감대하에서 추진하는 것으로 결정했다.

2005년 11월 주민투표를 통해 경주시 양북면 봉길리 일대를 중·저준위폐기물 처분장 부지로 선정하는데 성공한 정부는 남겨진 숙제인 사용후핵연료 관리대책을 마련하기 위한 공론화 준비에 나섰다.

2. 공론화 준비과정

정부는 2007년 4월 대통령을 위원장으로 하는 국가에너지위원회 산하에 갈등관리전문위원회와 사용후핵연료 공론화 태스크포스(TF)를 설치하여 1년 동안 운영하면서 공론화의 기본개념과 추진방향 검토, 해외사례 조사 등 공론화를 추진하기 위한 준비 작업에 나섰다. 공론화 TF에는 과학기술, 인문사회, 환경단체, 원자력산업계 등 전문가 13명이 참여하여 우리나라의 상황을 고려한 공론화의 비전과 원칙, 공론화의 대상과 방법론 등 1여년 간의 논의 결과를 정리하여 2008년 4월 정부에 '사용후핵연료 공론화를 위한 권고보고서'를 제출하였다.

공론화 TF는 이 보고서를 통해 사용후핵연료 공론화의 기본원칙(PRESIDENT-rule)으로 민주성(Participation), 책임성(Responsibility),

도덕성(Ethic), 진정성(Sincerity), 독립성(Independence), 숙의성(DEliberation), 회귀성(Non-linearness), 투명성(Transparency)을 제시하고 전문성과 특수성 그리고 우리나라의 사회·문화 및 정치·외교적 상황을 고려하여 공론화가 추진되어야 한다고 권고했다.

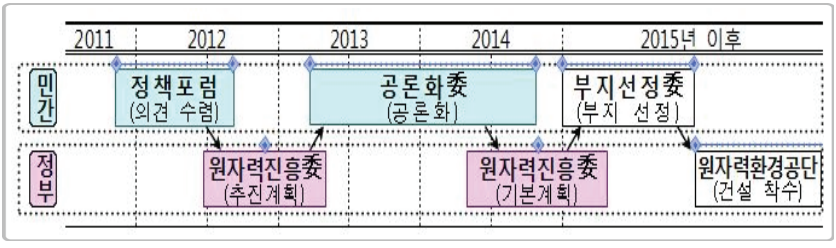
정부는 이 권고보고서를 토대로 2009년도 하반기부터 본격적인 사용후핵연료 공론화를 추진할 계획이었으나, 공론화에 앞서 공론화의 법적 토대를 마련하고 전문가 그룹 중심의 사용후핵연료 관리대안에 대한 심층 검토가 우선 선행되어야 한다는 각계의 의견을 받아들여 공론화 추진 방침을 변경하였다.

정부는 먼저 공론화 추진의 법적 근거를 마련하기 위해 2009년 12월 방사성폐기물관리법을 개정하였으며, 이어 사용후핵연료 관리대안에 대한 심층 검토를 위해 2009년 12월부터 약 21개월간 원자력 및 방사성폐기물 분야 전문가들이 참여하는 연구용역을 수행하였다. 정부는 이 용역을 통해 원전의 사용후핵연료 임시저장시설의 포화시점 검증, 국내·외 사용후핵연료 관리정책 및 기술개발 현황 분석, 국내 사용후핵연료의 단기, 중기, 장기 관리대안 등을 검토하였다.

이어 정부는 이 용역에서 도출된 사용후핵연료 관리대안에 대한 검증과 향후 공론화 추진 방안에 대한 각계의 의견을 수렴하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 8월까지 원전지역 대표, 인문사회 및 과학기술계 전문가, 시민사회단체 등 총 23명의 이해관계자들이 참여하는 「사용후핵연료 정책포럼」을 구성·운영하였다. 정책포럼은 10개월에 걸친 활동결과를 '사용후핵연료 관리정책 수립과 공론화를 위한 권고보고서'에 담아 정부에 제출하였다. 정책포럼은 이 권고보고서를 통해

2024년 이전까지 사용후핵연료 중간저장시설 마련, 공론화위원회 구성, 공론화 논의대상 등 공론화 추진방안 등을 제시하고, 사용후핵연료 관리방안에 대한 국민의견 수렴을 위해 조속히 공론화를 추진할 것을 권고하였다.

정부는 2012년 11월 국무총리 주재로 제2차 원자력진흥위원회를 개최하여 2013년 상반기에 정부로부터 독립된 민간자문기구인 공론화위원회를 구성하여 공론화를 본격 추진하도록 하는 내용의 「사용후핵연료 관리대책 추진계획(안)」을 의결하였다. 동 추진계획은 향후 사용후핵연료 관리대책을 수립할 때에는 무엇보다 안전성을 최우선적으로 고려하고, 사용후핵연료 관리대안은 중·단기 및 장기 관리대책으로 구분하여 순차적으로 수립하며, 지역주민과 미래세대가 감수해야 하는 사회적 부담에 대해서는 국민이 공감할 수 있는 수준에서 지원대책을 마련해야 한다는 관리대책 수립방향을 제시하였다.



〈그림 3-27〉 사용후핵연료 관리대책 추진계획(안)

3. 공론화위원회 출범

정부는 2013년에 들어서면서 공론화위원회를 출범시키기 위한 준비에 본격 착수하였다. 먼저 공론화위원회 구성과 공론화 추진 방향에

대한 각계의 다양한 의견을 수렴하기 위해 원자력계와 인문사회계, 정치권, 원전지역 및 시민사회단체 등 다양한 이해관계자를 대상으로 50여 차례에 걸쳐 설명회와 토론회, 간담회 등을 개최하였다. 이후 정부는 민간 중심의 공론화위원 추천위원회를 통해 인문사회 및 기술공학 분야 위원 7명을 공론화위원으로 선정하였으며, 5개 원전소재지역 지방자치단체의 추천을 거쳐 원전지역을 대표하는 5명의 위원을 선정하였고, 시민사회단체의 추천을 받아 시민사회단체를 대표하는 3명의 위원을 선정하여 총 15명의 위원으로 2013년 10월 30일 공론화위원회를 공식 출범하였다. 그러나 안타깝게도 공론화위원회 출범 당일 환경단체 대표 2명이 불참을 선언하면서 공론화위원회는 나머지 13명의 위원으로 운영되었다.

공론화위원회는 산업통상자원부 장관이 사용후핵연료 관리정책을 수립하는 과정에서 국민의 의견을 수렴하기 위해 설치한 민간 자문기구이다. 공론화위원회의 역할은 정부로부터 독립적인 위치에서 사용후핵연료 관리에 관한 일반시민, 이해관계인 또는 전문가 등으로부터 광범위한 의견을 수렴하고 그 결과를 정부에 권고하는 것이다.

한편, 정부는 원전소재지역의 의견을 효과적으로 수렴하기 위하여 각 지방자치단체별로 2명씩의 위원을 추천받아 총 10명으로 구성된 원전소재지역 특별위원회를 운영하였으며, 이중 5명은 공론화위원을 겸하였다.

〈그림 3-28〉 사용후핵연료 공론화위원회 및 원전소재지역특별위원회 출범식 장면

정부는 2013년 11월 18일에 사용후핵연료 공론화위원회의 설치 및 지원에 관한 고시(산업통상자원부 고시 제2013-163호)를 제정·고시하였으며, 공론화위원회의 활동을 행정적·재정적으로 지원하기 위해 한국원자력환경공단 내에 원자력 유관기관 관계자 30여명으로 구성된 공론화지원단을 임시기구로 설치('13.11.29)하였다.

4. 공론화위원회 활동실적

공론화위원회는 공론화 1단계로 정기회의 및 간담회 등을 거쳐 공론화를 체계적이고 효율적으로 실행하기 위해 '사용후핵연료 공론화 실행계획'을 수립하였으며, 2014년 1월 29일 동 계획을 산업통상자원부에 제출하였다. 공론화위원회는 동 실행계획을 통해 공론화의 목적을 '국민을 안전하게 보호하고 국민이 공감할 수 있는 사용후핵연료 관리

방안 마련'으로 규정하였으며, 공론화의 기본원칙으로 책임성, 투명성, 숙의성, 통합성, 회귀성 등 5가지 원칙을 제시하였다.

공론화위원회는 본격적인 공론화 단계로 실행계획에 따라 국민, 전문가, 이해관계자, 원전소재지역주민 등의 참여와 의견수렴을 위해 여론조사, 공론조사, 타운홀 미팅, 설명회 및 토론회 등 다양한 의견수렴 프로그램을 시행하였다. 특히 일반국민들이 자유롭게 참여하여 의견을 개진할 수 있도록 '온라인 의견수렴센터'를 운영하였고, 미래세대인 대학생들의 의견 수렴을 위해 5개 광역도시[2]를 순회하며 '지역별 대학생 토론회'를, 소비자 의견수렴을 위한 '소비자단체대상 라운드테이블(8회)'을 개최하였다. 또한, 공론화의 투명성 제고를 위해 공론화위원회 회의록 등 공론화 자료를 위원회 홈페이지와 소셜네트워크를 활용하여 공개하였으며, 사용후핵연료 공론화에 대한 대국민 이해도를 향상시키기 위해 KTX 및 지하철, 옥외 전광판 광고 등을 활용한 국민 밀착형 홍보를 시행하였다. 그리고 공론화위원회는 공론화 추진에 대한 정부의 관심 확대를 위해 국무조정실 주관으로 산업통상자원부, 미래창조과학부, 안전행정부 등 6개 부처가 참여하는 범부처협의체와 연석회의를 3회 개최하였고 원전지역주민의 공론화 참여 독려를 위해 원전소재지역 특별위원회와의 연석회의를 2회 개최하였다.

2014년 11월 18일, 공론화위원회는 이러한 공론화 과정을 통해 도출된 의견을 토대로 영구처분과 처분 전 저장 계획, 지역지원방안 및 관리단계별 책임 주체 등 사용후핵연료 관리정책에 포함되어야 할 '사용후핵연료 관리를 위한 의제'를 발표하고 정부에 제출하였다. 그러나

2) 서울, 부산, 광주, 대구, 대전

세월호 사고와 6.4 지방선거 등의 사회·정치적 여건 등으로 공론화가 충분하게 진행되지 않았다는 우려가 언론 및 시민사회단체로부터 제기됨에 따라, 공론화위원회는 국민, 원전소재지역 주민 및 시민환경단체의 추가적인 의견수렴과 숙의적인 공론화를 위해 공론화 기간을 2015년 6월말까지 6개월 연장하였다. 그리고 2014년 12월 17일, 원전소재지역특별위원회는 영광군을 제외한 4개 원전지역별로 전문기관[3]을 선정하여 본격적으로 원전소재지역 주민의 의견을 수렴하기 위해 공론화를 시행하였다.

2014년말기준으로 공론화위원회 활동실적을 정리하면 주요단체 대상 간담회 16회, 공개 토론회 26회, 대국민인식도 조사 2회 등에 약 10,000여명 이상의 국민과 이해관계자들이 공론화에 참여하였다.

〈그림 3-29〉 2014년 6월 17일에 개최된 제1차 사용후핵연료 공론화 토론회 장면

3) (경주시) 동국대학교 경주캠퍼스 산학협력단, (기장군) 부경대 산학협력단, (울주군) 울산발전연구원, (울진군) 엘케이경영연구원

〈그림 3-30〉 2014년 8월 20일에 개최된 제4차 사용후핵연료 공론화 대학생 토론회 장면

〈그림 3-31〉 2014년 9월 12일에 개최된 제3차 공론화위원회-범부처협의체 연석회의 장면

5. 해외 사용후핵연료 공론화 사례

해외에서도 사용후핵연료 또는 사용후핵연료를 재처리하는 과정에서 발생되는 고준위폐기물을 어떻게 관리할 것인가에 관한 문제로 많은 고민을 하고 있고, 몇몇 국가들은 이러한 문제를 국민의 의견수렴을 통해 해결하고자 공론화를 추진한 사례가 있다. 대표적인 나라로는 영국과 캐나다, 프랑스, 그리고 미국을 들 수 있다. 이들 나라들의 공론화 추진 배경과 절차, 그리고 주요내용을 요약하여 정리하면 다음과 같다[4].

가. 영국

○ **추진배경**

- 1970~1990년 중준위 이상되는 방사성폐기물 처분장 건설이 지방정부 및 주민 등의 반대로 취소
- 1999년 의회에서 의사결정과정에 대중을 참여시킬 메커니즘의 필요성을 정부에 권고
- 2003년 정부에서 사회적 공론화 추진방안 제시

○ **추진주체**

- CoRWM[5](Committee on Radioactive Waste Management)

4) 산업통상자원부에서 발간한 「사용후핵연료 핸드북」(2013.10.)에서 인용

5) CoRWM : '03년 11월 설립(근거 : 정부보고서(MRWS))하여, 공론화 기획·수행, 방폐물관리 대안검토 및 정부에 권고하는 임무를 가짐. 위원장(경제학자, 에너지분야 전문가), 위원 12명(대부분 교수, 일부 NGO 포함, 여성 4명)으로 구성되었고, 위원 선발은 분야별, 지역별, 성별 형평성 고려, 언론 공개모집 후 정부가 결정하였음

○ **단계별 공론화 내용**

- 1단계 : 사전 준비('03.10 ~ '04.9)
  - 폐기물량 조사, 처리·처분 옵션(15개) 확인 및 옵션 선택기준 마련
- 2단계 : 대안 선택을 위한 논의('04.10 ~ '05.5)
  - 대중의견 수렴을 통한 실현가능 옵션(4개) 마련 및 옵션 평가 방법 설계
- 3단계 : 원전폐기물 관리에 대한 종합평가('05.6 ~ '06.5)
  - 가중치 부여 및 대중의견 수렴 후 최종 옵션 선택
- 정부 보고('06.6 ~ '06.9)
  - 정책권고안 작성 및 의견 수렴 후 정부 보고

○ **공론화 활동내용**

- (위원회 회의) 위원회 회의(37회) 및 실무그룹 회의(69회) 개최
- (이해관계자 참여) 중앙단위 이해관계자 포럼(4회), 원자력부지 이해관계자 회의, 전문가 워크샵(9회) 개최
- (대중참여) 시민패널, 학생의견수렴, 논의그룹, 열린미팅(원자력부지), 토론가이드 등 수행, 인터넷 등을 통한 여론수렴 등

○ **공론화 결과**

- 심지층처분이 가장 우수한 최종관리방안이며, 중간저장이 장기관리전략에 포함되는 것이 바람직하다는 기본방침 제시

나. 캐나다

○ **추진배경**

- 독립적인 위원회에서 캐나다원자력공사(AECL)가 10년간('89~'98) 연구수행 결과로 제안한 심지층처분 방식을 검토
  - (검토결과) 심지층처분방식이 기술성, 안전성 측면에서는 타당한 대안이지만 사회적으로 쉽게 수용 가능한 대안은 아니라고 결론
- 이에 캐나다 정부는 동 문제점 해결을 위해 2002년 11월 폐기물법(Nuclear Fuel Waste Act)을 제정하고 방폐물관리기구(NWMO[6])) 설립

○ **추진주체**

- 방폐물관리기구(NWMO)가 3년간 공론화 수행
  - NWMO 내의 독립기구인 자문위원회[7])가 공론화 자문 및 감시

○ **공론화 근거** : NFWA 제12조 7항 Consultation

○ **단계별 공론화 내용**

- 1단계 : 일반 대중의 기대치 확인('02.10 ~ '03.3)
  - 토착민 단체, 발전소 근로자 및 지역주민, 환경단체, 산업계 전문가, 종교단체, 정부기관, 의회 등의 관계자 50여명과 대

6) NWMO : Nuclear Waste Management Organization

7) NWMO 자문위원회 : 설치근거는 Nuclear Fuel Waste Act임. 임무는 NWMO가 검토하는 사용후핵연료 관리방안에 대한 코멘트, 공론화 과정의 적정성, 투명성 모니터링 및 대중의견 반영여부 확인임. 위원장(교수, 전직장관), 위원 9명(교수, 의사, 환경운동가 등)으로 구성됨.

면토론을 통해 서로의 관심사항 확인

- 2단계 : 근본적인 사안의 탐구('03.4 ~ '04.3)
  - 캐나다인의 가치와 우선순위를 반영하는 평가분석 Tool 개발
  - 국민설문조사(1,900명 대상, '03.4 ~ 5) 실시
  - 국민 대면토론 및 설문조사 내용을 바탕으로 한 보고서 발간
- 3단계 : 관리 접근법에 대한 평가('04.4 ~ '05.3)
  - 다양한 이해관계자가 심층 검토작업에 참여, 연구 초안 작성
- 4단계 : 보고서 최종 마무리('05.4 ~ '05.9)
  - 천연자원부 장관에게 공식적 연구 및 권고사항 보고서 제출 ('05.11)

○ **주요 공론화 활동**

- (이해관계자 참여) 각 분야 시민대표들과 간담회, 토론워크숍, 원전주민 대화 등
- (대중 참여) 대중입장 조사, 대중요청 워크숍, 정치대표자 브리핑, 인터넷 활용 : 메일과 NWMO 웹사이트를 통한 의견 수렴

○ **공론화 결과**

- 기존 3가지 대안을 종합한 상호보완적이고 유연성 있는 "적응형 단계별 접근에 의한 심지층 처분방식(APM : Adaptive Phased Management)"을 제시
  - 기존 3가지 대안 : 1)심지층처분, 2)발전소내 중간저장(50년), 3)중앙집중식 중간저장(100~300년)

- APM 방식 : 발전소내 저장(30년) → 중앙집중식 중간저장(30년) → 심지층처분 절차로 추진

다. 프랑스

○ **추진배경**

- 1979년 CEA 산하단체로 ANDRA[8] 설립
- 1991년 부지선정 시 주민의견을 묻는 방법을 제안하여 '고준위폐기물연구법' 제정
- 2006년, 고준위폐기물연구법에 의해 15년간 연구 수행한 결과를 제출하여 개정된 '고준위폐기물관리법' 제정
  - (내용) 중간저장시설을 2015년까지 건설 및 회수 가능한 지층처분장 추진일정 제시(2025년 운영 예정)

○ **추진 주체** : CNDP(Commission National du Dèbat Public)

○ **단계별 공론화 내용**

- CNDP에 공공토론 접수('05.2)
- 준비 단계('05.3~'05.8)
  - 공론화토론조직위원회(CPDP) 구성, 주제 선정 및 토론회 일정 구성, 관련 자료 수집 정리, 홍보자료 등 준비 배포
- 공공토론 실시('05.9~'06.1)
- 공공토론 보고서 및 종합평가서 작성
- 후속사업 진행법안 의회 통과('06.6)

8) 1991년 12월 30일 법에 의하여 CEA 산하에서 벗어나 공기업으로 분리

○ **공론화 결과**

- 2006.6.15 : 후속사업 진행 법안 의회 통과
  - 장수명 핵종분리 및 소멸처리로 2020년 원형설비(Prototype) 운영
  - 표층처분이 불가능한 모든 폐기물은 심층처분
  - 2025년 처분장 운영

라. 미국

○ **추진배경**

- 원전 104기가 가동되면서 연간 약 2,000톤의 사용후핵연료가 발생되고 있으며, 지금까지 약 67,600톤이 누적 발생(2011년 기준)
- 1982년 원자력폐기물정책법(NWPA)을 제정하여 고준위방사성 폐기물 처분 결정
- 1987년 개정 원자력폐기물정책법(NWPAA)에 따라 네바다 주의 유카마운틴(Yucca Mountain)을 처분장 부지로 선정
- 2008년 6월 원자력규제위원회(NRC)에 영구처분장 건설허가 신청
- 2009년 오바마 정부 출범 후 에너지부(DOE) 장관이 유카마운틴 프로젝트 백지화 방침 발표
- 2009년 2월 각계 인사 15인으로 구성된 블루리본위원회 구성

○ **추진 주체** : 블루리본위원회

○ **위원회 구성 및 활동기간**

- (목 적) 사용후핵연료 및 고준위폐기물의 장기관리 해결책 모색
- (위원회 구성) 원자력계, 학계, 산업계 전문가 및 전직 정치인 15인
- (설치근거) 연방자문위원회법(FACA)[9] 및 대통령 교서('10.1.29)
- (활동기간) 2010.2 ~ 2012.1(24개월)

○ **주요권고사항**

- 미래의 방사성폐기물 관리시설 부지선정 시 합의를 기반(consent-based)으로 하는 새로운 접근법 채택
- 폐기물 관리 프로그램의 성공적 수행을 위한 새로운 전담기구 설립
- 방사성폐기물 관리기금의 활용성 제고
- 한 개 이상의 지층 처분시설을 건설하기 위한 즉각적인 조치
- 한 개 이상의 집중식 저장시설을 건설하기 위한 즉각적인 조치
- 사용후핵연료 및 고준위폐기물의 운반을 준비하기 위한 즉각적인 조치
- 원자력 기술의 지속적 혁신과 인력 개발을 위한 지원
- 안전, 폐기물관리, 핵비확산 및 보안과 관련된 국제노력에 있어서 미국의 리더십 강화

9) 미 에너지부(DOE) 산하 자문위위원회

6. 맺는말

1984년 정부는 방사성폐기물 관리대책을 마련하여 중·저준위폐기물 영구처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설을 동일 부지에 건설한다는 방침 하에 1986년부터 방사성폐기물 관리시설 부지 확보 사업을 추진하기 시작하였으나, 19년간 1990년 안면도 사태, 1994년 굴업도 사태, 이어 2003년 부안사태 등을 겪으면서 엄청난 사회적 갈등과 정부에 대한 신뢰 저하를 초래하였다. 정부는 부지선정과정의 시행착오를 경험하면서 사회적 갈등을 최소화하고 사회적 수용성을 확보하기 위해 정책결정과정의 패러다임 변화를 모색하게 되었다. 특히, 사용후핵연료는 특성상 기술공학적 측면은 물론 경제적, 사회적, 그리고 정치적, 외교적 차원에서 입체적으로 다루어야 하므로 분야별 전문가, 시민사회단체 관계자, 국민들이 참여하는 논의구조가 필요하고 의견수렴 및 의사결정 과정의 투명성이 담보된 절차가 필요하다는 것을 인식하게 되어, 2004년 제253차 원자력위원회에서 사용후핵연료는 국민적 공감대하에서 추진하기로 의결하였다. 이것이 공론화의 시발점이 되었고 약 9년간의 공론화 준비 과정을 거쳐 2013년 10월, 우리나라 최초로 법적근거를 갖는 공론화위원회가 출범하여 현재 사용후핵연료 공론화를 추진 중에 있다.

현재, 공론화위원회는 2015년 6월까지 공론화를 진행하며 수렴된 의견을 토대로 사용후핵연료 관리에 대한 권고안을 마련하여 정부에 제출할 예정이며, 정부는 이를 근간으로 우리나라의 사용후핵연료 관리계획을 마련할 계획이다.

제 4 편

원전의 안전대책

제1장 원전의 안전대책
제2장 방사선 안전관리
제3장 일반 환경관리
제4장 환경방사선 관리

01 원전의 안전대책

제1절 원전의 안전개념

한국수력원자력(주) 안전처 안전계획팀장 이명춘

1. 안전 목표

원자력발전은 수력, 화력 등의 발전방식과는 달리 원자핵의 분열에너지를 이용하기 때문에 방사성물질인 핵분열생성물이 원전연료 내에 축적된다.

원자력발전소에서는 이와 같은 원자력에너지를 적절히 제어하고 다중의 차폐체를 이용하여 축적된 방사성물질이 외부로 누출되지 않도록 안전하게 격리함으로써 안전성을 유지한다. 이를 위하여 다음과 같이 원자력안전, 방사선방호, 그리고 기술안전 목표를 설정하고 있으며 궁극적으로 방사선재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하는 것을 목표로 한다.

가. 일반 원자력안전 목표 : 개인, 사회, 환경보호

원전에서의 방사선재해에 대한 효과적인 방호대책을 수립, 유지함으로써 개인, 사회 및 환경을 위해로부터 보호한다.

나. 방사선방호 목표 : 작업종사자 및 대중보호

정상 운전 시 발전소 내에서의 방사선 피폭과 발전소 외부로 방사성

물질의 배출은 합리적으로 달성, 가능한 낮게 그리고 제한치 이내로 유지되어야 하며, 사고시에는 방사선 피폭의 정도를 완화시키는 것이 보장되어야 한다.

다. 기술안전 목표 : 원자력 시설의 안전 확보

높은 신뢰도를 확보함으로써 원자력발전소의 사고를 예방하고, 이를 위해 발전소 설계시 고려된 모든 사고(발생가능성이 매우 희박한 사고 포함)에 대하여 방사능 피해가 있다면 이를 최소화해야 되며, 심각한 방사능 피해를 수반하는 중대사고의 가능성이 극히 적도록 보장되어야 한다.

2. 안전성 확보개념

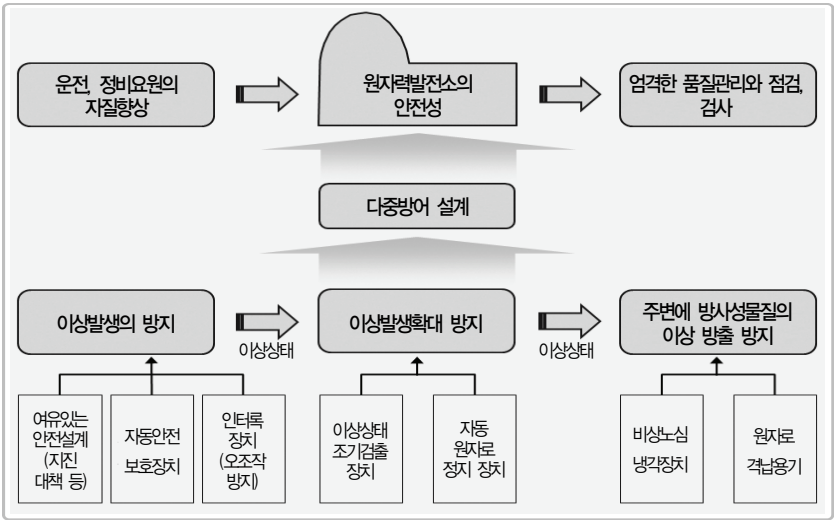
가. 심층방어

원전은 심층방어개념으로 설계되어 있다. 심층방어개념은 원전의 건설 및 운영 각 단계에서 적용하고 있지만 설계단계에서 가장 명확히 적용하고 있다.

심층방어개념이란 먼저 이상상태의 발생을 가능한 방지하되, 이상상태가 발생하였을 때에는 이의 확대를 최대한 억제하며, 만일 이상상태가 확대되어 큰 사고로 진전되었을 때에는 그 영향을 최소화하고, 주변 주민을 보호하도록 사고의 진전 단계마다 적절한 방어체계를 갖추는 것을 말한다.

이상상태의 발생 방지수단으로서 모든 시설에 대하여 충분한 안전

여유도를 갖도록 설계하고 있으며 안전에 중요한 설비는 고장에 대비하여 설비를 다중으로 갖추어 두고 있다. 따라서 확률적으로 이상상태의 발생가능성이 매우 낮지만 만일 기기의 고장이나 운전원의 실수가 겹쳐 이상상태가 발생하면 원자로보호설비가 이를 자동적으로 감지하여 원자로를 안전하게 정지시킴으로써 원전연료가 손상되는 등의 중대한 사고로 진전되는 것을 방지해 준다. 그럼에도 불구하고 만에 하나 중대한 사고가 발생하거나 발생할 가능성이 있는 경우 비상노심냉각장치와 원자로건물 등 안전설비가 사고의 진전을 완화시키고 방사성물질이 주변 환경으로 누출되는 것을 방지하도록 설계되어 있다.



〈그림 4-1〉 심층방어 개념

나. 다중방호설비

심층방어개념의 핵심은 다중방호이다. 다중방호 개념은 방사성물질

이 발전소 외부로 누출되는 것을 방지하기 위하여 여러 겹의 방호벽을 설치하는 것을 말한다. 국내에서 운영되고 있는 원전은 다음과 같이 다섯 겹의 방호벽으로 이루어져 있다.

(1) **제1방호벽**(연료펠렛)

핵분열에 의해 발생된 방사성물질은 압축소결 및 성형가공된 산화우라늄 금속 내에 그대로 갇히게 된다.

(2) **제2방호벽**(연료피복관)

핵분열에 의해 생기는 방사성물질 중 연료펠렛을 빠져나온 미소량의 가스성분은 지르코늄 합금의 금속관(피복관) 안에 밀폐된다.

(3) **제3방호벽**(원자로용기)

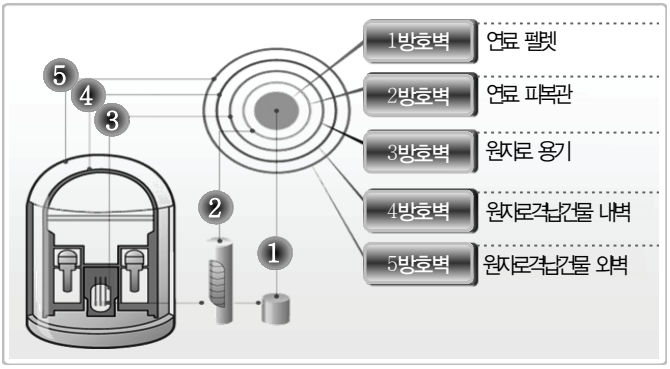
만약의 경우 연료 피복관에 결함이 생겨 방사성물질이 새어나와도 두꺼운 강철로 된 원자로용기와 배관에 의하여 방사성물질이 외부로 누출되지 못하도록 되어 있다.

(4) **제4방호벽**(원자로 격납건물 내벽)

원자로 격납건물 내벽에 두꺼운 강철판이 설치되어 있어서 만일의 사태가 발생하여도 방사성물질을 원자로 격납건물 내에 밀폐한다.

(5) **제5방호벽**(원자로 격납건물 외벽)

최종적으로 120㎝ 두께의 강화된 철근콘크리트의 원자로 격납건물 외벽이 있어서 방사성물질이 외부환경으로 누출되는 것을 방지한다.



〈그림 4-2〉 다중방호 설비

상기 다중방호벽 중 최종방호벽인 원자로 격납건물의 중요성은 미국 TMI원전 사고와 구소련 체르노빌원전 사고에서 입증되었다. 구소련 체르노빌원전의 경우 압력을 견딜 수 있는 원자로 격납건물이 설치되어 있지 않아서 방사성물질이 발전소 외부로 누출되어 일반인에게 피해를 끼친 반면, 원자로 격납건물이 설치된 TMI원전의 경우 발생한 방사성물질이 대부분 원자로 격납건물내에 갇혀서 외부환경에 대한 피해가 없었기 때문이다.

2011년 사고가 발생한 일본 후쿠시마 원전의 경우 압력을 견딜 수 있는 격납건물이 설치되어 있었으나 격납건물 용량이 국내 원전(표준형)의 격납건물에 비해 약 5분의 1 수준으로 방사성 물질 격리 기능, 수소와 같은 가연성 기체 수용능력이 국내 원전에 비해 취약한 단점이 있다.

3. 안전설비

가. 안전설비의 종류

(1) 사고예방설비

(가) 원자로보호계통

원자로의 이상을 감지하여 경보(Alarm)나 원자로 정지신호를 발생시키고 나아가서는 공학적 안전설비를 작동시키는 계통이다. 원자로 보호계통은 잘못된 신호에 의해서 원자로가 정지되지 않고 실제신호에 의해서만 안전하게 정지될 수 있도록 다중논리회로(2 out of 3 또는 2 out of 4) 설계개념을 채택하고 있다.

(나) 원자로정지계통

원자로정지계통은 다른 원리의 독립된 2개의 정지계통을 보유하고 있다. 1개의 계통은 제어봉을 이용하고 다른 1개의 계통은 보완장치로서 붕산주입계통이 사용되고 있다.

(다) 비상노심냉각계통

비상노심냉각계통은 노심 내에 축적된 열과 붕괴열을 제거하기 위한 설비로서 다른 원리의 독립된 계통을 다중으로 설치하고 있다.

(2) 사고완화 설비

(가) 원자로격납건물

방사성물질이 수용되어 있는 원자로 및 1차 계통을 기밀성이 유지되

는 강화된 철근 콘크리트 건물 내에 수용하여 만일의 사고시에도 방사성물질의 외부누출을 방지하도록 설계되어 있다.

(나) 원자로격납건물 살수계통(Spray System)

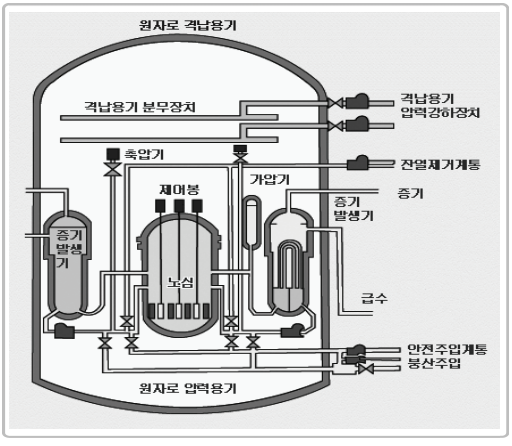
사고시 격납건물 내의 압력을 단시간 내에 저하시켜 외부로의 방사성물질 누출을 감소시키고 요오드 등의 방사성물질을 격납건물 안에서 제거하기 위한 계통이다.

(다) 공기 재순환계통

원자로격납건물 내의 공기를 재순환시켜 필터를 이용하여 방사성물질을 제거하는 계통이다.

(라) 비상가스 처리계통

원자로격납건물 내부기체의 방사성물질을 필터를 통해 제거하여 깨끗한 기체만 배기계통으로 배출하는 계통이다.



〈그림 4-3〉 안전설비

나. 안전설비의 설계특성

(1) **다중성**(Redundancy)

한 계열의 기능이 상실되었을 때 똑같은 기능을 발휘하는 다른 계열이 본래의 기능을 발휘할 수 있도록 같은 기능을 갖는 설비를 2계열 이상 중복해서 설치한다.

(2) **독립성**(Independence)

2개 이상의 계통, 또는 기기(각각의 기능이 동일하거나 다른 경우 포함)의 기능이 한 가지 원인에 의해 상실 또는 저해되지 않도록 물리적·전기적으로 분리(독립)하여 설치한다.

(3) **다양성**(Diversity)

한 가지 기능을 달성하기 위하여 성질이 다른 계통이나 기기를 2개 이상 설치한다.

(4) **견고성**(Durability)

원전의 안전성관련 구조물이나 기기 및 설비는 지진 등 예상되는 각종 정상, 비정상 상태에서도 그 구조적 건전성을 유지하여야 한다.

(5) **운전 중 상시 점검기능**(Testability)

안전성 기능 확인을 위하여 운전 중에도 항상 점검이 가능하여야 한다.

(6) **고장시 안전한 방향으로 작동**(Fail to Safe)

어떤 원인에 의해 설비 본래의 기능이 상실될 때 발전소가 안전한 방향으로 유도되도록 설계한다.

(7) **연동기능**(Interlock)

설비 또는 기기의 오동작 등에 의한 손상 및 사고를 방지하기 위하여 정해진 조건이 만족되지 않으면 기기가 동작되지 못하도록 한다.

제2절 안전관리 체계

한국수력원자력(주) 안전처 안전계획팀장 이명춘

1. 안전관리 조직체계

원자력발전소가 아무리 심층방어개념과 안전설계기준을 적용하여 안전하게 건설되었다 하더라도 정해진 규정과 절차에 따라서 엄격하게 운영·관리되지 않는다면 그 안전성은 결코 확보될 수 없을 것이다. 원전의 잠재적인 위험은 원자로를 운전함으로써 비로소 생기는 것이므로 원전의 안전관리는 안전설계에 못지않은 중요성을 갖는다.

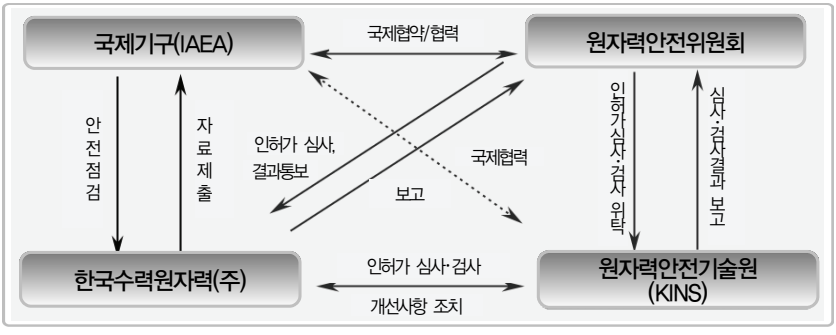
이와 같은 안전관리의 중요성에 따라 우리나라의 원자력안전관리는 사업자와 정부 그리고 규제전문기관이 기능별, 단계별로 역할을 분담하여 안전성을 종합적으로 확인하는 삼각체제에 의해서 이루어지고 있다.

원전안전에 대한 궁극적인 책임을 갖는 사업자인 한수원(주)은 원전 현장에서 실무적인 안전관리 활동을 수행하며 2014년 3월에는 「원전사업자 안전헌장」을 제정하여 원전 안전운영에 대한 확고한 실천의지를 대내외에 천명하였다. 정부는 관계법령을 통하여 원전운영에 따른 제반 안전요건과 지침을 제시하고 설계, 제작, 시공, 운전 등의 과정에서 각종 인허가 심사 및 검사를 통해 시설의 종합적인 안전성을 확인하고 있다. 이러한

정부의 안전관리 활동 중 기술적으로 전문지식이 요구되는 부분은 안전규제전문 기관인 한국원자력안전기술원에 위탁되어 수행되고 있다.

이러한 국가 차원의 안전관리 활동과 더불어 최근에는 국제원자력기구 등을 중심으로 원전의 안전성을 국제적으로 감시하는 움직임이 활발히 전개되고 있다. 1994년 9월 제38차 국제원자력기구 연차총회에서 체결된 원자력안전협약도 이러한 공동감시체제의 한 범주에 속한다고 할 수 있다. 본 협약에 의거 3년 주기로 국가보고서 작성 및 타 체약국 보고서 검토를 걸쳐 IAEA에서 검토회의가 개최되고 있다.

지난 2012년 8월 후쿠시마 사고의 교훈과 체약국의 안전성 강화 조치에 대한 특별회의가 개최되었으며, 2014년 3월에는 제6차 원자력안전협약 검토회의가 IAEA에서 개최되었다. 또한, 2015년 2월에는 원자력안전협약 개정제안 검토를 위한 외교회의가 개최되었다. 본 회의에서는 참가국 만장일치로 원자력 안전에 관한 비엔나 선언을 채택하였으며, 비엔나 선언에는 '사고 방지 및 방사선의 중대한 영향 완화를 위한 원자력안전협약의 목표 이행을 위한 원칙'이 담겨 있다.



〈그림 4-4〉 안전관리체계

가. 안전점검

사업자는 원전의 안전성을 증진시키기 위하여 품질보증감사와 국내·외 여러 기관에서 주관하는 외부점검 및 기술교류를 수행하고 있으며 세계최고수준의 원전과 차이분석에 의한 자체진단을 자발적으로 실시하고 있다.

품질보증부서는 원전건설 및 운영을 직접 담당하지 않는 독립적인 위치에서 정기적으로 감사기준에 따라 감사를 실시하고 있다.

외부기관에 의한 점검으로는 국제원자력기구(IAEA), 세계원전사업자협회(WANO) 및 미국원자력발전협회(INPO) 등 해외 전문기관에 의한 안전점검 등이 있으며, 원자력 안전관리상 필요시 산업부 및 원자력안전위원회에서 시행하는 특별안전점검이 있다.

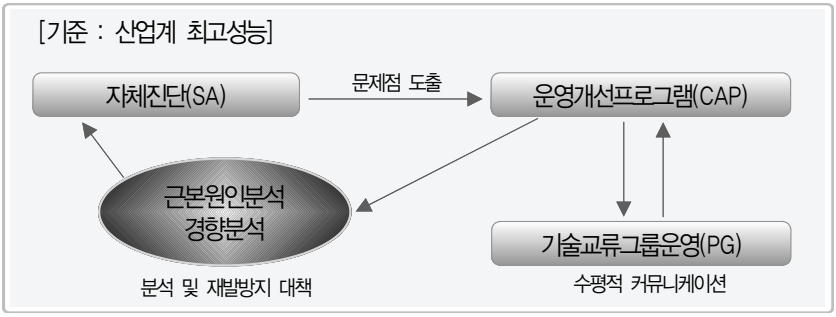
2014년 12월 기준으로 국제원자력기구(IAEA) 안전점검 7회, 세계원전사업자협회(WANO) 안전점검 19회, 미국원자력발전협회(INPO) 안전점검을 8회 실시하였다. 2014년도에는 월성1발전소 등 5개 발전소를 대상으로 WANO 안전점검(Peer Review)을 수행하였으며, 한울3발전소에서는 WANO 후속점검(Follow-up Peer Review)을 실시하였다.

〈그림 4-5〉 2014년도 해외 안전점검

한국수력원자력(주)은 자발적으로 모든 원전에 대해 안전성 및 신뢰성 확인을 위해 원전안전점검단(KOSART : KHNP Operational Safety Review Team)에 의한 안전점검을 주기적으로 수행하고 있다. 원전안전운영점검(KOSART)은 국제안전점검 수준의 점검기준 및 프로세스를 적용하여 점검하고 있으며, 2014년 12월 기준으로 27회를 수행하였다.

나. 자체진단

사업자는 자체적으로 현재의 성능과 목표하는 최고의 성능을 비교분석하여 개선분야를 도출하고 이를 추적, 관리하여 원전의 안전성과 신뢰성을 지속적으로 개선하는 자체진단(SA) 프로그램을 개발하여 2008년부터 모든 발전소 및 발전분야에 확대적용하고 있다. 또한 운영개선프로그램(CAP) 및 기술교류그룹(PG)과 같은 선진 원전운영 기법을 도입하여 모든 발전소에 적용중이다. 운영개선프로그램은 업무수행 중 도출된 제반 문제점 및 개선필요사항을 도출하여 원인을 분석·평가하고 문제점 재발을 방지하여 성능개선과 운영효율을 향상시키는 프로그램이며 기술교류그룹은 동일업무수행자의 수평적 의사소통 강화로 발전소별 상이한 운영관행 및 절차를 표준화하고 시스템 및 업무수행자의 능력을 상향평준화 시키는 프로세스이다.



〈그림 4-6〉 SA·CAP·PG개념도

다. 안전성 검토 및 심의

원전의 안전성을 심의하고 의결하는 기구를 발전소와 본사에 설치·운영하고 있다. 발전소에 설치된 발전소원자력안전위원회(PNSC)는 각 발전소 자체적으로 안전관련 중요사안을 심의·의결하는 회의체로서 발전소장을 위원장으로 발전소 주요 부서장이 참여하고 있다. 발전소원자력안전위원회는 2014년 한 해 동안 전 원전에서 총 390회가 개최되어 4,491건을 심의하였다. 이와는 별도로 본사에 설치된 원자력발전안전위원회(KNRB)는 회사 내 원자력안전관련 중요사안을 심의·의결하는 회의체로서 안전처장을 위원장으로 본사 발전운영, 정비, 엔지니어링, 품질 및 안전관련 조직의 주요 간부들이 참여하고 있으며, 원자력안전관련 정책이나 중요사항을 심의하고 인허가 관련 중요사항에 대한 심의도 수행하고 있다. 2014년도에는 총 13회의 원자력발전안전위원회가 개최되어 75건의 안건을 심의하였다.

라. 안전문화 증진

(1) 원자력안전문화 증진 활동

원자력안전문화란 원자력안전의 특수성과 일반적인 문화의 개념이 결합하여 생성된 매우 특별한 개념이다. 원자력안전문화는 1979년 미국의 TMI원전, 1986년 구소련의 체르노빌원전 사고 등을 거치면서 원자력 산업에 필수적인 요소로 발전하게 되었다.

우리나라 원자력 산업계는 지난 2011년 후쿠시마 원전 사고와 2012년 고리1호기 정전 은폐사건, 품질검증서 위조사건 등 뼈아픈 일련의 사건을 경험하면서, 원자력안전문화의 중요성에 대해 다시 한번 생각하게 되었으며, 기존의 실적과 성과위주의 문화에서 원자력 안전을 최우선으로 추구하는 안전문화로 전환하게 되는 중요한 계기가 되었다.

이제 진정한 원자력 발전소의 안전성을 확보하기 위해 원전설비를 안전하게 관리하는 것은 물론 원자력 발전소에 근무하는 종사자와 그 조직의 문화를 개선하는데 더욱 주안점을 두고 안전문화 증진활동을 전개하고 있다. 2012년 고리1호기 정전사건이후 정부, 규제기관 및 사업자 중심의 여러 안전성 증진 대책들이 수립되어 추진 중이며, 이 대책들 중 종사자의 안전의식과 관련된 안전문화 향상 대책이 주요 핵심사항으로 추진되고 있다.

(가) 원자력안전문화 개념 정립과 전담조직 신설

방사성 부산물, 노심에 집중된 에너지 및 붕괴열 등 기술적 위험요소가 내재된 원자력 고유의 특성을 반영하여 원자력 안전문화를 '원자력 안전을 최우선가치로 하는 조직 구성원들의 신념과 행동'으로 정의

하고, 이를 실천하기 위한 6대 안전문화 원칙과 24개의 세부 실천지침을 마련하였으며('12.9월), 최근 미국 원자력발전운영협회(INPO) 등을 벤치마킹하여 원자력안전문화의 정의를 '국민의 생명과 환경 보존을 위해 원자력 안전을 어떠한 목표 보다 우선시하는 조직 구성원들의 핵심 가치와 행동'으로 정의하고, 8대 안전문화 원칙과 32개의 세부 실천지침으로 확대 개편하였다('14.6월).

또한, 체계적인 원자력안전문화 증진 활동 전개를 위해 안전문화 전담조직을 신설('12.5월)하여 대내·외적인 안전문화 증진 요구에 부흥하고 매년 '원자력안전문화 향상 대책'을 수립·시행하는 등 안전문화 증진 활동과 캠페인 전개의 구심점 역할을 하고 있다.

(나) 안전중시 업무환경 조성

원자력안전문화는 관리자의 안전을 우선시하는 리더십과 함께 종사자가 안전문화를 개선하기 위한 활동을 적극적으로 수행하는 것이 매우 중요하다. 이에 따라, 처벌이나 징계의 두려움 없이 발전소 현장의 안전위해 요소를 적극 발굴하여 개선하는 '종사자 안전건의 제도(ECP ; Employee Concerns Program)'를 도입하여 시행중('12.12월)이다. 이 제도는 현장의 안전 위해요소를 적극 발굴하여 전용전화·FAX 또는 운영개선통지(CAP)를 통해 건의하며 제보자의 의사에 따라 공개 또는 비공개 선택이 가능하도록 익명성을 보장하고 있다.

(다) 원자력안전문화 수준의 객관적 평가

2011년도에 기존 단순 설문으로 시행하던 원자력안전문화 평가 방법을 IAEA, INPO 등 해외발전소의 안전문화 평가방법을 벤치마킹하

고, 우리나라 문화와 정서를 고려한 "新 원자력안전문화 평가방법"을 개발하였다. 새로 개발된 평가방법은 2011년 11월 한빛원자력본부 제2발전소를 대상으로 시범평가를 하여 평가방법의 유효성을 검증하였으며, 이를 바탕으로 2012년 5월, '전 원전 안전문화 특별평가'에 처음 적용하였다. 특별평가에는 산, 학, 연 외부전문가로 평가단을 구성하여 발전소 종사자를 대상으로 한 사전설문, 개별면담과 현장관찰 등을 통해 평가의 정확도를 높였다. 평가결과 도출된 우수사례와 개선필요사항은 안전문화 향상 대책에 반영하여 시행하였다. 개선된 평가 방법을 통해 매년 발전소 안전문화 평가를 시행하고 있으며, 이를 통해 평가→개선사항 도출→향상대책 수립 및 시행으로 이어지는 안전문화 향상 체계의 순환구조를 완성하게 되었다.

(라) 선진사례 벤치마킹 및 전 직원 생애 주기 안전문화 교육

2012년 12월부터 일 년 동안, 美 엑셀론 고위간부 등 해외 안전전문가를 채용하여 원자력발전소 안전문화 전반에 대해 자문을 구하고, 그 결과를 전사적 차원에서 후속조치 계획을 수립하여 개선해 나가고 있다. 그리고 직급별·직책별 맞춤형 교육체계를 수립하여 신입사원부터 고위간부까지 안전문화 교육을 강화하였다. 경영자 및 발전소·실장 대상 '리더십 교육'을 시행하고 있으며 '원자력안전문화 전문가 양성과정'을 전 팀장급 대상으로 확대·시행하였다.

(2) 안전의식 제고 캠페인

안전 최우선의 업무환경을 조성하고 종사자 의식 제고를 위해 안전문화 증진 캠페인 전개는 매우 중요한 활동이며, 안전문화가 발전소에

뿌리 내릴 수 있도록 지속적인 캠페인을 전개하고 있다. 대표적으로 시행중인 '원자력안전문화 LOVE+365 운동'은 발전소의 안전문화 활동을 일, 주, 월별로 특성화하여 1년 365일 전개함으로써 효과를 극대화 하는 캠페인이다. 매일 안전구호 및 안전다짐 제창과 매주 주요 작업시 안전문화 준수상태를 점검하고 협력사와 안전문화 정보를 교류하며, 매월 안전문화 특강·안전 분임조 활동을 전개하고 있다. 특히 2013년 12월부터, 경영진 회의를 비롯한 주요 회의 및 교육 시 다양한 주제의 안전 메시지를 전달하고, 회의 참여자의 안전의식 제고 및 안전중시 업무 환경 조성을 위한 안전문화 실천 활동인 'Safety Moment'운동을 전사적으로 펼치고 있다.

〈그림 4-7〉 Safety Moment 발표예시

(3) 원자력 안전점검의 날 행사

정부는 원전 사고·고장의 예방 및 종사자의 안전의식 제고를 위해 주요설비의 안전점검, 안전조회, 안전메시지 전파, 안전문화 교육 등

을 실시하는 원자력 안전점검의 날을 2003년 3월 제정하였으며, 발전소별로 매월 첫째 주 화요일에 시행하고 있다. 특히, 강력한 안전문화를 위한 원칙 등에 대한 핵심 내용을 쉽게 요약한 안전메시지를 매월 작성하여 전파하고 있다. 안전메시지는 발전소장 안전조회 시 협력회사 직원을 포함한 전 직원에게 교육될 뿐만 아니라 사내 홈페이지에 게시하여 전 직원의 안전문화 의식제고에 크게 기여하고 있다. 또한, 설비안전점검을 더욱 내실화하기 위해 한수원 본사에서 선정한 설비뿐만 아니라 발전소별로 선정한 설비와 타발전소 고장·정지 관련 설비를 선정하여 점검하고 있다.

〈그림 4-8〉 2014년도 원자력 안전점검의 날 행사 시행

2. 법령체계

가. 원자력 관련법령 체제 개편

2011년 3월 발생한 일본 후쿠시마 원자력발전소 사고 대응 조치의 일환으로 기존의 원자력 이용 및 진흥과 원자력안전이 통합적으로 규정되어 있던 '원자력법'이 '원자력진흥법'과 '원자력안전법'으로 분리되었다. '원자력진흥법'에서는 원자력 연구·개발·생산·이용에 관한 사항

을 규정하고, 원자력안전에 관한 사항은 '원자력안전법' 및 '원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률' 등을 제정하여 규정하고 있다.

나. 원자력 진흥관련 법령

'원자력진흥법'은 원자력의 연구·개발·생산·이용에 관한 사항을 규정하여 원자력진흥위원회, 원자력진흥종합계획, 원자력연구개발기금 등에 관한 사항을 포함하고 있다. '원자력진흥법 시행령'은 대통령령으로, '원자력진흥법'에서 위임한 사항과 그 시행에 필요한 세부절차 및 방법 등 행정적인 사항을 규정하고 있다.

다. 원자력 안전관련 법령

원자력 안전과 관련된 법령들은 원자력안전규제 및 관련기관의 설치, 원자력손해배상과 관련된 법령들로 원자력안전위원회 소관으로 이관되었다. 원자력안전관련 법령으로는 '원자력안전법', '원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률', '원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법', '원자력 손해배상법', '원자력손해배상 보상계약에 관한 법률', '한국원자력안전기술원법' 등이 있다. 각 법의 시행령에는 법이 위임한 사항 및 집행에 필요한 사항을, 시행규칙에는 법령 위임사항과 집행에 필요한 절차·서식 등을 규정하고 있다.

또한, '원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙' 등 법령에서 위임한 기술기준을 규정하는 기술규칙과 '원자로시설의 위치에 관한 기술기준' 등 법령에 따라 기술기준 또는 절차·서식 등을 규정한 고시 등이 있다.

〈표 4-1〉 원자력 안전관련 법령

연 도	주 요 내 용
원자력안전법	원자력 연구·개발·생산·이용에 관한 안전관리 사항을 규정
원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률	원자력안전위원회의 설치 및 운영을 통한 원자력의 생산과 이용에 따른 방사선재해로부터의 안전을 도모
원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재대책법	핵물질 및 원자력시설 방호체제를 강화하고 방사능재난관리 체제를 구축
원자력 손해배상법	원자력사고로 인한 손해의 배상을 위한 제도의 창설과 담보 방안 등을 규정
원자력손해배상 보상계약에 관한 법률	책임보험으로 보전하지 못하는 손해 담보를 위해 사업자와 정부 간에 체결하는 보상계약에 대한 사항을 규정
한국원자력안전기술원법	원자력안전규제 전문기관인 한국원자력안전기술원의 설립, 운영에 관해 규정

라. 전기사업법

전기사업법은 전기설비의 설치, 전기설비 공사계획 등에 관한 인허가 등 기본적인 사항과 벌칙을 규정하고 있다.

원전시설도 전기를 생산하는 시설로서 전기사업법의 적용을 받는다. 전기사업법은 법과 그 부속법령인 시행령 및 시행규칙으로 되어 있다.

제3절 원전의 안전대책

한국수력원자력(주) 안전처 안전평가팀장 변충섭

1. 건설 중 안전대책

가. 인허가 심사

원전을 건설하고 운영하기 위하여 사업자는 원자력안전법 및 전기사업법에서 요구하고 있는 분석 및 평가보고서, 지침서 및 계획서 등을 작성하여 그 안전성이 검토될 수 있도록 단계별로 신청하여 정부의 승인을 득하여야 한다. 원전을 건설하기 위해서는 방사선환경영향평가보고서, 예비안전성분석보고서, 건설에 관한 품질보증계획서, 발전용원자로 및 관계시설의 해체계획서 등을 제출하여 원자력안전위원회의 심의를 거쳐 원자력안전위원회 위원장의 건설허가를 받게 된다.

또한 원전을 운영하기 위해서는 운영허가를 받아야 하는데 이때에는 최종안전성분석보고서, 운영기술지침서, 운전에 관한 품질보증계획서, 방사선환경영향평가보고서 및 발전용원자로 및 관계시설의 해체계획서 등을 제출하도록 하여 원전 가동에 따른 안전성을 확인하도록 하고 있다.

나. 사용전검사

사용전검사는 정부에 의한 가동 전 원전의 안전검사를 말하는 것으로 시공된 시설의 내용이 당초 허가된 내용에 부합하는지를 확인하는 시설검사와 기기, 계통, 시설의 안전성능을 확인하는 성능검사로 구분된다.

시설검사는 구조, 계통 또는 기기가 가동전시험을 위해 시운전부서로 이관되기 전에 건설사업소장 책임 하에 제작, 시공, 설치 등의 타당성을 입증하고 운전준비 태세의 완료여부를 확인하기 위하여 실시하는 제반시험을 확인하는 절차이다.

성능검사는 원전의 공사가 완료된 후부터 원전연료 장전이 가능한 상태로 될 때까지의 기간 중 원자로시설의 기능 및 성능을 확인해야 할 설비들에 대한 시험 등을 확인하고, 원전연료 장전부터 상업운전까지 원자로의 운전성능 및 기능을 확인하는 검사이다.

2. 가동 중 안전대책

가. 안전심사 및 안전검사

정부는 가동 중인 원전이 설계수명 기간 동안 안전하게 가동될 수 있도록 지속적이고 체계적인 확인·감독활동을 수행한다. 이러한 활동은 크게 안전심사와 안전검사로 구분된다.

안전심사는 원전의 운영허가 취득시 정부로부터 허가받은 사항을 변경 및 추가하게 될 경우 이에 대한 안전성을 평가하는 활동을 말한다.

안전검사란 원전의 운영이 관계법령과 기술기준에 입각하여 안전하게 운영되는가를 확인하는 제반 활동을 말한다. 여기에는 정기검사, 수시검사, 일상검사 등이 포함된다.

정기검사는 발전소 별로 약 18개월 이내에 1회씩 발전소의 연료 재장전 기간 중에 수행되며, 이를 통해 검사대상시설의 성능이 원자력안전 관련 법령에서 규정하고 있는 기술기준에 적합한 성능을 유지하

고 있는 것이 확인되어야 다음 주기 운전을 계속할 수 있다.

수시검사는 원전에 특별한 문제점이 발생하거나 기타 국내·외 원전에서 발생한 유사사건들을 참고로 하여 특별히 검사를 수행할 필요가 있다고 판단되는 경우 원자력안전위원회의 주관 하에 수행된다.

일상검사는 각 원자력안전위원회 지역사무소에 파견되어 있는 원자력안전위원회 주재관 및 한국원자력안전기술원의 주재원이 발전소의 안전운전을 감시하는 활동으로 원자로정지 또는 중요한 안전계통에 문제가 발생될 경우 이를 조사한 후 원자력안전위원회 본청에 보고하여 필요한 조치가 취해질 수 있도록 한다.

이 외에도 원자로시설의 용기, 배관, 주요 펌프 및 밸브와 구조물에 대하여 시간의 경과에 따른 열화의 정도를 감시·평가하기 위하여 관련 법령에 근거하여 실시하는 가동중검사가 있으며, 가동중검사의 적절성을 확인하기 위한 공인검사가 있다.

나. 정기점검

정부에 의한 안전심사 및 검사와는 별도로 사업자는 원전의 안전성을 확인하기 위하여 정기점검을 실시하고 있다.

정기점검은 각종 안전관련 기기나 계통이 설계 시 고려하였던 성능을 충분히 발휘하고 있는지 또한 모든 운전조건이 안전성에 적합한지를 발전소 계통 및 설비의 중요도와 정해진 주기에 따라 지속적으로 확인하는 것이다. 정기점검에 대한 세부사항은 원자력안전법에 의거 승인을 받도록 되어 있는 운영기술지침서에 기술되어 있다.

정기점검 결과 불만족사항이 발생하면 운영기술지침서에서 정해진

요건에 따라 즉시 조치하여야 한다. 이들 조치 중에는 일정 기간 내 불만족 사항을 해소시키거나 이것이 불가능한 경우 다음 일정 기간 내에 발전소를 정지시켜 정상으로 회복시킨 후 재가동하는 내용도 포함되어 있다.

다. 자격관리

원자력발전소는 현대 과학기술이 집적된 방대한 규모의 산업시설로서, 이를 안전하게 운영하기 위해서 사업자는 종사자의 자질향상을 위한 교육훈련에 많은 노력을 기울이고 있으며 소정의 자격을 갖춘 자로 하여금 업무를 수행하게 하고 있다.

특히 원자로의 안전한 운전을 위하여 정상운전은 물론 비상운전능력을 갖춘 원자로조종사(감독)면허 소지자로 하여금 운전업무에 종사토록 하고 있으며, 방사선동위원소취급자(감독)면허 소지자로 하여금 방사선 안전관리업무를 담당케 하여 방사성물질에 의한 오염을 방지하고 방사선에 의한 장해를 최소화하고 있다. 또한 핵연료물질은 핵연료물질취급자(감독)면허 소지자가 안전관리를 담당케 하고 있다.

3. 원전 안전성 평가

가. 주기적안전성평가(PSR, Periodic Safety Review) 수행

주기적안전성평가는 가동원전에 대한 안전성 향상 및 확인을 위하여 기존의 정기검사 등의 안전성 확인 방법에 추가하여 실시하는 포괄적이고 체계적인 안전성평가기법으로, IAEA의 권고에 따라 상업용 원전을 보유하고 있는 많은 국가들이 기존의 안전성 보장 노력과 더불어

실시하고 있다.

우리나라는 가동원전에 대한 주기적안전성평가를 위해 1999년 12월 21일 제11차 원자력안전위원회에서 기본방향, 추진방법, 대상호기 선정 및 법제화 방안 등을 포함한 추진방안을 의결하였으며, 2001년 1월 원자력법 개정 후, 동년 7월에 시행령, 시행규칙을 개정하는 등 주기적안전성평가 제도의 법제화를 완료하였다. 또한 2005년 9월 계속운전 주기적안전성평가 제도를 위해 원자력관련법령을 개정하였다.

관련법령에 따르면, 발전용원자로 운영자는 해당 원자로시설의 운영허가일부터 매 10년마다 안전성을 종합적으로 평가하고, 그 평가보고서를 원자력안전위원회에 제출하도록 되어 있다. 또한, 2014년 11월 개정된 법령에 따라 '원자로 시설의 설계에 관한 사항, '확률론적 안전성평가에 관한 사항', '위해도 분석에 관한 사항'을 추가하여 14개 항목에 대해 연관사항을 고려하여 복합적으로 평가하고 있다.

발전용원자로 운영자인 한수원(주)은 관련 법규정에 따라 2000년 5월부터 시범호기인 고리1호기에 대한 평가를 착수하여, 2009년 6월 월성3·4호기에 대한 평가를 완료하여 관련 법령에서 규정하고 있는 10년 이상 경과 원전에 대한 주기적안전성평가 요구기한을 준수하였으며, 앞으로는 주기적안전성평가의 기본 개념에 맞춰 매 10년 주기의 평가를 원전별로 지속적으로 수행할 예정이다.

운영허가 이후 10년이 경과한 고리1·2·3·4호기, 월성1·2·3·4호기, 한빛1·2·3·4호기, 한울1·2·3·4호기 등 16개 원전에 대한 평가를 완료하였다. 한편, 한빛5·6호기(10년차), 한울5·6호기(10년차) 및 고리2호기(30년차) 평가보고서에 대한 규제기관 심사가 진행 중이다.

한수원(주)의 평가결과는 규제기관에서 심사하여 심사결과와 함께 원자력안전위원회의 심의를 받고 있으며, 현재까지의 심의결과에 따르면 국내 가동원전은 관련규정에 적합하게 운영되고 있어 안전성에 문제가 없음이 확인되었다. 또한, 한수원(주)은 원전의 안전성을 보다 더 향상시키기 위하여 평가 및 심사결과에 따라 도출된 안전성증진사항을 이행하고 있다. 각 원전별로 이행되는 안전성증진사항에는 확률론적안전성평가(PSA) 결과에 따른 안전성향상방안도 포함되어 있어, 이행 완료시에는 원전의 안전성이 종합적으로 증진될 것으로 기대되고 있다.

〈표 4-2〉 주기적안전성평가 수행 실적

발전소	평 가	심 사	원자력안전위원회 심의	안전성증진사항 현황		
				완료	진행	소계
고리#1	'00. 5~'02.11	'02.12~'03.11	'04. 5.31	40	0	40
고리#2(1차)	'02. 4~'03.12	'04. 1~'04.12	'05. 1.26	20	3	23
고리#2(2차)	'13. 6~'15.2	심사중	–	–	–	–
고리#3,4	'02. 7~'04. 6	'04. 7~'05. 6	'06. 3.27	18	4	22
월성#1	'01. 5~'03. 6	'03. 7~'04. 6	'05. 2. 7	27	0	27
월성#2	'06. 8~'08. 5	'08. 5~'09. 5	'09.10.15	5	7	12
월성#3,4	'07. 5~'09. 5	'09. 6~'10. 6	'10.11.05	4	9	13
한빛#1,2	'03. 7~'05. 6	'05. 7~'06. 6	'06.12.28	21	4	25
한빛#3,4	'04. 5~'06. 3	'06. 3~'07. 2	'07. 8. 3	11	5	16
한빛#5,6	'13. 6~'15.4	심사중	–	–	–	–
한울#1,2	'05. 4~'06.12	'07. 1~'08. 6	'08. 8.11	12	6	18
한울#3,4	'07. 5~'09. 5	'09. 5~'10. 5	'10. 5.26	6	6	15
한울#5,6	'13. 6~'15.4	심사중	–	–	–	–
합 계				167	44	211

나. 중대사고(SA, Severe Accident) 정책 이행

국내 원전은 설계, 건설, 운영 등 전 과정에 대해 엄격한 기술기준을 적용하여 설계되어 있다. 원전에서 원자로 노심이 손상되어 다량의 방사능물질이 환경으로 누출되는 설계기준을 초과하는 중대사고가 발생할 가능성이 매우 낮으나, 만약 중대사고가 발생하는 경우에는 사회적·경제적으로 영향이 심각할 수 있다. 그러므로 원전에서 중대사고가 발생할 가능성과 중대사고가 발생하더라도 공중에게 가해질 수 있는 위험을 최소화하기 위해 정부는 2001년 8월 제17차 원자력안전위원회에서 "중대사고 정책(안)"을 의결하였다. 원자력발전 사업자는 정부의 정책에 대한 이행계획을 수립하고 중대사고에 대비하고 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 확률론적안전성평가 (PSA, Probabilistic Safety Assessment) 수행

확률론적안전성평가는 원전에서 발생할 수 있는 사고의 경위와 사고현상을 규명하고 사고발생 가능성을 예측하여 일반대중에 미치는 영향을 확률론적 방법으로 평가하는 종합적인 원전 안전성 확인 기술로 미국을 중심으로 세계적으로 널리 활용되고 있다. 국내의 경우 TMI 후속조치 이행요건으로 고리3·4호기 및 한빛1·2호기의 안전성을 재확인하기 위해 1989년도에 최초로 수행되었다.

이후 신규로 건설되는 모든 원전은 건설 및 운영허가 조건으로 확률론적안전성평가를 수행하여 설계 안전성을 확인하고 있다. 또한 2001년부터는 교육과학기술부의 '원자력발전소 중대사고 정책'에 의거 국

내에서 가동 중인 모든 원전에 대하여 확률론적안전성평가를 수행하고, 발전소 설계나 운영측면에서 사고예방 및 완화능력을 향상시킬 수 있는 사항들을 도출하고 이를 개선, 조치함으로서 지속적으로 안전성을 향상시켜 오고 있다.

우리나라는 2007년 12월 국내 전 원전에 대해 출력운전중 확률론적 안전성평가 수행을 완료하였고 평가결과는 국제기준을 모두 충족하고 있는 것으로 나타났으며, 신규 원전의 경우 선행 원전에 비해 안전성이 크게 향상된 것으로 평가되고 있다. 이는 선행 확률론적안전성평가를 통해 도출된 안전성 향상방안들을 신규 발전소 설계 및 건설시 지속적으로 반영한 결과이다.

아울러 후쿠시마 후속조치로 정지·저출력 운전중 확률론적안전성평가를 수행중에 있으며, 2015년 말 완료할 예정이다.

(2) 전 원전 리스크 통합 감시 및 관리체계 구축, 운영

원전의 안전성을 실시간으로 확인하고 원전 운영으로 인해 일반대중 및 공공에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 2008년부터 국내에서 가동 중인 전 원전을 대상으로 실시간 위험도 평가 및 관리를 위한 전산시스템을 구축하여 운영하고 있으며, 출력운전 중 리스크감시시스템(RIMS, Risk Monitoring System)과 계획예방정비기간 중 리스크감시시스템(ORION, Outage Risk Indicator Of Nuclear Power Plants)으로 구분된다.

'출력운전 중 리스크감시시스템(RIMS)'은 각 원전별로 수행된 확률론적안전성평가 결과를 토대로 출력운전 기간에 수행되는 발전소 계통 및 기기의 시험, 점검 및 정비 등 운전상황에 따른 리스크변화를

정량적으로 수치화하여 예측, 평가, 감시 및 관리하기 위한 전산시스템이며, 운영경험 반영 및 지속적인 시스템 개선을 통해 2011년부터 전 원전에 대한 통합감시체계를 구축하여 운영하고 있다.

'계획예방정비기간 중 리스크감시시스템(ORION)'은 계획예방정비기간 동안의 원자로냉각재 온도, 압력, 수위 등의 운전조건 변화에 따른 심층방벽의 유지정도를 정성적인 방법으로 평가, 감시 및 관리하기 위한 전산시스템이며, 2015년 현재 표준형원전 및 중수로형원전 등 기존 원전에 대해 적용 중이며, 신규원전(신고리1·2·3·4호기 및 신월성1·2호기)에 대해서도 개발이 완료되었다.

이로써, 국내원전은 설계 안전성 뿐 아니라 운영 중에 발생가능한 모든 사건에 대하여 안전성을 실시간 평가 및 관리함으로써 종합적인 안전관리체계를 유지하게 되었다.

(3) 중대사고관리계획 (SAMP, Severe Accident Management Program) 이행

중대사고관리계획(SAMP)이란 중대사고의 관리를 위해 사전에 마련된 종합적인 사고관리 계획이다. 정부는 '중대사고 정책'에 의거 중대사고에 대처하기 위한 발전소 설비의 가용성 평가, 노심손상 방지, 원자로 용기 파손 방지, 격납용기 건전성 유지 및 핵분열생성물의 소외방출 최소화 등을 위한 전략이행 절차 및 지침의 개발과 중대사고 예방 및 완화를 위한 교육훈련 등을 포함한 중대사고관리계획을 수립, 이행하도록 하였다. 이에 따라 국내 전 가동원전은 2010년 12월 중대사고 발생 시 사고 확대를 완화하고 발전소를 신속하게 복구하기 위해 작동이 요구되

는 기기 및 계통에 대한 가용성 평가의 실시와 비상운전팀이나 기술지원 조직이 취해야 할 조치 단계들을 기술한 출력운전 중 중대사고관리지침서(SAMG, Severe Accident Management Guideline)를 개발 완료하였다. 또한 운전원 및 방사능 방재요원들이 지침서 구성, 완화전략 및 기술적배경을 이해하고 이를 원활히 수행할 수 있는 능력을 배양할 수 있도록 교육훈련 절차서를 개발하여 교육을 시행하고 있다. 따라서 국내 원전은 중대사고관리계획 이행이 완료됨으로써 중대사고 대처능력이 대폭 향상되었고 원전의 안전성 증진에 크게 기여하였다.

아울러 후쿠시마 후속조치로 출력운전중 중대사고관리지침서를 개정 및 정지·저출력 운전중 중대사고관리지침서(SAMG, Severe Accident Management Guideline) 개발을 추진하고 있으며 2015년까지 후쿠시마 후속조치 사항을 반영하여 출력운전중 및 정지·저출력 운전중 중대사고관리지침서를 통합 개발할 예정이다.

4. 일본 후쿠시마 원전사고 후속대책

가. 일본 후쿠시마 원전사고 이후 국내원전 안전점검

2011년 3월 11일 발생한 일본 후쿠시마 원전사고 직후인 3월16일에서 18일까지 한수원은 전 가동원전을 대상으로 자체 긴급 안전점검을 신속하게 실시하였다. 일본 후쿠시마 원전사고와 같은 초대형 자연재해를 고려하여 사내외 전문가 44명이 전 가동 원전의 운영, 설비, 방재 분야를 점검하였으며 그 결과 21가지 개선 검토사항을 도출하였다.

이후, 한수원의 자체 긴급 안전점검 결과를 토대로 정부 주관의 안

전점검이 두차례 실시되었다. 2011년 3월21일부터 4월30일까지 이루어진 원자력 시설 안전점검에서는 산학연전문가 및 한국원자력안전기술원 검사원 73명이 가동원전 등 국내 원자력 시설에 대해 전력/냉각계통/중대사고 등 6개 분야 27개 항목을 점검하였으며, 4월22일부터 5월3일까지 이루어진 고리1호기 정밀점검에서는 산학연전문가 및 한국원자력안전기술원 검사원 56명이 고리1호기 계속운전 허가시 검토된 안전사항 및 원자로 용기 건전성 등을 점검하였다.

나. 국내원전 안전점검 결과 도출된 개선대책

정부 주관 안전점검 결과 현재까지 조사, 연구를 통해 예측된 최대 지진 및 해일에 대해 국내 전 원전은 안전성을 확보하고 있는 것을 확인하였으며, 계속운전 중인 고리1호기 또한 안전에 문제가 없음을 재확인하였다. 그러나, 일본 원전사고를 거울삼아 최악의 상황에서도 원전 안전성을 확보할 수 있도록 한수원의 자체 긴급 안전점검 결과를 반영하여 아래와 같이 지진·해일·중대사고 등 6개 분야에 대한 50건의 장·단기 개선대책을 도출하였다(한수원 : 46건, 기타 기관 : 4건).

〈표 4-3〉 국내원전 안전점검 결과 주요 개선대책

점 검 분 야	주요 개선대책
■ 1분야 : 지진에 대한 구조물 안전성	• 지진 자동정지설비 설치 등 5건
■ 2분야 : 해일에 의한 구조물 안전성	• 고리원전 해안방벽 증축 등 4건
■ 3분야 : 침수시 전력·냉각계통	• 이동형 발전차량 확보 등 11건
■ 4분야 : 중대사고 대응	• 피동형 수소제거설비 설치 등 6건
■ 5분야 : 비상대응 및 비상진료체계	• 비상대응시설 개선 등 10건
■ 6분야 : 고리1호기 및 장기가동 원전	• 정기검사 등 안전검사 강화 등 10건

개선대책의 주요 내용을 살펴보면 첫째, 설계기준을 초과하는 강진 발생을 전제로, 일정규모(0.18g) 이상의 지진이 감지될 경우 원자로가 자동정지하도록 설비를 개선하고, 안전정지 유지계통의 내진성능을 보강하는 것이며, 둘째, 대형해일 발생을 전제로, 고리원전의 해안방벽을 높여 타 원전 부지높이 수준(10m)으로 증축하고, 비상전력계통 등 주요설비의 침수 방지를 위해 방수문 및 방수형 배수펌프를 설치하는 것이다. 셋째, 대형 해일로 원전부지가 침수되고 다수 호기에서 동시에 전력공급이 중단되는 최악의 상황을 가정하여, 이동형 발전차량을 확보하고, 사용후연료저장조 냉각계통 기능 상실에 대비하여 소방차 등을 이용한 냉각수 보충방안을 마련하는 것이며, 넷째, 모든 냉각기능이 상실되어 원자로 핵연료가 용융되는 최악의 경우를 전제로, 수소폭발 방지용 최신 피동형 수소제거설비를 추가 설치하고, 중대사고 시 격납건물내 과도한 압력 상승 방지 및 방사성물질을 여과하여 배출할 수 있는 여과배기설비를 설치하는 것이다. 다섯째, 다수호기 동시사고 등 최악의 방사능 재난에도 효과적으로 대응할 수 있도록, 비상대응시설의 개선과 함께 비상대응조직 구성 및 비상발령 기준 등을 방사선비상계획서에 반영하고, 원전인근 주민 보호를 위한 방호약품을 추가 확보하여 지역 주민의 안전을 확보하는 것이다.

〈표 4-4〉 국내원전 안전점검 결과 도출된 개선대책 목록

관리번호	개선대책	조치기관
1-1	지진 자동정지설비 설치	한수원
1-2	안전정지유지계통 내진성능 개선	한수원
1-3	원전부지 최대 지진에 대한 조사·연구	한수원

관리번호	개선대책	조치기관
1-4	주제어실 지진발생 경보창 등의 내진성능 개선	한수원
1-5	월성원전 진입 교량의 내진성능 개선	한수원
2-1	고리원전 해안방벽 증축	한수원
2-2	방수문 및 방수형 배수펌프 설치	한수원
2-3	원전부지 설계기준 해수위 조사·연구	한수원
2-4	냉각해수 취수능력 강화 및 해일 대비 시설 개선	한수원
3-1	이동형 발전차량 및 축전지 등 확보	한수원
3-2	대체비상디젤발전기 설계기준 개선	한수원
3-3	예비변압기 앵커볼트 체결 및 월성원전 비상전력공급 계통의 연료주입구 설비 개선	한수원
3-4	스위치야드 설비 관리 주체 개선	한수원
3-5	사용후핵연료저장조 냉각기능 상실시 대책 확보	한수원
3-6	최종 열제거설비 침수방지 및 복구 대책 마련	한수원
3-7	옥외 설치 탱크 파손 대비책 마련	한수원
3-8	주증기안전밸브실 및 비상급수펌프실의 침수방지 대책 마련	한수원
3-9	소방계획서 개선 및 협력체계 강화	한수원
3-10	화재방호 설비 및 자체소방대 대응능력 개선	한수원
3-11	원전 성능위주 소방설계 도입	한수원
4-1	피동형수소제거 설비 설치	한수원
4-2	격납건물 배기 또는 감압설비 설치	한수원
4-3	원자로 비상냉각수 외부 주입 유로 설치	한수원
4-4	중대사고 교육·훈련 강화	한수원
4-5	사고관리전략 실효성 강화를 위한 중대사고관리지침서의 개정	한수원
4-6	정지·저출력 운전중 중대사고관리지침서 개발	한수원
5-1	원전인근 주민보호용 방사선방호 장비 추가 확보	한수원
5-2	다수호기 동시 비상발령 등 방사선비상계획서 개정	한수원
5-3	장기 비상발령 대비 비상장비 추가 확보	한수원
5-4	비상진료기관의 장비 추가 확충	원자력의학원
5-5	방사선 비상훈련의 강화	한수원

관리번호	개선대책	조치기관
5-6	장기전원상실시 필수 정보의 확보방안 강구	한수원
5-7	보수작업자 방호대책 확보	한수원
5-8	비상대응시설 개선	한수원
5-9	방사선 비상시 정보공개 절차 개정	한수원
5-10	비상계획구역 밖의 주민보호조치	한수원
5-11	비상경보시설의 성능 강화	한수원
6-1	정기검사 등 안전검사 대폭 강화	한수원
6-2	주요 기기 및 배관의 가동중검사 강화	한수원
6-3	경년열화 관리계획 통합관리방안 수립·이행	한수원
6-4	주요 능동기기 성능변수 관리 강화	한수원
6-5	정량적 피로 관리 강화를 위한 피로감시시스템 설치	한수원
6-6	가압기 하부헤드의 피로 건전성 강화	한수원
6-7	발전정지 유발기기의 신뢰도 증진	한수원
6-8	운영 인력 적정성 평가	한수원
6-9	소내 전력공급계통 신뢰도 향상	한수원
6-10	구매 품질보증 체계 점검 강화	한수원
7-1	구조물의 내진성능 평가 및 주제어실 개선	원자력연구원
7-2	하나로 및 부대시설 부지의 침수심 재평가	원자력연구원
7-3	복합적 방사선비상 상황을 반영하여 방사선비상계획서 개정	원자력연구원, 한전원자력연료(주)
총 계	50건	

다. 후쿠시마 사고 교훈을 반영한 추가 개선대책 도출

한수원은 또한 안전점검 결과 도출된 46개 개선대책에 추가하여 지속적인 안전성 증진을 위해 후쿠시마 원전 사고 이후 미국, 유럽, 일본 등 해외 원전에서 추진 중인 개선대책 및 국제원자력기구(IAEA), 미국원자력규제위원회(NRC), 세계원자력사업자협회(WANO) 등 국제기구에서 발행한 사고분석 보고서 등을 검토하였으며, 추가 개선대책 발굴

을 위한 전 직원 아이디어 공모를 수행하였다. 그 결과 〈표 4-5〉와 같이 이동형 디젤구동펌프 확보, 광역손상완화지침서(Extensive Damage Mitigation Guidelines : EDMG) 개발, 장기 전원상실 대비 비상통신설비 확보 등 국내 원전에 미 적용된 10개의 추가 개선대책을 자체 발굴하여 총 56개의 개선대책을 추진 중에 있다.

〈표 4-5〉 한수원 자체 발굴 추가 개선사항 목록

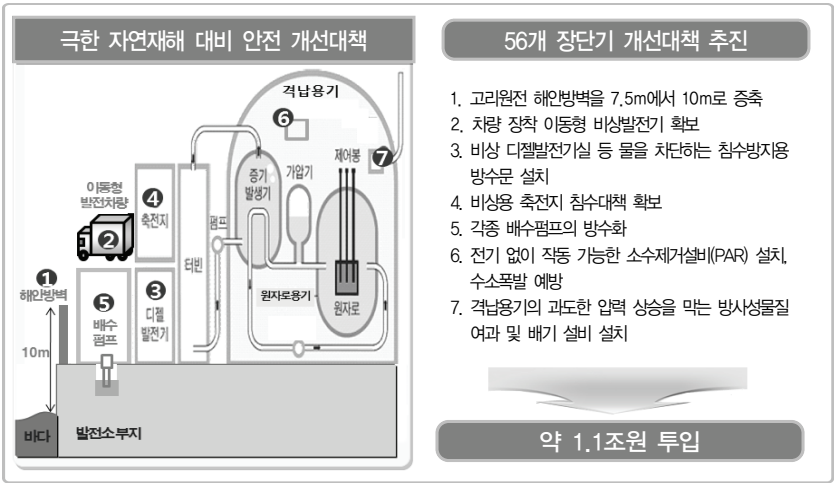
순번	추가 개선사항 ('12년부터 추진)
1	사용후연료저장조 수위, 온도, 방사선 계측기 안전 등급 적용
2	사용후연료저장조에 연료 저장시 항상 비상 전원을 확보토록 기술지침서 개정
3	이동형 디젤구동펌프 확보
4	비상 충수용 장거리 호스 확보
5	장기 전원상실 대비 비상 통신설비 확보
6	광역손상완화지침서(EDMG) 개발
7	비상운전절차서(EOP)-중대사고관리지침서(SAMG) 연계지침서 개발
8	용수 공급관로 내진 성능 평가
9	월성 1호기 지역공기냉각기 비상전원 공급 방안 마련
10	한울 1,2호기 보조급수탱크 호기당 1개 증설

라. 개선대책 추진 계획

한수원은 안전 최우선 경영 방침에 따라 정부에서 권고한 개선대책을 가동 원전뿐 아니라 건설 원전까지 자발적으로 확대 적용하였으며, 이에 대한 세부 시행계획을 2011년 7월 수립하여 정부에 제출하였고, 2011년 9월 최종 확정하였다. 개선대책은 2011년 모두 착수하

였으며 약 1조 1천억원의 예산을 단계적으로 투입하여 전부 조치 완료할 계획이다.

개선대책을 차질 없이 이행하기 위하여 한수원은 전사 조직인 Post-후쿠시마 TF팀을 운영하고 있으며 후쿠시마 후속조치를 총괄 관리하기 위해 전담 조직인 후쿠시마후속대책팀을 운영하고 있다. 또한 주기적인 공정회의를 통해 추진 실적을 철저하게 관리하고 있으며 매 반기별로 개선대책 추진 실적을 정부에 보고하고 있다.



〈그림 4-9〉 국내원전 개선대책 추진 주요내용

마. 개선대책 추진 실적

한수원은 56개 개선대책 중 2014년까지 총 39개 개선대책을 조치 완료하여 그 결과를 정부에 제출하였으며, 규제기관의 심사결과에 따라 보완사항을 지속적으로 반영할 예정이다.

〈표 4-6〉 조치완료 개선대책 현황

분 야	'11~'14년 (39건)	조치완료 개선대책
지진	5건	• 지진자동정지설비 설치 등 5건
해일	2건	• 고리원전 해안방벽 증축 등 2건
전력 및 냉각계통	10건	• 사용후연료저장조 냉각기능 상실시 대책 등 10건
중대사고 대응	4건	• 중대사고 교육훈련 강화 등 4건
비상대응	9건	• 원전인근 주민보호용 방사선방호 장비 추가 확보 등 9건
장기 가동원전	9건	• 정기검사 등 안전검사 대폭 강화 등 9건

2014년까지 완료된 39건의 개선대책 외에도 이동형 발전차량 및 피동형수소제거설비를 전원전에 설치하였으며 한빛1발전소 비상운영지원실 신축 및 월성1·3호기 비상기술지원실 개선 공사를 완료하였다. 또한, 고성능 밀폐형 원전방수문(방화 및 비방화)을 개발하여 설치할 예정이며 경수로 원전을 포함한 전원전에 대해 격납건물 여과배기설비를 설치(월성1호기 완료)할 계획이다. 이외에도 광역재해완화지침서, EOP-SAMG 연계 지침서 등을 개발·적용하여 원전 안전성 향상에 기여할 예정이다.

제4절 원전의 지진대책

한국수력원자력(주) 설비개선실 내진기술담당 부장 방창준

1. 개 요

최근 지구상의 여러 지역에서 지진발생으로 인해 많은 인명피해와 재산피해가 발생하고 있다. 지진의 발생 원인을 과학적으로 설명하는 여러 학설이 있으나 현재까지는 판구조론이 가장 널리 알려진 이론이다.

판구조론에 의하면 지구 표면은 10여 개의 지각판으로 구성되어 있으며 지각판은 지구 내부의 열로 인하여 액체상태로 움직이는 맨틀 위에 떠 있다. 맨틀의 대류현상 때문에 지각판은 서서히 움직이다가 서로 충돌하게 된다. 지각판의 충돌 시 해양판이 대륙의 판 아래로 밀고 들어가는 힘에 의해 판의 경계부가 깨질 때 지진이 발생하게 된다. 따라서 지진은 지각판이 서로 겹치고 충돌하는 판 경계부에서 주로 발생한다.

일본은 유라시아판, 태평양판, 북미판 및 필리핀판의 경계면에 놓여 있어 미국 서부, 인도네시아, 대만 등과 더불어 전 세계적으로 지진활동이 가장 활발한 환태평양 지진대에 속한다. 다행히 우리나라는 판 경계부에서 약 600km 정도 떨어진 유라시아판 내부에 위치하고 있어 대규모 지진이 발생할 가능성이 매우 낮은 안전지대로 평가되고 있다. 우리나라에서 리히터규모 3.0 이상의 지진은 연평균 약 10회 정도 발생하고 있으나 대부분 미약한 지진동만 일으킬 뿐 피해를 주지 않는 정도이다. 피해를 유발할 수 있는 리히터규모 5.0 이상의 지진은 10년에 약 1회 정도 발생하는 것으로 보고되고 있다.

〈표 4-8〉 규모 5.0이상 국내 발생 지진

발생지역	규모(M)	지진발생일
속리산지진	5.2	1978. 9.16
홍성지진	5.0	1978.10. 7
평북 삭주지진	5.3	1980. 1. 8
인천 백령도지진	5.0	2003. 3.30
울진 해상지진	5.2	2004. 5.29
태안 해상지진	5.1	2014. 4. 1

[기상청, 국내지진목록]

〈표 4-9〉 년간 발생하는 지진규모 및 횟수

리히터규모	우리나라[1]	일본[2]	세계[3]
3.0 이상	9회	3,500회	144,500회
4.0 이상	1.17회	400회	14,500회
5.0 이상	0.14회	100회	1,470회
6.0 이상	-	10회	150회

[1] 기상청, 국내지진목록 2) 동경대 지진연구소 3) 미국 USGS]

지진의 발생장소, 시기 등을 정확하게 예측하여 예방 또는 대비한다는 것은 현대 기술 수준으로서는 사실상 불가능하다. 그 대신 해당지역의 지질, 지반상태, 지진발생이력 등을 면밀하게 조사, 분석하여 장차 일어날 수 있는 최대지진에 견딜 수 있도록 내진설계를 하는 것이 최선의 대책이다.

원자력발전소는 지진으로 피해가 발생할 경우 방사성물질이 외부에 누출되는 최악의 상황을 가정해야 하기 때문에 어떤 설비보다도 지진에 대한 철저한 대비책이 요구된다. 따라서 원자력발전소는 부지조사, 설계, 시공, 운영 등 각 단계에서 철저한 지진대비책을 세우고 있다.

2. 지진에 대한 안전대책

가. 부지조사

원자력발전소는 엄격한 안전성이 요구되는 시설이기 때문에 부지조사 단계에서부터 모든 분야의 기술을 종합적으로 활용하여 부지특성을 정확하게 분석하여 설계에 반영하고 있다. 특히 지질 및 지진조사는 부지조사 및 선정과정에서 가장 중요한 항목이다.

원전이 세워지는 부지의 반경 320km 이내 지역은 문헌조사, 인공위성 및 항공사진 판독 등 광역조사를 수행한다. 40km, 8km, 1km 이내의 지역은 기존자료를 수집·검토하고 지질의 구조, 단층분포 암질 등을 확인하기 위하여 지구물리학적 조사, 야외 지질조사, 단층 연대측정, 해양물리탐사, 시추조사, 트렌치조사 등 단계적 정밀조사를 수행한다.

나. 설계

원전의 내진설계는 일반 건물과 달리 부지조사 단계에서 분석한 부지주변의 단층, 지질 및 지진 등을 토대로 부지에 영향을 미칠 수 있는 '최대지진값'을 산정하고 여기에 안전 여유도를 더하여 내진설계수준을 정하고 있다. 우리나라 원전은 부지에서 예상되는 최대 지진규모인 5.2보다 훨씬 큰 규모 6.5 및 규모 7.0(APR1400 원전)의 강한 지진에도 충분히 견딜 수 있도록 내진설계되어 있다. 내진설계값은 gravity의 첫 글자를 따서 'g'라는 단위를 사용하며, 우리말로는 '중력가속도'라고 한다. 국내 원전의 내진설계값은 0.2g 및 0.3g 인데 이는 중력가속도 9.8m/s^2의 20% 및 30%의 크기를 나타낸다. 미국 원전의 경우 80% 이상이 0.2g로 설계·운영 중에 있다.(〈표 4-4〉참조)

신고리 3·4호기부터 건설되는 APR1400 원전의 내진설계값은 원전의 해외 수출을 감안하여 기초지반 조건을 암반이 아닌 토사층을 포함한 포괄부지 개념을 적용하여 0.3g로 상향조정 하였다.

〈표 4-10〉 국내 원전의 내진설계값

구 분	부지지반가속도(g)		고려된 지진		비 고
	계산값	내진설계값	지 진 명	진도 및 규모	
고 리	0.15	0.2	지리산지진 (1936.7)	M=5.0[주1] (MMI Ⅶ~Ⅷ)[주2]	
월 성	0.15	0.2	지리산지진 (1936.7)	M=5.0 (MMI Ⅶ~Ⅷ)	신월성 지반가속도 : 0.183g(읍천단층 고려)
한 빛	0.165	0.2	속리산지진 (1978.9)	M=5.2 (MMI Ⅶ~Ⅷ)	
한 울	0.15	0.2	지리산지진 (1936.7)	M=5.0 (MMI Ⅶ~Ⅷ)	
신고리3,4	0.15	0.3	지리산지진 (1936.7)	M=5.0 (MMI Ⅶ~Ⅷ)	APR1400
신한울1,2	0.15	0.3	지리산지진 (1936.7)	M=5.0 (MMI Ⅶ~Ⅷ)	APR1400

주1) M(Magnitude) : 규모(리히터)
주2) MMI(Modified Mercalli Intensity) : 수정 메르칼리 진도

〈표 4-11〉 미국 주요원전의 내진설계값

발 전 소 명	내진설계값(g)
Arkansas Nuclear Unit No. 1	0.20
Big Rock Point Nuclear	0.05
Crystal River Nuclear Generating	0.10
Davis-Besse Nuclear Power Station Unit 1	0.15
Duane Arnold Energy Center	0.12
Indian Point Nuclear Generating Station Unit No. 2	0.15
Joseph M. Farley Nuclear Power Plant Units Ⅰ And Ⅱ	0.10
Maine Yankee Atomic Power Co.	0.10
San Onofre Nuclear Generating Station Unit 2	0.67[주1]
Turky Point Plant Unit No. 3 & 4	0.15
Vermont Yankee Nuclear Power Station	0.14
Diablo Canyon	0.75[주1]

주1) 활동성단층의 영향을 직접적으로 받는 지역에 위치 [US NRC]

다. 시공

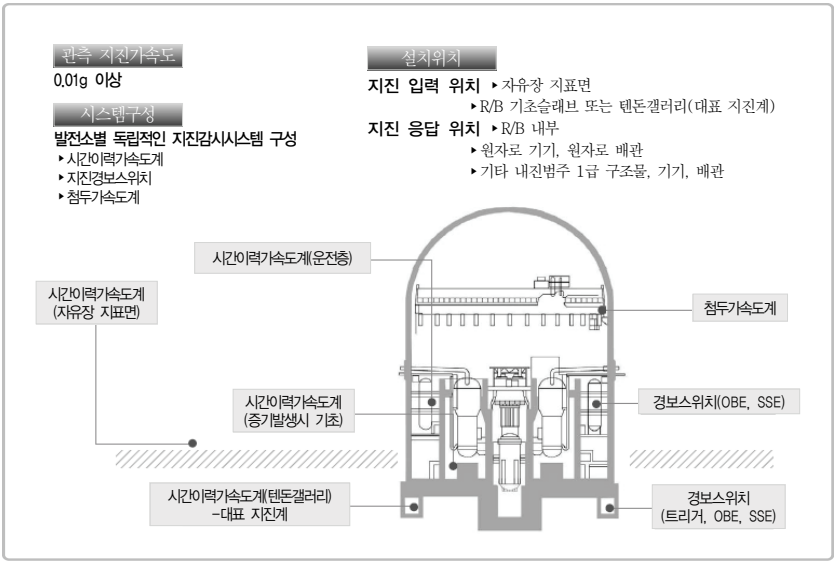
원전은 자재의 선정, 설비 및 기기 제작, 구조물 건설 단계별로 엄격한 품질관리를 시행하고, 정부 규제기관으로부터 철저한 검사 및 점검을 받은 후 모든 공사를 수행하기 때문에 성능과 안정성을 신뢰할 수 있다. 특히 가장 중요한 원자로 격납건물은 단단한 암반위에 건설하고 있어 강진에도 안전하게 견딜 수 있다.

지진이 발생하였을 때 단단한 암반위에 지은 원자력발전소는 토사지반에 건설된 건물에 비해 30%~50% 정도의 진동을 줄일 수 있어 훨씬 안전하다. 그리고 원전의 주요기기와 설비는 정밀 내진해석 또는 진동대시험 등의 엄격한 내진검증을 통과해야만 설치 또는 시공할 수 있다. 진동대시험에 의한 내진검증은 다섯 차례의 운전기준지진과 한 차례의 안전정지지진을 겪은 각각의 기기와 설비들이 정상적으로 작동하는지를 엄격하게 확인하는 절차이다.

라. 가동원전의 지진대응

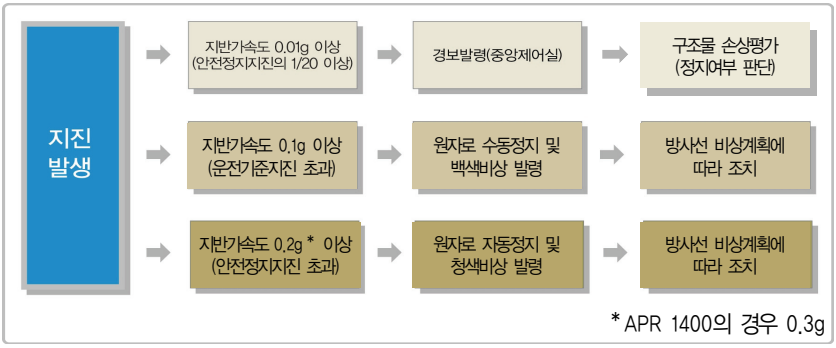
지진은 언제 어떠한 모습으로 우리에게 다가올지 모르기 때문에 항상 대비를 소홀히 해서는 안된다. 우리나라에서는 가동 중인 원자력발전소에 지진이 발생할 경우 이를 신속하게 감지하고 그 크기에 따라 원전을 가동 또는 중지하는 등의 안전조치를 취하고 있다.

원자력발전소는 주요 구조물과 기기, 부지주변에 지진감시설비를 설치하여 상시 지진감시체계를 갖추고 있다. 지진감시설비는 격납건물(10개소), 보조건물(3개소) 등 원전 주요 건물에 설치·운영하고 있다.



〈그림 4-15〉 한국 표준형 원자로의 지진감시설비 설치현황

설계지진인 안전정지지진(SSE)의 1/20 수준인 0.01g의 지진동이 감지되면 주제어실에 지진발생 경보가 발생하고 절차에 따라 원자로, 터빈발전기 등에 대한 점검이 수행된다. 0.1g이상의 지진동 발생시에는 비정상절차서에 따라 즉시 원자로를 안전하게 수동정지하고 방사선비상계획에 따라 비상발령 및 후속조치를 수행한다. 또한, 0.2g 이상의 지진동 발생시에는 원자로를 안전하게 자동정지 후, 방사선비상계획에 따라 비상발령 및 후속조치를 수행한다.



한수원(주)는 1999년 5월부터 원전 주변지역의 지진감시능력을 강화하고자 전국 4개 원전부지 주변에 8개의 지진관측소를 설치·운영하고 있으며, 2003년에는 지진 관측의 신뢰성을 높이고 좀 더 정확한 양질의 정보를 수집하기 위하여 5개의 지진관측소를 추가로 설치·운영하여 지진에 관련한 각종 정보를 실시간으로 전송받고 있다.

원전부지 인근의 정밀부지지진관측망은 한수원에서 설치한 13개소와 기상청, KINS, 지질자원연구원에서 설치한 12개소를 포함하여 총 25개소이며, 그 관측결과를 국내 기관별 상호 공유하여 원전 지진감시능력을 강화하고 있다.

또한, 지진재해대책법의 제정으로 발전용 수력 및 양수 설비의 지진계측이 의무화됨에 따라 수력 및 양수 발전소에도 지진관측소를 설치하여 지진정보를 종합적으로 모니터링하고 있다('12년 10월 완료). 모니터링 프로그램은 지진발생시 경보신호 뿐만 아니라 진앙의 위치, 발생시각, 규모 등의 자료를 자동적으로 분석할 수 있으며, 관측된 지진자료는 실시간으로 소방방재청에 송신하여 지진재해 발생시 범국가적인 대응이 가능토록 하고 있다.

또한 2013년 3월 한수원 중앙연구원내에 자연재해연구센터를 설치하여 지진활동, 지진해일, 태풍, 호우 등 원전의 안전에 영향을 미치는 자연재해의 발생 원인을 규명하고, 재해의 크기와 규모, 시기를 예측하여 원전의 피해를 예방하기 위해 심층연구를 수행하고 있으며, 월성원전 인근에는 국내 최초로 최첨단 단층감시 시스템을 구축, 지진발생의 원인이 되는 단층활동 감시를 강화하여 원전의 지진안전성을 높였다.

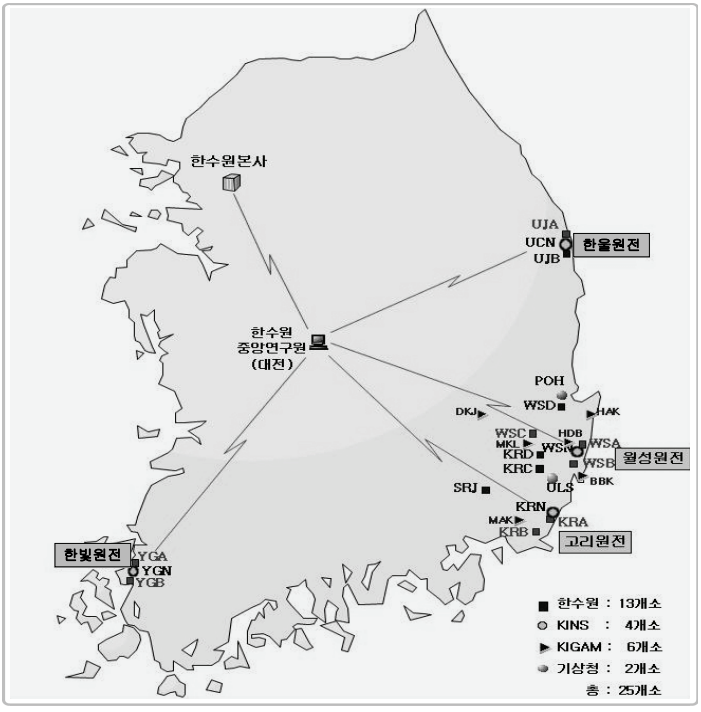
〈표 4-12〉 원전부지 인근 한수원 운영 정밀부지지진관측망 현황

기관명	관측대상 원전	관측소명	장비명	수량	설치 위치	비 고
한수원	고리	KRA	속도계 가속도계	각1대	울주군 서생면 신암리	'99. 5
		KRB		〃	기장군 기장읍 서부리	'99. 5
		KRC		〃	울주군 범서면 서사리	'03. 2
		KRD		〃	울주군 삼남면 교동리	'03. 2
		SRJ		〃	밀양시 삼랑진읍 안태리	'03. 1
	월성	WSA		〃	경주시 양남면 나아리	'99. 5
		WSB		〃	경주시 양남면 상계리	'99. 5
		WSC		〃	경주시 동천동	'99. 5
		WSD		〃	포항시 남구 오천읍 진전리	'03. 2
	한울	UJA		〃	울진군 부구리	'99. 5
		UJB		〃	울진군 서면 하원리	'03.12
	한빛	YGA		〃	영광군 홍농읍 계마리	'99. 5
		YGB		〃	영광군 백수읍 천마리	'99. 5

〈표 4-13〉 원전부지 인근 국내기관 운영 정밀부지지진관측망 현황

기관명	관측대상 원전	관측소명	장비명	수량	설치 위치	비 고
KINS	고리	KRN	속도계 가속도계	각1대	고리원전 내	
	월성	WSN		〃	월성원전 내	
	한울	UCN		〃	한울원전 내	
	한빛	YGN		〃	한빛원전 내	

기관명	관측대상 원전	관측소 명	장비명	수량	설치 위치	비 고
지질 자원 연구원	고리	MAK		〃	경남 양산군 매곡리	
	월성	BBK		〃	울산 울주군 방방골	
		DKJ		〃	경북 영천군 덕적리	
		HAK		〃	경북 영일군 학계리	
		HDB		〃	경북 경주시 효동리	
		MKL		〃	경주시 명계리	
기상청	고리	ULS		〃	울산시 북정동	
	월성	POH		〃	포항시 송도동	



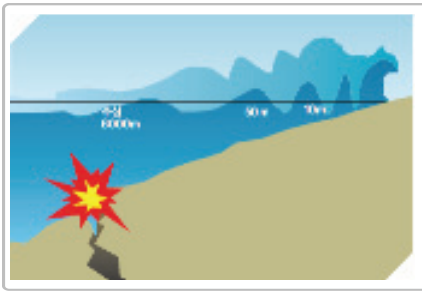
〈그림 4-17〉 원전 주변 정밀부지지진관측망 현황

3. 지진해일(쓰나미)에 대한 안전대책

지진해일(쓰나미, tsunami)은 해저에서 발생한 지진, 해저화산, 해안부근 지반붕괴에 의한 토사의 유입 등에 의해 생성된 파도를 말한다. 국내 원전은 과거에 발생하였거나 향후 예측되는 최대 크기의 지진해일, 폭풍해일 및 홍수 등을 고려하여 설계에 반영함으로써 안전성을 확보하고 있다.

부지에 발생가능한 최대해일로 인하여 안전관련 설비의 침수가능성이 없도록 설계 해수위에 여유고를 더해 발전소 부지높이를 결정한다. 최대홍수가 발생한 경우에도 발전소가 침수되지 않도록 부지 내에 우배수시설을 설치·운영하고 있다.

또한 지진해일로 인하여 해수위가 급격하게 내려거나 해수가 범람할 경우에도 관련 절차에 따라 조치를 취하고 발전소 정지 등 안전조치를 수행하며 경고발생을 통해 작업자를 대피시키고 발전소 설비 정밀점검을 수행한다.



〈그림 4-18〉 지진해일 생성 예

〈그림 4-19〉 국내 지진해일 발생현황

〈표 4-15〉 국내 지진해일 사례

발생일시	지진해일명	지진 규모	최고해수위
1940년 8월 2일	사코단	7.5	묵호 : 1.20m 나진 : 0.50m
1964년 6월 16일	니가타	7.5	부산 : 0.32m 울산 : 0.39m
1983년 5월 26일	아키다	7.7	울진 : 2.50m 묵호 : 3.90m
1993년 7월 12일	오쿠시리	7.8	울진 : 2.56m 묵호 : 2.03m

02 방사선 안전관리

한국수력원자력(주) 안전처 방사선안전팀 이희환

제1절 종사자 안전관리

1. 기본 원칙

원전 방사선 안전관리의 목표는 방사선으로부터 종사자를 보호하고 방사성 물질의 외부 환경으로의 유출을 최소화하여 원전 주변주민 및 환경에 미치는 영향을 최소화하는 것이다. 이러한 목표 달성을 위하여 원자력발전소는 운영단계 뿐만이 아니라 설계, 건설 단계에서부터 방사선안전을 고려하여 작업자의 방사선량을 "합리적으로 가능한 한 낮게(ALARA, As Low As Reasonably Achievable)" 유지하도록 노력하고 있다.

국내 원자력안전법 관련 법령에는 국제방사선방호위원회(ICRP)의 선량제한 권고 등을 반영하여 우리나라 실정에 적합한 방사선안전관리기준을 규정하고 있으며, 원전에서는 관련 규정을 준수하기 위하여 피폭방사선량 최소화, 선량평가, 방사선방호에 대한 세부 이행절차를 수립하여 원전 종사자, 주변주민 및 환경보호에 적용하고 있다.

국제방사선방호위원회(ICRP)가 권고한 방사선방호의 목적은 방사선에 의한 확률적 영향(체세포 돌연변이에 의한 암 또는 생식세포 돌연변이에 의한 유전질환)의 최소화와 결정적 영향(세포의 기능저하 또

는 사멸)의 방지에 두고 있으며 구체적으로 다음 세 가지 원칙이 있다.

첫째, "방사선 작업의 정당화"로서 방사선피폭에 관련된 행위(작업)는 피폭 받는 개인이나 사회에 끼치는 위해보다 그 행위에 의한 이득이 충분히 많은 경우에만 채택되어야 하고,

둘째, "방사선 방호의 최적화"로서 방사선량을 경제적, 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA) 유지시키며,

셋째, "선량한도"로서 개인이 받는 선량을 규제치 이내로 유지시켜 방사선피폭으로 인한 장해 발생이 없도록 관리하는 것이다.

원자력발전소에서는 방사선으로부터 방사선작업종사자를 보호하기 위하여 이상의 방사선방호 원칙에 입각한 방사선안전관리 활동을 수행하고 있으며 이를 효과적으로 달성하는데 필요한 여러 가지 안전관리 수단을 확보하고 있다.

2. 방사선안전관리 제도

가. 선량한도

국제방사선방호위원회는 1990년에 방사선방호에 관한 권고 "ICRP 60"을 발행하면서 방사선작업종사자의 선량한도를 연간 50mSv를 넘지 않는 범위 내에서 5년간 100 mSv로 하향 권고하였다. 우리나라는 1998년에 ICRP 60 권고를 관계 법령에 도입한 이후 2003년 1월 과학기술부 고시 제2002-23호 "방사선 방호 등에 관한 기준"을 공포함으로써 ICRP 60 권고의 제도화를 완료하였으며, 원전에서는 방사선작업종사자의 피폭방사선량이 연간 20 mSv를 초과하지 않도록 관리하고 있다.

나. 건강진단

방사선작업종사자는 방사선관리구역에 최초 출입하기 전 및 매 1년마다 건강진단을 받고 있으며, 검사항목은 다음과 같다.

○ 직업력 및 노출력
○ 방사선 취급과 관련된 병력
○ 임상 검사 및 진찰
  - 임상검사 : 말초혈액 중의 백혈구 수, 혈소판 수 및 혈색소의 양
  - 진찰 : 눈, 피부, 신경계 및 조혈기계 등의 증상 등

다. 방사선 방호교육

원전에서는 방사선관리구역에 출입하는 종사자 스스로의 방사선 방호능력 배양 및 방사선안전관리규정 준수와 아울러 발전소 비정상시의 행동지침 숙지를 위해 주기적으로 방사선 방호교육 실시와 평가를 통해 합격한 자에 한해서만 방사선관리구역에 출입할 수 있도록 하고 있다.

원전에서는 원자력안전법령에 따라 원자력안전위원회 지정 기본교육기관에서 시행하는 의무교육인 기본교육과 더불어 자체적으로 시행하는 직장교육을 실시하고 있다. 이러한 교육에 필요한 교육시설 및 장비를 갖추고 수립된 연간 교육계획에 따라 방호교육을 시행하고 있으며, 교육내용과 교육 대상자별 교육 시기 및 시간은 다음과 같다.

○ 기본교육내용
  - 원자력시설의 이용에 따른 안전관리
  - 방사성물질 등의 취급

- 방사선 장해방어
- 방사선안전관리규정 및 관계법령

○ 직장교육내용
- 발전소 방사선안전관리규정
- 발전소 방사선원 및 방사선장비의 특성
- 발전소 특성에 따른 교육

○ 교육 대상자별 교육 시기 및 시간
- 방사선작업종사자는 최초 방사선관리구역에 출입하기 전 기본교육(8시간)과 직장교육(4시간) 총 12시간 의 교육을 받아야 하며 이후 정기적으로 매년 기본교육(3시간)과 직장교육(3시간) 총 6시간의 교육을 받아야 함
- 수시출입자 및 일반인은 방사선관리구역에 출입할 때마다 방사선장애방지 등에 안전수칙 교육을 받아야 함

3. 방사선안전관리 수단

가. 공학적 안전시설

공학적 안전시설은 방사선원의 격리, 종사자 출입지역의 방사선량 및 방사성물질 농도를 낮춤으로써 피폭방사선량 및 방사성물질의 인체 내부 흡입 가능성을 줄이려는 것으로 대부분 설계 단계에서부터 도입되고 있으며, 운전 중에도 방사선방호 최적화를 위해 필요한 것으로 판단되면 설계변경 등을 통해 개선해 나아가고 있다.

중요한 공학적 안전시설로는 인체 외부피폭을 방지하거나 또는 저감시키기 위한 차폐시설, 인체 내부피폭을 방지하기 위한 공기정화설비, 방사선작업지역 및 주변 환경의 방사선준위를 알려주고 비정상시 경보를 발생하거나 안전설비에 동작신호를 제공하는 방사선감시설비, 기체, 액체, 고체 방사성폐기물을 안전하게 처리하는 방사성폐기물 처리시설 등이 있다.

나. 운영절차

방사선작업종사자의 방사선 안전을 보장하기 위하여 방사선작업허가, 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업관리, 방사선비상계획 등의 안전관리 절차가 명확히 명문화되고 승인 과정을 거쳐 시행되고 있으며, 규제기관은 이의 시행여부를 감시, 감독하고 있다.

(1) 출입관리

원자력발전소 방사선관리구역 출입구에는 방사선안전관리의 신뢰성과 투명성 확보를 위해 자동출입 통제설비를 설치 운영함으로써 허가받지 않은 작업자의 출입을 엄격히 통제하고 있음은 물론, 방사선관리구역 출입자 및 작업내용을 즉시 확인할 수 있고 방사선작업종사자들에게 방사선안전관리 정보를 제공할 수 있도록 방사선안전관리 업무 전반에 대한 종합 전산시스템을 구축 운영하고 있다.

방사선관리구역 출입자는 방사성물질에 의한 오염방지를 위하여 자신의 의복을 벗고 관리구역작업복, 모자, 장갑, 양말 등 관리구역 작업용품과 자동선량계(ADR) 및 열형광선량계(TLD)등의 개인 방사선량측정기를 착용하고 출입하게 된다. 자동선량계는 방사선관리구역 출

입시 본인이 받은 방사선량을 직접 확인할 수 있으며, 작업지역 주변의 방사선량률이 급격하게 증가하거나, 미리 설정된 방사선량을 초과하여 피폭 받게 되는 경우 즉시 경보음을 발생하여 작업자에게 알려준다. 열형광선량계는 1개월 또는 일정기간에 받은 방사선량을 측정하는데 이용되며, 공식적인 피폭기록 관리에 사용된다.

〈그림 4-15〉 방사선관리구역 출입절차

〈그림 4-16〉 방사선관리구역 출입구 모습

(2) 방사성 오염관리

방사선관리구역을 나올 때에는 착용했던 관리구역 작업용품을 벗고 방사선관리구역 출구에 비치되어 있는 오염검사기를 이용하여 작업자가 직접 오염검사를 실시하며 출구에 설치되어 있는 자동 전신오염검사기에서 다시 오염여부를 확인하게 된다. 자동 전신오염검사기에서는 오염이 검출되면 출구가 개방되지 않으며, 경보가 발생하면서 오염부위를 지시하게 된다. 오염이 검출된 작업자는 방사선안전관리원의 도움을 받아 오염을 완전히 제거하고 다시 전신오염검사기를 통과하여 방사선관리구역 밖으로 나가게 된다.

특히, 얼굴오염이나 코 내부오염이 검출된 작업자는 체내오염검사(WBC, Whole Body Counting)를 실시하여 방사성물질이 체내에 흡입되었는지를 확인하고 체내 흡입이 확인되면 흡입된 방사성물질로부터 인체가 받게 되는 방사선량을 평가하여 관리한다.

(3) 물품의 반·출입 관리

방사선관리구역 물품 반출입은 일반적으로 방사선관리구역 출입통제소에서 관리하고 있다. 그러나 출입통제소에서 관리할 수 없는 원전 연료 또는 대형기기 등의 반출입시에는 원자로건물, 원자로보조건물 등의 기기 반입구에 임시 출입통제소를 설치하여 반출입을 관리하며, 방사선관리구역으로부터 물품을 반출할 때에는 물품의 오염검사를 실시하여 표면오염도가 법적으로 정한 제한값 이하의 물품에 대해서만 반출을 승인한다.

(4) 방사선작업관리

방사선관리구역에서의 작업은 다음과 같은 절차와 방법으로 실시하고 있다.

(가) 사전에 개인의 집적방사선량, 작업장의 방사선량률 및 작업환경 등을 고려하여 필요에 따라 차폐체 설치, 구역제염 등 종사자의 방사선량을 저감할 수 있도록 작업계획을 수립하고, 작업절차, 방법 등에 대해서는 작업자에게 충분히 교육한 후 작업에 착수하도록 하고 있다.

(나) 방사성물질의 체내 흡입을 방지하기 위해 마스크 등 작업환경에 따라 필요한 방호장구류를 착용하며, 개인 방사선량 측정을 위한 개인선량계 착용, 작업시간 제한 등 필요한 조건을 정하여 작업을 허가하고 있다.

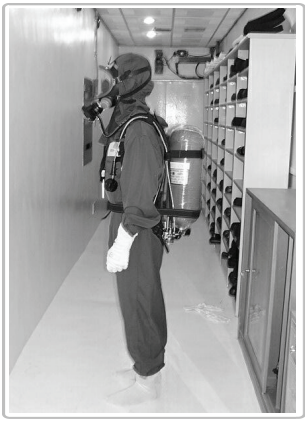
(다) 방사선작업은 작업 전에 방사선안전관리 전산시스템을 이용하

여 작업장의 방사선량률, 방사성오염도 등을 평가하며 작업내용과 과거 경험 등을 반영하여 작업허가를 하는 등 효율적인 방사선안전관리를 수행하고 있다.

(라) 작업환경이 열악한 증기발생기 내부 작업 등 고방사선구역 작업시에는 작업 전에 충분한 모의훈련을 실시하여 작업의 숙련도를 높이고 작업시간을 단축하여 방사선 피폭을 최소화하고 있다. 또한 작업 전·후에 ALARA 회의를 개최하여 작업내용을 분석, 평가하며, 여기서 얻은 경험을 동일 또는 유사 작업시 활용하는 등 작업자의 방사선량 최소화와 작업능률 향상을 위한 노력을 기울이고 있다.

다. 방사선 방호장구

공학적 안전시설과 운영절차가 갖추어져 있어도 작업현장 여건에 따라 적절한 방호수단을 제공하기 위하여 개인별로 방사선 방호장구를 사용하는 것이 필요하다. 그러나 방사선 방호장구의 사용은 일반적으로 작업능률을 저하시키고 활동에 지장을 초래하므로 또 다른 안전 위해 요소가 될 수도 있다. 따라서 방사선 방호장구를 사용할 때는 피폭방사선량 최소화, 오염방지 및 일반적인 안전 요건 등을 종합, 검토하여 결정한다.



〈그림 4-17〉 휴대형 공기공급 호흡방호장비 착용모습

방사선 방호장구의 종류에는 신체오염 방지용, 방사성물질의 체내 흡입 방지용 및 방사선을 차폐를 통한 외부피폭 저감용 등 목적에 따라 다양한 종류가 있으며, 작업내용, 작업장소, 작업지역의 방사선 조건 등을 고려하여 적절한 방호장구를 착용하도록 하고 있다.

〈표 4-18〉 주요 방사선 방호장구

인체오염방지용	작업복, 비닐작업복, 양말, 안전화, 고무신, 신발덮개, 장갑, 고무장갑, 안전모, 후드 등
호흡용 방호장구	반면마스크, 전면마스크, 공기공급 작업복, 휴대형 공기공급 호흡장비 등
방사선차폐용	납 조끼, 납 안경, 납 담요, 물 차폐체 등

4. 방사선량 관리

원전에서는 방사선작업종사자의 피폭방사선량이 연간 20 mSv를 초과하지 않도록 관리하고 있으며, 개인별 피폭방사선량의 기록 보관은 방사선방호교육 이력, 건강진단 결과 등과 함께 전산화하여 종합관리하고 있다.

외부피폭선량 평가는 1개월 단위로 실시하고 있으며, 고선량 지역에서의 작업 등 특수한 작업을 한 종사자의 경우에는 작업 후 즉시 평가하여 작업허가 선량한도의 초과여부 확인과 차기 작업시 허용선량 결정에 활용하고 있다. 방사선량 측정수단으로는 열형광선량계(TLD)를 주 선량계로 사용하고 작업자 자신이 직접 피폭방사선량을 확인할 수 있는 자동선량계(ADR)를 보조선량계로 사용하며, 필요시 방사선량률 측정 장비를 활용하여 다중으로 방사선량을 측정, 관리함으로써 선량평가의 신뢰도를 높이고 있다.

방사선작업종사자가 방사성물질을 체내로 섭취하여 받은 내부피폭 선량 평가는 전신 체내오염검사기(WBC)를 사용하여 측정·평가한다. 평가 시기는 최초 작업종사자로 지정할 때와 그 이후 매 1년마다 정기적으로 실시한다.

5. 2014년도 방사선안전관리 실적

2014년 총 23기의 원전 운영에 따른 방사선작업종사자 14,260명의 총 방사선량은 8.324맨·시버트(man·Sv)이었으며, 호기 당 평균 방사선량은 0.36man·Sv로 2013년의 0.53man·Sv보다 0.17man·Sv 감소하였다. 이는 지속적인 안전성 증진 활동 및 계획예방정비기간 감소에 따른 결과로 보인다.

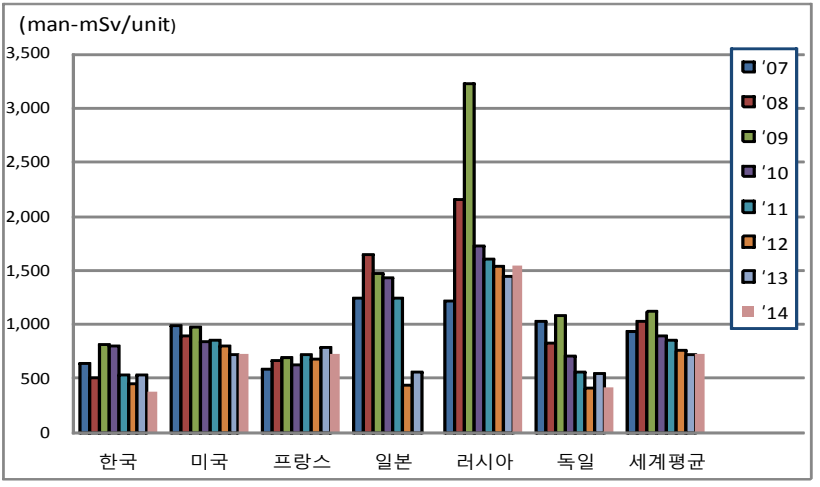
총 방사선량은 당해 연도에 수행된 정비 기간에 따라 크게 좌우되는데, 2014년의 경우 총 15개 호기에서 연 1,055일의 정비작업이 수행되어, 직전년도 대비 850일 감소(44.6%)하였다.

〈표 4-19〉 방사선량 및 계획예방정비 기간 비교

구 분	가동원전(기)	방사선량(man·Sv)		계획예방정비	
		총 선량	호기당 선량	호기수(기)*	기간(일)
'09	20	16.32	0.82	15	686
'10	20	15.88	0.79	17	786
'11	21	11.17	0.53	17	749
'12	23	10.47	0.46	16	1,141
'13	23	12.12	0.53	19	1,905
'14	23	8.32	0.36	15	1,055

* 계획예방정비 착수일 기준

세계원전의 동일 노형 평균치 등과 비교해볼 때 국내 원전은 우수한 방사선량 관리 실적 나타내고 있으며 세계 원전의 방사선량 또한 지속적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.



〈그림 4-18〉 국내·외 원전 노형별 호기당 평균 방사선량

한편, 원자력안전법상 방사선작업종사자 선량한도인 연간 50밀리시버트(mSv)를 초과한 종사자는 없었으며, 연간 개인 평균선량은 0.58밀리시버트(mSv)를 기록하였다.

〈표 4-20〉 연도별 종사자 개인 평균선량

연 도	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
개인 평균선량(mSv)	1.13	0.94	1.39	1.20	0.76	0.71	0.82	0.58

2014년도의 종사자 개인선량 분포를 분석하여 보면 전체 종사자의 85.5%(12,193명)가 일반인에 대한 연간 법적 제한치인 1밀리시버트

미만의 방사선피폭을 받았다.

특히, 방사선피폭이 전혀 없는 종사자가 68.8%인 9,811명을 차지하여 전반적으로 개인선량이 낮게 유지되고 있음을 확인할 수 있었으며, 2008년 4월부터는 "판독업무 등록기준 및 검사에 관한" 원자력안전위원회 고시 개정으로 방사선작업종사자에 대한 피폭방사선량 관리 최소값으로 기록준위인 0.1밀리시버트를 적용하도록 하고 있어, 0.1밀리시버트 미만은 기록준위 이하로 관리하고 있다.

〈표 4-21〉 종사자 개인 평균 방사선량 분포

	피폭선량 (mSv)								총계
	0.1미만	0.1~1 미만	1~2 미만	2~3 미만	3~5 미만	5~10 미만	10~15 미만	15~20 미만	
인원 (명)	9,811	2,382	765	430	415	375	77	5	14,260

제2절 방사능 방재대책

1. 개 요

우리나라의 원전은 설계, 건설, 운전 등 전 단계에 걸쳐 안전을 최우선적으로 고려하고 있으며, 그 동안의 운전 결과를 고려하여 보면 기술적으로나 구조적으로 그 안전성이 충분히 입증되고 있다. 또한, 후쿠시마 사고를 교훈으로 다양한 안전설비를 추가로 보강하고 다중의 방호시스템을 갖추고 있기 때문에 사고가 발생한다고 해도 주변 환경에까지 영향을 미치는 방사능 비상사태로 진전될 가능성은 없다.

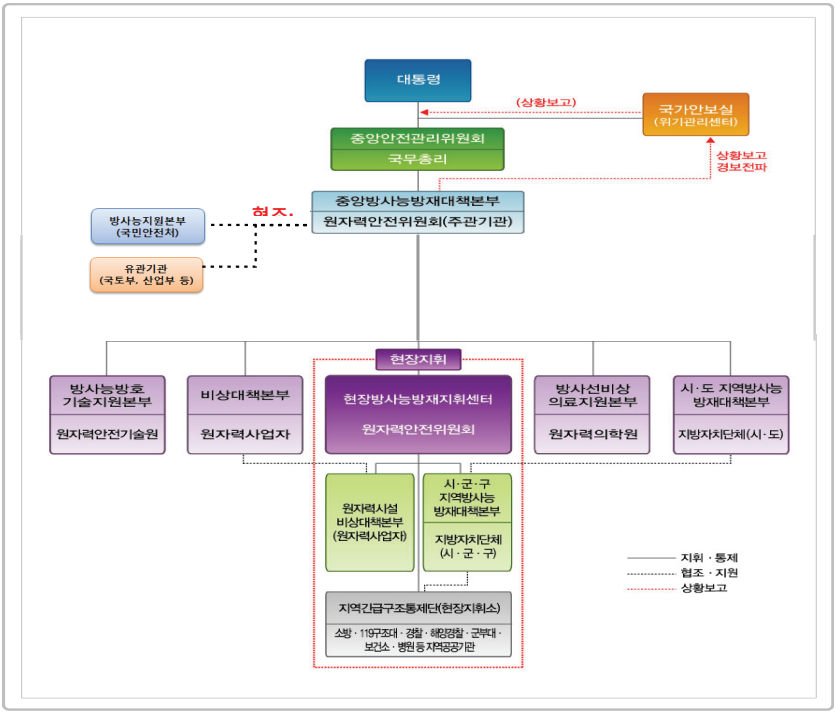
그러나 만일의 사고에 대비하기 위해 정부는 국가차원의 방사능 방재대책 계획을 수립하고 있고, 원자력사업자인 한수원(주)은 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법에 따라 원전 부지별로 방사선비상계획 및 수행절차를 수립·운영하고 있다. 원전 방사선비상계획에는 비상대응조직과 임무, 비상구분 및 비상발령 기준, 사고 초기의 비상조치, 주민보호조치를 위한 권고, 유관기관과의 협조 및 지원체계, 방사능 방재훈련 및 교육에 관한 사항 등이 포함되어 있다. 또한, 방사선비상시 원활한 사태수습 및 복구를 위하여 방사능재난대응시설 및 전담조직을 설치·운영하고 있다.

2. 원전 방사능 방재대책 체계

우리나라의 방사능 방재대책 체계는 중앙방사능방재대책본부장(원자력안전위원회 위원장)의 지휘 하에 현장방사능방재지휘센터, 지역방사능방재대책본부, 원전비상대책본부가 사고수습 및 주민보호조치를 1차로 수행하며, 한국원자력안전기술원의 전문가로 구성된 방사능방호기술지원본부와 한국원자력의학원의 의료전문가로 구성된 방사선비상의료지원본부가 방사능재난의 수습 및 비상의료분야의 기술적인 지원을 하도록 되어있다.

현장방사능방재지휘센터에는 관계 중앙행정기관, 지방자치단체 및 지정기관의 관계관으로 구성되는 합동방재대책협의회가 구성되고, 방사능재난 등에 대한 정확하고 일관성 있는 정보를 제공하기 위하여 연합정보센터가 설치·운영된다.

〈그림 4-19〉는 국가 방사능 방재대책 체계도를 나타내고 있다.



〈그림 4-19〉 국가 방사능 방재대책 체계도

방사능 방재훈련은 원자력안전위원회가 관련 중앙행정기관과 함께 5년마다 실시하는 연합훈련(2015년부터 법개정을 통해 매년실시), 원전 관할 지방자치단체장이 지정기관 및 한수원(주)와 함께 실시하는 합동훈련, 한수원(주) 자체훈련인 전체훈련 및 부분훈련 등으로 구분되어 있으며, 합동훈련은 부지별로 4년에 1회(2014년 시행규칙·고시 개정, 4년→2년에 1회, 2015년부터 적용), 전체훈련은 발전소별로 매년 1회, 부분훈련은 발전소별로 매분기에 1회 실시하고 있다. 특히,

부지별 전체훈련 중 1회는 훈련시간, 시나리오를 비공개로 실시하는 불시 비상훈련을 도입하고 초대형 복합재난에 의한 다수호기 동시 비상사고를 가정한 시나리오를 개발, 적용함으로써 발전소 비상대응능력 제고를 위해 노력하고 있다.

2014년도에 실시된 방사능 방재훈련의 실적은 〈표 4-22〉, 〈표 4-23〉과 같다.

〈표 4-22〉 2014년도 방사능방재 합동훈련 및 전체훈련 실적

구 분	원 전		훈련일자	참 여 기 관
연합훈련	신고리2호기		11.20	원안위, 지자체, 한수원 등 48개 기관 (옥내대피 6,600여명, 소개 1,000명 참여)
전체훈련	고리	2호기	5.22	한수원(주) 한국원자력안전기술원 등
		4호기	11.20*	
	한빛	2호기	4.22	
		4호기	7.9	
		6호기	11.4	
	월성	2호기	6.27	
		3호기	8.20	
		신1호기	10.22	
	한울	2호기	5.13	
		6호기	7.15	
		4호기	10.28	

* 연합훈련과 연계 실시, 밑줄표시는 불시훈련

〈표 4-23〉 2014년도 방사능방재 부분훈련 실적

구 분	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기
고리	○ 긴급정비 및 복구 중점훈련 ○ 비상운전반 초기대응	○ 비상운전반 초기대응 ○ 긴급정비 및 복구 훈련	○ 최초비상 대응 사고상황 전파 ○ 주민보호조치 권고, 비상발령 해제 및 변경	○ 비상상황보고 대외기관 대응 ○ 환경방사선 감시

구 분	1/4 분기	2/4 분기	3/4 분기	4/4 분기
한빛	○ EOF/TSC 상황보고	○ 비상상황보고, 긴급정비 요청 복구계획 수립	○ 비상발령 변경 OSC 발족 ○ 비상발평 평가, 긴급복구 계획 수립 등	○ 비상발령 변경 및 해제검토
월성	○ 주민보호조치 권고 ○ 비상조직간 협조체제 점검	○ 자연재해에 의한 복합재난 대처 ○ 주민보호조치 권고	○ 전원상실에 따른 비상대응 활동	○ 비상 시 인원 파악 및 응급 의료구호훈련
한울	○ 주민보호조치 권고 ○ 긴급정비 및 복구 중점훈련	○ 주민보호조치 권고 ○ 긴급정비 및 비상 전용전화 성능점검	○ 초기비상대응 조치 및 비상 방송설비 점검 ○ 긴급정비 및 비상전용전화 성능점검	○ 주민보호조치 ACS 성능점검 ○ 초기비상대응 및 방송망점검

(2014년 고리본부 연합훈련)

(2014년 고리본부 연합훈련)

〈그림 4-20〉 방사능 방재훈련 모습

또한 각급 유관기관의 비상대책본부에는 직통전화(HOT-LINE), 팩스, 전화, 한수원(주) 사내전화 등이 설치되어 있어 유사시 비상대응조치에 필요한 각종 정보가 신속·정확하게 전달되고 있으며, 원전 주제어실과 비상대책실, 비상기술지원실에는 원전의 중요한 필수 안전인자를 전산화하여 표시하는 안전정보표시장치(SPDS : Safety Parameter

Display System) 및 발전소운전정보시스템(PI System : Plant Information System)이 설치되어 있어 비상시 각 비상요원들이 발전소 운전상태를 정확하게 파악하고 신속히 사고수습을 할 수 있도록 하고 안전정보표시장치의 주요변수는 한국원자력안전기술원에도 실시간으로 제공하고 있다. 또한, 비상이 장기화될 경우를 대비하여 비상대응시설의 방사선(능)측정장비 및 방호용품을 기존대비 약 200%까지 대폭 확충하여 침수되지 않는 곳에 보관하는 등 만일의 사고에 철저히 준비하고 있다. 한수원(주) 방사능재난대응시설 현황과 측정장비 및 방호용품 확보현황은 〈표 4-24〉, 〈표 4-25〉와 같다.

이외에도 원전에서는 발전소 반경 2km 지역내의 주민들이 비상상황을 청취할 수 있는 경보방송설비의 설치, 방사성옥소가 인체 내의 갑상선에 침적되는 것을 방지하기 위한 갑상선방호약품은 후쿠시마 사고를 계기로 국내원전 안전개선 대책의 일환으로 방사선비상계획구역 외부까지 주민보호를 고려하여 기존 약12만명분(126만정)에서 430만정을 추가하여 총 50만명분(556만정)으로 대폭 확충하여 원전 및 지자체에 보관하고 있고 비상사고시 소개지연 등을 고려한 적극적 방호대책 개념으로 주민용 호흡방호물품을 6만개에서 48만개로 추가 확충하여 지자체에 배포하였다. 비상시 주민들이 신속하고 질서있게 대피와 소개를 할 수 있도록 인터넷 홈페이지에 안내문 및 동영상을 게재하고 있으며 원전 방재홍보달력을 배부하는 등 발전소 주변주민 보호에 만전을 기하고 있다. 아울러 평시에도 인근 주민들이 거주지역 내의 환경방사선 준위를 스스로 감시하고 확인할 수 있도록 환경방사선 감시 시스템(ERMS, Environmental Radiation Monitoring System)을 원전 관

할 지자체 등에 설치, 운영하고 있으며 원전정보를 실시간으로 제공하는 대형 전광판을 설치하여 지속적으로 관리·운영하고 있다. 또한, 후쿠시마와 같은 대형 재난시 필요한 지점의 환경방사능측정을 위한 이동형 환경방사선감시기 19대를 추가로 확보하여 만일의 사태에 대비하도록 하였다. 원자력발전소에서는 방사선비상시 사고확대 방지 및 방사선방호조치를 취하고 발전소 종사자, 발전소 주변지역 주민들에 대해서는 정부 및 해당 지자체에서 주민보호조치를 담당하고 있다.

〈표 4-24〉 한수원(주) 방사능재난대응시설 현황

구 분	시 설	위 치
본 사	원자력비상대책상황실 및 회의실	한전별관 4층
고리원전	비상대책실	기장군 철마면 고촌로 80번지 32
	비상기술지원실	1·2발전소 : 1발전소 후문 옆 신고리 1·2발전소 : 공용 복합건물 3층
	비상운영지원실	1발전소 : 보건물리실 2발전소 : 출입통제건물 신고리 1·2발전소 : 공용복합건물 3층
	환경실험실	기장군 천산로 28
한빛원전	비상대책실	영광군 군서면 만곡리 복호로 7
	비상기술지원실	1발전소 각 호기 주제어실 옆 2발전소 각 호기 출입통제건물 4층 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
	비상운영지원실	1발전소 신축 사무실 지하 2발전소 출입통제건물 3층 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	영광군 홍농읍 상하리 홍농로 546
월성원전	비상대책실	경주시 양북면 능골연당길 19-6
	비상기술지원실	1·2발전소 : 각 호기 주제어실 옆 신월성 1발전소 : 복합건물 3층
	비상운영지원실	1·2발전소 : 보조건물 3층 신월성 1발전소 : 복합건물 3층
	환경실험실	경주시 양남면 동해안로 603-19

구 분	시 설	위 치
한울원전	비상대책실	울진군 근남면 산포 1길 34
	비상기술지원실	1발전소 전기건물(#1, 2 공용) 2발전소 각 호기 출입통제건물 4층 3발전소 각 호기 출입통제건물 2층
	비상운영지원실	1발전소 운전원 사무실 2발전소 출입통제건물 4층 3발전소 출입통제건물 2층
	환경실험실	울진군 북면 울진북로 2149

〈표 4-25〉 방사선(능)측정장비 및 방호물품 확보현황

□ 방사선(능)측정장비

(단위: 대)

구분	고리원전	한빛원전	월성원전	한울원전	합 계
휴대용 측정장비	205	192	202	206	805
이동형환경감시기	7	2	6	4	19

□ 방사선방호물품 확보 현황

(단위: 점)

고리원전	한빛원전	월성원전	한울원전	합 계
5,770	8,070	6,365	6,270	26,475

〈표 4-26〉 갑상선방호약품 및 호흡방호물품 확보현황

□ 갑상선 방호약품(KI 정제)확보 현황

(단위: 정)

고리원전	한빛원전	월성원전	한울원전	합 계
2,531,300	531,066	1,922,906	581,478	5,566,750

□ 주민용 호흡방호물품 확보 현황

(단위: 개)

고리지역	영광지역	월성지역	울진지역	합 계
235,401	48,000	155,609	43,762	482,772

〈표 4-27〉 행정관서 환경방사능 감시시스템 및 대형전광판 설치 현황

구 분	설치장소	
	ERMS	대형 전광판
고리원전	기장군청	고리스포츠센터, 울주범서
한빛원전	영광군청	영광 법성포, 고창읍사무소
월성원전	경주시청	경주버스터미널, 실내체육관
한울원전	울진군청	울진부구, 울진군청

이와 같은 다양한 방사능재난대응시설 외에도 주민보호를 위한 비상대책을 집중적으로 강구하기 위해 발전소를 중심으로 반경 약 8~10km의 지역을 방사선비상계획구역으로 설정하여 운영하고 있으며, 지방자치단체는 유사시 방사선비상계획구역내의 주민들을 신속하게 대피시킬 수 있도록 학교 등의 대피시설을 사전 지정·관리하고 있다.

〈표 4-28〉 원전 주변주민 구호소(대피소) 현황

구 분	시 설 수	대피인원(명)	수용능력(명)
고리원전	기장초등교 등 66개소	57,563	74,547
한빛원전	영광실업고 등 27개소	18,849	44,891
월성원전	감포중학교 등 10개소	10,101	10,909
한울원전	부구초등교 등 28개소	15,561	19,053

* 근거 : 2014년도 지역방사능방재계획

그럼에도 불구하고, 후쿠시마 사고 등으로 원전 방재대책에 대한 불신증가로 국회, 지자체 요구 및 IAEA IRRS 후속조치의 일환으로 방사선비상계획구역을 국제기준에 따라 세분화하고, 범위를 확대하는 법령이 '14.5.21일 공포됨에 따라 전 원전본부 방사선비상계획구역을 비

상계획구역 기초지역 해당 광역지자체와 협의를 거쳐 재설정하였다(2015.5.18.). 원전본부별 비상계획구역이 재설정됨에 따라 2015년도 말까지 주요 후속조치를 이행하기 위해 노력하고 있으며, 방사선비상계획구역 개편 등에 대한 국가 방재체계 변경내용은 아래와 같다.

〈표 4-29〉 비상계획구역 개편 등 방재체계 변경내용

구 분	내 용
비상계획구역 개편	(기존) 반경 8~10km, 단일구역 → (변경) 최대 20~30km, 2개구역 - 예방적보호조치구역(원전~원전반경 3내지5km) - 긴급보호조치계획구역(예방적보호조치구역~원전반경 20내지30km)
방사능방재훈련 주기	(연합훈련) 5년 1회 → 매년실시 (합동훈련) 4년 1회(부지별) → 2년 1회(부지별) (주민보호훈련신설) 지자체별 매년 1회 이상
비상경보방송망 확충	반경 2km이내 → 예방적보호조치구역 이내
갑상선방호약품 확보	반경 16km → 반경 30km

03 일반 환경관리

제1절 환경관리 체계

한국수력원자력(주) 위기관리실 환경관리팀장 최영선

1. 개요

원자력발전소는 '환경영향평가법'에 따라 발전소 건설 전에 발전소 건설시점부터 운영까지의 전 과정에 걸쳐 자연환경, 생활환경 및 사회·경제환경에 미치는 영향을 미리 예측·분석하고 부문별 구체적인 환경영향의 저감 또는 최소화 대책을 수립한다. 환경영향의 저감 또는 최소화 대책에 관한 환경영향평가서는 지역주민의 의견 수렴, 공청회 및 정부 관계부처의 협의와 승인을 거쳐 최종적으로 작성하며 협의·승인된 평가서의 협의내용을 준수하여 발전소를 건설하고 운영한다.

원전의 환경관리는 일반환경 및 해양환경 분야로 구분하여 관리하고 있으며, 체계적인 환경관리를 위해 국제 표준규격인 환경경영시스템(ISO 14001)을 구축하여 운영하고 있다.

2. 환경조사 및 평가

발전소 건설 및 운영 중에 수행하는 환경영향 조사 및 평가는 환경영향평가 협의내용 및 자체 원전주변 환경조사 지침에 따라 일반환경 및 해양환경 분야에 대하여 실시하고 있다.

환경영향평가서 협의내용에 따른 환경영향 조사 및 평가항목은 자연환경 부문의 기상, 지형·지질, 동·식물상, 해양환경, 수리·수문분야와 생활환경 부문의 토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음, 진동, 악취분야 및 경제환경 부문의 인구, 주거, 산업, 교육, 교통 등으로 구성되어 있으며 발전소의 특성을 고려하여 온배수에 의한 해양 동식물 등 수산자원에 미치는 영향도 조사·평가하고 있다.

환경조사 항목은 발전소 건설 및 운영사업의 특성과 주변 환경을 고려하여 선정하는데 건설 중에는 해양환경, 대기질, 수질, 소음, 동·식물상 및 지형·지질 등을 조사·평가하고 있으며 운영 중에는 육상 및 해양 생태계의 생물학적, 화학적, 물리학적 조사와 주요 수산물 생산 및 어획량 등을 조사·평가하고 있다.

한편 원전주변지역 환경조사결과의 객관성 확보 및 신뢰성 제고를 위하여 사업 주체인 한수원(주)에 의한 자체감시는 물론 전문연구기관(대학교, 한전 전력연구원 등)도 조사에 참여하고 있으며, 본 조사결과는 정부(산업통상자원부, 환경부)에 정기적으로 제출하고 있다.

제2절 일반환경 관리

1. 개요

원자력발전소 일반환경 관리는 환경관계법규에 따라 수행하고 있으며, 발전소 운영으로 발생하는 환경오염물질을 적법하게 관리 및 처리하기 위하여 하·폐수처리시설 및 폐기물 보관·처리시설 등을 설치·운

영하고 있다. 또한 사내 지침(원전주변 환경조사 지침)에 따라 발전소 주변의 육상 및 해양 생태계에 대한 변화 여부를 지속적으로 조사, 평가하고 있다.

2. 일반환경 관리

가. 하·폐수처리시설관리

원전 내에서 발생되는 모든 하·폐수는 발전소 자체 하수처리시설 및 폐수처리시설을 통하여 적법하게 처리된 후 방류되고 있다. 원자력발전소 하·폐수의 방류수질은 법으로 정하고 있는 배출허용기준 보다 50% 이상 엄격하게 자체관리기준을 설정하여 관리하고 있으며, 방류수질의 실시간 감시를 위하여 수질연속측정시스템(Telemetering system, TMS)을 구축하여 운영하고 있다.

원전 폐수의 대부분은 발전용 순수를 생산하는 과정 중 배출되는 산·알카리성의 무기성 폐수와 터빈계통 회전기기에서 배출되는 오일함유 폐수 및 2차계통 수질조절을 위해 사용되는 복수탈염설비의 재생폐수인 소량의 유기성 폐수로 구성되고 중화, 응집·침전, 여과공정의 물리화학적 처리과정을 거쳐 방류되고 있다.

원전에서 발생하는 하수는 화장실, 샤워장 등에서 대부분 발생되는 것으로 일반가정에서 배출되는 오수의 성상과 유사하며 생물화학적 처리과정을 거쳐 방류되고 있다.

한편 한국수력원자력(주)는 수질오염물질 배출 저감을 위한 노력으로 2006년도에 원전 하·폐수처리시설을 대상으로 기술진단을 시행하

였고, 그 결과에 따라 한울 5·6호기, 신고리 1~4호기, 신월성 1·2호기 및 한빛 1~4호기 폐수처리시설에 전기분해설비를 추가 설치하였으며, 전 원전본부 하수처리시설은 군소시설을 통폐합하여 통합하수처리시설을 설치하였다.

나. 사업장폐기물관리

원전에서 발생하는 폐기물은 관리구역 이외의 지역에서 배출되는 폐기물로 크게 일반폐기물, 지정폐기물 및 건설폐기물로 구분되며 발생단계에서부터 최종처리까지 전 과정을 관리하고 있다.

한국수력원자력(주)는 폐기물의 소각으로 인해 발생되는 온실가스 등의 대기오염물질을 최소화하기 위해 원전본부별로 폐기물 보관시설을 확장·신축하였으며 폐기물을 종류별 성상별 처리방법별로 세분하여 관리함으로써 가연성폐기물의 90%를 재활용하고 있다.

또한, 스톡홀름 협약에 따라 잔류성 유기오염물질(Persistent Organic Pollutants, POPs)로 분류된 PCBs(polychlorinated biphenyls, 폴리염화비닐)는 그 사용을 근절하기 위해 50ppm 이상 PCBs가 함유된 전력기기는 2015년까지, 2ppm 이상 함유된 전력기기는 2025년까지 전량 처리할 계획이다.

다. 유해화학물질관리

원전 유해화학물질은 황산, 염산, 가성소다, 하이드라진 등으로 대부분 발전소 계통 내 부식방지와 수처리를 위해 사용되고 있다. 화학물질은 제조, 사용, 폐기 등 전 과정에서 다양한 경로를 통하여 인체와 환경에 노출될 수 있으며 대형 화학사고 시 치명적 재난을 가져올 우려

가 있어 철저한 관리와 예방이 필수적이다.

이에 한국수력원자력(주)는 화학사고의 예방 및 대응역량 강화를 위해 국내·외 지침 및 법규를 준용하여 화학물질에 대한 관리기준 및 비상대응절차, 응급치료 프로토콜 등을 수록하여 '원전 맞춤형 표준 화학사고 비상대응지침서'를 개발하여 현장에 적용하였으며 원전본부 유해화학물질관리자를 기존 12명에서 54명으로 확대 지정하는 등 유해화학물질 안전관리를 강화하였다.

또한 2013년부터 유해화학물질 전문가와 합동으로 원전의 화학물질 저장시설에 대한 안전점검을 실시하여 미흡사항을 발굴·조치하고 있으며 환경시설의 13,762개 기기 중 안전과 관련된 1,115개 기기의 정비등급을 상향조정함으로써 안전성을 강화하였다. 아울러 2015년부터는 국내 화학물질관리법의 강화된 법규를 기반으로 다양한 유해·위험요소를 진단·평가하는 리스크 관리시스템을 도입하여 전사에 적용하고 있다.

라. 환경성과관리 및 국내·외 환경인증 취득

한국수력원자력(주)는 원전본부별 환경성과를 산정하여 비교·평가함으로써 전사적 환경관리역량을 제고하고자 Davos 100대 기업 평가도구인 EcoValue21TM 및 ISO 14031 등의 국제기준을 준용하여 6개 분야 17개 세부지표로 구성된 환경성과지수를 개발하여 운영하고 있다.

또한 2006년부터 체계적인 환경관리를 위해 국제 표준규격인 환경경영시스템(ISO 14001)을 구축하여 운영하고 있으며 매년 자체 내부심사 및 전문기관 사후관리심사를 통해 환경개선사항을 발굴·조치하고 있다.

특히 2010년도에는 산업통상자원부(舊 지식경제부)와 환경부가 공동 주관한 '2010년도 대한민국 녹색경영대상' 공모에서 1위를 하여 대통령표창을 수상하였으며, '저탄소 녹색성장 기본법'에 따른 녹색기업 지정도 전사적으로 추진, 2015년 현재 사내 8개 사업장이 녹색기업으로 지정되어 있다.

3. 해양환경 관리

해양환경 상태를 연속적으로 감시하기 위하여 고리, 한빛, 월성 및 한울원전 취·배수구 주변 해역에 해수수온 연속측정기와 수질분석기 및 유향·유속계를 설치하여 운영하고 있으며, 관측결과는 무선 송수신 시스템을 이용하여 원격으로 감시하는 한편 인터넷 및 각 원전 홍보전시관을 통해 실시간으로 공개하고 있다.

그 외에도 원전 주변해역의 수온을 자동관측하여 데이터를 전산처리할 수 있는 연속조사시스템(HDMS)을 개발(한전 전력연구원), 원전 주변 해양환경조사에 적극 활용하고 있다.

한편 '원전주변 환경조사 지침'에 따라 해양과 육상에서의 환경영향조사를 실시하고 있는데, 해양에 대한 생물학적 조사는 동·식물 플랑크톤(엽록소량 포함), 저서생물, 해조류, 어류 등의 종조성 및 현존량, 취수구 스크린에 충돌하는 생물체의 종류, 수, 무게와 냉각계통에 흡입되는 생물체의 종류 및 수에 대해 계절별로 실시하고 있다. 또한 육상생태계 내 희귀종 및 지표종 등 주요 종의 종류, 수 또는 양, 분포상태 등에 대해서도 주기적으로 조사를 실시하는 한편 원전별 특정 육상식물을 선정하여 종별 수, 양 또는 분포상태에 대해서도 조사하고 있다.

해양에 대한 물리학적 조사로는 수온, 염분, 투명도, 해수유동(유향, 유속, 조석, 조위 등), 냉각수 취수량과 발전소 취·배수구 및 원전 주변해역에서의 대표지점 수온을 연속적으로 조사하고 있으며, 이와 함께 발전소 주변에 대한 기상상황(기온, 습도, 풍향, 풍속 및 강우량)에 대해서도 계절별로 조사를 실시하고 있다.

또한, 해양에 대한 수·화학적 조사 중 해수의 수소이온농도(pH), 부유물질(SS), 용존산소(DO), 잔류염소, 영양염류, 화학적산소요구량(COD) 및 해양저질의 강열감량, 입도조성, 중금속 등은 계절별로, 기타 특정 유해물질 및 중금속(구리, 크롬 등)에 대하여는 반기별로 조사하고 있다.

신규로 건설되는 발전소의 경우 온배수로 인한 해양영향을 저감하기 위하여 수중 취·배수 기법을 적용하여 건설 중에 있으며, 이에 의한 해양환경 변화 여부를 장기적으로 관찰하기 위하여 고리, 월성, 한울원전 주변해역은 기존의 표층 위주의 해양조사에서 2011년부터는 수심별 조사로 변경함으로서 표층은 물론 저층에서의 생태환경 변화도 감시토록 강화하였다.

또한 환경조사의 신뢰성 확보를 위해 환경영향평가대행업체, 한전 전력연구원, 원전주변지역 소재 국·공립대학교, 연구소를 통해 조사를 수행하고, 해양분야 민간환경단체인 바다사랑실천운동시민연합(바실련)으로 하여금 발전소 주변 해역 환경호르몬 및 온배수 관련 생체 장해 평가도 수행하게 하는 등 조사의 투명성을 높이고 위해 노력하고 있다.

현재까지의 조사결과, 고리·월성·한울원전 주변의 수질은 환경부의 해역별 수질등급기준 Ⅰ~Ⅱ등급을 유지하고 있어 원전 운영 전후가 비슷하게 나타나고 있다.

〈표 4-30〉 원전 주변 해양수질의 연도별 변화 (최근 5년간)

(단위 : ㎎/ℓ)

측정항목 \ 년도		'10	'11	'12	'13	'14
용존 산소량 (DO)	고리	8.20	8.10	8.00	8.40	7.60
	월성	8.20	8.20	8.10	8.60	8.10
	한빛	10.20	8.06	8.73	8.10	8.50
	한울	7.10	6.97	7.39	8.43	8.35
화학적 산소 요구량 (COD)	고리	1.70	1.40	1.18	1.54	1.34
	월성	1.38	1.39	1.21	1.47	1.54
	한빛	2.35	2.29	1.71	1.59	1.69
	한울	1.06	0.82	0.75	1.30	1.59
총 질소 (Total-N)	고리	0.16	0.13	0.17	0.14	0.11
	월성	0.16	0.13	0.20	0.14	0.11
	한빛	0.452	0.510	0.681	0.527	0.406
	한울	0.198	0.060	0.052	0.053	0.053
인산염인 (PO43- -P)	고리	0.015	0.010	0.010	0.006	0.009
	월성	0.018	0.007	0.012	0.006	0.009
	한빛	0.052	0.047	0.054	0.026	0.020
	한울	0.007	0.011	0.019	0.021	0.018

※ 출처 : 원전주변 일반환경조사 및 평가보고서('10 ~ '14)

〈표 4-31〉 원전주변 해조류 군집의 연도별 변화 (최근 5년간)

(평균현존량 단위: g·dry·wt/m^2)

측정항목 \ 연도		'10	'11	'12	'13	'14
출현 종수	고리	108	54	46	48	48
	월성	102	77	49	49	52
	한빛	26	27	28	29	27
	한울	100	139	140	86	87
평균 현존량	고리	530	137	305	199	211
	월성	399	190	208	189	204
	한빛	19	7	7	4	4
	한울	149	737	111	86	101

※ 출처 : 원전주변 일반환경조사 및 평가보고서('10 ~ '14)

〈표 4-32〉 원전주변 해양 저서동물(연성저질) 현황 (최근 5년간)

(개체수 단위: 개체/m^2)

측정항목 \ 연도		'10	'11	'12	'13	'14
출현 종수	고리	147	79	126	134	153
	월성	90	73	128	142	141
	한빛	42	34	58	85	102
	한울	175	351	343	303	304
평균 출현 개체수	고리	601	860	668	687	823
	월성	187	914	689	683	695
	한빛	802	744	106	159	174
	한울	344	1,555	2,481	1,952	1,948

※ 출처 : 원전주변 일반환경조사 및 평가보고서('10 ~ '14)

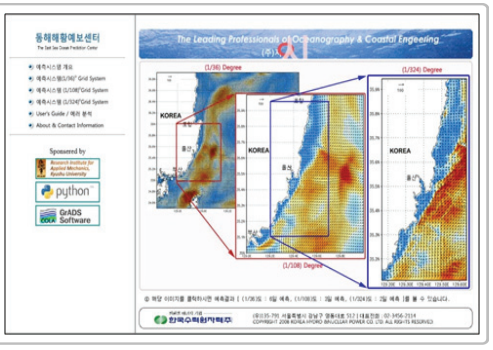
또, 해양생태계 중 비교적 온도변화에 민감한 해조류나 저서동물에 대한 조사결과(〈표 4-31〉, 〈표 4-32〉 참조), 조사연도에 따라 다소 변화는 있으나, 이는 조사지점 주변해역의 광역적 해양조건, 즉 해수의 간·만조, 계절, 수온 등에 따라 차이가 나는 것으로 판단된다.

현재까지 약 28년간의 조사결과를 종합해 볼 때 원전 가동으로 인한 주변환경의 우려할 만한 변화는 관찰되지 않고 있으며 전반적으로 주변 자연생태계와 유사한 군집구조를 나타내고 있어 발전소 운영으로 인한 특이한 영향은 발견할 수 없는 것으로 평가되고 있다.

한편, 온배수 확산영역을 보다 정확하게 조사하기 위해 약 4년간(1997년 9월~2001년 11월, 한국지질자원연구원) 항공기를 이용하여 4개 원전 주변해역 원격 적외선 탐사를 시행한 바 있으며, 2011년부터 2014년까지 인공위성 관측 자료 이용 온배수 확산범위 및 해안선 침·퇴적 평가 연구(서울대)를 통해 중장기적인 변화양상을 파악하고 있다.

신규원전(신고리, 신월성, 신한울)이 위치하고 있는 해역에는 해양환경변화를 실시간으로 감시할 수 있는 시스템을 각각 3기씩 총 9기를 구축하여 운영하고 있다. 환경측정항목은 수온-염분, 유향-유속, 클로로필 등 해양환경인자와 기온, 풍향-풍속, 기압 등 기상환경 인자이며, 이와 같이 관측된 환경정보는 국립해양조사원에서 운영하고 있는 국가측정망에 등재되어 전 국민에게 투명하게 공개되고 있다.

〈그림 4-21〉 관측부표 운영현황



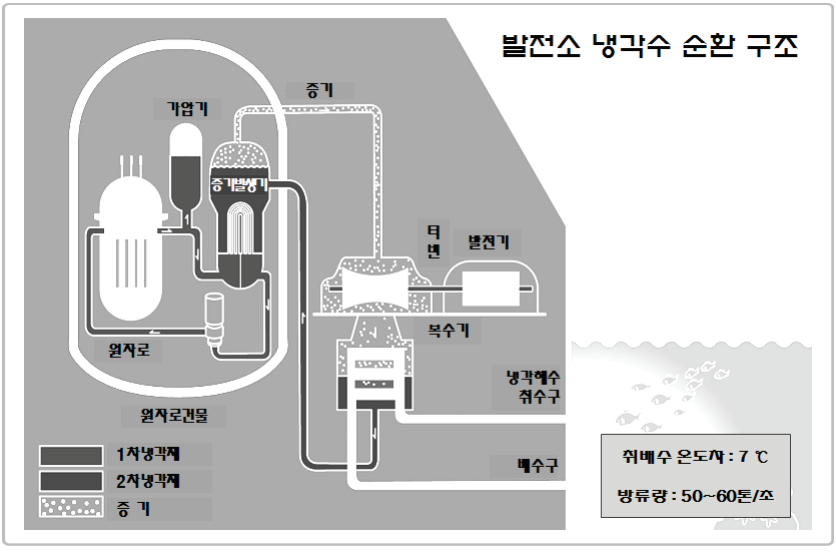
〈그림 4-22〉 온배수확산 평가시스템

제3절 온배수 관리

1. 개요

발전소의 간접냉각수로 사용되는 해수는 복수기 전열관을 통과하면서 발전기를 회전시킨 수증기를 냉각·응축시켜 다시 물로 바꾸어 주는데 사용하며, 이때 사용된 해수는 취수할 때보다 수온이 약 7℃ 정도 상승되어 바다에 배출되는데, 이것을 온배수(溫排水)라고 한다. 해역

에 따라 차이는 있으나 일반적으로 배수구를 빠져나간 온배수는 자연해수와 혼합되거나 대기 중으로 열을 발산시켜 곧 주위 바닷물의 온도와 같아진다. 국내에서 운전 중인 100만 ㎾급의 원전 1기에서 사용하는 냉각용 해수의 양은 초당 약 50~60톤 정도이다.



〈그림 4-23〉 원자력발전소 온배수 순환도

2. 온배수의 영향

해양의 상태는 조류, 일조시간, 바람 등 자연적인 조건과 산업 및 생활하수 등의 인공적인 영향으로 항상 변하고 있으므로 이에 대한 온배수만의 영향을 명확하게 규명하는 데는 현대 과학기술로는 상당한 어려움이 있다. 우리나라에서 자주 보도되고 있는 연안의 어패류 폐사, 어획량 감소, 해조류 양식 피해 등은 이와 같이 다양한 환경영향

으로 인한 생태계 하부구조의 변동으로 인해 나타나는 경우가 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 발전소 부근의 해수온도는 배수구 근처에서는 온배수로 인하여 다른 지점보다 다소 높지만 발전소에서 멀어질수록 조류 등에 의한 희석으로 주변 해수온도와 같아지게 된다.

온배수는 해양생태계에 양면성을 갖고 있다. 지금까지 조사된 온배수 영향은 어류에 대해서는 더운 물을 좋아하는 종은 모여들고 찬물을 좋아하는 종은 이동하나 전반적으로 볼 때 상업적 가치를 가진 대부분의 어류는 온수성이며, 많은 어류가 배수구 부근에 모여드는 경향을 나타내고 있다.

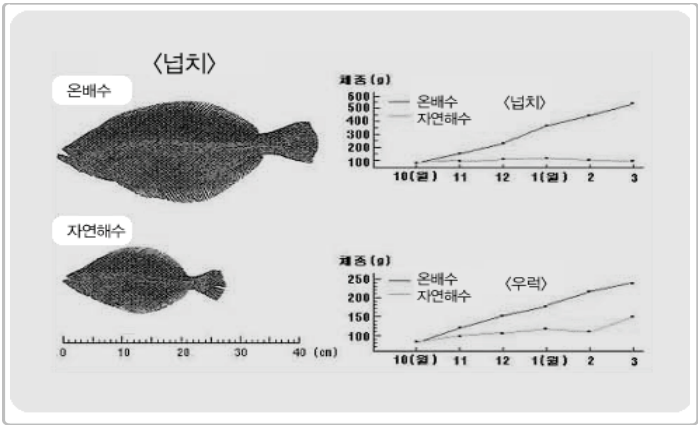
그러나 배수구 인근 해역에서 서식하는 미역이나 김 등 저온성 해조류에 대해서는 다소 영향이 있어 이에 대해서는 피해조사를 실시하여 보상을 하고 있으며 더불어 온배수 영향 저감화 대책을 추진 중에 있다.

우리나라와 달리 서양의 대부분의 나라들은 연안 수산자원이 풍부하여 양식어업이 활성화 되어 있지 않으며 식생활 차이로 해조류, 조개 등 주요 피해조사 대상 수산물을 거의 섭취하지 않으므로 온배수와 관련된 피해조사 시행 사례가 보고되어 있지 않다.

3. 온배수의 이용

온배수를 자원으로 활용하는 사례는 수산생물 양식, 지역난방, 해수담수화, 화훼재배 등이 있으며 특히 어류양식이 가장 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 어류의 성장과 수온의 관계에 대하여 연구된 바에 따르면 생물의 임계수온 내에서 일반적으로 수온이 적당히 상승할 경

우에는 ①성장이 좋아지고 ②산란시기가 빨라지며, ③魚卵이 부화하는데 필요한 시간이 단축되는 등 성장 성숙에 효과가 있는 것으로 알려져 있다.



〈그림 4-24〉 온배수(위)/자연해수(아래)에서 월동한 넙치 비교

우리나라에서 현재 활발히 양식하고 있는 어류는 대부분 온수성 어종이기 때문에 11월부터 이듬해 4월까지는 해수 수온이 낮아져서 자연해수로는 월동양식이 불가능하다. 그러나 발전소의 온배수를 이용할 경우 겨울철에도 어류를 성장시킬 수 있을 뿐 아니라 봄·가을철에도 여름철에 버금가는 성장을 기대할 수 있다.

이와 더불어 온배수를 어류의 종묘배양에 이용할 경우 자연상태보다 2개월 이상 빨리 종묘를 생산할 수 있어 그 효과가 매우 크다.

우리나라에서 발전소 온배수를 수산업에 이용한 것은 국립수산과학원(구, 국립수산진흥원)에서 1964년도에 진주조개를 부산화력발전소

의 배수구에서 월동시킨 것이 효시라고 볼 수 있으며, 1984년에는 한국해양연구원에서 삼천포화력발전소 온배수를 이용하여 진주조개, 참돔 및 방어의 월동 및 사육실험을 실시하였다.

본격적인 양식사업은 1988년 4월 보령화력발전소 구내에 종묘생산 시설을 갖추고 나서부터 시작되었으며, 발전소 온배수를 이용하여 고급어류의 월동, 인공부화, 종묘생산 등의 각종 시험을 성공리에 마친 후 생산된 종묘를 발전소 인근 주민들에게 분양 및 연안에 방류하였다.

원전으로서는 한빛원전에 2,600㎡의 부지에 양식동과 해양생물전시관을 갖춘 연간 성어 17톤 생산 규모의 온배수양식장이 1995년 건설·운영된 것이 최초였으며, 넙치, 우럭 치어를 입식하여 시험 양식한 결과 자연상태보다 약 2~4배 빠르게 성장함을 확인할 수 있었다.

특히, '희망의 섬, 빛의 바다, 미로의 바다, 놀라운 바다, 평온한 바다, 만남의 바다, 영광의 바다' 등 7개의 테마로 구성된 한빛원전 해양생물전시관을 통해 원전 온배수의 유용성을 홍보하고 있다.

〈그림 4-25〉 한빛원자력 온배수이용 해양생물전시관

월성원전은 1998년 5,290㎡의 부지에 종묘배양과 성어양식을 동시에 할 수 있는 시설을 준공, 2년간의 한국해양연구원 시험양식을 거쳐 넙치,

참돔, 황복, 전복 등 고급 어패류 10여종을 성공적으로 양식하고 있다.

또한, 온배수를 이용한 어패류 시험양식 기간 중 주기적으로 양식장 해수 및 어류시료를 채취하여 전문기관의 분석을 거침으로서 방사능으로부터 안전함을 확인하고 있으며, 어류 감정평가 결과 육질과 성장도에서 최우수 등급 판정을 받은 바 있다.

〈그림 4-26〉 월성원자력 온배수이용 양식장

한수원(주)은 1997년부터 2015년 8월까지 매년 온배수를 이용한 치어와 치패를 발전소 주변 해역에 방류하고 있으며, 현재까지 어류 850만마리, 전복 1,674만마리, 갑각류 7,100만마리, 패류 380톤, 해삼 83만마리 등 해역 특성에 알맞은 고부가가치 품종을 방류하여 수산자원 조성사업을 지속적으로 시행하고 있다.

한편 히프펌프 원리를 응용한 온배수 활용은 보다 광범위한 분야에 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 기대되어 이에 대한 타당성 연구를 진행 중에 있다.

아울러 수산업의 국제경쟁력 강화를 위하여 정부에서는 경남 통영

해역을 시범해역으로 선정하여 환경친화적 목장화사업을 추진하고 있는데, 한수원(주)에서도 한국해양연구원과 함께 『해양목장화 기반기술 연구('96~'99)』를 실시하였다.

향후 연안 해양목장화 상용화 기술 및 온배수를 활용한 자원화 방안이 확립되면 온배수는 제2의 자원으로 각광받을 수 있을 것으로 기대된다.

〈그림 4-27〉 해양환경 보전활동

4. 온배수 민원대책

원전 건설 및 운영에 따른 지역주민의 경제적 혜택에 대한 기대심리와 원전주변지역 개발 요구, 원전에 대한 막연한 불안감 등이 민원발생의 배경이 되고 있다. 원전 건설 및 운영과 관련된 민원은 그 발생 시기에 따라 건설 중 민원, 가동 중 민원으로 분류할 수 있으며, 피해보상 유무에 따라 보상 민원, 보상외 민원으로 크게 구분할 수 있다.

〈표 4-33〉 원전 민원유형별 분류

시기	유형	민 원 내 용	비 고
건설중	용 지 (보상)	○ 원전부지 확보, 보상 관련 - 집단이주, 개별이주, 분묘이장 등	
	건 설 (보상)	○ 건설공사 중 피해보상 관련 - 소음, 분진, 공유수면 매립, 송전선로 등	
가동중	환 경 (보상)	○ 환경 피해 관련 - 수질오염, 방사능오염, 해안침식 등	
	온배수 (보상)	○ 온배수 피해 조사 및 보상, 한정어업 등	
공 통	기 타 (보상 外)	○ 지역 인프라구축(마을회관 등) ○ 소득증대사업(특산물직판장 등) ○ 지역주민 우선 고용 등	

한수원(주)은 온배수피해 민원 해소를 위해 지역과의 상생 및 역지사지의 자세로 객관적 조사를 통해 합리적인 보상이 될 수 있도록 최선을 다하고 있으며, 다소 무리한 요구에 대해서는 주민을 이해시키고 설득하는데 주안점을 두고 있다. 또한 발전소주변지역 지원에 관한 법률 개정과 함께 지역지원사업의 확대시행으로 원전 주변지역을 잘사는 마을로 만들어서 주민들의 피해의식과 보상심리를 근원적으로 해소함으로써 민원발생 요인을 해소하고자 노력하고 있다.

04 환경방사선 관리

한국수력원자력(주) 위기관리실 방재대책팀장 이상구

제1절 관리체계

1. 개요

원자력발전소 주변에 대한 환경방사선 관리는 원전에서 배출되는 방사성물질로 인한 주민피폭선량이 원자력안전법에서 정한 선량한도에 비해 낮게 유지되고 있음을 확인하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 원전사업자는 당해시설 주변 환경방사선 조사와 시설의 운영으로 인한 방사선환경 영향을 평가하고 있다.

2. 환경방사선 조사 및 평가

원전 주변에 대한 환경방사선 감시는 원자력안전법 제104조(환경보전)에 근거를 두고 있으며, 원자력사업자는 원자력안전위원회고시 제2014-12호 "원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정"에 따라 자체적인 환경감시조사계획을 수립하여 조사를 수행하고 있다. 〈표 4-34〉는 원전주변 환경방사선조사계획을 요약한 것이다.

환경방사선(능) 감시를 위한 시료채취 지점의 선정과 환경시료별 분석항목 및 분석주기는 시설주변의 인구분포, 방사능 착지 예상 최대농도,

기상조건, 해양조건, 지형, 방위, 대기확산인자 등을 고려하고, 각 시설별 고유한 설계특성 및 방사성물질 배출형태 등을 감안하여 결정한다.

3. 환경방사선 감시 체계

원전의 환경방사선 감시는 사업 주체인 한수원(주)에 의한 자체조사는 물론 환경 감시의 신뢰성 확보와 객관성을 제고하기 위하여 전문연구기관(대학교)에서 원전주변지역의 환경방사선 조사에 참여하고 있다.

〈표 4-34〉 원전주변 환경방사선조사계획

조 사 항 목				주 기	
구 분	환경매체		감 시 대 상	채취빈도	분석빈도
방사선	환경방사선		공간감마선량률(ERMS)	연 속	월 1회
			집적선량(TLD)	연 속	분기 1회
육 상 시 료	공 기	분진	전β	연 속	주 1회
		입자, 가스	^{131}I		주 1회
		분진	γ 동위원소		월 1회
		CO_2	^{14}C		월 1회
		수분	^{3}H		월 1회(월상회)
	식 수		^{3}H, γ 동위원소	분기 1회	분기 1회
	지 하 수		^{3}H, γ 동위원소	분기 1회	분기 1회
	지 표 수		^{3}H, γ 동위원소	월 1회	월 1회
	빗 물		전β , ^{3}H, γ 동위원소	월 1회	월 1회
	하천토양		γ 동위원소	분기 1회	분기 1회
	표층토양		γ 동위원소	년 2회	년 2회
			^{90}Sr		
	우 유		γ 동위원소	월 1회	월 1회
			^{90}Sr	월 1회	분기 1회
			^{14}C, ^{3}H	월 1회	분기 1회

조 사 항 목			주 기	
구 분	환경매체	감 시 대 상	채취빈도	분석빈도
	농 산 물	γ 동위원소	수확기	년1~2회
		^{90}Sr		
		^{14}C, ^{3}H		
	지표생물	γ 동위원소	년 2회	년 2회
		^{90}Sr		
	육 류	γ 동위원소	년 2회	년 2회
		^{14}C, ^{3}H		
해 양 시 료	해 수	전β	주 1회	월 1회
		^{3}H		
		γ 동위원소		분기1회
		^{90}Sr		
	해저퇴적물	γ 동위원소	년 2회	년 2회
		^{90}Sr		
	어·패류	γ 동위원소	년 2회	년 2회
		^{90}Sr		
	저서생물	γ 동위원소	년 2회	년 2회
	해 조 류	γ 동위원소	년 2회	년 2회
		^{90}Sr		

제2절 환경방사선 관리

1. 개 요

원전에서는 생성된 방사성물질을 종류에 따라 감쇠, 고화, 여과, 증발 등의 방법으로 처리한다. 이 과정에서 소량의 방사성물질이 발전소의 설계 및 운영에 따른 법적요건을 만족하면서 환경으로 배출된다. 환경방사선 관리를 통해 방사성물질의 배출이 관련 규정을 만족하는

지 원자력안전위원회고시 제2014-12호 '원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향 평가에 관한 규정'에 따라 원전주변의 환경방사선을 조사하고 있다.

2. 조사계획

환경방사선 조사대상은 고리, 월성, 한빛 및 한울 원전 부지 주변의 육상 및 해양의 방사선량과 각종 시료 중의 방사능 농도이며, 육상의 선량 측정 및 시료채취 지점은 주로 발전소로부터 5km 이내에 집중되어 있고, 해양시료 채취지점은 각 발전소의 배수구 주변에 집중되어 있다. 또한 시료 종류별로 발전소로부터 16km 이상 떨어진 비교지점(대조군)을 시료별로 1곳 이상 선정하여 자연방사선(능) 준위를 확인하고 있다.

원전 부지 외부 조사지점에 대한 시료채취 및 분석은 원전이 소재한 지역의 대학에 위탁하여 수행하고 있으며, 부지 내부의 조사지점에 대한 시료채취 및 분석은 각 원전의 환경실험실에서 수행하고 있다. 조사결과의 신뢰성을 제고하기 위해 일부지점에 대해서는 대학과 원전에서 중복하여 시료를 채취·분석하고 있다. 한편 환경 중의 방사선 측정은 원전 부지 내·외부에 고정 설치된 환경방사선감시기, 열형광선량계를 사용하여 수행한다.

3. 조사결과

가. 환경방사선(Environmental Radiation)

2014년 4개 원전 주변 55개소의 환경방사선감시기에서 측정된 공간선량률의 연간 평균치는 〈표 4-35〉에 나타낸 것과 같이 부지 내부 8.56~13.2 μR/h, 부지 외부 9.9~13.8 μR/h로서, 2013년도에 측정된 부지 내부 9.02~13.4 μR/h, 부지 외부 9.9~13.8 μR/h와 유사하며, 한국원자력안전기술원이 2014년도에 전국 128개 모니터링 포스트에서 측정한 지역별 연평균 공간선량률 범위[1]인 4.1~24.4 μR/h 이내에 있다.

〈표 4-35〉 공간감마선량률(환경방사선감시기)

고리원전지역			
측정지점		평균 선량률	
		'13년	'14년
부지 내부	1발소내	11.9	11.8
	2발소내	11.4	11.4
	신고리1발소내	10.2	10.2
	신고리2발소내	11.5	11.3
	구 전시관	10.4	10.2
	신효암	10.9	11.1
	신고리정문	11.4	11.1
	명산1	11.2	11.6
	명산2	10.7	10.6
	명산3	11.4	12.0
	신리	11.3	11.0
부지 외부	고리스포츠문화센터	10.9	10.9
	월내	10.8	10.8
	사택3단지	10.2	10.4
	서생면사무소	12.3	12.3
비교 지점	부산대	12.7	12.7

한빛원전지역			
측정지점		평균 선량률	
		'13년	'14년
부지 내부	본부정문	10.5	10.5
	배수로	11.0	10.9
	주사무실	10.9	11.0
	본부후문	10.7	10.6
부지 외부	청경사택	10.3	10.2
	홍농서초교	10.0	10.2
	홍농사택	11.2	10.9
	법성	13.8	13.2
비교 지점	영광	12.4	12.4
	고창	12.4	12.3

1) 2014년 전국환경방사능조사(KINS/ER-028,vol.46), p.51, 한국원자력안전기술원

서울	춘천	대전	군산	광주	대구	부산	제주	강릉	울릉	이어도	영종도
11.4	13.4	13.2	14.2	12.8	11.6	11.3	8.9	11.6	13.5	4.1	24.4

월성원전지역			
측정지점		평균 선량률	
		'13년	'14년
부지 내부	후문서쪽	9.81	10.2
	후문동쪽	9.59	9.10
	1발전소	9.53	9.25
	2발전소	10.8	10.2
	신월성	10.6	10.5
	폐기물저장고	11.0	11.0
	야적장1	10.8	11.0
	2발정수장	9.83	10.0
	부지경계(동)	9.02	8.56
	부지경계(서)	9.37	9.84
	부지경계(남)	9.83	9.47
	부지경계(북)	12.0	11.7
부지 외부	직원사택	10.6	10.2
	상봉	9.90	10.4
비교 지점	경주	10.2	9.68
	울산	10.6	9.91

한울원전지역			
측정지점		평균 선량률	
		'13년	'14년
부지 내부	1,2발사이	13.0	12.1
	신울진1	10.8	11.0
	신울진2	12.7	12.3
	기상관측소	12.3	12.1
	남서고지	10.9	10.6
	구기상관측소	11.4	10.9
	고목리	13.4	12.6
	신화리	10.9	10.8
부지 외부	부구교량	11.5	11.2
	한수원사택	13.4	12.8
	죽변초교	12.6	12.2
비교 지점	매화초교	10.9	10.8
	궁촌초교	10.7	10.6

2014년 4개 원전 주변에서 측정한 분기별 공간집적선량은 〈표 4-36〉에 나타낸 것과 같이 부지 내부 집적선량은 96.6~223 μGy/분기로 최근 5년간 평상변동범위인 73.2~263 μGy/분기와 유사한 수준이며, 부지 외부 집적선량은 96.6~300 μGy/분기로 최근 5년간 평상변동범위인 64.1~318 μGy/분기와 유사한 수준이다. 전체적으로 2014년 한국원자력안전기술원이 전국 53개 지역에서 측정한 분기별 집적선량 범위[2]인 129~277 μGy/분기 (0.607~1.47 mSv/년)와 유사한 수준이다.

2) 2014년 전국환경방사능조사, p.63, 한국원자력안전기술원 (1 Gy = 1.21 Sv로 환산)

〈표 4-36〉 공간집적선량

(단위 : μGy/분기)

구분 \ 원전		고 리	한 빛	월 성	한 울
부지내부	'14년	127~220	148~223	96.6~154	145~221
	최근 5년 ('09~'13)	73.2~226	128~255	100~187	141~263
부지외부	'14년	142~241	144~300	96.6~156	155~264
	최근 5년 ('09~'13)	64.1~254	139~318	97.8~188	153~283

나. 환경방사능(Environmental Radioactivity)

(1) 공기 중의 방사능

2014년도 조사결과 공기 중 전베타 방사능은 고리 0.354~2.02 mBq/㎥, 한빛 0.405~3.27 mBq/㎥, 월성 0.262~2.16 mBq/㎥, 한울 0.489~3.01 mBq/㎥ 이며, 최근 5년간 평상변동범위 수준이었다. 계절적인 영향으로는 동절기보다 하절기에 낮아지는 경향을 보였으며, 연도별 전베타 방사능 분석결과 특이한 증가현상이 발견되지 않았다.

월성원자력발전소의 공기 삼중수소 측정지점은 부지 내부 6개소, 부지 외부의 발전소 인근지역 2개소와 비교지점 2개소 등 총 10개소이다. 공기 중 삼중수소는 부지 주변에서 0.00325~13.3 Bq/㎥이며, 최근 5년간 평상변동범위 수준이었다. 최대치를 나타낸 폐기물저장고지점 방사능농도 13.3 Bq/㎥에 대해 호흡에 대한 선량평가 결과 1.77E-03 mSv/yr이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 0.177% 수준으로 평가되었다.

공기 중 ^{14}C는 월성원자력발전소 부지 주변에서 0.251~1.04 Bq/g-C이며, 최근 5년간 평상변동범위(0.233 Bq/g-C~0.461 Bq/g-C)보다 다소 높은 수준이었다. 최대치를 나타낸 상봉지점 방사능농도 1.04Bq/g-C(0.226 Bq/㎥)에 대해 호흡에 의한 선량평가 결과 1.04E-05 mSv/yr이며, 이는 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 0.00104% 수준으로 평가되었다.

(2) **육상 시료**

표층토양에 대한 분석결과 인공 방사성 핵종인 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr이 원자력발전소 부지 주변과 비교지점에서 검출되었으나, 이는 과거 대기권 핵실험 등의 영향으로 전국의 토양시료에서 검출되고 있는 수준이며 한국원자력안전기술원이 실시한 2014년도 전국환경방사능조사 결과에서도 확인되고 있다. 표층토양에 대한 ^{137}Cs 분석결과 최근 5년간 평상변동범위 수준이었으며, 최대치는 고리 신암에서 9.06Bq/kg-dry, 울산(비교지점)에서 25.8 Bq/kg-dry였다. 이는 2014년 한국원자력안전기술원이 전국 15개 모니터링 포스트 주변의 표층토양에 대해 측정한 결과인 〈0.714~16.4 Bq/kg-dry[3] 정도 수준이다. 표층토양에 대한 ^{90}Sr 분석결과 최근 5년간 평상변동범위 수준이었으며, 원전 부지 주변이나 원전의 영향이 없는 지역이나 모두 검출되었으며, 최대치는 고리본부 울산(비교지점)에서 1.04 Bq/kg-dry였다.

3) 2014년 전국환경방사능조사, p.82, 한국원자력안전기술원

〈표 4-37〉 토양 중 137Cs 농도

(단위 : Bq/kg-dry)

연도 / 지역	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년
고리주변	〈0.149~6.62	〈0.166~7.97	〈0.300~4.30	〈0.311~3.39	0.406~9.06
한빛주변	〈0.206~10.0	〈0.600~4.26	0.388~4.28	0.267~5.89	0.566~3.54
월성주변	〈0.289~3.11	〈0.334~4.85	〈0.333~4.18	〈0.327~2.51	〈0.303~4.46
한울주변	〈0.266~14.7	〈0.389~8.63	〈0.293~1.72	〈0.369~5.36	0.315~6.54

육상의 곡류(쌀, 보리), 채소류(배추, 열무, 무), 과일류(배, 포도, 감), 우유 등의 일부 시료에서 인공 방사성 핵종인 ^{90}Sr이 과거 대기권의 핵실험 등의 영향으로 검출되었다.

월성원자력발전소 주변 채소류(배추) 중 ^{137}Cs 분석결과 최근 5년간 평상변동범위 수준이었으며, 곡류(쌀, 보리), 과일류(감), 육류(닭), 우유 중 삼중수소와 ^{14}C 분석결과 최근 5년간 평상변동범위 수준이거나 최소검출가능농도 미만을 나타냈다.

채소(배추)에 대한 ^{14}C 방사능 분석결과는 부지 주변에서 0.257~0.427 Bq/g-C로 최근 5년간 평상변동범위인 0.205~0.286 Bq/g-C(부지 주변)를 초과하였으나 최대 검출농도(0.427 Bq/g-C)를 나타낸 읍천 지점의 배추를 일반인이 섭취한다고 가정하여 최대 개인피폭선량을 평가한 결과 1.40E-03 mSv/yr로 일반인에 대한 선량한도 1mSv/yr의 0.140% 수준으로 평가되었다.

솔잎 분석결과 인공 방사성 핵종인 ^{90}Sr이 과거 대기권의 핵실험 등의 영향으로 검출되었으며, 최대치는 월성 신월성뒷산 지점의 8.44 Bq/kg-fresh로서 최근 5년간 평상변동범위인 0.867~8.86 Bq

/kg-fresh 이내였다. 솔잎에서의 ^{90}Sr은 부지 주변 및 비교지점에서 모두 검출되고 있었으며, ^{137}Cs의 경우는 고리를 제외하고 최소검출가능농도 미만을 나타냈다.

쑥에 대한 감마동위원소 분석결과 고리를 제외한 모든 지점에서 최소검출가능농도 미만으로 나타났다. 고리에서 최대 0.200 Bq/kg-fresh를 나타냈으며, 원전의 영향이 없는 청주에서도 0.223 Bq/kg-fresh 검출되었다.

(3) 육상 물시료

빗물 중 전베타 방사능은 부지주변에서 고리 <0.0894~0.234 Bq/L, 한빛 <0.00770~0.414 Bq/L, 월성 <0.00340~0.269 Bq/L, 한울 <0.0143~0.359 Bq/L이며, 최근 5년간 평상변동범위 수준이었다.

빗물 중 삼중수소는 부지주변에서 고리 <1.08~50.5 Bq/L, 한빛 <1.53~96.6 Bq/L, 월성 <1.21~1,133 Bq/L, 한울 <1.02~59.8 Bq/L 이며, 최근 5년간 평상변동범위 수준이었다.

지표수에 대한 감마동위원소 분석결과 고리, 한울에서 ^{131}I이 검출되었으며, 원인은 치료용 ^{131}I 동위원소가 환자의 신진대사과정을 거쳐 배설되어 검출된 것으로 추정된다. 지표수에 대한 삼중수소 분석결과 월성과 한빛에서 검출되었으나 최근 5년간 평상변동범위 수준이었으며, 최대치를 나타낸 월성 나아지점의 방사능농도 8.67 Bq/L에 대해 직접 섭취를 가정한 선량평가 결과는 1.14E-04 mSv/yr로 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 0.0114% 수준으로 평가되었다.

식수 및 지하수에 대한 삼중수소 분석결과 월성 부지 주변에서 평상

변동범위 수준이었으며, 식수와 지하수에서 최대치를 나타낸 월성 봉길지점의 방사능농도 9.28 Bq/L(식수), 8.16 Bq/L(지하수)를 음용수로 섭취한다고 가정한 선량평가 결과 1.22E-04 mSv/yr, 1.07E-04 mSv/yr로, 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 0.0122%, 0.0107% 수준으로 평가되었다.

(4) **해양시료**

해수 중 전베타 방사능은 고리 8.07~13.4 Bq/L, 한빛 5.08~12.9 Bq/L, 월성 8.60~14.5 Bq/L, 한울 8.48~13.3 Bq/L로서 각 부지의 비교지점인 송정(고리) 9.18 ~13.3 Bq/L, 함평 3.32~10.3 Bq/L, 구룡포 8.62~11.5 Bq/L, 광진 9.51~11.8 Bq/L와 비슷한 수준이다.

해수 중 삼중수소는 고리 <1.01~5.75Bq/L, 한빛 <1.63~74.6 Bq/L, 월성 <1.12~88.9 Bq/L, 한울 <1.01 Bq/L로서 각 부지의 비교지점 값인 송정 <1.08 Bq/L, 함평 <1.82~4.19 Bq/L, 구룡포 <1.17 Bq/L, 광진 <1.04 Bq/L 보다 높게 나타났으나, 월성원자력발전소 최대치인 88.9 Bq/L는 원자력안전위원회고시 제2014-34호(방사선 방호 등에 관한 기준)에서 규정된 배출관리기준 40,000 Bq/L의 2.22%에 해당하는 낮은 농도이다.

^{137}Cs 및 ^{90}Sr은 대부분의 해수시료에서 비슷한 농도로 검출되었으며, 최근 5년간 평상변동범위 수준이었다. ^{137}Cs 최대치는 고리#3 배수구의 3.26mBq/L이며, 이는 2014년 한국원자력안전기술원이 우리나라 주변해역 22개 지점 표층 해수에 대해 측정한 결과인 1.13~2.63 mBq/kg[4]과 비슷한 수준이다. ^{90}Sr 최대치는 한울 후정리지점의 2.18

mBq/L이며, 이는 2014년 한국원자력안전기술원이 우리나라 주변해역 16개 지점의 표층 해수에 대해 측정한 결과인 0.459~0.997 mBq/kg[5]와 비슷한 수준이다.

해저퇴적물 중 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr은 표층토양에서와 마찬가지 이유로 지구상 어디에서나 검출되고 있는 핵종으로 원자력발전소 부지 주변과 비교지점에서 검출되었다. ^{137}Cs 최대치는 고리 신고리1,2취수구 지점의 3.35 Bq/kg-dry로서 최근 5년간 평상변동범위인 〈0.142~2.65 Bq/kg-dry와 유사하게 나타났으며, ^{90}Sr 최대치는 월성 배수구(1)지점의 0.397 Bq/kg-dry로서 최근 5년간 평상 변동범위인 〈0.134~0.534 Bq/kg-dry와 비슷한 수준이다.

어·패류 및 해조류 중 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr이 원자력발전소 부지 주변과 비교지점에서 검출되었으나, 최근 5년간 평상변동범위 수준이었다. 어류 중 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr 각각 최대치를 나타낸 고리 미포(비교지점) 방사능농도 0.201 Bq/kg-fresh와 한빛 배수로부근 지점 방사능농도 0.0567 Bq/kg-fresh에 대한 선량평가 결과 9.12E-05 mSv/yr, 5.15E-05 mSv/yr로, 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 각 0.000912%, 0.00515% 수준으로 평가되었다.

패류 중 ^{90}Sr 최대치를 나타낸 한울 배수구지점 방사능농도 0.114 Bq/kg-fresh에 대한 선량평가 결과 4.90E-05 mSv/yr로, 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 0.00490% 수준으로 평가되었다.

해조류 중 ^{137}Cs 및 ^{90}Sr 최대치를 나타낸 월성 읍천 지점 방사능농도

4) 2014년 해양환경방사능조사, p.15, 한국원자력안전기술원
5) 2014년 해양환경방사능조사, p.19, 한국원자력안전기술원

0.0969 Bq/kg-fresh, 한빛 송이도(비교지점)의 방사능농도 0.146 Bq/kg-fresh에 대한 선량평가 결과 8.91E-06 mSv/yr, 2.69E-05 mSv/yr로, 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 각 0.000891%, 0.00269% 수준으로 평가되었다.

해조류의 경우 ^{131}I이 고리 주변 월내지점에서 최대 3.34 Bq/kg-fresh로 검출되었으나, 부지 주변 추가조사('08년도 6월~12월) 결과 유입 해양 해조류(수영 감태, 최대 43.9 Bq/kg-fresh)에서 높게 검출되고 있어 발전소 영향이라 판단하기 어려우며, 또한 최대치에 대한 선량평가 결과 4.83E-04 mSv/yr로 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 약 0.0483 % 수준으로 평가되었다.

저서생물의 경우 ^{110m}Ag이 한울원전 배수구지점에서최대 0.218 Bq/kg-fresh로 검출되었으나, 최근 5년간 평상변동범위 〈0.0383~1.18 Bq/kg-fresh 이내였으며, 최대치에 대한 선량평가 결과 3.91E-06 mSv/yr로 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 약 0.000391% 수준으로 평가되었다.

(5) 방사성물질 배출에 의한 예상 최대 주민피폭선량

2014년도 한 해 동안 원자력발전소에서 배출된 미량의 기체 및 액체 방사성물질로 인해 부지 주변 주민이 받게 되는 방사선량을 전산프로그램을 사용하여 평가하였다. 계산에 사용된 2014년 방사성물질의 배출량은 〈표 8〉과 같다.

기체 방사성물질 배출량은 삼중수소와 불활성기체가 대부분이었으며, 액체 방사성물질 배출량은 저에너지 베타선방출체인 삼중수소가

대부분이었다. 월성원자력발전소는 중수로 특성상 다른 원자력발전소에 비하여 삼중수소와 불활성기체가 더 배출되었다.

방사성물질 배출에 의한 주민피폭선량을 전산프로그램을 사용하여 계산한 결과는 〈표 9〉와 같다. 원자력발전소 제한구역 경계에서 주민이 최대로 받을 수 있는 선량은 최대 10.52E-02 mSv/yr(최대피폭연령군 : 1세 기준)이며, 일반인에 대한 선량한도 1 mSv/yr의 약 10.52% 수준으로 그 영향은 미미한 것으로 판단된다.

〈표 4-38〉 2014년도 원전본부별 예상 주민피폭선량

(단위 : mSv/yr)

구 분	고 리	한 빛	월 성	한 울
기 체	2.589E-03	7.871E-03	1.049E-01	2.611E-02
액 체	9.168E-05	1.391E-04	3.477E-04	8.418E-06
합 계	2.681E-03	8.010E-03	10.52E-02	2.611E-02
일반인에 대한 선량한도 대비 비율(%)	0.269	0.801	10.52	2.61

※ 평가대상 : 최대피폭연평균[1세 기준]

제 5 편

연구개발

제1장 원자력 중·장기 연구개발 개요
제2장 원자력핵심기술개발사업
제3장 원자력 연구개발사업

01 원자력 중·장기 연구개발 개요

한국수력원자력(주) 기술전략처 R&D팀장 정영현

정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발은 두 가지 추진체계로 구분되어 있다. 산업통상자원부가 주관하여 실용·응용 연구에 중점을 두고 추진하는 「원자력핵심기술개발사업(2007~2015)」이 있고, 다른 하나는 미래창조과학부가 주관하여 기초·기반 연구에 중점을 두고 추진하는 「제4차 원자력연구개발 중·장기계획(2012~2016)」이 있다.

21세기 초 원자력 과학기술 선진국 진입과 원자력 핵심기술 확보를 통한 국가 에너지 자립기반 구축을 목표로 추진한 「원자력 연구개발 중·장기 개발계획(1992~2001)」은 1992년부터 1996년까지 정부 주도 및 산업체 주도 과제로 나뉘어 연구개발이 추진되어 왔다.

이에 정부에서는 1997년 「원자력 연구개발 중·장기개발계획」을 특정 연구개발사업에서 분리 추진하여, 정부 주도 연구계획을 개편한 「21세기를 향한 연구개발 중·장기계획(1997~2006)」 및 산업체 주도 연구계획을 개편한 「원전기술고도화사업계획(1999~2006)」을 수립함으로써 지금의 국내 원자력 연구개발 추진체계를 갖추게 되었다.

그러나 대내외적인 원전 기술개발 환경변화에 대응하고 원전 수출의 걸림돌이었던 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출을 겨냥한 기반기술을 구축하고 선진 4위권 수준의 원전기술 확보를 위하여 기존의 연구개발 체계를 재정립할 필요성이 제기되어, 제254

차 원자력위원회(2007.01)에서는 2007년부터 2011년까지 5년간 우리나라 원자력 비전과 정책 목표 등을 담은 제3차 원자력진흥종합계획이 심의·의결되었고, 아울러 2006년 12월 원전기술고도화사업이 종료됨에 따라 지식경제부 주관으로 원자력진흥종합계획과 연계한 원자력산업 진흥부문의 중장기 계획인 원전기술발전방안(Nu-Tech 2015)을 수립하여 추진 중에 있었으나 핵심 주도사업인 원전 수출의 적기 실현을 위하여 선택과 집중을 통한 2012년 사업목표 달성을 위한 기간단축 및 사업범위 등에 대한 재조정의 필요성이 제기되어, 원전수출 산업화를 위한 원전기술발전방안(Nu-Tech 2012)을 수립 추진하여 2012년 말 완수하였다.

Nu-Tech 2012 사업을 통하여 원전 미자립 3대 핵심기술이었던 원자로냉각재펌프(RCP), 원전계측제어시스템(MMIS), 원전설계핵심코드 개발을 완료하였으며, 원전 해외수출에 기술적 장애 요인을 완전히 해소할 수 있게 되었다.

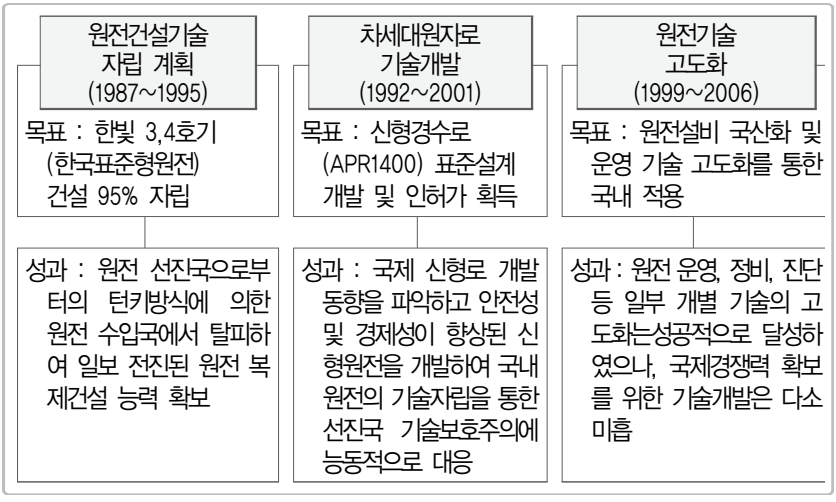
정부주도의 원자력분야 중·장기 연구개발과는 별도로 한수원(주)에서는 전력산업의 경쟁체제 도입과 원자력기술 환경 변화에 능동적으로 대처하고 체계적인 기술개발을 위해 제4차 중·장기 기술발전계획을 수립(2013~2025)하여 추진하고 있으며, 중대사고 예방 및 대처기술 개발 등 13대 대표기술을 선정하여 중점 추진하고, 성과중심의 선진 연구개발 체계 구축, 미 전력연구소(EPRI)와의 국제공동연구를 통한 선진기술력 조기 달성 등 연구개발 투자를 점진적으로 확대 해나갈 예정이다.

02 원자력핵심기술개발사업

한국수력원자력(주) 기술전략처 R&D팀장 정영현

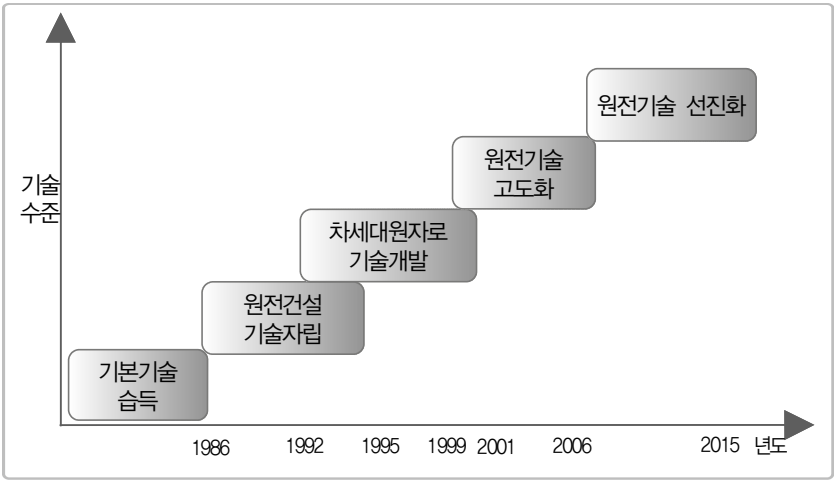
제1절 추진 배경

국내 원전기술 개발은 1978년 고리 1호기의 턴키(Turnkey)방식으로 건설을 시작하여 원전 건설 및 운영 기술을 습득하는 단계를 거쳐 한빛 3,4호기부터 사업자 주도의 건설사업으로 1995년 한국표준형원전 복제건설기술 95% 자립을 달성하였으며, 신고리 3,4호기에 적용될 신형원자로(APR1400) 기술개발(1992~2001) 이후 원전설비의 국산화, 운영기술의 고도화 및 국내적용 등을 목표로 원전기술 고도화(1단계 : 1999~2002, 2단계 : 2003~2006)를 추진하였다.



〈그림 5-1〉 원전 기술개발 단계

2007년부터 2015년까지 중장기적으로 원전기술고도화 단계에서 습득한 기술을 바탕으로 핵심기술의 원천 소유권 확보 등 원전기술의 해외진출을 겨냥한 기반기술 구축과 선진국 수준의 운영기술 확보를 위한 원전기술 선진화 사업이 추진되고 있다.



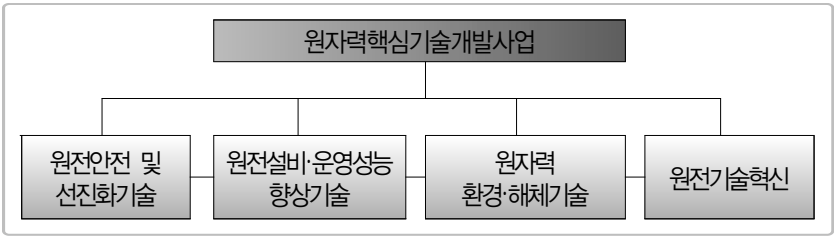
〈그림 5-2〉 원전 기술의 발달 과정

그 동안 원자력발전분야의 연구개발사업은 원전기술고도화사업, 전력설비성능향상 원자력부문 사업 및 원전기술혁신분야 기술개발사업으로 구분하여 원전기술의 선진화를 위한 기반구축 기술개발에 중점을 두고 추진되어 왔으며, 원자력산업 진흥을 위한 원전 설계, 건설, 운영 등 원전기술의 실용화와 연관된 기술개발에 주력해 왔다.

2004년말 산업통상자원부로 집행기능이 이관된 원전기술혁신분야는 원자력 연구개발사업 중 원전에 직접 적용되는 안전성 관련기술이나 혁신기술 개발로 기초분야와 실용화의 중간단계 기술을 개발하여

궁극적으로 원전에 적용하는 기술을 개발하고 있으며, 2013년도 부터는 원자력핵심기술개발사업의 세부사업으로 통합되었다.

원전 방사성폐기물처리 및 신공정 기술, 유리화처리기술, 사용후연료관리 등 방사성폐기물 처리 최적화기술과 방사선량 평가 및 저감 신기술 등은 원전기술고도화사업에 포함되어 추진되었으나, 국제환경규제의 효율적 대응 등 원자력산업의 지속성장을 위한 국내외 환경변화에 따라 환경친화적 에너지원의 역할 증대를 감안하여 2007년부터 에너지와 환경분야의 조화에 중점을 둔 "원자력환경기술개발사업"을 운영하고 있다. 또한 후쿠시마 원전사고 이후 원전 안전성에 대한 국민의 관심 증가 등으로 원전 안전성 향상 기술개발을 강화해 나가고 있다.



〈그림 5-3〉 산업통상자원부 주관 원전기술개발사업 사업구도

제2절 추진 근거 및 추진 목표

1. 추진 근거

원자력핵심기술개발사업계획은 원자력 진흥법 제9조(원자력진흥종합계획의 수립)에 의거, 제247차 원자력위원회(1997.06)에서 의결된 「원자력진흥종합계획」 중 「원자력산업 육성 및 진흥」 부문계획과 전

기사업법 제47조(전력산업기반조성계획의 수립·시행) ②항의 2호(전력산업관련 연구개발사업에 관한 사항 등)에 근거하고 있다.

2. 추진 목표

국내 원자력산업의 지속성장과 환경변화를 고려하여 국내 원전기술의 중장기적 발전방안 수립을 위한 산업통상자원부의 기본계획에 따라 세부 추진방안이 마련되었다.

- ○ 원자력 기술개발체계의 효율성 및 통합성을 통한 기술개발의 시너지 효과 극대화 추구
- ○ 원전 관련 기술개발사업이 원전기술고도화, 전력설비성능향상 및 원전기술혁신분야 사업 등으로 분산 추진되어 효율적 통합추진의 필요성이 대두
- ○ 국가적, 정책적으로 필요한 핵심전략 원천기술 확보를 위해 목표지향적이고 성과중심의 하향(Top-down) 방식 위주로 기술개발을 적극 추진
- ○ 정부의 「연구개발성과평가법」 시행(2006.03)에 따른 산업통상자원부 주관 원자력 연구개발에 대한 자체평가 체계 구축

이와 같은 원전 기술개발 환경변화를 반영하여 원전 안전 및 선진화, 원전 설비·운영성능 향상, 원자력 환경 및 해체 등 기술개발을 통해 원전의 안전성을 확보하고, 한국형 원전의 글로벌 경쟁력 강화를 통해 원자력 발전 산업을 신성장 동력으로 육성하고, 안정적 전력공급 기반구축 및 원전강국 도약을 목표로 하고 있다.

제3절 추진 절차

원자력핵심기술개발사업은 정부 예산(전력산업기반기금)으로 운영되는 실행계획으로 사업계획 및 성과평가에 대한 최종 결정은 정부(산업통상자원부)가 주도하고 있으며, 한국에너지기술평가원이 기술개발 과제의 기획, 평가, 성과활용 등을 전담관리 하고 있다.

원자력핵심기술개발사업 과제 선정 및 수행 절차는 〈그림 5-4〉와 같다.

〈그림 5-4〉 사업추진 체계 및 절차

제4절 투자 규모 및 추진 대상 기술

1. 투자 계획(안)

2015년까지 전력산업연구개발사업의 원자력핵심기술개발사업은 원전기술혁신분야 등 총 7,835억원을 투자, 기술개발을 추진해 가고 있다.

□ 2015년 예산규모 : 858억원('14년도 923억원, 7% 감소)

〈표 5-1〉 연도별 투자계획

(단위 : 억원)

구분	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	총계
원자력핵심 기술개발사업	508	508	610	640	941	924	963	923	858	6,875
원전기술 혁신분야*	160	160	160	160	160	160	0	0	0	960
계	668	668	770	800	1,101	1,084	963	923	858	7,835

* '13년도부터 원자력핵심기술개발사업으로 통합

2. 추진 전략

가. 단순한 현장개선 위주의 기술개발에서 탈피하여, 안전성을 강화하기 위한 원전 안전관련 기술 및 국제 경쟁력 확보를 위한 기술개발을 중장기적으로 추진

나. 중장기적인 주력사업을 대상으로 중심전략 프로그램을 설정하여 집중 지원

(1) 기술분야별 중장기적인 주력사업 선정 및 이에 대한 중점기술 도출

(2) 중점전략 프로그램에 의한 기술분야별 도출된 기술지도(TRM)를 근간으로 사업목표 대비 성과 목표 제시

(3) 국가차원에서 확보해야 할 전략기술을 하양식(Top-down) 방식으로 효과적으로 선택해야 단기적 지원보다 장기적으로 꾸준히 지원

다. 실용화를 위한 연구개발 성과 활용성 제고

(1) 실용화를 고려한 기술 Needs의 도출 및 연구개발성과 활용성제고 등 전문기관의 축적된 기술역량을 활용

(2) 원자력 기초기간 기술을 상용화하기 위한 중간 연계 기술개발

(3) 중점전략 프로그램 중심으로 핵심 · 원천기술개발에 산 · 학 · 연 협력체계를 유지토록 하고, 최종 활용성 제고를 위하여 필요시 인허가 지원체계를 함께 구축

라. 연구개발성과의 활용도 제고 및 시너지 효과 극대화를 위하여 산학연 협력체계를 강화하여, 공동(협력)연구를 확대 추진

(1) 연구개발주체들의 명확한 역할분담과 긴밀한 협력체계의 구축을 위하여 네트워크형 사업수행 및 과제별 특성에 따라 역할을 차별화

(2) 기획단계에서 원자력 전문기관별 확보기술 및 기술역량 등을 고려하여 산·학·연 간의 역할분담 명확화를 통한 체계적인 기술개발

(3) 원전기술 분야의 전략적인 제휴가 가능한 국제공동연구 추진 등 축적된 기술역량을 적극 활용하여 기술개발의 기반 마련

3. 추진대상 기술

가. 원전 안전 및 선진화 기술개발 분야

(1) 중대사고관련 기술개발

(2) APR1400 후속 원전 개발

(3) 해외진출 핵심기술 개발

(4) 핵심기기 고유브랜드 확보 기술개발 등

나. 원전 설비·운영성능 향상 기술 개발 분야

(1) 가동원전 계측제어시스템 사이버보안관련 기술개발

(2) 가동원전 성능향상 기술개발

(3) 장기운전 신뢰도 향상 기술개발

(4) 핵연료 신뢰도 제고 기술개발 등

다. 원자력환경·해체 기술개발 분야

(1) 원전 해체관련 기술개발

(2) 소내 사용후연료 관리 기술개발

(3) 원전 방사성폐기물 처리기술 개발

(4) 원자력시설 방사선 원전관리 선진화 기술개발 등

라. 원자력기술혁신 분야

(1) 원자력 기초/기반 기술의 응용 및 상용화 기술개발

(2) 원전 안전성 향상 실증 시험

(3) 원전운영 및 수출 산업화 기여 산업화 적용 기술개발

03 원자력연구개발사업

한국수력원자력(주) 기술전략처 R&D팀장 정영현

제1절 추진 배경

21세기 초 원자력기술 선진국 진입을 목표로 원전기술 해외수출기반 확충, 원자력산업 경쟁력 제고 및 국민 삶의 질 향상에 기여하고자 미래창조과학부가 주관하여 추진하는 원자력연구개발 중·장기계획 연구개발사업은 1992년 6월, 연구개발 사업을 착수한 이래 1995년 원자력법에 원자력연구개발사업 수립 근거가 마련됨으로써 1996년부터 특정 연구개발사업에서 분리, 추진되고 있다.

한편, 1996년말 원자력연구소에서 수행하던 방사성폐기물 관리사업, 원자로계통 및 원전연료개발사업이 실수요자인 산업체로 이관됨에 따라 21세기를 향한 「원자력 연구개발 중·장기계획」으로 확대 개편되었고, 1999년 2월에는 원자력 연구개발을 수요 지향적이고 공개 경쟁적으로 개편하기 위하여 보완·기획한 「원자력연구개발 중·장기 수정계획」을 확정한 바 있다.

또한, 2012년 1월에는 『제4차 원자력연구개발 5개년 계획』을 수립하여 국가 경쟁력 제고의 원천인 원자력 R&D 역량 극대화를 위한 원자력연구개발사업의 체계적 발전전략을 제시하고 있다.

구분		사 업 명
원자력연구개발사업	원자력연구개발기금	원자력기술개발사업 – 원자력안전 – 미래형원자로시스템 – 핵연료주기 – 원자력원천기술 원자력연구기반확충사업 – 연구시설 및 이용기반 구축 – 전략기초연구 – 인력기반 확충 원자력연구기획 · 평가사업 – 연구기획 · 평가 – 정책연구
	일반회계	방사선기술개발사업 – 방사선융합기술개발 – 방사선의학기술개발 – 방사선기기 핵심기술개발 – 첨단 비파괴검사기술개발 – 방사능 피해예측 및 저감기술 개발 방사성연구기반확충사업 SMART 건설관련 안전성 향상연구 방사성동위원소 이용 신개념 치료기술개발 플랫폼 구축 원자력국제협력기반조성사업 방사선기기 성능평가 및 표준화인증시설 구축 · 운영
	지특회계	수출용신형연구로개발 및 실증 중입자가속기 기술개발사업 대단위 다목적 전자선 실증연구센터 구축

〈그림 5–5〉 사업 분류

제2절 추진 근거 및 추진 목표

1. 추진 근거

원자력연구개발사업은 원자력 진흥법 제9조(원자력진흥종합계획의 수립) 및 제10조(종합계획의 시행)에 근거하여 원자력 연구개발 5개년 계획 수립 및 제12조(원자력 연구개발사업의 추진)에 따라 연도별 사업 시행 계획을 수립·추진하고 있다.

2. 추진 목표

선도형 기술개발을 통한 원자력·방사선 기술 강국 위상 강화를 목표로 하는 제4차 원자력연구개발 5개년 계획('12~'16)은 최고 수준의 원자력 안전기술 역량 확보, 미래원자력시스템 핵심·원천기술 확보, 환경 친화적 핵연료 주기 기술개발, 방사선기술 고도화를 통한 신물질·신기술 확보, 원자력 혁신연구 강화 및 고급인력 양성 과제를 중점 추진하고 있다.

제3절 추진 절차

원자력 연구개발사업 과제선정 및 수행절차는 〈그림 5-6〉과 같다.

〈그림 5-6〉 과제선정 및 수행절차

제4절 투자 규모 및 추진 대상 기술

1. 투자 계획(안)

□ 2015년도 예산규모 : 3,446억원('14년도 3,256억원, 5.8% 증가)

- ○ 원자력연구개발기금 : 1,974억원('14년도 1,987억원, 0.6% 감소)
- ○ 일반회계 : 1,471억원('14년도 1,269억원, 16% 증가)

2. 추진 전략

가. 국민 불안을 해소하기 위한 원자력안전 기술개발 투자 확대

□ 원자력안전분야 전년 대비 11% 연구비 투자 확대

□ 원자력안전연구의 실효성 강화를 위해 사회적 현안 해결형 신규 과제 지원

나. 안전하고 경제적인 원자력 핵심기술 지속 개발

□ 사용후핵연료 재순환을 위한 파이로 공정 및 소듐냉각고속로 핵심기술 개발 등 미래원자력시스템 지속 개발

□ 원자력시설 안전한 제염·해체를 위한 투자확대 및 산업체와의 공동연구과제 발굴 지원

다. 원자력 창조경제 실천을 위한 산업체 수요 중심의 연구개발 지원

□ 신산업 창출이 가능한 방사성융합기술 연구과제 도출하고 기업 주도 R&D 프로그램 본격 추진 및 맞춤형 컨설팅 지원

□ 방사선융합기술 기술이전 설명회 정례화로 연구기관 보유기술의 산업체 이전 확대

라. 원자력 R&D역량 강화를 위한 전문인력 양성 및 연구기반 확충

□ 대학생에서 고급 전문인력에 이르는 대상별 국내외 맞춤형 인력 지원체계 구축

□ 전략기초연구 및 인력양성의 효율적 연계방안 등 사업체계 조정

마. 원자력기술 수출 해외시장 개척 글로벌 협력 기반 확대

□ 중소형원자로, 연구용원자로 수요 맞춤형 원자로기술 수출 마케팅 지원

□ 다자간·양자간 국제협력의 전략적 대응 및 국제공동연구 확대

3. 추진대상 기술

가. 최고 수준의 원자력 안전기술

□ 원전의 비상냉각 성능에 대한 고정밀 해석기술, 극한재해·다중호기 사고에 대한 최적 평가기술 및 사용후핵연료저장조 냉각기능 상실시 핵연료 거동 평가기술, 중대사고시 격납건물조건 모의실험 장치구축, 장기가동원전의 재료 열화연구 등 안전성 향상 기술 및 중수로 노후화에 따른 안전성 평가 기반기술, 사고 시 방사성 유출물로부터 인간 및 환경을 안전하게 보호하기 위한 방사선 환경방호 종합평가기술 등

나. 미래원자력 시스템 핵심·원천 기술

□ 사용후핵연료를 안전하고 경제적으로 처리할 수 있는 소듐냉각고속로(SFR)의 핵심기술을 실증하기 위한 원형로 개발 지속추진 및 경제적으로 수소를 생산하기 위한 원자력수소생산원자로(VHTR) 핵심기술 등

다. 환경 친화적 핵연료주기 기술

□ 공학규모 파이로 일관공정(PRIDE) 단위장치별 운전성능 실증시험, 종합파이로건식처리시설(KAPF)의 설계요건 및 안전조치 시스템 기술, 지하처분연구시설(KURT) 이용 공학적 방벽의 고준위폐기물 복합거동 실증시험, 원자력시설 제염해체 핵심공정 장치 성능시험 및 부지 복원 단위기술, 사고저항성 핵연료소재 설계 · 제조기술 등

라. 원자력원천기술

□ 핵물질 핵종분석 기술 등 활용확대 분야에 대한 과제 계속지원, 첨단 고성능 연구로 핵연료개발, 첨단 중성자 조사기술 등 핵심원천기술을 적기에 확보하기 위한 전략분야 발굴 지원

제 6 편

품질보증

제1장 원자력품질보증 개요
제2장 단계별 품질보증활동
제3장 품질문화 확산 및 지속적 개선
제4장 국내·외 품질협력
제5장 품질서류 위변조 조사결과 및 검증강화 등 재발방지 노력

01 원자력품질보증 개요

한국수력원자력(주) 품질보증실 품질계획팀장 조석진

제1절 개 요

1. 품질보증 정의

원자력발전소를 보유한 세계 각국은 원자력발전소의 안전성과 신뢰성 확보를 위하여 품질보증활동의 중요성을 강조하고 있다. 미국은 원자력 품질보증요건(10 CFR 50 Appendix B)을 1970년 제정하여 미국 내 원자력발전소에 의무적으로 적용하고 있고, 유럽에서는 국제원자력기구 품질경영시스템(50-C-Q)을 적용해 오고 있으며, 2006년도 이후 GS-R-3(통합경영시스템)를 일부 또는 전면적으로 반영, 적용하고 있다. 우리나라의 경우 미국의 원자력 품질보증요건을 준용하여 왔으나, 1995년부터는 미국기계학회(ASME)의 원자력품질보증기준(NQA-1)을 참고하여 제정한 전력산업기술기준(KEPIC) 원자력품질보증기준(QAP)을 의무적으로 적용하고 있다.

전력산업기술기준에 따르면 원자력 품질보증을 "구조물, 계통 또는 구성품이 가동 중에 제 기능을 만족하게 기능을 수행할 것이라는 확신을 주기 위하여 필요한 계획적이고 체계적인 모든 활동"이라고 정의하고 있다.

※ IAEA GS-R-3 (General Safety-Requirement-3, 2006)
국제원자력기구(IAEA)가 2006년도에 발행한 안전요건(Safety Requirement)으로 그간 품질보증에 근간이 된 IAEA 50-C-QA가 발전된 것으로 기존의 품질외에 안전, 보건, 환경, 보안 및 경제적인 요소를 포괄하는 통합경영시스템(IMS : Integrated Management System)을 지칭함

2. 품질보증 필요성

원자력발전소에서는 공중의 건강과 안전에 막대한 위험을 주는 가상사고를 예방하기 위해 안전성 및 신뢰성을 확보할 수 있도록 철저한 품질보증을 요구하고 있으며, 품질보증체계 확립을 법으로 규정하고 있다.

품질을 향상시키기 위해 품질검사를 강화하면 할수록 불량품의 수는 줄일 수 있으나 제품의 근본적인 품질제고는 어려우므로 불량품을 구분하는 개념에서 벗어나 체계적으로 좋은 제품을 생산하겠다는 예방적 개념을 도입한 것이 품질보증시스템이다.

원자력발전소 설계, 건설, 제작, 시공, 시운전 및 운전 등 모든 단계에서 준수해야 하는 품질보증요건들을 정의하고, 이러한 단계별 품질보증요건에 따라 품질보증시스템을 갖추고 품질보증을 기본업무로 수행할 때 원자력발전소의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있다.

3. 품질보증 방법

원자력발전소에서는 체계적인 품질보증계획의 수립 및 이행이 매우 중요하며 이를 위한 상위도구로 품질보증계획서(Quality Assurance

Manual)를 활용한다.

원자력발전소의 투명성을 보장하기 위한 품질보증계획서는 발주자(한국수력원자력)뿐만 아니라 원자력발전소 관련사업에 참여하는 설계회사, 건설회사, 기자재 제작 또는 용역 공급업체 까지도 품질보증시스템을 구축, 운영할 것을 요구하고 있다.

따라서 원자력사업에 참여하는 조직은 이러한 요구조건을 만족시키기 위하여 ① 사업 참여범위에 따라 규정된 품질보증요건의 이행에 적합한 방침과 계획이 수립된 품질 보증계획서를 작성하여야 하며, ② 품질보증계획서의 내용을 이행하는데 필요한 모든 관련 문서를 사전 작성 및 철저히 개정관리하고, 관리문서에는 누가, 언제, 어디서, 무엇을, 어떻게 운영하고, 검사하고, 시험하며, 합격 또는 불합격기준이 무엇인가에 대한 세부적인 사항과 방법을 기술한 절차서를 작성, 운영하여야 하며, ③ 품질보증계획서 요건의 이행여부를 확인하기 위하여 품질조직에서 일상적인 품질활동과 주기적인 품질보증감사를 수행 하도록 하고 있다.

품질보증계획서와 관련 절차서를 작성하는 그 자체는 품질보증시스템의 계획(Plan)을 수립하는 것이고 그 시스템을 합리적으로 수행(Do)하고, 적절한 이행상태 확인(Check) 및 개선(Action)하는 품질보증계획의 이행인 것이다. 즉, P-D-C-A Cycle 이행이 필수적이다.

또한 규제기관 등에서는 승인된 품질보증계획서가 계획대로 이행되고 있는지를 다중으로 확인함으로써 원자력발전소 전 수명기간동안 높은 수준의 품질이 유지되도록 하고 있다.

제2절 품질보증 기준

1. 품질보증 규제기준

우리나라 원자력 품질보증규제요건은 교육과학기술부가 1978년 '원자로의 건설 및 운영에 관한 규정'을 제정한 지 12년 뒤인 1990년 4월 고시90-3호 '원자로 및 관계시설 품질 보증기준'을 제정함으로써 품질보증규정의 규제화 기틀을 마련했다. 이듬해인 1991년에는 한국원자력안전기술원이 ASME NQA-1&2를 참조하여 고시90-3호의 세부 규제지침으로 '원자력시설 품질보증지침'을 제정함으로써 품질보증의 기본적인 지침을 마련했다. 이 기준의 세부내용은 미국 기준과 거의 동일하다.

이후 고시 90-3호 '원자로 및 관계시설 품질보증기준'이 폐지되고, 현재 '원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙(원안위 규칙 3호)' 및 '원자로 시설의 품질보증세부요건에 관한 기준(원안위 고시)'에 따라 'KEPIC QAP 1&2 또는 이와 동등한 기준' 및 ANSI/ANS 3.2 규정을 적용하여 원자로시설의 건설 및 운영에 관한 품질보증업무를 수행하고 있다.

2. 원자력 산업계 품질보증기준

원자력 사업초기에 국내산업기술기준이 없었던 관계로 외국의 기술기준에 따라 원자력발전소를 건설, 운영해 왔으나 전력산업 기술자립을 위한 정부 및 산학연의 참여와 노력 끝에 1987년부터 전력산업기술기준 개발에 착수하여 현재 대한전기협회 주관으로 6단계 사업을 진행

중에 있으며 이를 통해 품질 및 제도, 기계, 전기 및 계측제어, 구조, 원자력, 화재예방, 환경 분야의 기술기준을 개발하였다. 이에 따라 국내원자력 산업계는 그동안 적용해 온 미국기계학회의 품질보증요건(ASME NQA-1) 대신 국내 고유의 원자력 품질보증기술기준(KEPIC QAP-1)을 적용하게 되었으며, 이에 따라 KEPIC은 한울 5·6호기의 부분 적용에 이어 신고리 1·2호기 및 신월성 1·2호기부터 전면적으로 적용함으로써 명실상부한 국내 기술기준으로 자리매김하고 있다.

특히, APR1400 노형인 신고리 3·4호기 뿐 아니라 UAE 해외수출 원전에도 KEPIC QAP-1을 적용함으로써 국내 고유의 품질보증기술 기준을 확고히 운영할 수 있게 되었다.

※ KEPIC(Korea Electric Power Industry Code)
전력설비의 안전성과 신뢰성 확보를 위하여 설계, 제작, 시공, 시험, 검사, 운전 및 보수 등에 필요한 기술적인 요건을 국내실정에 맞게 상세히 규정한 산업 기술기준

3. 원자력 발전사업자 품질보증 요건

원자력 품질보증요건은 18개로 구성되어 있으며 이를 체계적으로 이행하기 위해 건설 및 운전에 관한 품질보증계획서를 수립하고 세부 이행 도구로써 절차서와 지침서를 작성, 운영하고 있다. 발전소 건설 및 운영 허가 신청서류의 하나인 발전사업자 품질보증계획서의 주요 내용은 〈표 6-1〉과 같다.

〈표 6-1〉 원자력 품질보증요건(18개)

1장 조직	○ 품질보증담당자의 권한과 조직의 독립성 보장 ○ 품질관련 업무 수행조직의 권한과 책임 명시
2장 품질보증계획	○ 품질보증계획서의 작성 및 수행 ○ 품질관련 업무 종사자의 교육 및 훈련계획 수립, 이행 ○ 품질보증계획서의 체계적인 수행여부 확인
3장 설계관리	○ 규제요건, 설계기준, 품질기준의 반영여부 확인 ○ 기자재 및 작업방법의 타당성 검토 ○ 설계조직의 책임 및 업무 협조사항 서류화 ○ 설계검토 및 승인 사항의 절차화 ○ 설계의 적합성 확인 및 독립성 유지 ○ 설계검증 및 설계변경 절차
4장 구매관리	○ 구매서류에 설계기준, 구매 및 품질보증요건의 명기여부 확인 ○ 기자재, 용역의 발주 시 적격업체 선정 ○ 계약자 품질보증계획서 제출의무
5장 지시서, 절차서 및 도면관리	○ 업무 착수 전 품질관련 업무의 절차화 ○ 절차서, 지시서, 도면에 판정기준 명시
6장 서류관리	○ 서류작성, 검토 및 승인 관리 ○ 개정 시 최초의 절차대로 시행 ○ 작업 시 최신본 배부 및 사용 확인
7장 구매기자재 및 용역관리	○ 구매자재, 용역이 구매서류와 일치 여부 확인 ○ 사용 또는 설치 전에 증빙서류 비치 ○ 계약자의 품질관리 상태 주기적 평가
8장 기자재의 식별관리	○ 제조, 조립, 설치시의 기자재 식별관리 ○ 기자재의 추적 관리
9장 특수작업관리	○ 특수작업은 적합성이 입증된 작업절차에 따라 유자격 작업자가 수행
10장 검사	○ 검사계획 수립, 검사자의 독립성 유지 ○ 검사는 작업 단계별로 수행 ○ 검사 입회점 및 필수확인점 설정

11장 시험관리	○ 시험계획의 수립, 시험관리 대상 지정 ○ 시험절차서 기재내용 ○ 시험결과의 서류화 및 요건 충족 여부 확인
12장 측정 및 시험장비 관리	○ 측정 및 시험장비의 정밀도 유지 및 관리 ○ 교정주기 설정 및 정기 교정
13장 기자재의 취급, 운송 및 저장	○ 기자재의 취급, 운송 및 저장절차서 작성관리 ○ 필요시 특별보호 배치 서류화
14장 검사, 시험 및 운전상태	○ 검사, 시험 및 운전상태의 표시 ○ 상태표지의 기재내용
15장 불일치품목 관리	○ 불일치품목 관리 절차서의 작성 및 관리 ○ 불일치품목 관리 절차서의 내용 ○ 불일치품목의 판정
16장 시정조치	○ 품질문제 제기 및 시정조치 ○ 중대결함 사항의 원인규명 및 재발 방지
17장 품질보증기록	○ 품질관련 업무에 대한 증빙서류 유지 ○ 보존해야 할 품질보증기록 명시 ○ 품질보증기록 보존절차서 작성 및 관리
18장 품질보증감사	○ 품질보증 감사자의 자격 ○ 감사결과 지적사항 및 시정조치 ○ 시정조치 결과의 확인

4. 원자력 품질등급

원자력의 안전성 확보를 위한 관련 규제요건을 충족하고 효율적으로 발전소를 운영하며, 원자력발전소의 안전성 및 신뢰성, 전력산업의 경쟁력 강화를 위해 구조물, 계통, 기기 및 부품에 대한 중요도에 따라 다음과 같이 품질등급을 구분하여 차등적인 품질활동을 수행하고 있다.

가. 품질등급 분류체계

(1) 안전성등급(Q)

고장 또는 결함 발생 시 일반인에게 방사선 장애를 직·간접으로 미칠 가능성이 있는 원자로 및 원자로의 안전관련 계통, 품목 및 용역

(2) 안전성영향등급(A)

안전관련 구조물, 계통 및 기기에 해당되지 않으나 다음의 각 항에 해당하는 품목 또는 용역은 A등급으로 분류 관리하며, 설계, 구매, 시공 및 운전을 위해 지정되어 있는 적절한 품질보증요건이 적용된다.

(가) 규제요건에서 품질보증이 요구되는 품목

(나) 내진범주Ⅱ 구조물 및 해당기기의 구조적 건전성 유지와 관련된 행거 또는 지지물

(다) 원전 운영경험과 해외원전 사례 등을 감안하여 발전사업자 스스로 기능의 중요도에 따라 선정한 품목으로, 동력변환 및 전력생산설비 중 발전정지 유발기기 또는 비상운전 절차와 관련되는 주요설비 등

(3) 일반산업등급(S)

Q, A등급으로 분류되지 않은 품목 및 용역

나. 품질등급 적용현황

(1) 가동 원전

가동원전은 2009. 7. 1부로 품질등급체계를 개선하여 품질등급 4단계(Q,T,R,S)에서 안전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R)을 폐지하고 안전성영향등급(A)을 새로이 도입하여 안전성등급(Q), 안전성영향등급(A), 일반산업등급(S)의 3단계 품질등급을 적용하고 있다.

※ 안전성영향등급(T)
고장 또는 결함발생시 안전성등급품목의 기능에 영향을 줄 수 있는 품목 또는 용역

※ 신뢰성등급(R)
고장 또는 결함발생시 전력설비의 운영에 영향을 주거나 대규모의 복구작업이 필요한 품목 또는 용역

(2) 건설 원전

건설 중인 원전은 안전성등급(Q), 안전전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R), 일반 산업등급(S)의 4단계 품질등급을 적용하고 있으며, 현재 건설계획 중인 신고리 5,6호기 건설부터 가동원전과 같이 안전성영향등급(T)과 신뢰성등급(R)을 폐지하고 안전성 영향등급(A)을 새로이 도입하여 안전성등급(Q), 안전성영향등급(A), 일반산업등급(S)의 3단계 품질등급을 적용하고 있다.

5. 품질보증부서 수행업무

가. 품질보증감사

원자력발전소의 품질보증감사는 품질보증요건에 따라 해당조직의 품질보증시스템의 적합성과 이에 따른 업무를 만족스럽게 수행하고 있는지 확인하는 것이다. 품질보증감사는 내부감사와 외부감사로 구분하며, 내부감사는 발전소 관련부서에 대해서 실시하고, 외부감사는 계약자에 대해서 실시하는 감사를 말한다. 품질보증감사 시기는 외부감사에 대해 기기의 중요도, 제작과정, 제작기간 등에 따라 감사횟수, 기간 등이 다르나 최소한 제작기간 중 1회 이상 또는 3년 1회를 기준으로 주기를 설정하여 수행하고 있으며, 내부감사는 업무의 중요도에 따라 감사주기가 설정되는데 품질보증프로그램 요건(Reg. Guide 1.33)에 따라 1년 또는 2년 주기로 수행하고 있다.

나. 품질검사

품질검사는 자재, 기기, 부품, 계통 또는 구조물이 설정된 품질요건에 부합됨을 확인하기 위해 현장의 작업상태를 직접 시험, 관찰 또는 측정하는 품질확인활동을 의미한다. 그리고 이들 검사는 직접 작업에 책임이 없는 품질검사조직에서 검사계획을 수립하고 검사계획 또는 점검표 등에 입회점 또는 필수확인점을 선정하여 검사를 수행하며 그 종류로는 공장검사, 인수검사, 현장검사, 가동 중 검사 등이 있다.

다. 품질감독

품질감독은 안전성 구조물, 계통 및 기기들에 대한 업무가 품질요건

에 따라 만족스럽게 수행되는지 확인하기 위하여 품질검사요령과는 다르게 특정 프로세스가 전반적으로 적절히 준수되고 있는지를 관찰하는 확인 활동이며, 주요 품질감독 항목은 〈표 6-2〉와 같다.

〈표 6-2〉 주요 품질감독 항목

번호	구 분	주 요 항 목
1	운 전	최종안전성분석보고서 및 운전절차서 준수 여부
2	보수 및 공사	보수계획, 보수절차서, 기술시방서 및 도면준수 여부
3	시 험	정기시험, 주기시험 및 성능시험 준수여부
4	기술운영관리	절차서(서류관리, 보건물리, 구매관리 등) 준수여부

라. 품질보증프로그램 검토

품질과 관련된 모든 기술행정 및 지침, 절차서에 품질보증요건이 반영되었는지를 확인하는 것으로써 업무착수 전에 이루어져야 하며, 이는 실무부서가 품질보증요건에 따라 품질관련 업무를 계획하는 단계에서 검토하는 적극적인 예방 품질활동이다.

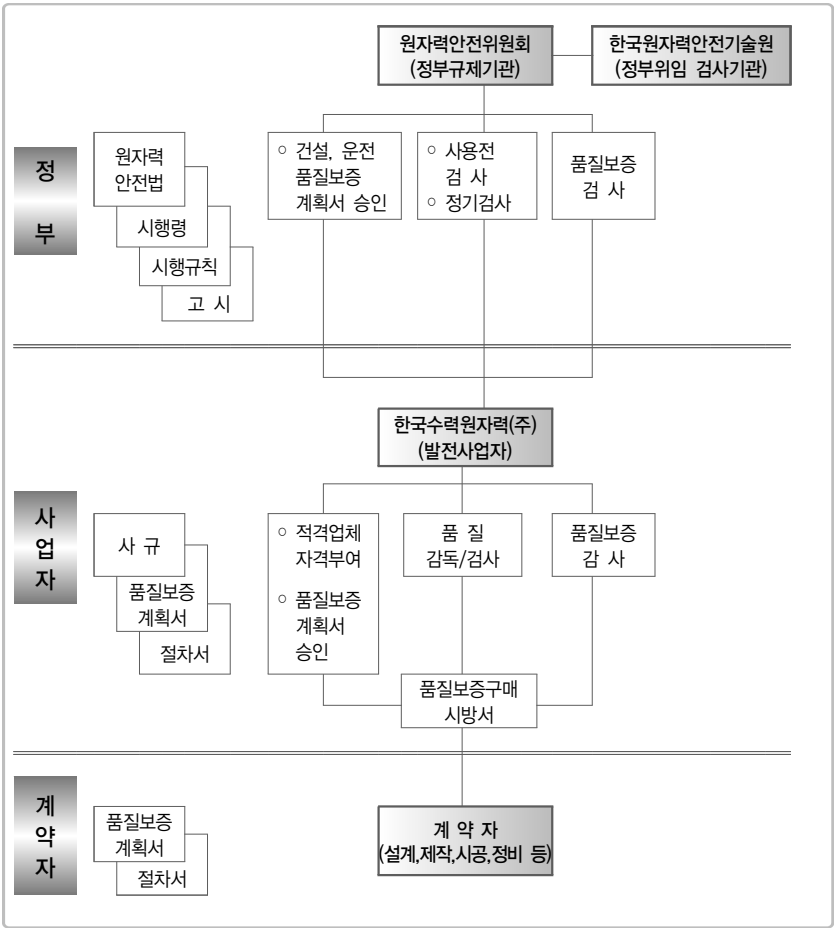
마. 업체 실사

원자력발전소 구매, 용역업무에 참여하고자 하는 희망업체에 대한 품질보증능력과 기술능력을 사전에 평가, 승인함으로써 적절한 능력을 갖춘 업체가 해당구매 또는 용역에 참여 가능하도록 업체능력을 평가하는 품질활동이다.

제3절 품질보증체계

1. 국내 원자력 사업품질체계

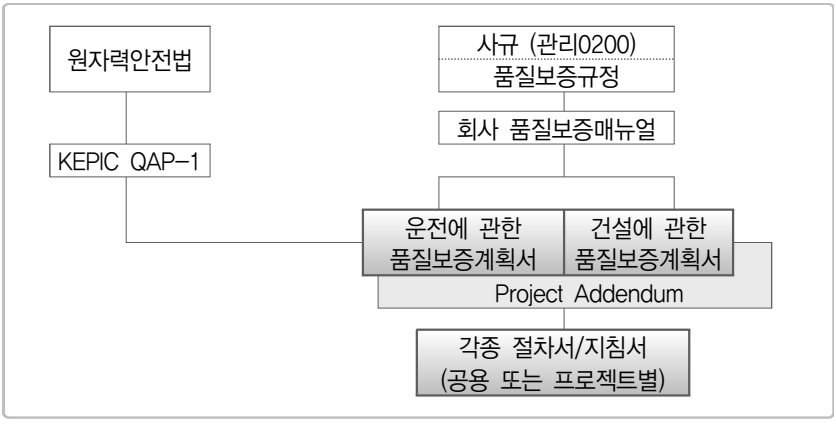
원자력 발전소의 건설 및 운영과 관련된 정부, 발전사업자 및 계약자의 조직간 품질보증체계는 〈그림 6-1〉과 같다.



〈그림 6-1〉 국내 원자력사업 품질보증 체계

2. 한국수력원자력(주) 및 계약자 품질체계

한국수력원자력(주)의 원자력 품질보증시스템은 국내외 원자력관련 품질보증 요건을 근간으로 원자력안전법의 규제요건을 준수하고 있다. 또한 품질보증계획서는 원자력안전법 체계 및 사업특성을 고려하여 원자력 건설분야와 운전분야로 구분하여 수립, 운영하고 있으며 개략적인 품질보증체계는 〈그림 6-2〉와 같다.



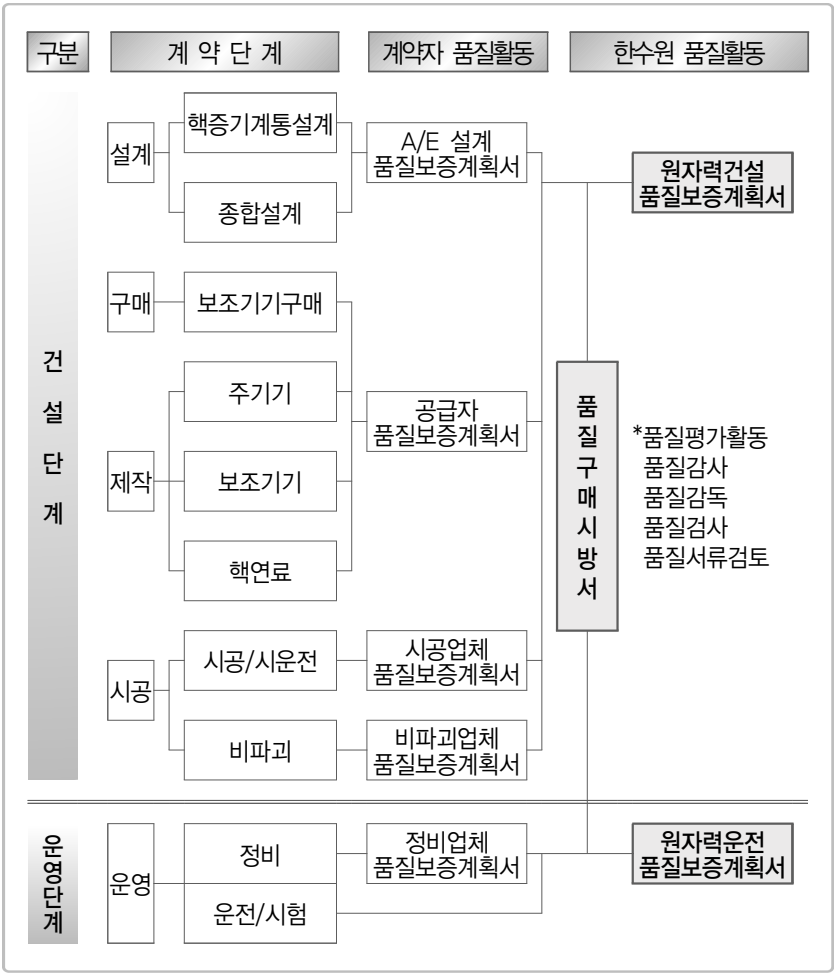
〈그림 6-2〉 한국수력원자력(주) 품질보증체계도

공급자 및 계약자는 한국수력원자력(주)과 계약한 계약서와 시방서에 따라 기자재의 제작 혹은 용역을 수행하기 위해서는 품질등급과 일치하는 품질보증계획서와 이행 절차서를 작성하여 한국수력원자력(주)의 검토, 승인 후 사용하도록 하고 있다.

이의 적합성을 확인하기 위해 한국수력원자력(주)은 공정, 업무 또는 품목이 규정된 요건에 일치하는지를 감시하는 품질검사 및 품질감독수행과 승인된 품질보증계획서, 절차서에 따라 업무가 적절히 이행

되고 있는지 품질감사를 수행하고 있다.

단계별 품질보증활동은 크게 건설단계와 운영단계로 나누어지며, 각각의 품질보증 활동을 종합하면 〈그림 6-3〉과 같다.



〈그림 6-3〉 단계별 품질보증활동 종합

02 단계별 품질보증 활동

한국수력원자력(주) 품질보증실 품질보증팀장 차재홍

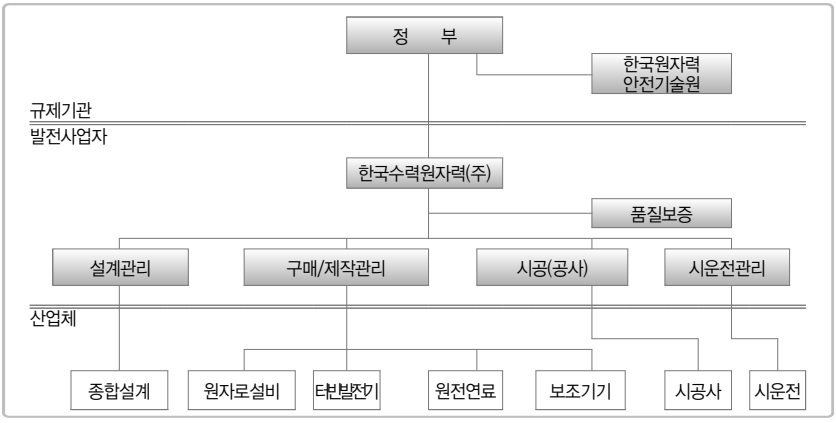
제1절 건설단계 품질보증 활동

1. 원전건설 사업 개요

원자력발전소 건설사업은 장기 전력수요예측에 따라 부지확보와 선정, 인허가, 발전소 설계, 기자재 구매, 제작, 시공 및 시운전의 단계로 진행된다.

한국수력원자력(주)은 발전사업자로서 장기 전원개발계획에 따른 원전건설기본계획의 수립 등 건설 시작단계부터 완료까지 각 단계별로 분야별 공정, 품질, 공사비 관련 주요업무를 종합하고 조정하는 원전건설 종합사업관리자의 역할을 수행하고 있다.

원전건설의 종합사업관리는 주어진 예산, 공정 및 품질요건에 맞게 해당 원전건설을 완수하기 위하여 설계, 구매, 제작, 시공 및 시운전 등 각 단계별 분할된 기능을 종합 조정하고 관련 기술 활동을 완벽하게 수행해야 하는 중요한 관리체제이며, 원전 건설 사업의 추진 조직은 〈그림 6-4〉와 같다.



〈그림 6-4〉 원자력 건설사업 추진 조직

2. 원자력 발전소 건설 품질보증

가. 기본방침

원자력발전소의 전 수명기간 중 높은 수준의 안전성과 신뢰성을 보증하기 위하여 예방과 품질확보에 중점을 둔 품질방침 및 품질보증계획을 수립·시행하고 있다.

나. 건설 품질보증계획 운영

원자력안전법 제10조(건설허가)에 따라 원자력발전소를 건설하기 위해서는 허가신청서에 예비안전성 분석보고서(PSAR), 건설에 관한 품질보증계획서 및 방사선 환경영향평가 보고서와 그 밖에 총리령으로 정하는 서류를 첨부, 제출하여 정부로부터 건설허가를 취득하고 있고, 건설 중 품질보증활동은 정부로부터 승인 받은 건설에 관한 품질보증계획서를 토대로 수행하며, 이의 구체적인 이행을 위해 각 프로젝트 사업조직

에서는 품질보증계획서 운영에 필요한 절차서와 지침을 수립, 운영하고 있다. 또한 계약자는 종합설계, 주기기 및 보조기기 공급자, 원전연료 계약자, 시공, 검사용역 등으로 구분되며, 각 계약자별로 수립된 품질보증계획서는 발전사업자의 검토, 승인을 받아 운영하고 있다.

다. 건설 단계별 품질보증 활동

(1) 설계단계

설계는 발전소 계통 및 구조물 설계와 기자재 제작 설계로 나누며, 발전소 계통 및 구조물 설계는 종합설계 계약자가 수행하고, 기자재 제작 설계는 기자재 공급자의 책임 하에 수행한다. 발전사업자는 다음의 계약자 설계업무가 적절히 수행되는지 여부를 확인하고 있다.

- ○ 설계관리 계획 및 절차서 작성여부
- ○ 설계 품질보증 요건을 포함한 기술자료를 기기설계자에게 제공여부
- ○ 구매서류에 품질 및 설계요건이 정확하게 반영됨을 확인
- ○ 설계 변경관리 및 모든 관련조직에 설계 변경사항 통보여부
- ○ 계약자가 제출한 설계 서류의 검토 및 승인여부
- ○ 설계 불만족사항 처리여부
- ○ 필요시 설계 인증시험 및 설계인증 검토여부

(2) 구매/제작단계

원자력발전소의 기자재를 조달하거나, 용역을 구매할 때는 설계요건이나 규제요건, 발주자의 관리요건 등을 구매문서에 적절히 반영하

여 품질이 확보될 수 있도록 하며, 하도급의 경우에도 같다.

구매문서에는 공급 기자재 또는 용역의 범위, 기술기준, 품질보증계획의 수립 및 이행, 발주자의 확인 권한, 불일치사항 처리요건, 예비품 확보요건 등을 기술하고, 확정된 구매문서는 품질보증조직에서 검토하고 있다.

품질보증대상이 되는 기자재나 용역은 적절한 능력을 갖춘 유자격자가 공급하여야 하며, 공급자의 기술능력, 품질보증능력, 계약이행능력 등을 평가하여 자격을 부여하고, 자격 유효기간 중 정기적으로 능력을 평가한다. 공급자는 1차적 책임을 갖고 품질 제반업무를 수행하고, 제품 출하 시 발주자의 출하승인을 받아야 한다.

(3) 시공단계

시공단계에서 진행하는 품질활동은 시공계약자가 수행하는 업무와 발전사업자의 관리감독 업무로 구분된다. 사업주는 시공관리 감독을 위한 현장 품질보증계획서를 수립, 운영하며, 시공계약자는 계약요건에 따라 품질보증계획서를 작성하여 발전사업자의 승인을 받아 이행한다.

시공계약자는 품질보증업무 절차와 설계, 구매, 제작, 설치 과정별 작업절차서를 작성, 발전사업자의 승인을 받은 후 이행하여야 하며, 제작 또는 설치과정에서 품질 요건을 포함한 기술기준의 준수상태 확인을 위한 검사계획을 작성하여 발전사업자의 검토와 입회계획을 승인 받아야 한다. 사업주 및 계약자의 현장 품질보증부서는 품질감독, 품질검사, 품질감사를 통해 시공업무 수행부서의 현장 품질보증계획서 이행상태를 확인, 평가한다.

(4) 시운전단계

원자력발전소의 구조물, 계통 및 기기를 설치한 후 제 기능을 발휘하는지 확인하기 위해 시운전시험을 실시한다. 시운전단계에서 품질보증활동은 건설에 관한 품질보증계획서에 따라 시운전 절차서를 수립, 이행하고 품질감독, 품질서류 검토, 입회검사, 품질보증감사 등의 품질 활동을 통해 발전소의 안전성과 신뢰성을 확인한다.

제2절 운영단계 품질보증 활동

1. 원전운영 사업 개요

발전소 운영을 위하여 원자력안전법령에 정한 허가신청서에 발전용 원자로 및 관계시설에 관한 운전기술지침서, 최종안전성분석보고서(FSAR), 운전에 관한 품질보증계획서, 방사선 환경영향평가서 및 총리령으로 정한 서류를 첨부, 제출하여 정부의 승인을 받아야 연료 장전이 가능하고 또한 전력 생산이 가능하게 된다.

연료장전이 운영단계가 착수되는 시점이며 건설단계에 적용하던 모든 인허가 문서는 이 시점에서 운영허가 시 승인 받은 문서로 대체되며 이에 따라 운전에 관한 품질보증계획서 적용이 시작된다.

발전소 운영은 연료장전, 안전성 시험 및 출력운전이 반복적으로 수행되며, 이때 운영에 관한 모든 업무는 최종안전성분석보고서, 기술지침서, 절차서 및 품질보증계획서에 따라 수행되며 적합성 여부는 자체 검사 및 감사와 규제기관의 정기검사 및 품질보증검사에 의해 확인된다.

2. 원자력발전소 운영 품질보증

가. 운전품질보증계획 운영

원자력안전법 제20조(운영허가)에 따라 원자력발전소를 운영하기 위해서는 최종안전성분석보고서와 병행하여 발전소별로 운전에 관한 품질보증계획서를 정부에 제출하여 승인받고 있으며, 이를 토대로 표준절차서, 계통운전절차서, 정비절차서, 비정상운전절차서, 비상운전절차서 등을 작성, 승인 후 운영하고 있으며 기계, 전기 및 계측분야 정비용역과 방사선관리분야 용역업체 등 협력업체 또한 한국수력원자력(주)의 품질보증계획서와 구매관리 품질보증 요건에 따라 품질보증계획을 수립하여 운영하고 있다.

일반적으로 운영단계 업무는 초기원전연료장전 전에 정부로부터 운영허가 승인을 득한 후부터 발전소의 수명기간 동안 안전성과 신뢰성 확보를 위해 수행하는 체계적인 활동으로서 운전, 경상 유지보수, 시험 및 검사, 계획예방정비 및 기술운영관리 분야 등 주요 분야로 구분하여 수행한다.

나. 운영 업무별 품질보증활동

원자력발전소의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위해 품질보증계획을 수립하고, 그 계획에 따라 실무 수행부서가 업무를 적절하고 정확하게 수행하고 있는 지를 확인 및 평가하기 위하여 품질감사, 품질감독, 품질검토 및 품질입회검사 등의 활동을 실시하고 있다.

03 품질문화 확산 및 지속적 개선

한국수력원자력(주) 품질보증실 품질계획팀장 조석진

제1절 품질문화 확산

1. 품질윤리규범

회사의 윤리강령을 보다 효율적으로 실천함은 물론 설비의 안전성과 운영의 신뢰성을 제고하기 위해 모든 품질부서 직원(품질보증인)이 지켜야할 올바르고 구체적인 행동과 가치판단 기준을 정립하여 궁극적으로 품질보증인들의 솔선수범과 전 직원의 투명하고 시스템적인 품질업무 관행으로 발전시키고자 2003년 9월 '품질인의 자세'라는 7개 항목의 품질윤리규범을 제정, 운영하다가, 2008년 6월 1차 개정 작업을 통하여 6개 항목으로 조정하여 운영하고 있다.

2. 품질의 달 행사 개최

전 종사자의 품질 마인드 제고를 위하여 매년 5월 달에 품질의 달 행사를 개최하고 있다. 행사의 주요내용은 각 조직 책임자의 격려사, 품질관련 동영상, 품질표어 우수작 및 품질 유공직원 포상, 품질전문가 특강 등으로 구성되어 있다.

제2절 지속적인 품질개선

우리나라의 품질분임조 발전과정을 살펴보면 1970년 초 일본의 QC써클을 벤치 마킹하여 국내에서 최초로 1975년 '제1회 전국 QC써클 경진대회'를 전국적으로 개최함으로써 품질분임조 활동 확산의 계기를 마련하였으며, 1978년부터는 '공장 새마을 분임조'와 '품질관리분임조'로, 1989년부터는 '품질관리분임조'로, 1992년부터는 '품질기술분임조'로 명명하였고 1994년에 '품질분임조'로 변경하여 현재에 이르고 있다.

한국수력원자력(주)의 품질개선 활동은 '새마을 분임조 활동'으로 태동하여, 1987년에 MV써클로 변경되었으며, 1988년에는 제1회 MV써클 발표회를 개최하면서 전사적으로 추진하게 되었으나, 품질개선활동의 근본 취지인 자발적인 활동보다 형식적인 활동에 그치는 아쉬움을 남겼다.

이를 개선하기 위해 1996년 5월 "공사 품질경영 시스템 적용 연구개발"을 통해 사외 품질경영전문가의 사업소 지도 및 자문 등 다양한 품질경영기법 교육 및 품질 개선활동을 함으로써 품질개선에 대한 의식의 전환을 가져오는 계기가 되었으며, 이의 결실로 1999년부터 전사 품질개선팀 경진대회를 개최하기 시작하였다.

품질개선팀 경진대회는 사업소 대회와 전사 대회로 운영되고 있으며 매년 8월에 각 사업소 품질개선팀 경진대회를 개최하고, 10월에 사업소별 2~3팀이 참가하는 전사 대회를 개최하여 우수팀을 선발, 포상하고 있다. 또한 전사대회 우수팀은 국가 품질분임조 경진대회에 참가하고 있으며, 대통령상을 수상하는 등 좋은 결실을 맺고 있다.

2013년에는 전국품질분임조 경진대회에 8개 팀이 참여하여 모든 팀이 대통령상을 수상(금상 1개, 은상 2개, 동상 5개)하였으며, 2014년

도에는 전국품질분임조 경진대회에 4개 팀이 참여하여 대통령상을 수상(금상 1개, 은상 2개, 동상 1개)하였다. 특히, 2013년도 전국대회 금상을 수상한 한울본부의 품질분인조인 알바트로스팀과 은상을 수상한 한강수력본부 현무팀은 스리랑카 콜롬보에서 개최된 2014년도 국제품질분임조대회(ICQCC)에 참가하여 "격납건물내 주요 밸브 데이터베이스 구축으로 운전원 비정상 조치시간 향상", "수력발전소 무효 방류 저감으로 발전량 증대"라는 주제로 품질분임조 활동 결과를 발표하여 Excellence Awards를 수상하였다.

제3절 품질교육

품질요원들의 업무 수행능력 증진 및 전문성 제고를 위하여 인재개발원을 통한 사내교육과 대한전기협회, 한국표준협회 등의 전문교육기관을 활용한 사외 교육을 병행 실시하고 있다.

사내교육은 실무과정 및 전문과정으로 구분, 시행함으로써 교육의 효율성과 질적 수준 향상을 꾀하고 있다. 신입사원과정 및 실무과정으로는 원자력 품질보증 일반, 구매시방서 작성 과정을 운영하고 있으며, 전문과정으로는 품질선임감사자반, 고급품질검사자(기계) 과정 등을 운영하고 있다.

사외교육은 KEPIC기술기준, ISO 9000 내부심사원 과정 등 인재개발원에서 시행하기 어렵고, 시행한다고 하더라도 교육효과를 충분히 거둘 수 없다고 판단되는 직무기술 과정을 중심으로 전문교육기관을 적극 활용함으로써 전문가 수준의 품질요원 육성을 꾀하고 있으며 주요 사내·외 품질교육과정의 종류는 〈표 6-4〉와 같다.

또한, 원전건설 및 운영에 참여하는 협력업체 직원들을 대상으로 원자력 품질선임감사자, 원자력 품질검사자 및 원자력 품질보증 일반 과정을 운영하고 있는데, 참여 업체로부터 좋은 반응을 얻고 있다.

〈표 6-4〉 주요 사내외 품질교육과정의 종류

구 분	교육기관	교육과정
사내교육	인재개발원	○ 원자력 품질보증 일반 ○ 구매시방서 작성 ○ 고급품질검사자(기계) ○ 고급품질검사자(계전) ○ 중급품질검사자(기계) ○ 중급품질검사자(계전) ○ 품질선임감사자 ○ 선임감사자 보수교육 ○ 고급품질검사자 보수교육
사외교육	대한전기협회	○ 전력산업기술기준(KEPIC)교육 – 원자력기계 공인검사 등 22개 과정
	서울대학교	○ 엔지니어링 프로젝트 매니지먼트(EPM)
	성균관대학교	○ 품질혁신 글로벌 스탠다드
	(주) 코 센	○ 원자력기자재 설계/제작기술 전문
	한국기계연구원	○ 용접기술강좌 ○ 가동중원전 보수/교체 기술강좌 ○ 원전안전성등급기기 제작 및 설치 기술강좌
	한국표준협회	○ ISO 9000 내부심사원 ○ 품질경영시스템 인증 심사원 ○ 통계적 품질관리 ○ 품질분임조 문제해결 기법 등 16개 과정
	한국비파괴검사학회	○ 춘/추계 학술대회(ASNT LEVEL 자격인정과정)
	한국도장인증기술협회	○ 초급 도장감리원 과정 ○ 통합 고급 도장감리원 과정
	한국도장기술인협회	○ 원전도장 검사자 교육
	한국산업기술협회	○ 용접품질관리실무자를 위한 용접규격관리 핵심실무 ○ 비파괴시험(NDT) 종합 실무기술 (UT,MT,RT,PT,ET)
	한국필터시험원	○ 원자력 공기정화 기술교육

04 국내·외 품질협력

한국수력원자력(주) 품질보증실 외주품질팀장 위용복

제1절 국내 품질협력 활동

1. 협력사 품질수준 향상 프로그램 운영

가. 협력사 품질실무 교육

원자력발전소에 공급되는 기자재의 품질은 원전의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 중요한 요인 중에 하나이며 한국수력원자력(주)은 협력사를 통하여 원전 기자재를 공급받고 있기 때문에, 협력사의 원자력 품질문화 수준과 품질보증에 대한 지식이 기자재의 품질에 직접적인 영향을 미치게 된다. 그래서 한국수력원자력(주)은 협력사를 대상으로 원자력품질보증체계 수립 및 이행을 위한 교육, 지도 등을 통하여 협력사 품질수준 제고 및 동반성장을 위한 노력을 지속적으로 추진해 오고 있으며, 2011년도에는 총 52개 협력사를 대상으로 10회(438명 이수), 2012년도에는 총 469개 협력사를 대상으로 10회(802명 이수), 2013년도는 464개 협력사를 대상으로 14회(813명 이수), 2014년도에는 246개 협력사를 대상으로 4회(454명 이수)의 품질교육과 지도를 시행하였다.

한국수력원자력(주)과 협력사의 품질수준 제고 및 동반성장 노력은 기자재의 제작품질 향상을 통한 원자력의 안전운영에 기여할 것으로

생각하며, 국민들로부터 원자력에 대한 불안감을 해소함은 물론 신뢰받는데 큰 역할을 담당할 것이다.

나. 협력사 품질등급평가 및 상시 모니터링 시스템 구축, 운영

한국수력원자력(주)에 원자력 기자재 또는 용역을 공급하기 위해 시행하는 공급자 유자격 등록 관리제도와 연계하여 등록심사 점수를 기본으로 한수원의 품질확인 활동의 결과로 발행되는 각종 품질지적서 발행 건수에 비례하여 감점한 후에 실시간으로 협력사의 품질등급에 대한 정보를 제공함으로써 협력사 스스로 자체 품질 수준을 파악하고, 자체 개선 노력하기 위한 도구로 협력사 품질등급평가 및 상시 모니터링 시스템을 운영 중에 있다.

다. 공급자등록 희망업체 대상 품질전문가의 멘토링 시행

한수원 품질보증실은 품질품목 공급자 등록에 대한 업무를 수요자 중심에서 공급자 중심으로 변경하고자 신규등록을 희망하는 업체에 대해 멘토링을 시행하고 있다. 2014년에는 조달청이 주최하는 구매상담회에 참석하였고 별도로 한수원 전자상거래시스템(K-Pro)을 통해 멘토링 요청서를 접수하여 해당업체를 대상으로 멘토링을 시행하였다. 2015년도에도 한수원 전자상거래시스템(K-Pro)을 통해 멘토링 요청서를 접수(24개사 신청)받아 현재 멘토링이 진행중에 있으며, 이와는 별개로 원전 본부별 중소기업제품 구매상담회시에도 희망업체에 대해 품질전문가 멘토링을 시행할 예정이다.

2. 국내 협회활동

한국수력원자력(주)은 대한전기협회의 회원사로써 전력기술기준(KEPIC) 개발에 필요한 출연금을 지원하고 각종 전력기술기준의 제·개정시 이의 검토를 위한 전문/실무위원회에 참여하여 전력기술기준의 개발에 참여하고 있다.

또한 2001년 우리나라 한국산업규격(KS)과 대표적인 ISO 인증기관인 한국표준협회에 가입하여 직원들의 품질전문지식 습득을 위해 협회에서 주관하는 각종 품질관련 전문교육에 참여하고 있으며 또한 국내외 품질경진대회 참여 등을 통해 원자력품질을 대외에 홍보하고 일반 산업계와 품질정보를 활발히 교류하고 있다.

그밖에 2002년 8월과 9월에 한국품질경영학회와 한국비파괴검사학회에 각각 가입하여 해당 분야의 학술지식 취득 및 정보교류에 활용하고 있다.

3. 한국원자력 품질협의회(KNQA) 운영

2003년 9월 '한국원자력 품질협의회'(Korea Nuclear Quality Association)를 구성해 원자력산업 관련사 간의 협력 체제를 굳건히 하고 있다. 이는 원전의 품질기술과 정보를 공유하고 품질현안에 공동대처하고자 구성되었으며, 품질협의회에는 2014년 12월 현재 KEPCO E&C, 두산중공업, 삼성건설, 현대건설, 한전KPS, 포뉴텍 등 설계용역 업체와 주기기 공급업체, 그리고 시공사 및 정비 분야 22개 업체가 참여하고 있다.

품질협의회는 연간 상·하반기 2회의 정기회의가 개최되며, 내부에 건설분과 위원회와 발전분과 위원회로 구분하여 분과별 품질기술을 공유하고 품질현안 사항 등을 논의하고 있다.

4. 기타 협력활동

원자력 규제기관과 원자력품질보증 워크숍을 매년 2회씩 운영분야와 건설분야로 나누어 시행하고 있으며, 원자로시설의 품질보증활동에 관한 주요현황 및 품질현안 등을 원자력산업계가 상호 공유하고 품질보증활동 강화방안을 도출하여 원전 사업자 및 협력업체, 규제기관의 품질업무에 피드백 함으로써 원자력시설의 품질향상을 통한 설비신뢰도 및 안전성 제고에 기여하고 있다.

또한, 한국수력원자력(주)은 한국프로젝트경영협회(Korea Project Management Association, KPMA)의 프로젝트 경영교육 및 심포지엄에 참여하여 프로젝트전문가(Project Management Professional, PMP) 양성, 선진화된 프로젝트 경영기법 습득 및 정보를 교환하고 있다. 프로젝트 경영(Project Management)은 원자력발전소와 같은 플랜트의 건설 및 운영을 포함한 여러 산업분야에서 사용되는데, 품질관리 기법 등을 포함하고 있다.

제2절 해외 품질협력 활동

1. 해외 구매품질협의체 참여

한국수력원자력(주)은 원자력발전 전문회사로써 국내외 원자력 관련 기관 및 관련사와의 협력 체제를 구성하고 이를 공고히 다져 나가고 있다. 특히 한국수력원자력(주)은 해외 품질 관련 협의체와의 협력 체제를 갖춰 품질보증업무를 효율적으로 수행할 수 있는 기반을 마련했다. 2001년 8월 30일 미국 원전사업자 구매협의체(NUPIC), 2007년 1월 2일에는 중수로 원전사업자 구매감사협의체(CANPAC)에 가입했다.

무엇보다 NUPIC과 CANPAC 가입은 해외 기자재 공급업체에 대한 유자격 여부 확인과 품질보증감사 강화 등 품질관리를 효율적으로 수행할 수 있는 계기가 됐다.

해외공급자 유자격 확인 업무는 데디케이션 업무와 연계하여 2006년 6월 규제기관인 한국원자력안전기술원의 품질검사 지적·권고한 사항으로, 당시 해외 원전 기자재 공급품목과 제작업체 공급자 현황을 살펴보면 Q등급의 경우 1만 2900종 188개 업체 중 미국이 116개 업체로 62%를 차지했고, 유럽이 38개 업체로 20%, 캐나다가 20개 업체로 11%, 기타 국가가 14개 업체로 7%를 차지하고 있었다. 그러나 해외 Q등급 공급자의 유자격 여부를 확인하는 직접 실사는 비용과 인력 측면에서 현실적으로 어려워 이에 대한 해결 방안으로 NUPIC 활용 확대 및 CANPAC 가입을 선택하게 되었다.

NUPIC은 미국 내 원전사업자들 중심으로 원전기자재 유자격 공급자 선정관리 및 품질문제에 공동 대처하고자 1989년 설립된 단체로,

NUPIC의 국제회원은 주로 미국 내 유자격업체 현황과 감사, 실사결과 보고자료 등을 NUPIC 전산망을 이용해 정보를 공유할 수 있다. 회원사는 활용하는 NUPIC 등록업체수에 따라 합동감사에 참여해야 할 의무가 있다. 미국 규제기관인 NRC도 운영위원회 위원으로 참여하고 있는 NUPIC에는 2015년 8월 현재 미국 32개사, 해외는 한국 등 10개국 12개사가 회원사(UAE가 NUPIC 추가 가입)로 있다.

한국수력원자력(주)은 2015년 8월 기준으로 NUPIC 등록 공급업체 2,439개사 중 100여개사를 유자격업체로 등록하여 활용하고 있으며, 미국 소재 유자격 공급자들에 대한 정확한 정보 확보로 품질등급에 적합한 양질의 기자재를 구매함으로써 원전의 안전성 향상에 기여하고 있다. 유럽 등 타 지역 공급자에 대한 정보 수집 또한 회원사 간 협조로 유리해졌으며, 한수원 자체 업체관리 대비 비용, 인력, 시간을 대폭 절감하는 효과를 얻었다. 뿐만 아니라 일반규격품 대체 사용 관련 정보 확보와 미국 내 부품 공급선을 다변화해 가격 경쟁을 유도할 수 있고, 해외 원전 사업자와 제작자의 예비품 구매, 납품 실태 파악 등 벤치마킹도 가능하게 됐다. 이처럼 경수로 원전의 해외 기자재 공급업체 품질관리는 NUPIC을 활용해 공급업체의 신뢰도를 확보하고 규제기관이 요구하는 해외 기자재 공급업체 품질활동에 부합하게 되었다.

그러나, 중수로 원전의 해외 기자재 공급업체 품질관리가 숙제로 남아 있었다. 2006년 6월 당시 중수로원전의 Q등급 예비품 해외공급자는 캐나다 21개사, 미국 101개사, 기타 국가 49개사였다. 그중 캐나다는 49.6%를 AECL을 통해 구매하고, 품질활동도 AECL이 대행하고 있었다. 그러나 원 공급업체에 대한 정보와 구매 사양을 확보하지 못하고

품질보증감사 등 품질활동을 할 수 없어 직접 구매가 불가능하고 유자격 등록 심사도 업체가 제출한 서류만으로 만족해야 하는 실정이었다.

그러던 중 2006년 1월 CANPAC이 한수원에게 회원가입을 요청해왔다. CANPAC은 캐나다 내 원전사업자들이 주축이 돼 원전 기자재 공급업체에 대한 품질보증감사 및 공급업체 등록관리를 목적으로 2002년 4월 8일 COG내에 설립된 기관으로 각 회원사의 품질담당 부서장으로 운영위원회를 구성하고 회원사 요청에 따라 전문 감사자를 확보해 공급업체의 감사를 수행하고 있다. 이에 한국수력원자력(주)은 CANPAC 가입을 통해 캐나다 내 기자재 공급업체에 대한 정보 확보, 품질보증감사 강화는 물론 회원사 간 정보교류 활성화로 단종 품목 해결방안 모색 등 중수로 원전의 현안사항에 공동 대처하고 있다. 2015년 8월 현재 CANPAC에는 캐나다의 원전사업자 3개사(Hydro Quebec사 '13년도 초 탈퇴)와 한국의 한국수력원자력(주), 루마니아의 1개사, 아르헨티나 1개사가 회원사로 가입되어 있다.

2. 국제 품질단체와의 정보교류

미국품질협회(ASQ)는 품질에 관한 신기술 개발을 위한 국제회의를 비롯한 미국 품질협회 자격부여 프로그램, 교육훈련과 기술지도 프로그램을 운영할 뿐만 아니라 품질표준을 제정하고 관련 출판물을 발간해 회원사에게 제공하는 등 활용도가 높은 국제적인 품질기관이다. 한국수력원자력(주)은 선진 엔지니어링제도 도입 추진에 발맞춰 선진국의 최신 품질정보를 수집하고, 국제동향 파악과 선진 품질보증기법을

도입하는 등 품질 보증활동의 수준을 선진화하고자 2003년에 가입했다. ASQ본사는 미국 밀워키에 있고 인도, 중국 및 멕시코에 National Service 센터를 두고 있으며 150여개국이 국제파트너로 참여하고 있다. 회원사는 ASQ 네트워크를 통해 멤버 간의 토의, 학회 연구에 참여할 수 있으며, 유럽품질협의체(EOQ)의 연차대회에도 참여하여 유럽지역의 품질동향 파악 및 정보수집에 활용하고 있다.

3. UAE원전 운영지원용역 품질보증 활동

2009년 12월 한국전력공사는 아랍에미레이트(UAE)와 원전 4기 건설에 대한 주계약을 체결함으로써 국내최초 해외원전 수출이라는 쾌거를 거두었다. 이에 대한 후속조치로 한국전력공사는 한국수력원자력(주)과 UAE 운영지원용역 계약을 2010년 5월에 체결 하였으며, 주 내용은 UAE원전 4기 운영에 대비한 발주자 운영능력 배양 및 시운전 시험을 수행하는 것으로, 한수원은 운영지원용역에 대한 품질보증체계 구축을 위해 2010년 7월에 품질보증매뉴얼을 제정하였다. 특히, 비 원자력 품질등급에 대한 품질 보증매뉴얼(Non-nuclear Quality Management Manual)을 제정하여 보다 완벽한 품질보증체계를 구축하여 운영중에 있다. 건설 초기단계에서 구축되는 운영관리시스템, 건설 사업관리시스템 업무에 대해 품질보증 감사 및 감독을 실시하였으며, 한수원 아부다비 지사에 품질보증팀을 신설, 운영하여 바라카원전의 성공적인 시운전시험 수행을 위한 품질보증체계 및 이행계획을 수립하여 품질보증활동을 추진하고 있다.

05 품질서류 위변조 조사결과 및 검증 강화 등 재발방지 노력

한국수력원자력(주) 품질보증실 품질검증센터장 김범수

제1절 국내 품질시험성적서 위변조 조사

1. 조사경위

원자력안전위원회는 2012년 말 전 원전을 대상으로 일반규격품 품질검증서 위조 일체조사를 완료 하였고 일반규격품 품질검증서 조사 과정에서 시험성적서 위조사례가 발견('12.12.5)되어 '13.1월부터 전 원전을 대상으로 국내 납품업체가 한수원에 제출한 시험성적서에 대해 일체조사를 착수하여 시험성적서 발행기관이 실제 발행했는지의 여부를 확인하였다. 그 과정 중 '13. 5월 국내 기기검증기관이 타 기관에 일부시험을 의뢰하여 받은 기기검증서 위조 사례가 추가 확인(신고리1·2, 신월성1·2) 됨에 따라 해당 4개호기(신고리1·2, 신월성1·2)에 케이블 교체 등 안전조치를 요구하였고, 이를 위해 운전 중이던 신고리2호기, 신월성 1호기는 원자로 정지조치('13.5.28) 하고 기기검증서 위조 사례에 대해서도 일체조사를 착수하였다.

※ (일반규격품 품질검증서) 원전 안전등급 부품의 생산중단 등을 이유로 품질검증기관으로부터 일반산업용품을 안전등급 품목으로 승급한 품질서류
※ (시험성적서) 부품의 생산과정에서 설계 특성을 입증하는 서류로서 관련기관이 발행하는 비파괴검사보고서, 재료시험성적서, 화학분석보고서 등
※ (기기검증서) 지진, 화재 등의 천재지변이나 고온, 고압, 고방사선 등을 수반하는 사고조건에서도 원전설비의 성능과 안전성이 유지될 수 있음을 입증하는 서류

2. 조사대상 및 방법

가. 시험성적서

(조사대상) 全 원전(가동 23, 건설 5)에 대해 일체조사를 하였고, 가동원전은 최근 10년간('03.1.1~'12.12.31) 구매(교체)한 안전등급 품목 중 국내 제작사 제작 부품에 대해 국내발행기관(일부 해외기관 포함)이 시험한 보고서 일체를, 건설원전은 건설 전기간에 걸쳐 제작된 안전등급 품목의 시험성적서 일체를 조사하였다.

(조사방법) 국내 시험성적서 발행기관의 실제 발행여부를 확인하기 위해 1단계로 시험성적서 리스트 추출 및 발행기관 소재 파악, 2단계로는 발행기관을 직접 방문, 발행기관이 보유한 원본과 대조하는 방법으로 조사하였다.

(후속조치) 시험성적서 '위조' 또는 '확인불가' 부품은 불일치품목 보고서를 발행하여 품질관리절차에 따라 조치토록 하였으며 '위조'로 확인된 성적서는 운전 중 교체 가능한 부품은 즉시 교체, 교체가 어려운

품목은 안전성 평가를 통해 안전성 입증시 차기 정비시 교체 조치 및 재시험을 통해 시험성적서 요건이 만족됨을 입증하는 경우 현상 사용토록 하였고 '확인불가' 시험성적서는 발행기관 폐업 및 소재불명 등으로 진위여부를 확인할 수 없는 경우, 위조의 경우에 준하여 조치토록 하였다.

나. 기기검증서

(조사대상) 기기검증 내용을 위조한 사례가 있는지 여부를 전면조사하는 것으로 가동원전 및 건설원전 공히 '96년 이후 발행된 기기검증 보고서 일체를 조사하였다.

조사대상을 '96년 이후로 설정한 배경은 기기검증서 위조 기관으로 확인된 새한 TEP가 국내 성능검증 1호로 지정('96.10월)된 이후로, 국내 제작사 제작 기기에 대해 국내기관(해외위탁분 포함)이 검증한 보고서 일체로 하였다.

(조사방법) 기기검증 과정과 결과가 적정한지에 대한 기술적 평가를 하였고 자체적으로 검증한 경우 해당 검증기관의 원 자료(검증시험과정 중에 취득된 미가공 데이터)등을 확인하여 기술적 적절성을 검토하였으며 일부 시험을 다른 검증기관에 위탁한 외부위탁 사항에 대해서는 보고서 원본을 입수하여 한수원에 제출된 보고서와 대조하여 확인하였고 해외기관 발행 보고서는 원본을 입수하여 확인 및 해당기관의 확인을 통해 조사하였다.

(후속조치) 기기검증서 위조 기기는 재검증을 통해 성능을 확인하거나 검증된 기기로 교체토록 하였다.

자체 검증의 경우 원 자료(raw data)확인을 통하여 성능검증의 적절성이 확인되는 기기는 현상 사용, 그렇지 않을 경우 재검증 또는 교체 등 추진하였고 원 자료(raw data)가 확보되지 않아 확인이 불가능한 기기는 운전중 성능시험 결과 검토 등 종합적인 안전성 평가를 통해 조치하였다.

외부 위탁의 경우 원본과 대조를 통해 위조가 확인되면 재검증 추진하였고 재검증 결과 성능이 만족되면 현상 사용, 성능이 만족되지 않을 경우에는 검증된 기기로 교체토록 하였다.

3. 조사결과

가. 종합결과

'15. 8월말 현재

	구 분	조사대상(건)	조사완료(건)	
			위조	확인불가
시험 성적서	가동 중 발행 (가동원전 23기)	21,681	247	408
	건설 중 발행 (건설원전 5기, 최근가동원전 3기)	266,724	1,869	1,168
	계	288,405	2,116	1,576
기기 검증서	전 원전 (28기)	2,699	63	57
총 합계		291,104	2,179	1,633

나. 종합결과 내용

(시험성적서) 가동원전 23기 총 21,681건의 시험성적서 중 247건(1.1%), 건설원전 5기 266,724건의 시험성적서 중 1,869건(0.7%)의 위조가 확인 되었다.

(기기검증서) 28기 전 원전 총 2,699건의 기기검증서 중 총 63건(2.3%)의 위조가 확인 되었다.

4. 후속조치 종합현황('15. 8월말 현재)

가. 가동원전 국내 시험성적서 조치현황

○ 위조 : 전호기 조치 완료

○ 확인불가 : 전호기 조치 완료

나. 건설원전 국내 시험성적서 조치현황

○ 위조 : 4개호기(신월성#2, 신고리#3, 신한울#1,2) 조치 완료
- 1개호기(신고리#4) '15.9월 조치완료 예정

○ 확인불가 : '위조'와 동일 조치완료

제2절 품질서류 위변조 재발방지대책

□ 시험성적서 발행기관은 한수원에 원본을 직접 제출토록 '12.11월에 제도를 개선하였고, 기존의 기자재 품질 적합성 확인검사에 추가하여 제작단계 및 인수검사 단계시에 위조 확인검사를 수행하고 있다.

□ 아울러, 위변조업체 발견 즉시 검찰고발 및 업체 등록취소를 현행 1년에서 10년으로 강화하는 등 강력한 퇴출제도를 시행하고 있다.

□ QR코드를 활용한 위변조 예방 전산시스템을 도입하여 신속 정확한 위조 확인체계를 구축하여 '14년 2월부터 시행하고 있다.

□ 제3기관을 활용(영국 Lloyd사)하여 품질서류에 대한 더블체크 수행으로 위조 발생을 근절 중이며, 이와 병행하여 한수원 품질검증조직을 보강하여 품질증빙서류에 대한 자체 검증기능을 강화하여 시행하고 있다.

제 7 편

국민이해와 지역협력

제1장 국민이해 증진 활동
제2장 사회공헌을 통한 대국민 신뢰 구축
제3장 원전 주변지역 지원사업
제4장 원전이 지역에 미치는 경제적 효과

01 국민이해 증진 활동

한국수력원자력(주) 홍보실 홍보계획팀장 유연상

제1절 사회환경의 변화

1. 국제환경의 변화

2004년 온실가스 감축 논의 이후 탄소 배출 규제 등으로 OECD 국가에서도 다시 원전을 확대하려는 움직임이 일어났다. 원전 르네상의 시대가 온 것이다. 2009년 9월 미국 피츠버그 G20 정상회의는 '불필요한 소비를 부추기는 비효율적인 화석에너지 보조금의 장기적인 합리화 또는 단계적 폐지'를 위한 합의를 이끌어 냈고, 같은 해 12월 코펜하겐에서 개최된 제15차 당사국 기후변화 총회에서 선진국과 개발도상국의 입장 차이에 의해 법적 구속력이 있는 합의 도출은 실패하였으나, 세계 각국은 온실가스 감축 관련 규제들을 입법화 하고자 시도하였다.

제16차 기후변화협약 당사국 총회가 2020년 온실가스 감축 목표, 제3자 검증, 개도국에 대한 감축 지원 등에 관한 새 의정서 채택을 목적으로 2010년 11월 20일 멕시코 칸쿤에서 개최되었다. 이 회의에서 선진국의 감축 목표(2020년까지 1990년의 25%~40% 감축)와 녹색기후기금(Green Climate Fund)조성에 합의하였으나, 국가별 구체적 목표 및 이행방향에 관한 세부 사항은 여전히 불투명하였다.

제17차 UN기후변화협약 당사국 총회가 2011년 11월 28일 남아프리

카 더반에서 개최되었으나 교토의정서 개정시도가 실패로 끝나면서 세계 각국의 온실가스 배출 억제에 대한 사회적 합의가 이루어지지 못했다. 따라서 녹색성장의 토대 자체가 흔들리고 탄소배출권 가격은 폭락을 거듭하여, 2008년도 단위당 20유로의 가격이 6유로까지 추락했다. 그러나, 2020년 기후변화체제에 대한 전지구적 차원의 대응과 관련하여 환경규제는 많은 국가에서 도입할 가능성이 높아졌다.

제18차 UN기후변화협약 당사국 총회가 2012년 11월 26일~12월 8일까지 카타르 도하에서 개최되었다. 제18차 총회에서 2013~ 2020년간 선진국의 온실가스 의무감축을 규정하는 교토 의정서 개정안이 채택되었으며, EU, 호주, 스위스, 노르웨이 등 선진국들이 참여한 가운데 2013년 1월 1일부터 온실가스 감축을 위한 2차 공약기간이 개시되었다. 또한, 발리행동계획에 의하여 출범된 장기협력에 관한 협상트랙(AWG-LCA)이 종료되었으며, 2020년 이후 모든 당사국에 적용되는 新기후체제를 위한 협상회의(ADP)의 2013~2015년간 작업계획이 마련되었다. 한편 제18차 당사국 총회에서 우리나라의 녹색기후기금(Green Climate Fund) 사무국 유치가 성공적으로 인준되었으며, 당사국들은 GCF가 조속한 시일 내에 운영될 수 있도록 우리정부와 GCF 간 법적·행정적 제도를 마련할 것을 촉구하였다.

제19차 UN기후변화협약 당사국 총회는 2013년 11월 11일~11월 23일까지 폴란드 바르샤바에서 개최되었다. 195개국에서 정부대표단 및 NGO가 참석한 제19차 총회의 결과를 살펴보면 2020년 이후부터 적용될 신 기후체제의 온실가스 감축목표 설정방식과 이를 위한 협상일정, 기후재원 확보 방안 등이 논의되었다. 그 결과 2020년 이후의 감축목

표를 2015년 개최되는 제21차 총회 이전까지 제출하기로 하였고, 2020년 까지 연간 1천억 달러의 기후재원 조성을 위해 2014년 개최되는 제20차 총회까지 추가 재원 조성 준비 작업을 완료하도록 촉구하는 지침을 결정했다. 또한 기후 변화로 인해 직접적 피해를 입은 국가에게 피해보상이 필요하다는 개념인 '손실과 피해(Loss & Damage)에 대한 구체적인 대응방안으로 '바르샤바 매커니즘'이 제시되었다. 다음으로 2005년부터 시작된 개도국 산림 전용과 산림황폐화 방지를 통한 온실가스 감축 협상을 마무리하여, 2억8천만 달러 규모의 재정지원이 확정되었다. 마지막으로 개도국의 온실가스 배출량에 대한 국제적 검증방식이 확정되어 2014년부터 개도국이 제출하는 온실가스 배출에 관한 격년보고서의 국제적 검증이 추진된다. 한편 제20차 UN기후변화협약 당사국 총회는 2014년 12월 페루 리마에서 개최되며 논의할 예정이다. 이와 같이 UN기후변화협약 결정에 따른 온실가스 감축 등을 준수하기 위해서 대부분의 국가들이 신재생 에너지 등 비전통·비화석 에너지의 비중을 높이면서도 안정적이고 경제적인 전력공급을 달성해야 하는 과제에 직면하고 있다.

대표적인 비화석 에너지원인 원자력은 비세계 총 전력생산의 15%를 담당하는 가운데 30개국에서 총 437기의 원전이 운영되고 있으며, 신흥개도국을 중심으로 원전건설이 활발하게 이루어지고 있다. 원자력 발전은 대부분의 OECD 국가에서 전체 전력 생산의 20% 이상을 차지하고 있으며, 신흥개도국을 중심으로 전력수요가 급증함에 따라 과거 선진국 및 구소련지역 중심에서 신흥개도국 중심으로 원전건설이 활발하게 이루어지고 있었다.

장기적으로 에너지의 미래는 각국 정부들이 기후변화와 에너지 안보라는 두 가지 도전에 어떻게 대처하느냐에 달려 있다. 원자력발전은 온실가스 감축 및 석유 의존도 완화를 위해 환경적으로 지속가능한 에너지원으로서 20여년 만에 재조명을 받기 시작했다.

중국과 인도가 이끄는 신흥개도국들의 에너지 수요 증가, 유가의 지속적인 상승, 석유의 대부분이 매장되어있는 중동지역의 불안요인 상존 등으로 그동안 원전 건설을 억제해오던 원전 선진국들도 2000년대 초반 이후 2011년 후쿠시마 사태 이전까지 신규 원전건설계획을 수립하였다. 세계는 다시 1970년대 초와 비슷하게 고유가로 인한 에너지 확보와 지구 온난화 해결이라는 두 가지 과제를 동시에 풀어가야 하는 상황에 놓이게 되었고, 원자력발전은 환경과 녹색성장의 핵심 열쇠로 자리잡아가고 있었다.

그러나 2011년 3월 발생한 일본 후쿠시마 원전 사고는 지속가능한 녹색성장의 한 축으로서 원자력 발전에 대한 회의론을 재 부각시켰다. 안전관리가 우수한 것으로 평가되어온 일본 원전이 자연재해 앞에서는 취약했다는 점에서 원전 운영국가나 원전도입을 추진하는 세계적으로 추진되고 있는 원전 건설계획에 대한 우려를 불러일으켰다.

일본 후쿠시마 원전 사고 이후 원전을 운영하는 국가 중 전통적으로 원전 비중 축소 정책을 펴온 독일은 2022년까지, 스위스는 2034년까지 원전을 단계적으로 폐지하겠다고 선언했으며, 이탈리아는 국민투표를 실시하여 원자력발전 도입을 금지키로 결정했다. 또한 대표적인 원전 강국인 프랑스도 2012년 원전 비중 축소 공약을 내세운 올랑드 대통령이 당선되어 주요 선진국의 탈원전 또는 원전비중 축소 경향이

두드려졌다.

선진국의 원전 정책 변화와 달리 경제성장으로 전력수요가 급증하는 중국과 인도는 가장 활발하게 원전을 건설 중이다. 현재 22기의 원전을 운영 중인 중국이 27기를 건설 중이고 인도는 현재 21기를 운영하고 6기를 건설 중이다. 하지만 아직 이들 두 국가에서 원전 운영에 대해서는 신중하게 지속적으로 추진한다는 입장이다.

반면 2011년 후쿠시마 사태의 여파로 원전 의존도에서 탈피하려는 움직임을 보이는 국가도 많다. 세계원자력협회(WNA)에 따르면 2030년까지 430기의 원자로가 신규로 건설되며 가동 원전 수가 현재의 배로 늘어날 전망이었지만 금융위기 등에 따른 타격으로 건설 계획의 상당수가 유보됐다.

이러한 상황에도 지구 온난화 대책, 에너지 수요 급증, 화석연료 고갈과 고유가 등으로 세계 원전 산업은 꾸준히 증가할 것으로 보인다. 아마노 유키야 IAEA 사무총장은 "신재생 에너지는 발생 용량 및 비용 등의 문제로 현대 문명사회의 중심 에너지가 될 수 없지만 원자력은 해낼 수 있다"며 "각국의 안전성 강화 조치가 잇따르고 사용 후 핵연료 문제를 해결할 기술개발도 지속되고 있어 원자력은 당분간 화석에너지의 대안으로 우리 곁에 자리할 것"이라고 말했다.

IEA(International Energy Agency)가 발표한 최근의 세계 에너지 전망[World Energy Outlook]에서도 다소간의 차이는 있으나, 여전히 원자력발전이 차지할 것으로 전망했다. 2011년 6월 발표한 세계에너지전망(WEO 보고서)에서는 2030년까지 세계적으로 원전 90~300기를 추가 건설할 것이고, 원자력 수요량이 2035년까지 68% 증가할

것으로 전망했다. 그에 비하여 2012년 WEO 보고서는 원자력 발전설비용량은 11년 보고서에서 전망한 수준보다 낮은 속도로 증가할 것으로 예상했다. 원자력 사용 감소 의사를 표명한 국가들의 대열에 일본과 프랑스가 추가로 합류했고, 미국과 캐나다 내에서 원자력은 상대적으로 저렴한 가격을 앞세운 천연가스에 그 위상을 위협받고 있음에 주목했다. 하지만, 원자력 발전량 자체는 여전히 늘어날(중국, 인도, 러시아, 한국 원자력 발전 증대)것으로 전망했다. 2013년 WEO 보고서에서도 유럽의 경쟁력과 지속가능성 유지를 재생에너지와 비전통가스 에너지 개발과 더불어 여전히 원자력 발전을 개발해야 한다고 전망했다.

IAEA(International Atomic Energy Agency)는 2030년 가동 원전 규모가 현재보다 50~120% 증가한 545~803GW에 이를 것으로 전망했다. 이는 2010년 전망치보다 다소 낮은 것으로 독일 등에서의 원전 폐지와 여타 국가에서 원전 건설 보류를 고려한 것이다.

2011년 9월 15일 발표한 WNA(World Nuclear Association) 보고서는 2030년 세계 원전 시설 용량은 현재보다 70% 증가할 것으로 전망했다. 독일 등의 원전 폐지에도 불구하고 에너지 수급 여건은 변하지 않을 것으로 본 것이다. 미국, 중국, 인도, 러시아 등을 향후 원자력 역할을 결정짓는 중요한 국가로 보고, 중국, 인도, 한국, 영국 등은 신규 원전 건설을 지속할 가능성이 높다고 평가했다.

실제로 미 원자력규제위원회(NRC)가 2012년 초에 34년 만에 처음으로 새 원자력발전소 건설과 운영을 승인했다. 미국에서 신규 원전 건설이 승인된 것은 펜실베니아주의 스리마일 원전 사고로 방사능 유

출 공포가 일기 1년 전인 1978년 이후 처음이다. 새 원자력발전소들은 2016년에서 2019년 사이에 가동을 시작할 것으로 예상된다. 미국의 신규 원전 건설 승인은 후쿠시마 원전 사고 후 독일 등 전 세계적으로 원전 재평가론이 거센 가운데 지구 온난화 문제 등의 해결을 위해 원전 추진이 필요하다는 입장을 분명히 한 것으로 볼 수 있다.

이와 더불어 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 원전 운영중단을 선언한 일본도 원전 재가동을 위한 수순을 밟고 있다. 2014년 10월 현재 규슈 전력의 센다이 원전의 재가동을 위한 시 의회의 동의안이 채택되었고, 관련 지자체인 가고시마 현 의회가 동의하면 2015년 이후 재가동을 진행할 가능성이 높다.

프랑스의 경우에도 2012년 원전 축소 공약을 내세운 올랑드 대통령의 당선으로 기존의 원전정책에 변화가 예상되었으나, 여전히 차세대 원전을 개발하기 위한 노력을 꾸준히 지속중이다.올랑드 대통령은 2025년 까지 원자력발전 비중을 75%에서 50%로 축소할 것을 공약했으나, 프랑스는 동시에 2020년까지 제3세대 가압경수로 도입과 2040년까지 고속로와 같은 제4세대 원자로 도입도 적극적으로 추진하고 있다. 또한 프랑스 원자력위원회는 2035년에서 2040년 사이에 경쟁력 있는 고속로 기술의 수출도 목표로 하고 있어, 원자력발전의 경제성이 급격히 저하되지 않는다면 현실적으로 원전 정책변화가 크지 않을 수 있다.

선진국의 원자력발전 지속과 더불어 현재 세계적으로 건설하는 원자력발전소 중 총 발전량이 가장 큰 곳은 중국이며, 2013년 말 기준 가동원전은 20기이며 설비용량 16,038MW, 가동률 89.4%로 총

110,710.00GWh의 전력을 생산하였다. 2013년 말 기준 인도의 가동원전은 21기이며 설비용량 5,308MW, 가동률 78.4%, 총 30292.91Gwh의 전력을 생산하였다. 인도는 신규 발전소의 준공으로 원전 설비용량과 전력 생산량이 꾸준히 증가하고 있으며 원자력에 지속적으로 투자를 하고 있어 2050년 원자력 설비점유율이 약 25%에 이를 것으로 예상하고 있다. 반면, OECD 회원국 대부분은 주로 정치적인 이유로 탈원전 정책을 적극적으로 추진하며, 기존 원전 대체 시설 건설을 보류중이다. 세계는 당분간 원전 수용과 탈원전 사이에서 중립적인 입장을 유지하며 원전 안전 정책과 기술개발을 지속해 나갈 것으로 보인다.

결론적으로, 당분간 원전건설을 통한 전력수급이 활발히 이루어질 것이라 속단하기는 이르지만 일본 후쿠시마 원전 사고에도 원자력발전이 급증하는 전력 수요를 충족시킬 수 있는 현존하는 유일한 에너지원이라는 기대감은 여전히 높다. 신재생 에너지 및 비전통 가스 등 전력수요 충족을 위한 다양한 대안들의 활용이 확대되겠지만, 원자력은 향후에도 주요 에너지원으로서 역할을 수행할 것으로 전망된다. 앞으로 급격한 변화가 없다면, 세계적으로 원전의 총 발전량은 2030년까지 최저 17%(61.9GW)에서 최고 94%(348.9GW)까지 지속적으로 증가할 것이며, 그 중심은 중국을 포함한 극동아시아 지역이 될 것이다.

2. 국내환경의 변화

1978년 고리 1호기가 상업운전을 시작한 이래 원자력 발전은 지난 2014년 상반기 기준 가동 원전기수는 23기로 늘었고, 설비용량은 20,716MW로 전체 발전설비 용량인 88,148MW의 23.8%를 점유하고

있다. 2013년 원자력 발전전력량은 총 138,784GWh로서 전체 전력량 517,148GWh의 26.8%에 이르고 있다. 선진국들이 원전축소 정책으로 신규원전 건설을 억제하고 있을 때에도 우리는 지속적인 원전건설을 추진하여 건설 및 운영능력에서 세계 최고수준을 달성하였다.

실제 2011년까지 국내 원자력발전소는 90% 이상의 높은 평균 이용률을 유지하였으며, 2012년도에는 원전 이용률이 예년에 비해 감소하였음에도 2011년 상반기 세계 원전 평균 이용률인 78.95%보다 높은 82.3%를 달성하였다. 2013년에는 원전부품비리, 품질서류 위조 문제로 가동원전 4기가 장기 정지되어 이용률이 75.5%로 크게 감소하였다. 그러나 이는 지속적인 발전설비 건전성 제고와 '안전 최우선'을 기조로 하는 원전운영을 통해 개선되어, 2014년 8월 현재 이용률은 89.6%로 회복되었다. 또한 안전성과 전기 품질 확보 측면에서 원자력발전소의 운영관리 수준을 나타내는 지표인 고장 정지율을 살펴보면, 우리나라는 1998년 이후부터 연간 호기당 1회에도 미치지 않는 기록을 나타내고 있으며, 2013년에는 23기의 가동 원자력발전소에서 모두 6건의 고장 정지 발생, 고장 정지율 0.26을 기록했다.

이러한 성과를 바탕으로 지난 30여 년간 국내 전력생산의 주축을 담당하며 국가 경제발전과 국민의 삶의 질 향상에 중추적인 역할을 해왔다. 에너지 대외 의존도가 96%를 웃돌고 있으면서도 저렴한 전기요금을 유지해 그동안 고속성장을 해온 비결은 대용량의 전력을 값싸게 공급한 원자력발전에 있다.

2011년 3월 발생한 일본 후쿠시마 원전사고는 23기의 원전을 운영하고 5기의 원전을 건설하고 있는 우리나라에 가장 커다란 충격을 준

것이 사실이다. 사고 이전 원자력은 온실가스 배출을 줄이고 정부의 녹색성장을 견인할 수 있는 실질적인 대안으로서 정부의 에너지 정책의 핵심이었다. 우리나라는 원자력에 대한 의존도가 높은 국가로 에너지 안보와 경제발전을 고려할 때, 원자력을 쉽게 포기할 수 없는 상황이었고, 2009년 186억 달러 규모의 국내 최초 UAE원전 수출을 계기로 원자력발전 사업이 새로운 신성장동력산업으로 각광을 받았다.

정부는 후쿠시마 원전사고 직후 특별대응팀을 구성하여 국내 원자력시설에 대한 안전점검을 실시하고, 국내 원전이 최대 예측 지진 및 해일에 대해 안전하게 설계, 건설 및 운영되고 있음을 확인 발표하였음에도 불구하고 여전히 원전에 대한 국민들의 불안감은 쉽게 가라앉지 않고 있다.

그러나 2011년 9월 15일 사상 초유의 순환정전으로 전국적 블랙아웃 가능성이 현실화하면서 안정적인 전력수급에 대한 필요성이 커지게 되었다. 시내 곳곳의 신호등이 꺼지는 바람에 차량과 보행자가 길에 엉키고 멈춰선 엘리베이터 안에서 2,000여명의 시민들이 암흑 속에서 구조를 기다려야 했던 경험은 국민들로 하여금 원자력발전에 대한 무조건적인 반대보다 합리적이고 객관적으로 국가 경제에 필요한 주요 에너지로 인식하는 계기가 되었다.

하지만, 2012년 이후 불거진 원전 부품 품질보증서 위조 등의 일련의 불미스러운 상황으로 투명하고 안전한 원전운영에 대한 국민적 신뢰도가 재차 크게 훼손되었고, 이러한 상황은 국가 에너지 기본계획 수립에도 영향을 끼쳤다. 정부는 국내 중장기 에너지 정책 목표와 에너지원별 추진계획을 포함하여 5년마다 에너지 기본계획을 수립하는

데, 2014년 2월 최종 공표된 제2차 에너지 기본계획에는 전력설비기준 원자력발전 비중을 2035년까지 기존의 41%에서 29%로 대폭 축소하였다. 다만, 여전히 원자력이 1/3의 비중을 유지하고 있어 원전의 과도한 확대 또는 급격한 축소를 지양하되, 현실적으로 원자력 부문이 안정적인 전력공급의 중요한 부분을 차지함을 부인할 수 없다.

지속가능한 원자력발전을 위해서는 안전성에 대한 국민적 신뢰가 필수 요소이나, 최근의 상황과 맞물려 국민들의 원전 신뢰도를 향상시키기 위한 노력이 절실히 요구된다. 이를 위해서는 국민들의 원자력에너지에 대한 막연한 불안감이 증폭되지 않도록, 다양한 노력들이 요구된다. 우선 충분하고 정확한 원전 운영정보를 신속히 전달해 원전 안전성에 대한 의구심이 일지 않도록 하는 노력이 필수적이다. 이를 위해 각 계층별로 차별화된 홍보 방안에 대한 모색과 원자력 에너지에 대한 국민들의 긍정적 인식을 적극 활용한 홍보 프로그램을 마련할 필요가 있다. 또한 국가 에너지에서 원자력발전이 가지는 위상을 새롭게 정립하여 경제적이고 안정적인 대체에너지원의 확보 시 까지 안정적 전력 공급을 위한 전략적 에너지 믹스 실현수단으로서, 또한 가장 현실적인 브릿지 에너지원으로서, 원자력발전의 효용성을 국민들에게 널리 알리는 노력이 필요하다.

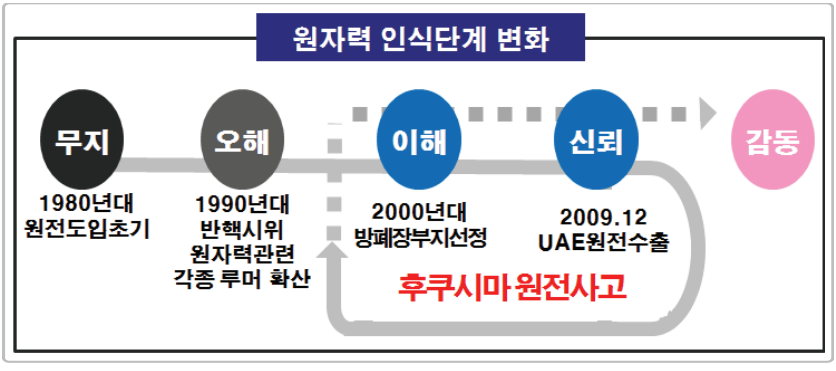
제2절 국민이해 증진활동

한국원자력문화재단 상생협력실장 최재삼

후쿠시마 원전사고 이후 원자력을 대하는 국민인식은 값싸고 편리한 에너지로 국가산업 발전과 국민생활 편익 증대에 기여해온 원자력의 긍정적인 인식보다 안전에 대한 불안감이 증폭되고 있다. 원자력의 평화적 이용에 대한 국민이해 증진과 신뢰 제고를 위해 힘써온 한국원자력문화재단은 이러한 변화된 사회환경에 적극 대응하면서 공정하고 객관적인 이해증진 활동과 안전문화 확산을 위해 다양한 소통사업을 전개하는 등 상생과 협력의 원자력 공공커뮤니케이션 기반을 쌓아 나갔다.

1. 공공커뮤니케이션을 통한 국민신뢰 증진

후쿠시마 원전사고 이후 우리 사회의 원자력에 대한 국민인식 수준은 2000년대 이후 꾸준히 형성돼온 '이해'와 '신뢰' 단계에서 후퇴하여 '이해' 이전 단계로 회귀하고 있음을 알 수 있다.



후쿠시마 원전 사고 이전과 이후의 국민인식을 비교해보면 2010년에는 국민 10명 중 9명 이상이 '원자력 발전이 필요하다'라고 답하였으나, 2014년에는 81.7%로 11% 이상 감소하였다. 또한 원전 부품 납품 비리 등으로 '원전안전'에 인식이 뚜렷한 하락세를 보이고 있다.

한국원자력문화재단은 원전 필요성, 안전성에 대한 국민인식 저하 등 사회환경의 부정적인 변화와 다양한 이해관계자의 요구를 반영하여 원자력 관련 정보의 투명성과 신뢰성 확보 및 공감대 확산을 위한 소통사업을 다양하게 전개했다.

시민, 대학생, 학부모 등 각계각층의 국민들이 참여하는 '원전안전 국민모니터링단'을 운영하여 원자력을 포함한 다양한 에너지원에 대한 다양한 의견을 개진하고 숙의할 수 있는 자리를 마련했다.

이밖에 대학생 찬반토론, 원전·에너지 갈등에 대한 이해 제고를 위한 시민강좌(3개 권역 188명), 종사자, 공무원, 주민 대상 원전 안전교육(5회 1,350명) 시행 등 원자력시설 주변 지역 중심의 안전문화 분위기를 조성함으로써 원자력을 둘러싼 오해를 넘어 이해와 신뢰의 기반을 쌓는 긍정적인 인식전환의 계기를 마련했다.

〈대학생 찬반토론회〉

일본 후쿠시마 원전사고로 방사선에 대한 국민들의 불안감이 커지고, 생활속 방사선 안전에 대한 관심이 높아졌다. 이에 재단에서는 원자력 및 방사선에 대한 올바른 인식과 원전 주변지역 및 대국민 소통의 역할을 수행할 전문 인력의 필요성을 느끼고 방사선카운슬러 양성교육을 시행했다. 2014년 첫 사업으로 권역별 5개 대학 원자력·방사선 전공학생 413명이 에너지정책 이해, 방사선 인체영향, 후쿠시마 사고 당시 사례, 심리학, 소통기법 실습 등 관련교육을 이수하고, 이중 256명이 시험을 통과해 방사선카운슬러 자격증을 취득했다.

제도적인 뒷받침을 위해 한국직업능력개발원을 통해 '14년 12월 민간 방사선카운슬러 1,2급 자격 등록을 마쳤으며, 방사선 카운슬러 자격증 소지자는 방사선피폭 현장 상담, 생활주변방사선 모니터링·교육·소통 활동을 수행하게 된다. 방사선에 대한 막연한 두려움을 해소하고 나아가 청년 일자리 창출에도 기여할 수 있도록 향후 법적 자격취득을 위해 지속적으로 지원할 예정이다.

이밖에도 원전 정책에 비판적인 단체 및 전문가와의 발전적 협력관계를 형성하고 상호 협의기반을 구축하기 위해 주제별, 대상별 시민자유발언대를 7회에 걸쳐 시행했으며, 신뢰받는 원전 정책방향 모색을 위해 반핵을 주장하는 환경 및 시민사회단체 인사가 참여하는 K-에너지컨퍼런스 운영을 비롯해 국민공감 국회토론회 개최, 지자체 및 학계, 해외인사가 참여하는 전문가토론회 개최 등 원자력에 대한 국민합의를 위한 공공커뮤니케이션 사업을 확대해 나갔다.

〈올바른 에너지정책 수립을 위한 국민공감 국회토론회〉

2. 객관적 정보제공으로 합리적 인식 확산

전력전반에 대한 올바른 정보 제공 및 에너지원별 비교를 통한 원자력에 대한 합리적 인식 제고를 위해 '에너지믹스투어'(10회, 311명)를 시행하였다. 원자력발전소뿐 아니라 풍력단지 등 신재생 에너지시설을 함께 돌아보게 함으로써 참여자가 스스로 다양한 에너지원의 장단점을 비교, 판단할 수 있는 기회를 제공했다.

원자력과 생활 속 이야기를 자연스럽게 엮어 내는 월간 '원자력문화'(총 12회, 연간 9만부)는 연중 기획코너를 강화하여 심층기사를 제공하였다. 특히, 2014년에는 전문가들의 특집좌담·인터뷰 기사를 월별 게재하여 각 분야 전문가의 의견을 독자에게 알기 쉽게 전파했으며, 신재생에너지 관련 심층기사도 함께 게재함으로써 원자력 뿐 아니라 에너지 전반에 대한 균형적 이해와 관련 정책에 대한 공감대를 형성할 수 있도록 하였다.

언론을 통한 객관적인 정보제공도 적극 활용하였다. 전문가 기고, 언론인 토론회 등 오피니언 리더와의 공감대 형성을 통해 원전 정책 추진기반 마련하고 전력수급 안정화를 위한 여론을 형성하는 데 기여하였다. 이를 위해 언론보도 지원, 언론인 포럼 및 공동세미나, 다큐제작 등을 진행했다. 2014년 12월 12일에 방영된 MBC 다큐프라임 '미래에게 말을 걸다, 원자력세대의 선택은?'은 찬성-반대의 균형있는 보도를 통해 국가별 현실에 맞는 에너지를 선택해야 한다는 메시지를 전달함으로써 원자력에 대한 합리적 선택기준을 제시하였다.

〈MBC 다큐프라임 방영 장면〉

언론인을 대상으로 주요 원자력 이슈에 대한 심층 정보를 제공하고 바람직한 정책추진 방향에 대한 토론의 장을 마련하기 위한 공동세미나를 5회 진행하였다. 언론인 4~5명, 원자력전문가 1~2인과 재단 관계자 등 10인 내외가 참석하는 소토론회 형식으로 열린 공동세미나에서 제2차 에너지기본계획, 영국의 에너지정책 및 후쿠시마원전 현황, 세계 각국의 전력정책과 시사점, 계속운전 해외사례와 안전성 평가 등 주요 현안 및 이슈를 주제로 발표와 토론을 가졌으며, 관련 내용에 대한 후속 보도기사가 게재되는 등 언론인의 원자력 이해증진에 기여하였다.

한편, 다양한 미디어채널을 통한 정보제공 및 의견청취 등 쌍방향 소통도 더욱 활성화하였다. 원자력 및 에너지 관련 정보의 공유, 온라인 매체를 통한 잘못된 정보의 유포 및 확산 방지, 관련 이슈의 선제적 대응을 위해 온라인 채널(아톰스토리, 블로그, SNS)을 통한 효과적 정보 제공 및 의견청취 등 쌍방향 미디어소통을 활발하게 진행하였다.

〈아톰스토리, 블로그, 트위터〉

원자력정보 허브사이트인 '아톰스토리'는 총 470,970명이 접속했으며, 콘텐츠 생산 및 확산을 위한 블로그에는 총 661,017명(일평균 방문수 1,811명), 트위터 '좋아요' 26,834명, 페이스북 팔로워 26,834명의 운영성과를 거두었다. 또한 생활밀착형 에너지문화 콘테츠를 개발하여(웹툰 30건, 인포그래픽 14건, 갤러리(22건), 에너지기행 26건, 인물열전 24건 등) 온라인을 통해 배포, 확산시켰다.

▶ 블로그 및 SNS 방문자 수

구분	블로그	페이스북	트위터
방문	- 방문수 : 661,017명 - 일평균 방문수 : 1,811명 - 이웃 : 7,525명	○ '좋아요'수 : 26,834명	○ 팔로워 : 21,186명
게재	250건	313건	550건

3. 국민과 소통하는 정책콘텐츠 개발

원자력문화재단은 국민의 원자력 인식도를 지속적으로 파악하여 국민소통 기초자료로 활용하도록 제공하고 있다. 이와 함께 소통 메시지 및 근거 개발, 국민소통에 필요한 기초자료 생성하기 위해 다양한 정책 참고자료를 발간하여 관련기관 및 언론과 공유하였다.

주요 콘텐츠로는 사용후핵연료 공론화, 전원 갈등사례, 프랑스 원자력현황 등 주요 정책 현안에 대한 시의성있는 조사분석 자료를 생산하였다. 재단은 앞으로도 지속적으로 원자력 현안, 이슈 등에 대한 정책자료를 신속히 제작하여 관계부처 및 기관에 제공할 예정이다.

이밖에도 2014년에는 원자력을 포함한 국가 에너지 정책에 대한 다양한 국민 목소리 수렴, 국민 공감형 정책 구현의 기반 마련을 마련하

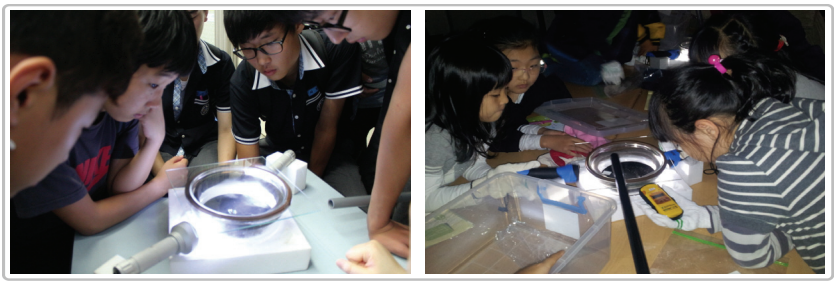
기 위해 '에너지정책제안대회'를 신규사업으로 도입하여 에너지 정책에 대한 자유 제안 공모을 시행하였다. 제안서 접수 188편, 온라인 정책 공모 1,241명 참가하는 등 국민들의 호응을 받았으며, 제안 내용은 관련기관과 공유하여 정책에 반영될 수 있도록 하였다.

4. 미래세대를 위한 원자력 이해증진 교육

원자력문화재단은 교원 및 학생들의 에너지에 대한 합리적 인식 제고 및 안정적 전력수급에 대한 관심을 조성하기 위해 서울, 전남, 경북 소재 초·중·고 교사 630명 대상으로 '교원직무연수'를 진행했다. 각각 3일간에 걸쳐 진행된 교원직무연수는 강의형 연수, 현장체험형 연수를 복합적으로 활용하였으며, 특히 정책 현안인 '제2차 에너지기본계획'에 대한 정보제공 등을 통해 우리 실정에 적합한 적정 에너지믹스에 대한 이해를 높이는 데에도 힘을 기울였다.

이밖에도 전국 초·중·고교 학생들에게 원자력에 대한 이해뿐만 아니라 방사선에 대한 불안과 오해를 해소하고자 생활방사선 대국민 이해 교육인 「생활방사선 2.4탐구교실」을 전국 6개 지역(서울, 대전, 인천, 부산, 경북, 전남)에 91회 2,101명을 대상으로 실시하였다. 또한

학부모와 학생이 함께 참여하는 교육·체험프로그램인 '엄마와 함께하는 에너지골든벨'을 시행(42회 4,732명)하는 등 차세대를 대상으로 하는 원전안전 교육을 진행했다.



〈생활방사선 2.4탐구교실〉

그동안 원자력 관련 소통은 일방성과 함께 공공성, 객관성, 형평성 부재로 비판받아 왔다. 한국원자력문화재단은 이러한 비판을 받아들여 앞으로는 '국가경제력, 국민경제 및 민생, 경제성장, 에너지 안보' 등의 대전제 아래 '원자력 공공커뮤니케이션'의 정책 프레임 전환을 통해 원자력을 둘러싼 사회갈등을 해소해 나가는 데 주력해 나갈 계획이다.

5. 지역주민 홍보

한수원(주)은 '지역주민과 함께하는 지역공동체 경영'을 위하여 적극적인 지역협력을 통해 잘사는 지역건설, 함께하는 공동체건설을 추구하고 있다. 이를 위해 각 원전본부별로 다양한 방법의 유대강화와 사회공헌 활동을 통해 지역주민들과 친밀감을 도모하면서 원전과의 일체감을 조성하는데 주력하고 있다.

고리원자력본부는 지역주민들에게 발전소 운영 현황 등 정보공개와 원자력 홍보를 위해 격월로 10,000부의 고리동산을 발간하여 지역에 배포하고, 원자력에 대한 지역주민들의 이해를 증진시키기 위해 주민 및 지역단체 초청홍보를 실시하였으며, 본부 내 73개 팀에서 인근지역의 76개 자매마을을 대상으로 다양한 봉사활동과 함께 발전소 주요현안 설명을 위한 특별 홍보활동도 전개하였다. 그리고 문화행사를 통한 지역주민과의 일체감 조성을 위해 최신영화 감상회, 수요행복음악회 등을 개최하였으며, 지역 동호인 체육대회 지원을 통해 고리본부 기업이미지 홍보에도 적극 나섰다. 특히 8월 25일 기장군과 울주군에서 발생한 국지성 집중호우로 인해 실의에 빠진 지역 수재민을 돕기 위해 긴급구호 물품 및 수해가구 도배장판 지원, 수해복구 봉사활동 등을 통해 지역주민에게 다가가는 감성적인 주민홍보 활동도 전개하였다.

월성원자력본부는 원전주변지역에 대한 원전운영의 투명성 및 안전성 홍보와 소통을 위하여 SMS 문자서비스를 통해 실시간 원전운영정보를 제공하고 있으며 소식지인 '양지'를 발간하고 있다. 또한 지역사회의 미래세대에게 원자력에 대한 올바른 이해를 함양하기 위하여 지역 학교 대상으로 '일일교사 원자력특강'을 운영하고 있으며 학자금 지원, 주니어공학교실, 아인슈타인 프로젝트 등 다양한 육영사업으로 도농간 교육격차 해소를 위해 노력하고 있다. 또한 지역민들의 생활수준 향상을 위한 맞춤형 사회공헌 활동을 펼치고 있다. 즉 온배수 양식장 활용 치어/치패 방류사업을 통해 동해안 연안 어족자원 보호와 어민 소득증대에 기여하고 있으며 무료건강검진, 월성스포츠센터, 교양강좌 및 문화 공연 등을 통해 지역주민들의 삶의 질 향상에 기여하여

이를 통해 정책수용성 제고를 이루고자 노력하고 있다. 뿐만 아니라 관광지인 경주지역의 특성을 고려, 원전 인근마을의 관광활성화를 위한 다양한 사업도 추진하고 있다. 읍천항 벽화마을 조성과 정화활동 등을 통해 원전주변지역의 관광 경쟁력 강화를 추구하고 있으며 SBS 런닝맨, KBS 출발드림팀 등 인기TV프로그램을 유치하여 직·간접적으로 원자력 및 주변지역 관광자원 홍보와 지역경제 발전에 이바지하고 있다.

한빛원자력본부는 원전에 대한 투명성 및 신뢰도 제고를 위해 지역 여론주도층과 주민들 약 3200여명에게 휴대폰 SMS를 활용하여 원전 운영 정보를 수시 제공하고 있다. 또한 2006년부터 주말과 공휴일에만 제한적으로 운영하던 발전소 배수로 낚시터를 2014년 1월부터 주중 확대 개방하여 주민들의 여가선용과 소득증대에도 기여하고 있다. 나아가 2014년에는 방류 전 발전소 온배수 양식장에서 일정기간 양성한 감성돔 등의 치어 약 610만 마리와 패류 24톤을 방류하여 원자력 발전소 온배수의 청정성과 무해성을 알리고 있으며 어촌계 주민들과 연계하여 해양환경 정화활동(3,725명/940㎥)을 지속적으로 시행함으로써 지역 환경정화 활동에도 앞장서고 있다. 또한 어족자원 조성을 위한 방류활동은 1997년부터 2014년까지 총 18회에 걸쳐 실시했으며 현재까지 방류한 어족자원은 넙치 등 어류 약 9,370만 마리, 백합 등 패류 349.5톤 등이다. 해양환경 정화활동은 2005년부터 2015년까지 10회에 걸쳐 지역주민과 자원봉사자 등 총 30,802명이 참여했다. 지역사회 원자력에 대한 이해증진과 지역주민과의 소통강화를 위해서는 월간 소식지 “한빛뉴스”와 분기별 소식지“한빛공감”등을 발간하고, 지

자체 공무원, 교사, 사회단체, 지역주민 등에 대한 활발한 발전소 견학 초청홍보를 시행한다. 차세대 원자력 지지기반 구축을 위해 지역 학교를 대상으로 원자력 과학교실과 주니어 공학교실을 운영하고 있으며 2014년에는 각각 15회와 7회를 시행했다. 2015년도부터는 자유학기제와 연계해 관내 중학교 1학년 학생들을 대상으로 발전소 견학 등 초청홍보를 시행할 예정이다. 아울러 지역경제 활성화와 지역 사회 원전 수용성 강화를 위하여 영광 법성포단오제, 상사화 축제, 고창 복분자수박축제 등 지역 대표 축제를 적극 후원하여 지역주민들로부터 큰 호응을 얻고 있다. 한빛본부는 "지역사회와의 공존공영"이라는 비전아래 적극적으로 사회공헌활동을 시행하고 있다. 본부 전 직원으로 구성된 "한빛원자력 지역봉사대"는 2014년 지역주민을 위해 총 938건, 23,491시간에 달하는 봉사활동을 시행했다. 봉사활동에 필요한 기금은 직원들의 자발적 후원기금인"러브펀드"와 이에 상응하는 회사 기부금인 "매칭그랜트"를 조성해 운영하고 있으며 2014년 조성기금은 약 2.7억 원에 이른다. 한빛원자력본부는 이 같은 다양한 사회공헌활동 등을 통해 지역 공동체 경영을 적극 실천하여 지역사회와 공존하고 함께 발전하는 기업 이미지 구축을 위해 노력하고 있다.

한울원자력본부는 2014년 한 해 동안 여론주도층, 자매마을 주민, 군부대 장병, 미래 꿈나무, 신규원전지역 주요인사 등 620여 단체 초청홍보를 포함 10여만명이 원자력 현장을 견학하여 한국 원자력의 우수성과 안전성 알리기에 앞장섰다.

이와 더불어, 70여건의 기획기사 및 독자투고 게재, 70여건의 보도자료 배포 등 지역과의 소통 및 원자력 제대로 알리기에 일조하였을

뿐만 아니라, 언론사와의 유대강화를 통한 우호적 여론 분위기 조성에 크게 이바지 하였다.

한편, "해적", "인터스텔라", "우아한 거짓말" 등 12회에 걸친 최신영화 상영과 김미경 등 명사초청 교양 강연을 통하여 지역사회와 호혜적인 관계 형성 및 파트너십 강화에도 힘썼다. 한울원자력본부는 더 나아가 노인대학 특강 및 원자력 일일교사제 시행, 뮤직팜페스티벌 이동홍보관 운영, 대학캠퍼스 특강 시행, 한국 원마고 기업설명회 참가, 에너지 절약 특강 시행 등 계층별 맞춤형 접점홍보 시행을 통한 효율적 홍보 관리로 지역사회 곳곳에 원자력 친화력에 적극 앞장섰다.

제3절 원자력에 대한 국민인식

한국원자력문화재단(KNEA)에서 전문조사기관 (주)한국리서치에서 의뢰하여 2014년 5월, 8월, 11월 3회에 걸쳐 원자력발전에 대한 국민인식 조사를 실시하였다. 본 여론조사는 전국에 거주하는 만19세 이상 성인남녀 1,000명을 성별, 연령별, 지역별 인구구성비에 맞게 비례할당 후 무작위 추출하여 시행하였으며 조사방법은 전화면접조사로 95% 신뢰수준에 표본오차는 ±3.1%p이다. 5월 조사는 5월 24~25일, 8월 조사는 8월 30~31일에, 11월 조사는 11월 28~30일에 실시하였다.

1. 원자력 인식의 딜레마 상태 지속

먼저 원자력발전의 필요성, 안전성, 방사성폐기물 안전성, 원자력

발전 증설, 거주지 수용성 등 주요 5대 지표를 살펴보자. 전체적으로 8월에 다소 증가하였다가 11월에 하락하는 양상을 보였다.

특히 원자력의 필요성에 대한 인식은 다소 상승하여 국민 10명 중 8명이 원자력발전이 필요하다고 생각하는 반면, 원자력 안전성에 대해서는 20% 후반대에서 30%대 사이에서 등락을 반복하여 불안감이 지속되는 것을 볼 수 있었다. 또한 거주지 내에 원자력발전소를 건설할 경우 찬성하겠다는 의견은 30%대로 필요성에 비하면 그 격차가 상당하여, 우리 국민들은 원자력이 필요하다고는 생각하지만 내 주변에는 별로라고 생각하는 '딜레마' 상태의 인식을 보이는 것으로 분석된다.

[주요 5대지표에 대한 조사결과(%)]

항 목		'14. 5월	'14. 8월	'14. 11월
원전 필요성		75.3	81.9	81.7
안전성		29.8	33.0	26.2
방폐안전		31.0	36.7	27.6
원전	늘려야	37.3	33.0	31.5
	유지해야	31.4	38.4	39.4
	줄여야	27.3	24.1	24.9
거주지 수용		31.5	31.8	36.0

원전 증설에 대한 의견은 향후 원전수를 늘려야 한다는 의견은 점차 감소하는 추세이며 현 수준을 유지하는 것이 좋겠다는 의견이 상승하는 추세이다. 11월 조사결과를 기준으로 보면, 원자력발전소 수를 '늘려야 한다' 31.5%, '현 수준으로 유지해야 한다' 39.4%, '줄여야 한다' 24.9%로 나타났다.

한편 8월 조사에서 원전을 감소시킬 경우 전기요금이 인상될 수 있

음을 전제로 이에 따른 추가 지불의사를 묻는 항목에 35.4%가 5천원 미만, 23.7%가 5천원~1만원 미만으로 응답하여, 인상폭이 1만원 미만일 경우 59.1%가 전기요금 인상을 받아들일 수 있다고 생각하는 것을 알 수 있었다.

2. 원전 필요성과 효용성에 대한 인식 긍정적

직접적으로 원자력에너지 이용에 대해 찬반을 묻는 질문에 '찬성한다'는 응답은 72.4%였다. 찬성 의견은 5월 66.5%, 8월 70.7%, 11월 72.4%로 완만한 증가세를 보였다.

원자력발전의 효용성에 대해서는 우리 국민 절반 이상이 긍정적으로 평가하는 가운데, 원자력발전이 '전력수급 안정성에 기여한다'는 응답이 77.2%로 가장 높았고, 다음으로 '경제발전에 기여한다'(74.5%), '온실가스 배출량 감소에 기여한다'(56.8%) 순으로 응답했다.

그러나 원전 유치 및 지역발전에 대한 인식을 보면 원전 유치가 지역발전으로 이어질 것이라는 주장에 대해 11월 조사결과 '동의' 51.1%, '동의하지 않음' 44%로 나타나 지역개발에 대한 기대에 대해서는 반신반의 하는 경향을 보였다.

3. 계속운전에 대한 찬반 의견 팽팽하게 유지

3%p 내외의 변화는 있으나 계속운전에 대한 반대의견은 과반을 기록하고 있다. 11월 조사결과를 살펴보면 계속운전 찬성 43.5%, 반대 50.9%로 찬성과 반대 응답의 차이가 다소 줄었다. 한편, '계속운전을

하는 것이 경제적이다' 45.9%, '안하는 것이 경제적이다' 42.0%로 경제성에 대한 판단 역시 나뉘는 것으로 나타났다.

4. 사용후핵연료 재처리 및 원전 해체에 대한 관심 보여

선호하는 사용후핵연료 처리 방식으로 재처리 63.5%, 직접처분 14.1%, 중간저장 9.7%, 모름/무응답 12.7%로 나타났다. 진행중인 한미원자력협력협정 개정 협상과 관련하여 사용후핵연료의 재처리에 큰 관심을 보이는 것으로 분석된다.

한편 '원전 해체 대비, 국가 차원의 비용을 준비해야 한다'는 질문에 찬성 84.6%, 반대 10.3%였고, 원전 해체 업무 주도할 전문 기관의 필요성에 대해 '필요하다' 79.0%, '필요없다' 13.1%로 각각 나타났다.

5. 발전원 선호도 1위는 신재생에너지, 2위 원자력에너지와의 격차 커

향후 가장 많이 이용해야 할 발전원으로는 신재생에너지(73.9%)가 1위로 꼽힌 가운데 원자력발전이라는 응답은 11.5%로 그 뒤를 이었고, 다음으로 수력발전(7.6%), 화력발전(2.8%) 순이었다. 원전보다는 신재생에너지 개발에 더욱 적극적으로 나서야 한다는 데는 크게 변함이 없다.

한편 선호하는 신재생에너지가 계획대로 개발되지 못할 경우 대체에너지원으로 원자력 43.9%, 화력 42.4%로 응답하여 원자력과 화력에 대한 선호도는 비슷하게 나타났다.

6. 안전성에 대한 인식 부정적으로 변화

필요성의 경우 원자력발전이 '필요하다'는 응답이 거의 변화가 없었지만 안전성은 11월 조사에서 '원자력발전소가 안전하다'고 생각하는 응답이 26.2%로 나타나 2012년 4월 조사의 34.0%보다도 낮은 역대 최저의 인식률을 기록하였다. 한편, '안전하지 않다'는 응답은 68.4%로 안전하다는 응답의 2배 이상으로 나타났다.

방사성폐기물의 안전성의 경우 방사성폐기물 관리가 '안전하다' 27.6%, '안전하지 않다' 61.5%로 '안전하게 관리되고 있다'는 응답이 2013년 10월 이래 상승세를 보이다가 11월 조사에서 다시 하락하였다.

우리 국민들은 64.8%가 '우리나라 원전의 사고 가능성이 높다'라고 생각하고 있었으며, 사고가능성이 낮다는 응답은 30.3%였다.

11월 조사에서 가장 우려되는 사고 유형으로 '안전규칙 소홀 등 인적 원인에 의한 사고'를 꼽은 응답자가 절반에 가까운 49.2%로 가장 높았고, 다음으로 '방사성 폐기물 누출에 따른 환경오염'(20.7%), '기계적 고장 및 기술적 원인에 의한 사고'(15.6%), '자연재해로 인한 원자력발전소 사고'(11.6%) 순으로 나타났다. 인적 원인에 의한 사고 우려는 지난 5월(33.3%) 대비 15.9%p나 증가한 값이다. 또한 우려되는 사고 유형별로 원전 안정성에 대한 인식을 보면 '인적 원인에 의한 사고'를 가장 우려한 집단에서 '원전이 안전하지 않다'는 응답이 72.7%로 가장 높게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

이상에서 원전에 대한 인식은 이슈에 따라 등락을 반복하는 양상을 보인다. 11월의 안전성인식 하락은 10월 실시된 삼척의 원전 건설 찬

반 주민투표와 더불어 '인적 원인에 의한 사고에 대한 우려'에서 기인한 것으로 판단되며, 특히 원전 관련 가동정지 등의 보도로 대중의 불안감과 불신이 축적되어 나타난 결과로 보인다.

따라서 향후 안전에 대한 연구, 기술적, 인적시스템, 규제 체계 등의 다양한 개선 내용이 국민에게 전해질 때 안전성에 대한 인식도 회복될 것으로 예상되며, 투명성을 가치로 적극적이며 열린 소통을 시행할 때 원자력 전반에 대한 국민 신뢰도 회복할 수 있을 것으로 기대된다.

제4절 해외 여론동향

원자력발전을 이용하는 각 국에서 주기적으로 여론조사를 실시해 오고 있다. 2014년 조사를 시행, 발표한 일본, 미국, 영국, 스웨덴, 핀란드 등 주요국을 중심으로 여론 동향을 살펴보았다.

1. 일본

일본원자력문화재단(Japan Atomic Energy Relations Organization: JAERO)에서 매년 원자력발전에 대한 여론조사를 실시하고 있다. 2014년 여론조사는 2014년 10월 31일~11월 12일 전국의 15~79세 남녀 개인 1,200명을 대상으로 면접조사를 실시하였으며, 표본오차는 각 ±2.8%p이다.

가. 원전에 대한 불안감 여전

'원자력 안전'에 대한 인식을 보면, 불안하다고 인식하고 있는 비율이 65.4%로 후쿠시마 사고 이전인 49% 수준은 회복하지 못하고 있다. 그러나 2012년 72.0%, 2013년 74.2%에 비해 2014년 조사에서는 65.4%로 8.8%p 하락하였다. 한편 안전하다고 인식하는 응답자는 6.1%로 여전히 한 자리수를 유지하고 있다. 또한 '향후 원자력발전의 안전성을 확보할 수 있을 것으로 보는가'라는 물음에 긍정이 19.5%인 데 비해 부정은 35.2%로 지난번 조사와 비슷하게 나타나고 있다.

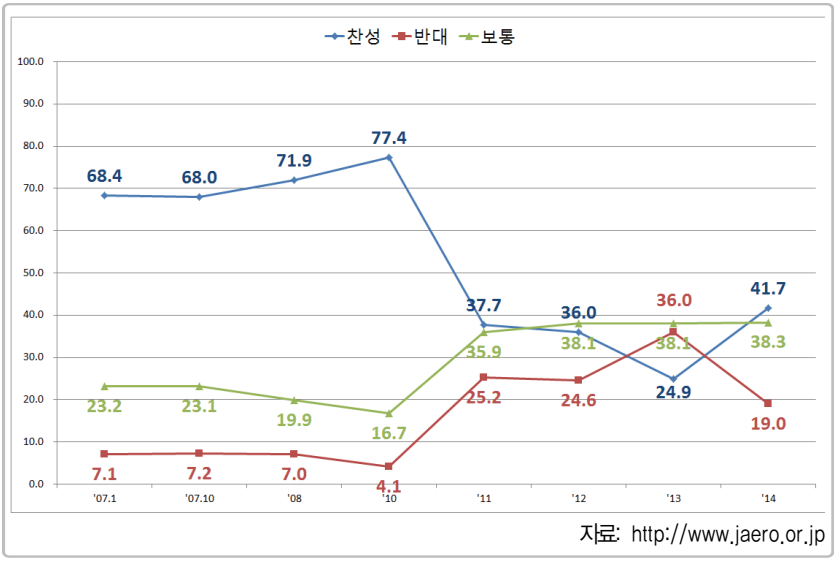
나. 원자력·방사선의 이미지는 여전히 부정적

'원자력'의 이미지를 묻는 질문에 긍정적인 이미지보다 부정적인 이미지가 높게 나타났다. '위험'(57.9%), '불안'(50.7%), '복잡'(34.9%) 등에 응답이 집중됐다. 긍정적인 이미지는 '필요'(20.0%), '유용'(17.0%) 등의 응답이 많았다. 전년도 조사와 비교하자면 '위험', '불안'의 이미지가 약간 감소하였으며, '필요', '유용하다'는 인식이 회복되는 경향으로 볼 수 있겠다.

'방사선'의 이미지를 묻는 질문에서도 긍정적인 이미지보다 부정적인 이미지가 압도적으로 높다. 세부 항목별 응답을 보면 '위험' 66.8%, '불안' 48.6% 등이 대표적이다. 긍정적인 이미지는 '유용'(14.5%)하다는 응답이 많았지만 부정적인 이미지에 비해 크게 낮은 비율을 보이고 있다. 다만 전년도 조사에 비해 부정적인 이미지가 조금 감소하였다.

다. 원자력에너지 이용에 대한 찬성 증가

'원자력발전 이용'에 대한 찬성 비율은 41.7%로 집계돼 2013년 조사 대비 16.8%p 상승하였다. 그간 추이를 살펴보면, 2007년 68.4%에서 출발하여 2010년 77.4%로 정점에 달했다가 2011년 후쿠시마 원자력발전 사고 이후 급락하여 2010년 대비 1/3 수준까지 하락하였으나 2014년 조사결과에서 크게 상승한 것으로 나타났다. 더불어 원자력발전 이용에 대한 반대의견은 19.0%로 2013년 조사 대비 17%p 하락하였다.



[원자력발전 이용에 대한 찬반 인식 추이]

라. 원전 효용성은 인정하지만, 장기적으로는 폐지해야

향후 일본의 원자력 이용에 관한 질문에, 가장 많은 의견은 '원자력발전은 반드시 이용해야 하지만 서서히 폐지해야 한다'(47.8%)로 나타

났으며, '즉시 폐지해야 한다'가 16.2%, '동일본 대지진 이전 상황으로 유지해야 한다'는 의견은 8.8%였다.

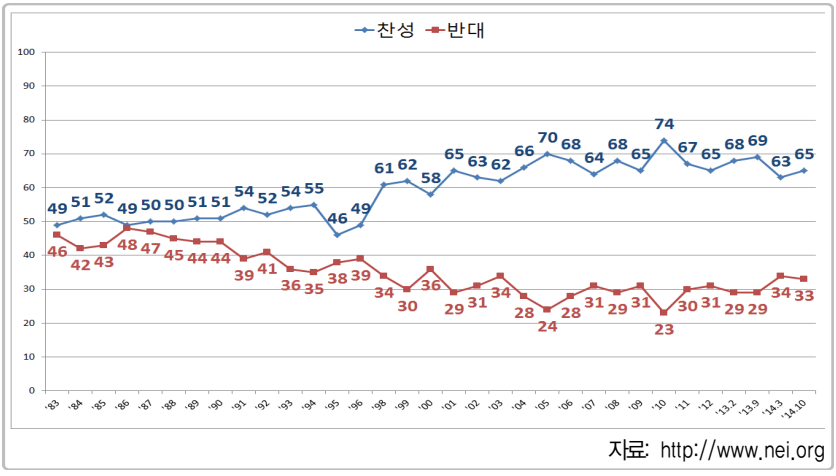
한편 '원자력발전이 없으면 전기요금이 오른다'는 항목에 동의가 51.4%, 동의하지 않는 응답자가 12.1%로 나타나 지난번 조사와 비슷한 수준을 보이고 있다. 또한 '발전 과정에서 이산화탄소를 배출하지 않아 지구온난화방지에 유효하다'에 대한 동의 32.1%, 비동의 15.0%로 나타나 현실적인 필요성은 인정하는 비율이 조금 더 높은 것으로 보인다.

2. 미국

미국에서는 원자력협회(Nuclear Energy Institute: NEI)에서 1983년 이래 연간 1~2회 원자력 여론조사를 실시하고 있다. 2014년에는 3월과 10월 두 차례 각각 전국민 1,000명을 대상으로 전화조사를 실시하였으며, 표본오차는 각 ±3.1%p이다.

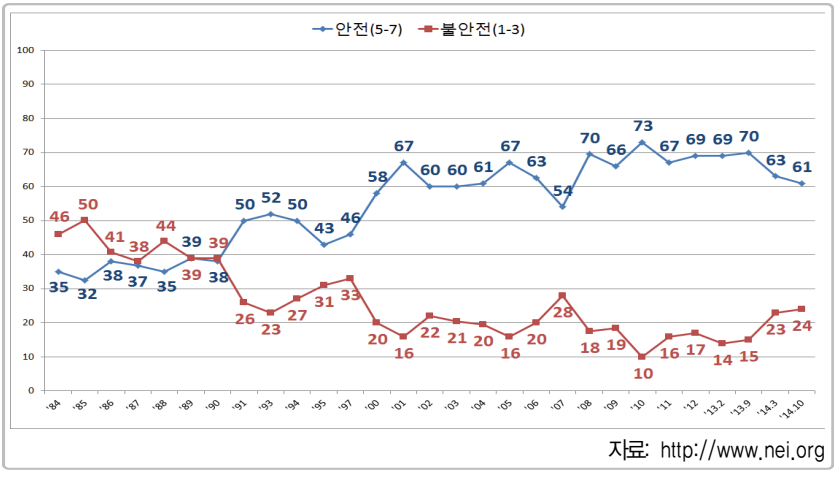
가. 원자력발전 이용에 대한 긍정적 인식 안정세 보여

원자력 이용에 대한 찬성 비율은 2014년 10월 기준 65%로 2014년 3월 조사 대비 2%p상승하였다. 1983년 49%에서 출발하여 2010년 74%로 최고에 달하였다가 이후 현재까지 등락을 반복하고 있으나 3명 중 2명이 찬성하고 있는 것으로 보인다.



[원자력발전 이용에 대한 찬반 인식 추이]

원자력 안전에 대한 인식은 2014년 10월 기준 61%로 같은 해 3월 조사 대비 2%p 하락하였다. 1984년 35%에서 출발하여 2010년 73%로 최고치에 달했다가 이후 전반적인 하락세를 보이고 있다.



[원자력발전의 안전성에 대한 인식 추이]

나. 미국민 3명중 2명 에너지믹스에 원자력 이용 선호

전력생산의 방법으로서 원자력을 이용하는 것에 65%가 찬성하는 것으로 나타났다. 그 중 28%가 매우 찬성, 다소 찬성 37%으로 나타났으며 반대는 33%이다.

또한 75%가 앞으로도 국가의 전력량 충족을 위해 원자력이 중요한 역할을 할 것이라고 답했으며, 응답자의 36%가 매우 중요한 역할이라고 생각하는 것으로 나타났다.

한편 기후변화 대응을 위해서도 원자력에너지를 지지하는 모습을 보이고 있는데, 원자력, 수력, 재생에너지를 포함하여 온실가스 배출 제한에 필요한 모든 저탄소 전력원의 이점을 활용해야 한다는 응답이 82%, 강력히 동의하는 응답자가 51%로 과반으로 나타났다. 그리고 이러한 저탄소에너지원 중 가장 많은 전기를 공급해야 할 전원에 대해서는 원자력이 33%로 가장 많이 언급되었다. 뒤를 이어 수력 30%, 태양에너지 15%, 풍력 9%, 지열 5%로 나타났다. 향후 15년간으로 기간을 제한할 경우에 대해서는 1순위는 원자력(32%)으로 변화가 없었으나, 태양에너지 29%, 풍력 16%, 수력 12%, 지열 7%로 이후 선호도에 약간의 변화가 있었다.

다. 신규 원자력발전 건설 지지율 높아

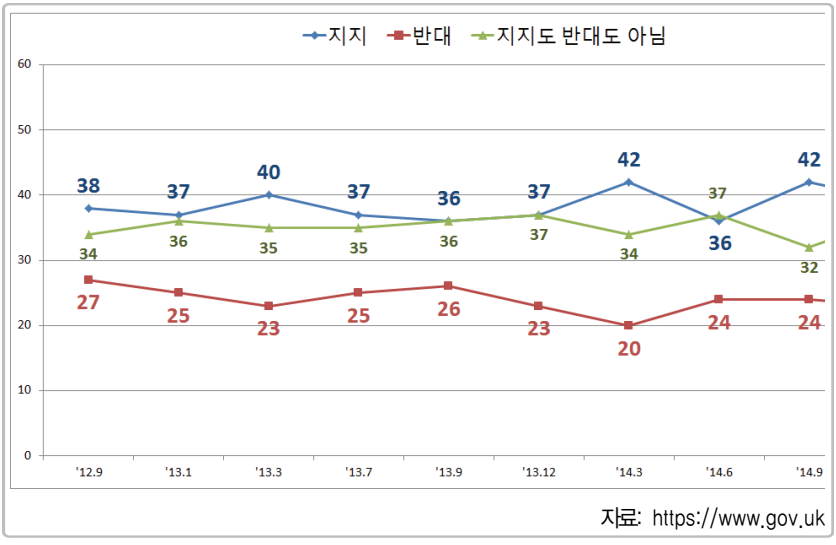
계속운전에 대해 미국인들의 83%가 안전기준을 충족한다면 원자력 사업자가 발전소의 운영허가를 갱신해야 한다고 답했다. 이들 사업자는 향후 10년내 필요할 때 신규원전을 건설할 수 있도록 지금 준비해야 한다고 답한 응답자는 72%였으며, 향후 신규 원자력발전소를 건설해야 한다는 응답자는 61%로 나타났다.

3. 영국

영국에서는 매년 1~5회 에너지기후국(Department of Energy and Climate Change)에서 에너지 및 기후에 대한 여론조사를 실시하고 있다. 2014년 9월 조사는 9월 24일부터 28일까지 전국민 2,103명을 대상으로 면접조사 방식으로 시행하였으며, 표본오차는 각 ±2.1% 포인트이다.

가. 원자력발전 이용에 대한 지지도 유지

영국에서 원자력을 이용하는 것을 지지한다는 답변은 42%로, 같은 해 6월 36%였다는 점을 감안하면 다소 상승한 것으로 볼 수 있다.



[원자력발전에 대한 인식 추이]

반대한다는 답변은 24%로 나타났다. 원자력 이용에 대한 지지도는

2012년 9월 38%에서 시작하여 약간의 등락을 반복하고 있지만 반대 비율보다는 찬성 비율이 항상 높게 나타나고 있다.

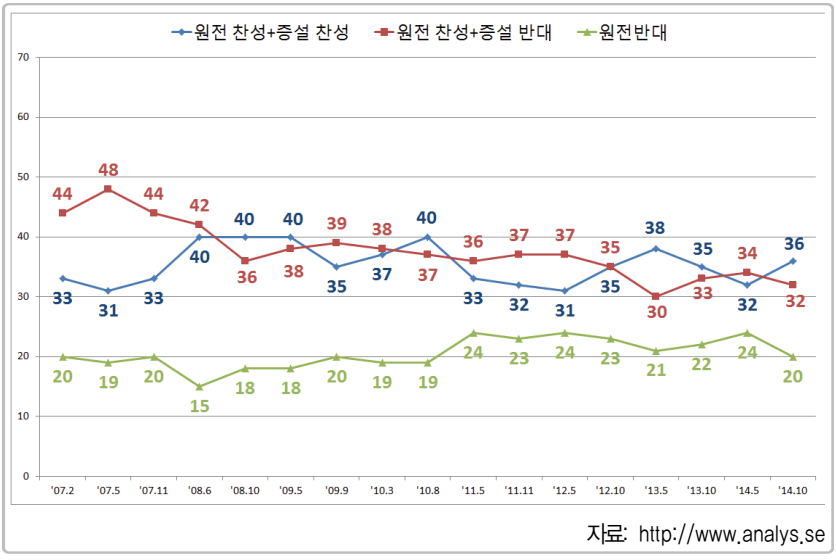
나. 원자력의 효용성에 대한 인식 여전

원자력발전이 기후변화 대응책으로 도움이 될 것이라는 응답은 36%로 이전 조사와 비슷한 수준을 보이고 있으며, 그렇지 않다는 응답은 23%였다. 또한 원자력발전이 적정한 에너지로서 신뢰할만한 에너지원이라는 데에 동의하는 응답이 48%였으며 반대는 15%로 나타났다. 더불어 원자력에너지가 경제적 혜택을 창출한다는 질문에 47%가 동의, 14%가 반대하는 것으로 나타났다. 반대 답변은 근소하게 감소하였으며, 최초 조사 이래로 약간의 상승 추세에 있다.

4. 스웨덴

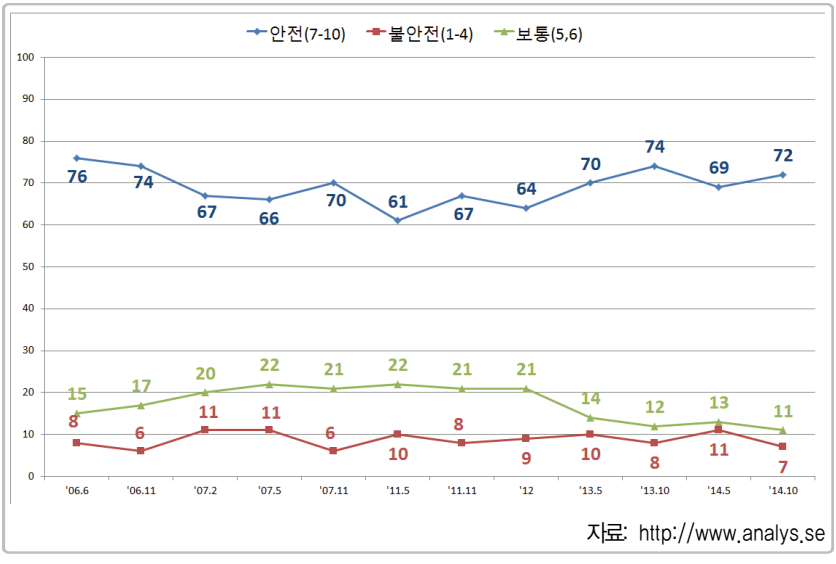
스웨덴에서는 2007년부터 매년 2~3회 KSU(K rnkraftss kerhet och utbildning AB)에서 원자력발전에 대한 여론조사를 실시하고 있다. 2014년에는 10월에 전국민 1,006명을 대상으로 조사하였다. 표본오차는 각 ±3.1% 포인트이다.

주요결과를 살펴보면, '원자력발전 이용 및 증설'에 찬성하는 비율은 36%이고, 원자력발전 이용에는 찬성하지만 증설에는 반대하는 비율은 32%로 집계되었다. 원자력발전 이용 및 증설에 대한 찬성 비율은 2007년 이래 등락을 반복하고 있고, 원자력발전 이용에는 찬성하지만 증설에는 반대하는 비율은 2007년 이후 꾸준히 감소하는 추세이다.



자료: http://www.analys.se

[원자력발전에 대한 찬반 인식 추이]



자료: http://www.analys.se

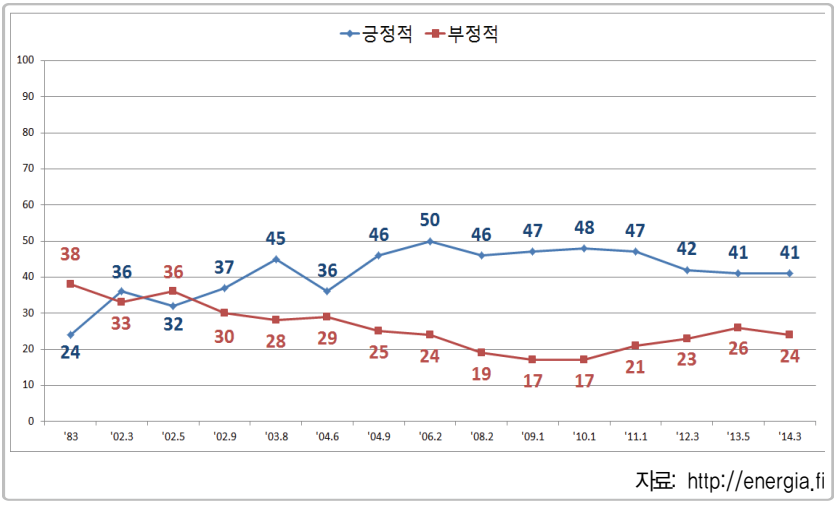
[원자력발전의 안전성에 대한 인식 추이]

'원자력발전의 안전'에 대한 인식은 2014년 10월 기준 72%로 같은 해 5월 조사 대비 3%p 상승하였다. 2006년 76%에서 출발하여 2011년 후쿠시마 원자력발전 사고 이후 61%까지 하락하였으나 이후 전반적인 상승세를 보이고 있다.

5. 핀란드

핀란드에서는 1983년부터 매년 1~3회 에너지국(Energiateollisuus)에서 에너지에 대한 여론조사를 실시하고 있다. 2014년 여론조사는 전국민 1,001명을 3월에 조사하였고, 표본오차는 ±3.1% 포인트이다.

원자력발전에 대해 긍정적인 비율은 41%로 2013년 조사 결과와 동일하다. 1983년 24%에서 출발하여 2006년 50%로 정점에 이르렀다가 현재까지 전반적인 하락세를 보이고 있다.



[원자력 발전에 대한 인식 추이]

6. 정리

후쿠시마 사고 후 3년이 경과하면서 원자력시설에 대한 대대적인 안전점검도 마무리되고 각종 규제도 강화되었다. 각국의 원자력정책이 안정화되어 가고 있으며, 이러한 상황을 반영하듯 원자력에 대한 주요국의 여론도 안정세를 보이고 있는 것으로 분석된다.

02 사회공헌을 통한 대국민 신뢰 구축

한국수력원자력(주) 지역상생협력처 사회공헌팀장 전혜수

제1절 개 요

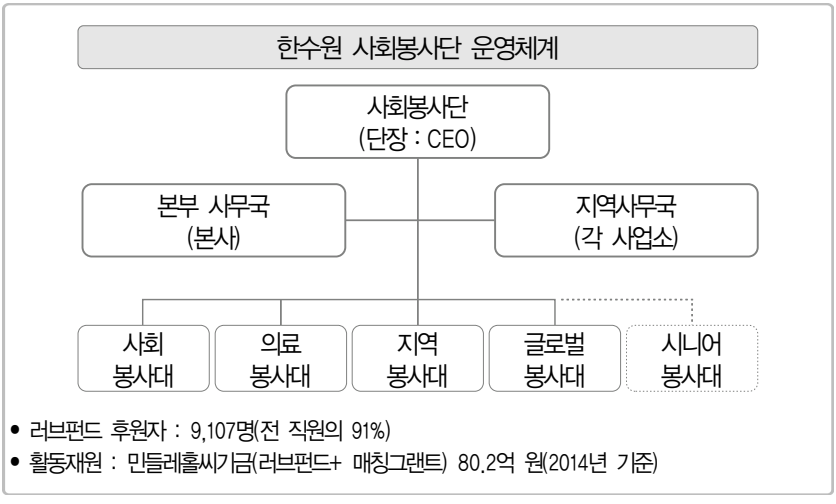
한국수력원자력은 원자력과 수력, 양수발전을 통해 국내 전력의 약 30%를 생산하는 막중한 소임과 역할에도 불구하고 주요 이해관계자들로부터 지지와 신뢰를 획득하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 특히 최근 몇 년간 후쿠시마 원전 사고와 원전산업을 둘러싼 여러 가지 경영 악재로 인해 어려운 시기를 보냈지만 인사 · 조직문화 개선 등 강도 높은 혁신 추진과, 원전 안전성을 높이기 위한 꾸준한 노력을 기울여 괄목할만한 경영변화를 이끌어 냈다.

한수원은 국가 경제와 국민생활에 필수적인 전력을 생산하는 본연의 역할뿐만 아니라 국민의 안전과 행복을 위한 사회책임경영을 통해 사회적 이슈 해결에 노력함은 물론, 회사의 존립 기반인 지역사회 발전에 기여함으로써 국민들에게 친근한 기업으로 다가서고자 노력하고 있다. 한수원은 앞으로도 지역사회 발전과 국민의 행복, 그리고 국가 발전에 이바지하는 국민의 기업으로 거듭나기 위해 앞으로도 전략적인 사회공헌 활동을 지속적으로 펼쳐나갈 것이다.

제2절 사회 공헌 추진체계

한국수력원자력(주)은 2004년 6월 사회 공헌 전담조직 및 「한수원 사회봉사단」을 공식 출범시킨 이후 자원봉사 활동을 통해 '이웃에 사랑을 사회에 희망을' 전함으로써 국민과 함께 하는 기업 시민으로서 사회적 책임을 다하고자 노력하고 있다.

한수원 봉사단은 본부 조직과 사업소, 기능별 단위 봉사대(지역, 사회, 의료, 글로벌봉사대)로 구성되어 있으며 1만여 명의 임직원이 봉사대원으로 활동하고 있다. 특히 2014년 9월에는 한수원 퇴직자와 배우자들로 구성된 시니어봉사단을 발족시켜 소외계층을 위한 다양한 사회공헌 활동을 펼치고 있다. 시니어봉사단은 은퇴자의 전문지식과 경험을 바탕으로 저소득 아동들을 위한 학습지도를 비롯한 재능나눔 봉사는 물론, 실버세대를 위한 봉사와 환경정화 활동도 진행하고 있다.



〈그림 1〉 한수원 사회봉사단 조직

한수원은 직원의 자발적 성금인 러브펀드와 회사에서 후원하는 매칭그랜트를 합해 조성한 '민들레홀씨기금'을 재원으로 삼아 임직원 1만여 명이 사회, 의료, 지역, 글로벌봉사대를 구성하고 국민 모두의 안전과 행복을 목표로 하는 '안전·행복', 원전 주변지역의 지원과 소통을 위한 '지역사랑', 자라나는 꿈나무들의 날개를 달아주는 '인재육성', 개발도상국의 사회문제 해결 및 교육·문화적 측면에 기여하는 '글로벌' 등 크게 4가지 영역에서 사회공헌 활동을 펼치고 있다.

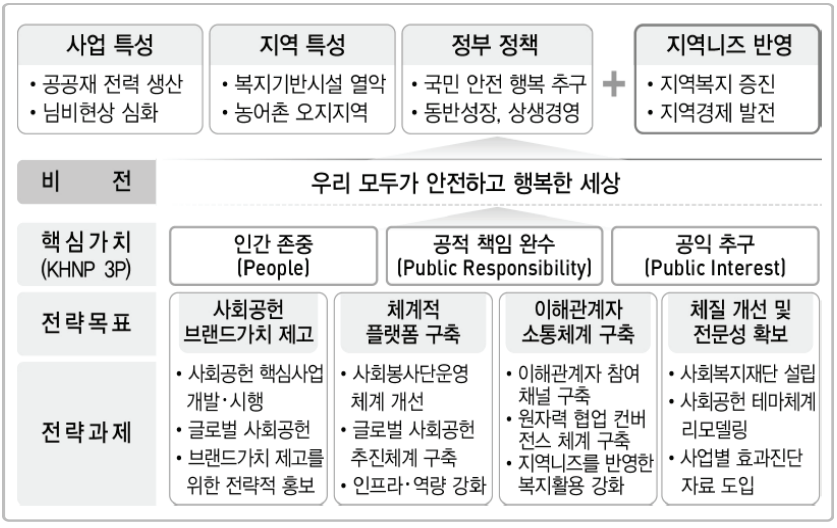
한수원 사회봉사단 연혁

- ☐ '04. 6 : 『한수원 사회봉사단』 창단
- ☐ '07. 7 : 사회 공헌 전용차량 운용
- ☐ '07. 12 : 대한적십자사 사회공헌협약 체결
- ☐ '08. 1 : 서해안 유류피해복구 전사 봉사활동
- ☐ '09. 9 : 한국사회복지협의회 반납임금 기부
- ☐ '09. 11 : 사랑의 장기기증운동본부 장기기증협약 체결
- ☐ '11. 1 : 한국사회복지협의회 사랑나눔 실천협약 체결
- ☐ '11. 10 : 세계문화유산 양동마을 자매결연협약 체결
- ☐ '12. 9 : 제3회 포브스 사회 공헌 대상 수상
- ☐ '13. 3 : 한국을 빛낸 창조경영인상 사회책임경영부문 대상 수상
- ☐ '13. 4 : 사회공헌 추진전략3.0 수립 및 비전 선포
- ☐ '14. 6 : '세계헌혈자의 날'기념, 대한적십자사 헌혈 유공표창
- ☐ '14. 10 : 중앙일보 주관 대한민국경제리더대상 '사회책임경영' 부문 수상
- ☐ '14. 10 : 2014 나눔국민대상 보건복지부 장관상 수상
- ☐ '14. 12 : 2014 자원봉사대상 행자부 장관상 수상
- ☐ '14. 12 : 사회봉사단 창단 10주년 기념 한마음 행사 실시

2014년의 민들레 홀씨기금 규모는 러브펀드 11.4억원과 회사의 매칭그랜트 68.8억원을 합한 80.2억원으로 전년 대비 184%로 대폭 확대해 다양한 사회공헌 사업을 활발히 전개했으며, 직원들은 연간 12만6

천여 시간의 봉사활동에 참여(12.6h/인(평균))하여 따뜻한 사랑나눔을 실천했다.

한수원은 '개방, 공유, 소통, 협력'을 통해 '국민 모두가 행복한 대한민국을 만든다'는 정부정책 3.0을 반영하고, 한수원의 사업특성과 지역 특성, 지역 니즈를 반영한 '사회공헌 3.0' 전략을 수립하고 '우리 모두가 안전하고 행복한 세상'을 비전으로 정했다. 여기에 '인간존중(People), 공적 책임완수(Public Responsibility), 공익추구(Public Interest)'의 3P를 핵심가치로 삼아 '사회공헌 브랜드 가치 제고', '글로벌 사회공헌 체계 구축', '이해관계자 소통 체계 구축', '임직원 역량 등 전문성 강화'를 전략목표로 세우고 실천적 사회 공헌 프로그램을 통해 다양한 이해관계자의 니즈를 충족시킴은 물론, 기업가치 향상을 위해 노력하고 있다.



〈그림 2〉 한수원 사회 공헌 추진 전략

제3절 사회공헌 자발적 참여 문화 확산

한수원의 가장 큰 사회적 책임은 공공재인 전력을 안전하고 저렴하게 공급하는 것이다. 이를 바탕으로 한국수력원자력은 발전소 주변지역은 물론, 다양한 이해관계자들을 위한 사회공헌 사업을 통해 기업의 사회적 책임을 실천하는데 힘써 왔다.

CEO를 비롯한 경영진들도 '밥퍼' 활동이나 '사랑의 연탄 배달' 등을 통해 실천적 자원봉사 활동에 주기적으로 참여하면서 나눔의 기업문화 확산에 힘쓰는 한편, 우리 주변의 소외된 이웃들이 다시 일어설 수 있도록 사회적 투자를 통한 복지체계 구축에도 관심을 갖고 있다.

한수원은 봉사대 운영의 효율성을 제고하고 구성원의 참여를 활성화하기 위해 사회봉사단 운영지팀을 개정했으며, 임직원의 봉사마인드 함양 및 역량강화를 위해 인재개발원에 이러닝 과정 '자원봉사의 이해' 교육과정을 개발했다.

2014년에는 전사 사회공헌 담당자들이 참석한 가운데 사회봉사단 창단 10주년 한마음 행사를 갖고 봉사단 10년간의 운영성과를 돌아보고 지속적인 나눔 경영을 통해 사회에 따뜻한 희망을 만들어 가겠다고 다짐했다. 특히 우수 자원봉사 활동 사례 발표와 유공자 표창을 통해 사회공헌 참여 문화 확산은 물론 내부구성원의 동기 부여에도 힘을 기울였다.

한수원은 2014년도에 새로운 한수원 구현을 위해 '2030 중장기 경영전략'을 수립하고 직원으로서 반드시 가져야 할 가치관과 신념인 '핵심가치'를 '기술(Technology)', '존중(Respect)', '안전(Safety)', '사

회적 책임(Social Responsibility)', '정도(Timeless Integrity)' 5가지로 정함으로써 공기업으로서 '사회적 책임'을 다할 것을 다짐했다.

특히 진정성을 담은 사회공헌 활동을 펼침으로서 국민의 마음을 열고 신뢰를 회복하는데 최선을 다하고 있다. 앞으로도 한수원은 지역사회발전을 위한 다각도의 노력을 통해 기업과 사회가 함께 성장하는 새로운 사회공헌 모델을 구축하기 위해 노력해 나갈 것이다.

〈그림 3〉 20143 노사합동 밥퍼 봉사 ('14.4)

〈그림 4〉 사회봉사단 창단 10주년 한마음 행사 ('14,12)

제4절 2014년도 주요 사회공헌 활동

한국수력원자력은 2014년 사회봉사단 창단 10주년을 맞아 사회공헌 사업의 양적 질적 고도화를 통해 사회적 책임을 실현하는데 주력했다. 특히 사회공헌 추진 전략에 기반해 사업 규모를 확대했으며 사회봉사단의 외형과 원전 사업의 이해기반 확대에도 힘을 기울였다. 주요 사회공헌 실적을 되돌아본다.

가. 국민의 행복과 안전 증진

(1) 전국의 지역아동센터 학습개선을 위한 '행복더함 희망나래 사업' 전개

한국수력원자력은 사회적 돌봄이 필요한 전국 지역아동센터의 아동과 청소년들에게 쾌적한 학습 공간인 희망도서관을 조성하고, 안전한 귀가와 문화체험 등에 사용할 차량을 지원하는 '행복더함 희망나래' 사업을 지속적으로 추진하고 있다.

2012년부터 시작한 이 사업은 지난 2년간 총 40대의 차량전달에 이어 3년차인 2014년도에는 사업규모를 대폭 확대해 총 60대의 차량(18억원 상당)을 지원함으로서 취약계층의 아동들에게 꿈과 희망을 심어주었다. 희망도서관은 지난 2년간 모두 32곳에 설치했으며, 2014년에는 총 40곳에 희망도서관을 마련하고 각 도서관마다 600여 권의 책을 선사해주었다.

〈표 1〉 행복더함 희망나래 사업 실적

구 분	통학용 차량	희망도서관	환경 개선	지원금액
'12	15	16	16	10억원
'13	25	16	–	10억원
'14	60	40	–	30억원
계	100	72	16	50억원

〈그림 5〉 행복더함 희망나래 차량전달식 ('14. 5)

〈그림 6〉희망나래도서관 개관식('14.10)

(2) 국민의 안전과 행복을 위한 '안심가로등' 사업 시행

한수원은 저소득층 밀집지역과 골목길 등하교길 등 밤길이 위험한 안전취약 지역에 태양광을 활용한 LED 가로등을 설치하는 '안심가로등' 사업을 실시하고 있다. 2014년 12월에 3억 원의 비용을 들여 서대문구 홍제동에 28본의 태양광 가로등과 일반 LED 가로등 4본 등 31개의 가로등을 설치했다. 안심가로등 사업은 시민에게 심리적 안도감을 주고, 국가범죄예방비용 절감에도 기여할 것으로 기대된다. 2014년에 시범사업으로 실시했던 '태양광 안심가로등' 사업을 올해에는 영덕을 비롯해 고창, 경주, 부산, 서울 등 전국으로 확대해 실시할 예정이다.

〈그림 7〉 안심가로등 점등식 ('14.12)

〈그림 8〉 안심가로등이 밝혀진 마을

나. 미래 인재육성

(1) 미래 인재육성을 위한 '아인슈타인 클래스'

한수원은 원전 주변지역의 청소년들에게 양질의 교육기회를 제공함

으로써 농어촌간의 교육격차를 해소하고 지역의 우수 인재를 양성하기 위해 2010년부터 아인슈타인 클래스를 진행해 오고 있다. 교육환경이 열악한 농어촌 지역을 대상으로 도농간 교육 격차, 기회의 격차 해소를 위해 2010년 1월 처음 도입한 이후 매년 국내 10위권 명문대생 40여명을 선발, 초·중·고등학생 300여명에 대한 학습 지도, 진로상담 등 멘토링을 통해 산학 파트너십을 토대로 한 멘토링 프로그램을 한 단계 업그레이드시켜 한수원의 대표적 재능기부활동으로 자리매김하고 있으며, 멘티는 물론 학부모들로부터 크게 환영받고 있다.

원전 주변 청소년들은 양질의 교육을 제공받았으며, 대학생 멘토를 롤모델로 삼아 자신의 진로를 구체적으로 그려보는 기회를 가졌다. 또한 멘토는 봉사정신을 함양하고 장학금을 지원받아 등록금 부담을 덜게 되는 등 산학 파트너십을 바탕으로 한 자원봉사로 한수원의 대표적인 사회공헌 프로그램으로 자리매김했다.

(2) 미래 과학 꿈나무를 키우는 '주니어공학기술교실'

한수원은 한국공학한림원과 공동으로 매년 상하반기에 2회에 걸쳐 주니어공학교실을 열어 미래 과학 꿈나무를 육성하는데 앞장서고 있다. 2007부터 시작한 주니어공학교실에는 교사연수를 마친 사내 자원봉사 교사들이 원전 주변 지역의 학생들에게 과학키트 조립을 통한 실험과 실습으로 과학의 원리를 가르쳐 줌으로써 과학에 대한 흥미를 북돋아 주었다. 2014년도에는 총 320명의 직원이 자원봉사자로 참여해 총 2,308명의 학생들에게 즐거운 과학교실을 선사했다.

〈그림 9〉 2014년도 아인슈타인클래스 멘토 발대식

〈그림 10〉 주니어 공학기술교실

〈표 2〉 인재육성 활동 실적

구 분	2011	2012	2013	2014	계
아인슈타인 클래스(명)	387	240	239	297	1,163
주니어 공학교실(명)	1,601	1,477	1,707	2,308	1,093
꿈나무 장학금(백만원)	789	856	970	949	6,167

(3) 꿈나무 장학금 지급

가정형편이 어려운 중고교생 및 대학생을 대상으로 4개 원전본부를 비롯해 각 사업소에서는 꿈나무 장학금을 지급하고 있으며, 2014년도에는 약 9억5천만 원의 장학금을 지급함으로써 지역의 학생들에게 꿈과 희망을 심어주었다.

나. 지역사랑 및 이웃사랑 나눔활동

(1) 의료봉사대 활동 및 헌혈봉사

한수원 의료 봉사대는 발전소 주변의 농어촌 마을을 방문해 매년 종합병원 수준의 건강검진을 무료로 실시하고 필수 의약품도 지원하면서 지역 사회의 건강지킴이 역할을 톡톡히 수행하고 있다. 혈액검사

부터 간기능 검사, 갑상선 초음파 검사, 골밀도 검사 등의 건강검진과 내·외과 전문의들의 진료와 의약품 처방을 해왔다. 2014년도 수혜 인원은 총 4,673명에 달한다. 한편 한수원은 매년 4~5차례씩 전 임직원이 참여하는 사랑의 생명나누기 운동인 '헌혈캠페인'을 전개하고 있다. '14년에는 총 989명의 직원이 헌혈에 참가해 생명을 살리는 일에 동참했으며, 직원 대부분이 헌혈증을 기증함으로써 위급한 환자들의 소중한 생명을 구하는 일을 실천하고 있다.

〈그림 11〉 농어민 건강지킴이 활동

〈표 3〉 농어민 건강지킴이 활동 실적

단위 : 명

구 분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	계
수혜 인원	2,453	1,653	2,707	2,846	4,673	14,332

(2) CEO 등 임직원이 함께 하는 지역사랑 나눔활동

한수원 전 임직원은 본사를 비롯해 각 사업소 주변에 위치한 무료급식소, 장애인 시설 등의 복지시설을 방문하여 꾸준히 봉사활동을 해오고 있다. 복지시설을 방문하여 말벗, 목욕보조, 청소 등의 활동을 통해

부족한 일손을 돕고, 정기적인 무료급식소 예산 후원 및 봉사활동을 전개하고 있으며 연말연시나 명절에도 빼놓지 않고 방문하여 따뜻한 정을 나누고 있다.

한수원은 지역별로 특화된 효사랑 실천 프로그램도 운영하고 있다. 사랑의 도시락 배달 및 어르신 안부 살피기, 수지침, 가사 돕기, 이동목욕봉사, 영정사진 찍어주기 등 다양한 활동으로 실버계층에 대해 각별한 관심을 쏟고 있다. 또한 장애아동들과의 야외 나들이는 물론 소년소녀가장에게 밑반찬 배달, 장애자 대상 방문 목욕, 장애자 관련 복지단체 봉사활동 및 운영비 지원 등을 통해 따뜻한 세상을 만들어 가고 있다.

연말연시, 어버이날 및 추석명절 등에는 효사랑 경로잔치를 열고, 차량봉사, 카네이션 달아드리기, 점심식사 대접, 농악대와 함께하는 춤 한판 등 어르신들께 기쁨을 드리는 다채로운 행사를 개최하고 있다. 또한 다문화 가정을 위한 지원도 활발히 펼치고 있다. 한빛원자력본부는 이질적인 문화와 언어 장벽 등으로 어려움을 겪는 다문화 가족 이주 여성의 정착을 돕기 위해 상담용 소형차량 제공, 가출 이주여성 일시보호 쉼터 개설, 한국어 교육, 한글 교재 지원 등의 다문화 가족 지원사업을 활발히 전개하고 있다.

한편 한수원은 2014년 6월 발생한 진도 세월호 침몰 사고 현장에 약 200여 명의 직원이 자원봉사자로 참여해 밥차, 세탁차, 쓰레기 분리수거, 청소 등의 다양한 활동을 실행했으며, 전 직원이 자율적으로 모은 성금 2억5천7백여만 원을 세월호 피해자와 가족들을 위해 써달라며 사회복지공동모금회에 전달했다.

(3) 깨끗한 환경을 위한 생명·환경 나눔

원자력발전소는 산업 특성상 해안가에 위치하고 있다. 직원으로 구성된 스킨스쿠버 동아리 회원들은 지역 잠수부 등과 매년 계절마다 정기적으로 바다 속에 버려져 있는 폐그물, 폐어구는 물론 각종 생활 쓰레기를 거두어 내고 있으며, 인공어초 투하, 어패류 방류를 통해 해조류 숲을 만들어 깨끗한 바다 가꾸기에 일조했다.

또한 1부서 1자매마을 결연과 함께 자매마을 하천과 산 주변을 정화하는 캠페인을 추진하고 있으며, 자매마을 일손 돕기 등 행사 지원 시 인근 하천과 산 돌보기에 앞장서고 있다. 한강수력은 매년 홍수로 인하여 상류에서 떠내려 오는 각종 쓰레기 및 오물을 제거하여 수도권 시민의 식수원인 팔당호의 수질 개선에 기여하고 있다.

한수원은 업무 수행 상 부득이 발생한 폐수는 자체 폐수처리시설에서 깨끗하게 처리하여 방류하고 있으며 이 중 일부는 자연환경으로 배출하지 않고 발전용 원수로 재이용하고 있다. 또한 삼중수소 배출량을 1/3 수준으로 낮추고, 방사성폐기물 유리화설비를 개발하여 고체 폐기물 용량을 1/2 수준으로 대폭 감용 처리하고 있다.

라. 글로벌 봉사

한수원은 개발도상국을 대상으로 주거환경 개선, 교육 및 문화활동 지원 등을 통해 해당 국가의 사회문제 해결에 기여하고 있다. 한수원은 2013년도에 서울대학교 사회봉사단과 산학협동으로 봉사단을 구성해 2월과 6월 두 차례에 걸쳐 베트남 하노이시 한베장애인재활센터를 방문해 문화체육 편의시설 건립을 지원하는 노력봉사를 시행하는 한편,

장애우 대상의 놀이활동 및 교육봉사활동을 펼쳤다. 2014년 2월과 8월에는 라오카이성 사파현 스판 마을을 찾아 의료봉사와 빗물 이용 식수 설비 설치 등 기술봉사, 아동들을 위한 치아 불소도포 및 위생 교육 등의 문화봉사 활동을 전개했다, 이를 통해 한수원은 원전 잠재 수출국을 대상으로 한 사회공헌 활동으로 원전 수출 가교 구축의 기반을 닦았으며, 단순기부에서 벗어나 개발도상국의 사회문제 해결에 앞장섬으로써 글로벌 공기업으로서의 인류 공영에 기여한다는 이미지를 높였다.

〈그림 12, 13〉 2014년도 한수원의 베트남 글로벌 봉사활동('14.2, '14. 8)

제5절 기능 및 전문인력 양성을 통한 일자리 창출

한수원은 2007년 1월 사회적 기업 육성법 제정·시행 이후 고용 없는 성장시대를 맞아 안정적 일자리 제공을 통한 사회적 이슈 해결을 위해 사회적 기업 육성을 통한 사회 공헌에 주목해 왔다. 원전 주변 지역에 양질의 일자리를 창출하고자 사회적 기업 설립에도 많은 노력을 기울였다. 그 노력들을 살펴본다.

가. 글로벌원전기능인력 양성단

한수원은 원전 주변지역의 사회취약 계층에게 일자리를 제공하는 한편, 원전 기능인력을 양성할 목적으로 2011년 8월에 '글로벌 원전 기능인력 양성단'을 설립하고, 2011년 10월부터 30여명의 교육생을 모집하여 1년 과정의 특수용접교육을 시행, 기업형 교육기관으로 첫 걸음을 내디뎠다. 2014년 8월에는 경상북도로부터 사회적기업 인증 전 단계인 예비 사회적 기업으로 선정되었다. 현재 특수용접, 배관용접, 전기과정, 비파괴 등 4개 원전 기능인력양성 과정이 개설되어 있다. 교육비는 전액 무료이고, 소정의 훈련수당을 지급, 최소 생계 유지가 가능하다. 교육생 전체 인원의 약 70%가 지역주민이고, 약 10%가 장기 실업자, 저소득층 등으로 자격증 취득은 물론 100% 취업을 목표로 하고 있다.

2011년 10월 처음 개설된 제1기 특수용접 과정은 입교인원 30명에 26명이 수료했고, 그 중 21명이 취업에 성공하였다. 그 바탕에는 용접기능사 24명, 특수용접기능사 23명, 용접산업기사 11명을 배출하는 등 1인 1자격증 취득을 위한 교육생 자신의 노력과 우수한 강사진의 지도가 유기적으로 결합, 결실을 맺을 수 있었다.

2012년에는 배관용접, 전기제어 등 2개 과정을 추가로 개설하고, 기능교육을 실시한 결과 총 81명의 수료인원 중 72명이 취업에 성공(취업률 89%)하여 우수한 직업훈련 멘토링 사례로 평가받았으며, 2013년에는 특수용접, 배관 용접 등 4개 과정에 총 109명이 수료를 했으며 그중 99명이 취업에 성공해 취업률 90%를 달성하는 등 좋은 성과를 거두었다. 2014년에는 45명이 교육을 수료하고 이중 37명이

취업에 성공해 취업률 82%를 기록했다. 한수원은 2015년까지 교육비 및 사업단 운영을 위한 국비를 40억 원까지 확충하고, 2016년에는 국제 원자력기능인력교육원을 개원한다는 목표 아래 꾸준히 해외사업 기능인력 양성에 매진할 계획이다.

한편 원전 건설지역의 수용성 제고를 위해 지역주민을 대상으로 기능인력 양성을 통한 일자리 창출에도 노력을 기울여 모두 19명의 교육인력 가운데 17명이 취업하는 성과를 거두었다.

□ 기능 및 전문인력 양성을 통한 일자리 창출 총 54명

대상분야	추진내용	추진실적
해외사업 전문인력 양성	• 글로벌 원전 기능인력 양성사업단 운영 – UAE 건설 등 해외사업 추가 수주 예상에 따른 전문인력 양성	교육인력 45명 / 취업인력 37명 (취업률 82%)
지역주민 기능인력 양성	• 원전건설사 협력을 통한 시공 기능인력 양성 – 지역 수용성 제고를 위한 지역주민 교육과 채용	교육인력 19명 / 취업인력 17명 (취업률 89%)

나. 사회적 기여를 통한 일자리 창출

한수원은 각 사업소에에서 사회적 기여를 통한 일자리창출에 많은 노력을 기울였다. 한빛본부에는 재활간병 등 농촌형 생활지원 사업을 지원하는 '청람', 모싯잎 및 송편의 가공, 판매와 함께 이주 여성을 위한 영어 강의를 진행하는 '산머루 마을'이라는 사회적 기업이 설립되어 있다. 한울본부에는 우리밀 재배가공사업을 하는 '공영 ABS', 고리본부에는 곤충생태체험관과 로컬푸드 사업을 하는 '(주)희망충전'이 각각 설립되어 지역 경제 활성화와 취업 취약계층의 일자리 창출에 기여

하고 있다. 한수원은 2007년부터 2014년까지 원전 주변지역의 사회적 기업에 약 28억원을 지원한 바 있다.

한편 각 양수발전소에서도 여성기업 육성을 통해 그 지역 여성들의 사회진출 기회를 확대하는데 앞장서는 등 2014년도에 사회적 기여를 통한 일자리 창출을 통해 총 799명이 새로운 일자리를 갖게 되었다.

총 799명

구 분	내 용
양수발전소 여성 및 사회적기업 육성	• [산청양수] 지역의 여성기업 육성을 통한 여성의 사회진출 기회 확대 (신세기시스템(주) 청소용역 8명) • [청송양수] 발전소 주변지역 회사 연계, 출퇴근버스 운영(1명) • [예천양수] 지역의 여성기업 육성을 통한 여성의 사회진출 확대 (그린환경산업 7명) • [청평양수] 중소 및 여성기업 등 사회진출 기회 확대(사단법인 양혜원 등 23개사)
원전본부 사회적 일자리 창출	• [고리본부] 지역주민 한국폴리텍Ⅶ대학 전기, 기계, 배전 분야 교육 → 총 사업비 : 272,570천원/총 53명 입학, 16명 취업 (51명 수료, 24명 관련분야 자격증 취득) • [한울본부] 노인일자리사업, 취약계층 집수리 및 저소득층농가 생산지원 지원사업 → 총 사업비 : 850,000천원/노인일자리 600명, 집수리일자리 83명, 참기름 생산인력 3명 • [한빛본부] 농촌형 종합 생활지원사업 시행 → 총 사업비 : 378,000천원/중장비 자격 취득 149명, 간병 및 요양보호사 35명, 생활지도사11명, 청소대행 15명, 이주여성 및 취약계층 지역특산품개발 20명

제6절 지역 다가서기

1. 다양한 메세나 활동

한수원은 지리적 여건상 스포츠·문화 활동이 상대적으로 활발하지 못한 농어촌 지역을 대상으로 원자력과 함께하는 지역 음악회, 스포츠 행사 유치, 소외계층을 위한 작은 사랑 나눔 음악회 등 다양한 스포츠·문화 행사를 개최하여 지역주민의 문화적 갈증 해소에 기여하고 있다.

특히 2007년부터 한울원전 일대에서 개최하고 있는 '울진뮤직팜 페스티벌'은 울진을 대표하는 축제로 자리잡았다.

한여름밤의 축제「울진 뮤직팜 페스티발」

국내 정상급 수준의 문화공연과 울진 지역의 관광자원을 활용하여 지역을 알리고, 지역경제 활성화를 위해 2007년부터「울진 뮤직팜 페스티발」을 매년 개최해 오고 있다.

이 페스티발은 낮에는 윈드서핑, MTB, 마라톤 등 스포츠 위주로 울진을 체험할 수 있는 행사로 구성되며, 밤에는 다양한 장르의 음악공연을 통해 관객에게 최고의 볼거리를 제공하여, 축제기간 동안 피서객과 가족 단위 관광객이 대거 몰려 울진을 대표하는 지역축제로 자리 잡고 있다.

〈그림 14〉 울진 뮤직팜 페스티발 음악공연

이외에도 지역주민과 관광객이 함께 어우러진 해변가요제를 비롯해 크고 작은 다양한 문화공연을 선보여 지역주민들에게 즐거움과 감동을 선사하는 사회적 기업으로서의 역할을 충실히 수행하고 있다. 또한 한국 문학계에 거대한 발자취를 남긴 현대단편문학자인 김유정 선생

과 소설가 김동리 선생, 시인 박목월 선생의 문학사적 업적을 되새기고 문학정신을 계승하기 위한 추모행사이자 문학축제인 '김유정 문학상'과 '동리목월 문학상'을 춘천과 경주에서 매년 개최하고 있다. 한수원은 지역사회의 문화적 자긍심을 고취하고, 지역문화 발전에 기여하고자 이들 문학상의 메인스폰서로 참여하고 있다.

월성원자력본부는 발전소 주변 지역의 문화복지 증진과 지역경제 발전에 기여하고자 지난 2010년부터 벽화마을을 조성하기 시작했다. 읍천항 벽화마을은 공모전을 통해 1.7km 바닷가 마을을 따라 200여 점의 벽화를 볼 수 있는 명실상부한 국내 최대의 벽화마을로 명성을 떨치게 되었다.

〈그림 15〉 읍천항 벽화마을 조성사업 〈그림 16〉 동라목월문학상 시상식('14.12)

2. 지역공동체 경영 및 일체감 제고를 위한 감성적 스킨십 활동

한수원은 발전소 주변 지역과 더불어 살아간다는 지역공동체 경영의 방침 아래 지역주민과 일체감 조성을 위한 감성적 스킨십을 전개하고 있다.

지역의 소외계층을 위해 '사랑의 집수리', '소년소녀가장, 독거노인 돌봄이 서비스' 등을 실시하고 있으며, 각 원전 주변에서는 301개의

마을과 자매마을을 결연하고 특산물을 구해하고, 농번기 일손 돕기를 펼치며, 정기적인 방문으로 지역과 한마음으로 살아가고 있다.

3. 문화체육시설 제공 및 회사시설 개방

원전 주변은 도심으로부터 멀리 떨어진 곳에 위치하여 각종 스포츠와 문화 혜택을 누리기 어렵지만 원자력발전소에서 제공하는 스포츠센터와 인조잔디구장을 무료로 제공하고, 매월 무료 영화 상영 등을 통해 지역주민의 스포츠, 문화적 욕구에 대한 갈증을 해소하는데 많은 도움을 주고 있다.

고리본부 지역주민 위한 음악회 개최

한빛본부 한마음공원 개방

월성본부 강당 어린이 초청 뮤지컬 공연

한울본부 지역주민 초청 영화상영

〈그림 16〉 각 원전본부는 지역주민을 위해 강당 및 스포츠센터를 무료로 개방하고 있다

제7절 2014년도 사회책임경영 주요 성과

한수원은 원전 안전운영을 통한 전력생산이라는 기본 책무를 넘어 윤리적 자선적 책임을 다한다는 경영방침에 따라 소외된 이웃은 물론, 발전소 주변지역 주민들의 행복과 안전을 위한 나눔활동을 꾸준히 펼쳐왔다. 특히 2014년에는 'Pride Again 신뢰받는 한수원'이라는 슬로건 아래 '나눔, 소통, 미래'를 주제로 취약계층의 행복과 복지 향상을 위한 다양한 사회공헌 활동으로 사회문제를 해결하는데 앞장서고 있다.

이와 같은 노력을 인정받아 중앙일보 주관의 대한민국경제리더 대상 '사회책임경영' 부문을 수상('14.10)했으며, 2014 나눔국민대상에서는 보건복지부 장관상('14.10)을, 2014 자원봉사대상 행자부 장관상을 수상하기도 했다.('14.12)

한수원은 2014년 사회봉사단 창단 10주년을 맞이해 더욱 효율적이고 체계적인 사회책임경영을 실천함으로써 국민의 사랑과 신뢰를 회복하자고 다짐했다. 한수원은 다가오는 10년 동안 지역과 상생하고 국민과 소통하기 위해 사회공헌사업의 양적, 질적 확대를 꾸준히 전개해 사회공헌 선도 기업군으로 발돋움 한다는 목표를 세우고 더욱 힘써 나갈 것이다.

03 원전 주변지역 지원사업

한국수력원자력(주) 지역상생협력처 지역협력팀장 최상우

제1절 개 요

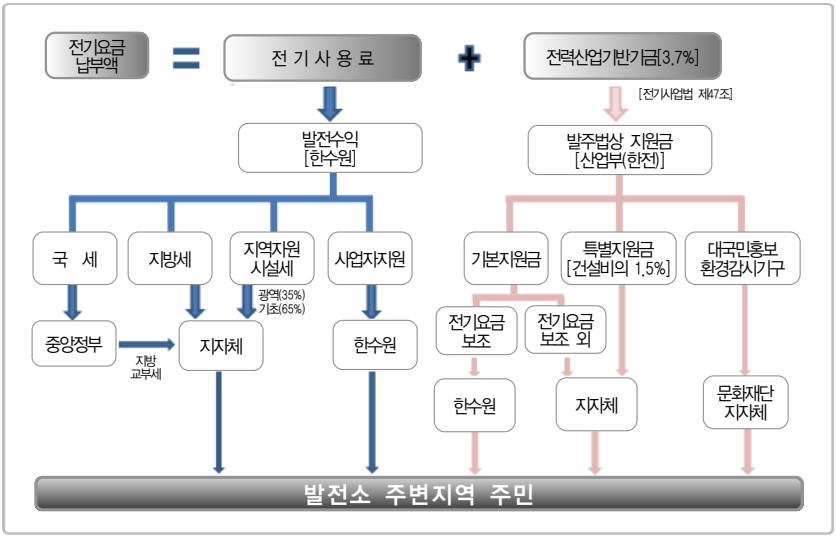
발전소 주변지역에 대한 지원사업을 효율적으로 추진하고 전력사업에 대한 국민의 이해를 증진하여 전원 개발을 촉진함은 물론 발전소의 원활한 운영을 도모하며 지역발전에 기여할 목적으로 제정된 『발전소 주변지역 지원에 관한 법률』(이하 '발주법')에 근거하여 원전이 건설 또는 운영되고 있는 지역에 대하여 다양한 지역협력사업이 시행되고 있다.

1989년 발주법 제정 이후 2014년까지 전기사업법 제49조에 따라 전력산업기반기금으로 고리, 한빛, 월성, 한울 4개 원전의 주변지역에 약 11,656억원 규모의 지원사업이 시행되었다. 전력산업기반기금은 전기요금의 3.7%를 전기요금에 부과하여 마련되고 있다. 2006년에는 발주법 개정을 통해 위 기금을 재원으로 하는 기본지원사업비 규모를 대폭 확대하였으며, 이와는 별도로 원자력·수력 발전사업자인 한수원(주)의 자체자금으로 기본지원사업과 동일 규모의 지원사업을 시행할 수 있도록 사업자지원사업제도를 새로이 도입하였다 이를 통해 2014년까지 4,560억원을 지원하였다.

이러한 직접적인 지원사업 이외에도 2006년부터 발전량 1kWh당 0.5원 규모의 지역자원시설세(지방세)를 원전 소재 지자체에 납부하고 있는데 그 규모는 2014년까지 6,666억원에 달한다.

또한 신규 원전 건설 및 기존 가동 원전 운영을 통해 지역주민 고용 창출, 공사 발주 시 지역업체 우대, 기타 지방세 납부 등 원전 주변지역 발전에 크게 기여하고 있다. 물론 한수원(주)은 이러한 지원에 만족하지 않고 발전소가 위치한 지역사회의 발전에 적극적으로 기여하여 지역과 회사가 공존 공영할 수 있도록 끊임없이 노력하고 있다.

지원사업을 위한 재원 마련 및 지원금 흐름은 개략적으로 아래 그림과 같다.



〈그림 7-22〉 지원금 및 지방세 흐름도

1. 지역지원사업 관련 발주법 제·개정

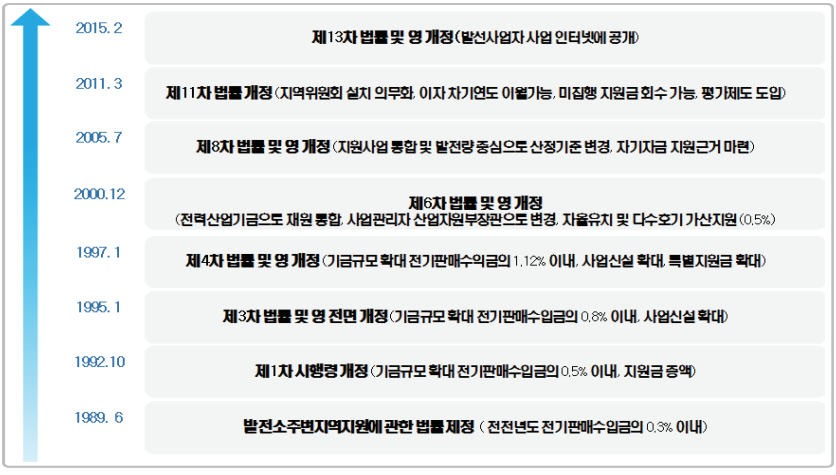
가. 기금지원사업 관련

주민복지지원사업, 전기요금보조사업을 통합하고 공공·사회 복지

사업을 신설하였으며지역주민의 수용성 제고 및 지원제도의 통일성, 일관성 확보를 위한 제도적 장치를 마련하기 위해 1989년에 '발전소 주변지역 지원에 관한 법률'을 제정하였다. 이후 발전소 건설이 종료되거나 원전 가동 기간이 지날수록 지원금이 감소되는 기존 지원방식의 불합리한 점을 해소하고 선택과 집중에 의한 효율적인 지원사업을 추진하기 위하여 2005년 7월에 대대적으로 발주법을 개정하였다.

구체적으로 2006년도부터 지역지원사업 중 기본지원사업비의 산정방식을 발전소의 발전량 기준으로 변경하였는데 이는 지원사업 규모를 이전과 비교하여 약 2.5배로 대폭 확대시킨 것이다. 공공시설사업, 소득증대사업, 육영사업으로 구분되었던 기본지원사업에 기업유치지원사업, 원전 육영사업의 시행 주체를 발전사업자에서 지자체로 변경하였다.

발주법 개정연혁을 요약하면 〈그림 7-23〉과 같다.



〈그림 7-23〉 발주법 개정연혁

기금지원사업의 종류, 대상지역, 시행기간, 시행주체 및 사업세부내용은 〈표 7-6〉, 〈표 7-7〉과 같다.

〈표 7-6〉 기금지원사업의 종류, 대상 지역, 시행 기간, 시행 주체

사업 종류		시행 주체	대상 지역	시행 기간
기본지원사업	소득증대사업	지자체장 (단, '05년 이전 육영사업은 발전사업자 시행)	○ 주변지역 ○ 지원금의 50% 이내 범위 내에서 주변지역 외의 지역에 시행 가능	○ 발전소의 건설 기간 및 가동 기간 ○ 지경부 장관이 전원개발사업 촉진을 위해 필요하다고 인정하는 때에는 건설 준비 기간에도 시행 가능
	공공·사회 복지사업			
	육영사업			
	주민복지지원사업			
	기업유치지원사업			
	그 밖의 지원사업			
	전기요금보조사업	발전사업자		
특별지원사업		지자체장 (발전사업자와 협의하여 정하는 경우 발전사업자 시행 가능)	○ 주변지역이 속하는 지방자치단체의 관할지역	○ 전원개발사업실시계획 승인일 또는 전기설비 공사계획 인가일부터 운전 개시일 전일까지 ※ 지경부 장관이 인정하는 경우 가동 기간에도 가능
홍보사업		원자력문화재단	○ 국민일반을 대상으로 시행	
기타사업		지자체장	○ 주변지역	○ 건설 및 가동 기간

〈표 7-7〉 기금 기본지원사업 세부내용(시행령 별표 1)

사업 구분	사업 세부내용
소득증대사업	농림수산업시설·상공업시설 및 관광산업시설의 설치·운영 등 지역 발전 및 주민의 소득 증대를 위하여 시행하는 사업
공공·사회 복지사업	의료시설, 도로시설, 항만시설, 상하수도시설, 환경·위생 시설, 방사능방재시설, 운동·오락 시설 및 전기·통신 시설 등을 건립·운영하는 사업과 복지회관 건립 등 지역주민을 위한 사회복지 관련 시설 확충 및 지원 프로그램 운영사업

사업 구분	사업 세부내용
육 영 사 업	교육기자재 및 통학숙식 지원, 학자금장학금 지급 및 교육문화 관련 시설 건립 등 지역주민에 대한 교육을 지원하는 사업
주민복지지원사업	지역주민의 생활 안정 및 주거환경의 개선 등을 위하여 필요한 사업에 소요되는 자금 등을 지원하는 사업
기업유치지원사업	기업의 유치 및 설립·운영에 필요한 자금 지원 등 지역의 수익 및 고용 창출을 촉진하기 위하여 시행하는 사업
전기요금보조사업	「전기사업법」 제16조의 규정에 의한 공급약관에서 정한 주택용 및 산업용 전력에 대한 전기요금의 일정액을 보조하는 사업
그 밖의 지원사업	발전소 주변지역 지원사업 목적에 맞는 주민 협조 제고에 필요한 사업

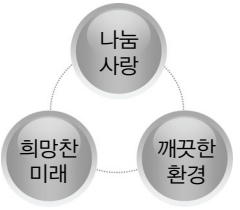
나. 사업자지원사업 관련

2005년 7월 제5차 발주법 개정을 통하여 2006년도부터 발전사업자(한수원)의 자체자금으로 기금지원사업과 동일 규모의 사업자지원사업을 시행할 수 있는 법적 근거를 마련하였다.

사업자지원사업의 도입취지는 '지역이 살아야 한수원이 살고, 한수원이 성장해야 지역이 성장한다'는 슬로건 아래 지역공동체 기반 구축, 지역경제 활성화, 지역일체감 조성, 지속가능한 지역발전 기반 강화, 사회봉사활동 등의 각종 실천 프로그램을 통하여 지역과 함께하는 한수원(주) 기업상 구현에 있다. 한수원(주)이 주민을 위한 사업을 직접 발굴 시행하여 지역사회와 공존·공영할 수 있도록 하기 위한 제도인 것이다.

사업자지원사업 추진방향 및 세부내용은 〈표 7-8〉, 〈표 7-9〉와 같다.

〈표 7-8〉 사업자지원사업 추진방향 : 지역사회에 도움이 되는 실효성 있는 사업추진

○ 지역주민 참여를 통한 주민 체감형 사업추진 - 인터넷, 설명회, 공고, 설문조사 등을 통한 주민의견 적극 수렴 ○ 지역여건 고려 및 지역자산 파악 후 지역별 특성화 사업 추진	〈사업테마〉 	〈삼위일체 파트너십〉

〈표 7-9〉 사업자지원사업 세부내용(시행령 별표 3)

사 업 구 분	사 업 세 부 내 용
교육·장학지원사업	지역 우수인재 육성, 기숙사 마련, 영어마을 연수, 우수교사 유치 및 장학사업 등 교육 관련 지원사업
지역경제협력사업	지역특산물 판로 지원 및 지역산업의 경쟁력 강화 지원 등 지역경제 활성화를 지원하는 사업
주변환경개선사업	바다 정화, 도로 정비 및 주거환경 개선 등 지역의 생활환경을 쾌적하게 조성하는 사업
지역복지사업	복지시설 지원, 육아시설 건립·운영, 체육시설 마련 및 마을버스 운영 지원 등 지역주민의 생활여건을 개선하는 사업
지역문화진흥사업	문화행사 지원 및 문화시설 건립 지원 등 지역주민이 문화생활을 즐길 수 있는 환경을 조성하는 사업
그 밖의 사업자지원사업	지역 홍보 등 지역 특성을 살리고 주민복지 증진, 지역 현안 해결 및 지역이미지 제고 등을 위한 사업, 사업자지원사업의 계획 및 운영과 관련한 부대사업

제2절 2014년도 주요사업 실적

1. 기금지원사업

2014년도에는 공공시설, 소득 증대, 육영사업 등 기본지원사업에 총 490억원을 지원하였다. 기본지원사업 중 전기요금보조사업은 2006년 2월 시행요령 개정을 통해 원자력발전소 시설용량에 따라 1,000MW 미만~7,000MW 이상까지 8단계로 구분하여 주택용은 100kWh~170kWh까지의 해당요금을 보조하고 산업용은 계약전력 200kW까지 kW당 1,500원~2,900원까지 전기요금을 보조할 수 있도록 보조금 단가를 인상하여 지역주민의 실질소득 증대 및 기업 유치에 기여할 수 있도록 하였다.

〈표 7-10〉 2014년도 기금지원사업 지원실적

(단위 : 억원)

사업종류		금액	비고
기본지원사업	소득증대사업	82	마을공동창고 건립, 농가형 저온창고 설치, 승용이앙기 구입, 농수로 포장공사 등
	공공시설사업	149	정보화 추진사업, 마을회관 신축 및 보수, 상수도시설공사 등
	육영사업	128	방과후교실 지원, 원어민강사 지원, 인조잔디운동장 조성, 도서기자재 지원, 학자금장학금 지원, 특기적성교육 지원 등
	사회복지사업	49	경로당, 건강생활센터, 여성취미교실 지원 등
	주민복지지원사업	-	-
	기업유치지원사업	-	-
	전기요금보조사업	82	주택용, 산업용 전기요금 보조
	소계	490	-
특별지원사업		-	-
합계		490	-

〈표 7-11〉 연도별 기금지원사업 지원금액

(단위 : 억원)

구 분	'90~'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	합 계
고리본부	1,919	519	130	172	161	162	160	163	162	145	3,693
한빛본부	1,272	112	125	127	119	119	122	121	120	111	2,348
월성본부	1,372	96	104	104	98	96	87	84	92	90	2,223
한울본부	1,394	126	122	121	476	378	267	196	168	144	3,392
합 계	5,957	853	481	524	854	755	636	564	542	490	11,656

주) 원자력문화재단 출연금, 기타사업 제외, 발전소주변지역지원사업 계획 기준

발전소 건설을 촉진시키기 위하여 지원되는 특별지원사업은 지방자치단체의 장이 사업을 선정하여 시행한다. 다만 사업의 효율적인 시행을 위하여 지방자치단체의 장과 발전사업자가 협의하여 정하는 사업은 사업자가 시행할 수 있다. 지원대상 지역은 원전 주변지역이 속하는 지방자치단체의 관할지역이다. 특별지원사업비는 건설비에서 부지구입비를 공제한 금액의 1.5% (자율유치지역 및 다수호기 지역은 0.5% 가산 지원)로 조성되며 주로 대규모 숙원사업을 해결하기 위해 사용되고 있다.

〈표 7-12〉 연도별 특별지원사업비 지원금액

(단위 : 억원)

구 분	한도 금액	교 부 금 액										
		'96~'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	합계
신고리 #1,2	704	306	398	–	–	–	–	–	–	–	–	704
신고리 #3,4	1,147	1,147	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,147
한빛 #5,6	556	556	–	–	–	–	–	–	–	–	–	556
월성 #2~4	156	156	–	–	–	–	–	–	–	–	–	156
신월성 #1,2	697	697	–	–	–	–	–	–	–	–	–	697
한울 #3~6	648	647	–	1	–	–	–	–	–	–	–	648
신한울 #1,2	1,245	–	–	–	–	355	212	90	20	–	–	677
합 계	5,153	3,509	398	1	–	355	212	90	20	–	–	4,585

2. 사업자지원사업

기금지원사업과는 별도로 2006년도부터 신설된 사업자지원사업을 통해 발전사업자인 한수원(주)의 자체자금으로 원전 지역에 총 4,560억원을 지원하였다. 사업자지원사업계획을 수립하기 위하여 인터넷, 공고, 설문조사 등을 통해 지역주민, 지역 사회단체·기관 등 지역주민들의 의견을 적극 수렴하고 있다. 또한 지역여건 및 지역의 유·무형 자산파악, 철저한 사업타당성 분석을 통하여 지역별 특성화사업을 선정하고 있으며, 지역사회와의 협의를 바탕으로 선택과 집중을 통해 지역주민 체감형의 규모 있는 사업을 추진하기 위해 노력하고 있다. 2014년까지 지원 실적은 〈표 7-13〉, 〈표 7-14〉와 같다.

〈표 7-13〉 사업자지원사업 지원실적

(단위 : 억원)

구 분	지원금										주요 특성화 사업
	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	합계	
고리본부	102	125	209	152	162	160	163	162	145	1,380	지역 우수인재 육성사업 등
한빛본부	105	119	119	114	119	121	121	120	111	1,049	성산-계마리 선진화사업 등
월성본부	96	98	98	94	96	87	84	92	90	835	경주국제마라톤, 동리문학상 등
한울본부	117	116	117	116	165	177	176	168	144	1,296	울진 뮤직팜 페스티벌 등
합 계	420	458	543	476	542	545	544	542	490	4,560	-

〈표 7-14〉 2014년도 사업자지원사업 사업종류별 지원실적

(단위 :억원)

구 분	교육장학	지역경제	환경개선	지역복지	문화진흥	기타	합계
고 리 본 부	36	38	14	16	21	20	145
한 빛 본 부	14	40	8	12	24	13	111
월 성 본 부	2	19	9	21	14	25	90
한 울 본 부	10	32	23	17	16	46	144
합 계	62	129	54	66	75	104	490

제3절 2015년도 지원사업 추진계획

1. 기금지원사업

2015년도에는 원전 주변지역 지원사업으로 공공시설, 소득 증대, 육영사업 등에 총 444억원을 지원할 계획이다.

2006년까지 발전사업자가 대상고객에게 전기요금 보조금을 직접 지급하는 방식으로 시행되었던 전기요금보조사업은 한국전력과의 협약체결을 통해 2008년부터는 대상고객의 전기요금 고지서에서 보조금액이 자동 감면되는 방식으로 시행되었다. 이로 인해 별도 신청절차 없이도 발전소 주변지역에 거주하는 주민 모두가 전기요금 보조금을 지원받을 수 있도록 하여 지역주민 편의성을 제고하였다.

〈표 7-15〉 2015년도 기금지원사업 계획

(단위 : 억원)

사 업 종 류		금액	비고
기본지원사업	소득증대사업	444	■ 고리본부 : 121 ■ 한빛본부 : 105 ■ 월성본부 : 64 ■ 한울본부 : 154
	공공·사회복지사업		
	육 영 사 업		
	주민복지지원사업		
	기업유치지원사업		
	전기요금보조사업		
	그 밖의 지원사업		
특별지원사업 등		0	
합 계		444	

2. 사업자지원사업

2015년도에 한수원(주)에서 지원하는 사업자지원사업의 규모는 총

444억원이다. 원전 주변지역 주민들의 다양한 의견을 수렴한 후 충분한 타당성 검토 절차를 거쳐 지역의 특성에 맞는 특화된 사업을 지속적으로 발굴하고, 기금지원사업과의 시너지 효과를 통하여 지역 발전을 선도할 수 있는 사업을 추진할 예정이다.

〈표 7-16〉 2015년도 사업자지원사업 계획

(단위 : 억원)

구 분	지원규모	비고
고리본부	121	■ 교육·장학지원사업 ■ 지역경제협력사업 ■ 주변 환경 개선사업 ■ 지역복지사업 ■ 지역문화진흥사업 ■ 그 밖의 사업자지원사업
한빛본부	105	
월성본부	64	
한울본부	154	
합 계	444	

2013년부터는 지원사업개발 TF를 운영하여 일부 지원금이 지역별로 소규모 나눠먹기식으로 배분되는 등의 비효율성을 없애고 지역주민에게 실질적인 도움이 될 수 있는 사업을 발굴 시행할 수 있는 역량을 강화해 나가고 있다.

수도권 대학에 재학 중인 지역주민 자녀의 경제적 부담을 덜어주고 면학 분위기를 조성함은 물론 원전 주변지역 학생들이 공동 커뮤니티 공간을 활용하여 다른 지역을 서로 이해하고 인성·지성·체력을 겸비한 지역인재로 양성될 수 있도록 하기 위해 추진하고 있는 한수원 재경장학관 운영지원사업은 그 대표적인 사업 중 하나이다.

또한 사업자지원사업의 효율성을 높이기 위해 본사심의위원회에 외부위원을 종전 2인에서 6인으로 참여를 확대하였으며 사업자지원사업의 선정 결과 및 사업 시행 후 정산 내역을 외부에 공개하도록 하였다.

04 원전이 지역에 미치는 경제적 효과

한국수력원자력(주) 건설처 건설계획팀장 정영기

제1절 건설 기간 중 지역경제 영향

1. 고용효과

원전건설은 계획부터 준공까지 10년 이상 소요되는 대형 프로젝트로 실제 공사기간이 약 7년여에 이르고, 설계·제작·시공·시운전 각 분야별로 많은 업체가 참여하고 있으며, 특히 시공단계에서는 대량의 건설인력이 요구되는 만큼 건설 현장과 인접한 지역사회에 많은 인력의 고용창출 효과를 가져오게 된다. 또한, 한수원(주)은 원전 건설기간 중 지역건설업체 활용 및 현지 주민을 고용토록 하는 내용을 건설업체와 시공계약시 반영하고 있다.

〈표 7-17〉 2014년도 신고리3·4호기 건설현장 인력고용 현황

(단위 : 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	계
한 수 원		8 (6%)	120	128
시공업체	직 원	34 (23%)	112	146
	근 로 자	20 (83%)	4	24
	소 계	54 (32%)	116	170
기 타 업 체		281 (27%)	760	1,041
계		343 (26%)	996	1,339

〈표 7-18〉 2014년도 신한울 1·2호기 건설현장 인력고용 현황

(단위 : 명)

구 분		주변지역출신	타지역출신	계
한 수 원		11 (5%)	214	225
시공업체	직 원	59 (16%)	310	369
	근 로 자	85 (87%)	13	98
	소 계	144 (31%)	323	467
기 타 업 체		543 (30%)	1,274	1,817
계		698 (28%)	1,811	2,509

2. 건설자금의 유입 및 고용효과

원전건설은 약 620만명(APR1400기준) 이상의 연인원이 투입되는 대규모 투자사업인 만큼 건설인력에게 지급되는 임금과 지역 업체의 직·간접적인 공사 참여 등으로 지역경제 활성화에 큰 기여를 하고 있다.

이러한 지역업체의 원전건설공사 직·간접적 참여에 의한 지역경제 활성화와 고용확대를 통해 지역주민의 소득증대에도 크게 기여할 것으로 보인다.

〈표 7-19〉 2014년도 지역업체 원전건설공사 참여현황

구 분	신고리#3,4		신한울#1,2	
	참여건수	규 모	참여건수	규 모
건설공사	6개	12억원	6개	18억원
기자재납품	2개	8억원	50개	44억원

〈표 7-19〉 2014년도 원전건설공사 참여현황 (시공사+건설공사 참여업체)

구 분	신고리#3,4	신한울#1,2
	참여업체수	참여업체수
건설공사	42개	50개
업체명	현대건설 등	현대건설 등

제2절 운영 기간 중 지역경제 영향

한국수력원자력(주) 홍보실 기업홍보팀장 이은홍

원자력발전소는 장기간에 걸친 건설기간 뿐만 아니라 운영기간 중에도 지역주민 고용증대에 많은 기여를 하고 있다. 원자력발전소 운영은 고도의 기술성과 전문성으로 인해 일부지역에 국한된 지역주민의 고용만으로는 인력을 충원하는데 한계가 있으나, 지역과 함께하는 원전실현이라는 이념 하에 기능직, 별정직 등의 직종의 채용 수요가 있는 경우에는 해당 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다. 2014년 말 4개 원전본부 근무자 총 9,694명(한전KPS 포함)중 약 16.5%인 1,602명이 주변지역 주민이다.

〈표 7-22〉 2014년 국내 원자력발전소 근무자 현황

(단위 : 명)

구 분	주변지역 출신		타지역 출신		합 계	
	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS
고 리	398 (16.7%)	94 (12.9%)	1,984 (83.3%)	634 (87.1%)	2,382	728
한 빛	296 (19.8%)	156 (29.6%)	1,202 (80.2%)	371 (70.4%)	1,498	527
월 성	213 (12.5%)	94 (17.2%)	1,491 (87.5%)	452 (82.8%)	1,704	546
한 울	300 (15.6%)	51 (12.9%)	1,614 (84.4%)	344 (87.1%)	1914	395
합 계	1,207	395	6,291	1,801	7,498	2,196

※ ( )내는 4개 원전본부 전체인력 중 주변지역 출신 비중

※ 주변지역 범위

① 고리 : 부산광역시 기장군 장안읍, 일광면, 울산시 울주군 서생면

② 한빛 : 전남 영광군, 전북 고창군 ③ 월성 : 경북 경주시 ④ 한울 : 경북 울진군

2. 임금소득의 유입

원자력발전소 운영단계에서는 원전본부별로 약 1,800~2,200명 정도의 상시 운영인원이 근무하게 됨으로써 이들에게 지급되는 임금의 대부분은 생활비나 저축의 형태로 해당지역에 유입되고 있다.

2014년 한 해 동안 4개 원전본부 근무자의 임금으로 지불된 금액은 원전이 입지한 지역 여건으로 볼 때 지역경제에 상당한 기여를 하고 있다.

3. 지방세수 증대

지방세수 증대를 통한 재정자립도 확충은 지방자치단체의 주요 관심사가 되고 있다. 따라서 원전에서 납부하는 지방세는 해당 자치단체 전체 세수의 상당부분을 차지하고 있어 지방재정의 확충에 많은 기여를 하고 있다.

2014년 4개 원전 본부의 지방세 납부실적은 990억원으로 해당 지방단체 전체세수의 17.75% 정도인 것으로 나타나고 있다.

〈표 7-23〉 2014년 원자력발전소별 지방세 납부현황

(단위 : 백만원)

구 분	한수원	한전KPS	계(A)	전체지방세수 (B)	비율(%) (A/B*100)
고 리	30,957	719	31,676	266,402	11.8
한 빛	26,426	503	26,929	56,818	47.4
월 성	12,900	198	13,098	170,839	7.7
한 울	28,739	306	29,045	63,947	45.4
합 계	99,022	1,726	100,748	558,006	18.08

4. 지역 특산물 판매 촉진

농·수산물 수입개방과 쌀 등의 소비감소 추세로 우리 농촌은 어려움에 처해 있다. 이에 산업통상자원부와 한수원(주)은 원전 주변지역 농·수산물 판매의 어려움을 덜어주고 지역주민과의 유대강화 및 원전의 안전성에 대한 불신을 해소하기 위하여 원전 주변지역 농·수산물 특별구매운동을 지속적으로 추진하였다.

매년 각 원전본부별로 원전 주변지역 특산물 구매 운동을 전개함으로써 지역과의 유대강화는 물론 지역 특산물의 우수성을 간접 홍보해 주는 효과도 거두고 있다.

〈표 7-24〉 2014년 원자력발전소 주변지역 쌀 및 특산물 구매 실적

(단위 : kg,백만원)

구 분	고 리		한 빛		월 성		한 울		합 계	
	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액	구매량	금액
쌀	26,700	64	61,780	142.9	31,200	68	-	-	63,634	278.48
특산물	37,640	204.8	20,803	59.5	150	4.7	760	41.2	8,140	156.64
합 계	64,340	268.8	82,583	202.4	31,350	72.7	760	41.2	71,774	435.12

제 8 편

국제협력 및 해외동향

제1장 원자력 국제협력
제2장 해외사업 진출
제3장 원자력 해외동향

01 원자력 국제협력

한국수력원자력(주) 기술전략처 국제협력팀장 황교

제1절 국제 원자력 관련 기관

1. 국제원자력기구 (IAEA)

1953년 제8차 유엔총회에서 당시 아이젠하워 미국 대통령이 원자력의 평화적 이용 증진을 위한 국제원자력기구의 설립을 제안하여 1956년 유엔총회에서 국제원자력기구 헌장이 채택됨으로써 1957년 7월 유엔 산하 독립 전문기구로서 발족되었다. 2015년 3월 기준 164개 회원국이 가입하고 있으며, 우리나라는 1957년 8월에 가입하였다.

국제원자력기구의 설립목적은 원자력의 평화적 이용 촉진에 있으며 원자력에 관한 제반 사업 및 지원 협력을 통해 원자력의 평화적 이용과 원자력이 군사목적에 전용되지 않도록 안전조치(Safeguards)를 적용하여 원자력 시설 및 핵물질에 대해 통제, 관리하는 데 있다.

국제원자력기구는 핵확산 방지를 위한 안전조치 업무를 우선으로 하여 최근에는 보다 포괄적이고 체계적인 안전성 확보를 위한 원자력안전협약 제정으로 국제협력을 강화하고 있다. 또한 새로운 개념의 신형원자로 개발 등 연구개발을 위한 기술협력은 물론 기술기준 강화, 안전성 평가기법 개발·보급 및 실질적인 안전성 평가분석 지원, 국제원자력기구 내에 비상대응체제의 설치운영 등을 종합적으로 추진하고 있다.

원자력의 평화적 이용에 의한 인류공동의 번영과 복지향상을 도모하기 위하여 IAEA 회원국, 특히 개발도상국에 대한 원자력이용 기술개발, 전문 인력 양성 및 원자력전문기관 육성지원 등의 방법으로 시행되는 국제원자력기구의 기술협력 사업은 정규, 비정규 기술협력 및 연구사업 등으로 구분되며, 회원국과 사무국이 협력하여 프로그램을 개발하고 공동으로 관리하고 있다. 현재는 아프리카, 아시아 태평양, 유럽, 라틴 아메리카 총 4개 지역에서 기술협력 사업을 운영 중이다. 기술협력사업의 지원수단은 전문가 초청자문, 훈련생파견, 장비지원 등이다. 기술협력 사업은 1970년대 중반부터 1980년대 초까지 장기 프로젝트를 중심으로 활발하게 진행되었다가, 1997년 발표된 기술협력 전략(TC Strategy)과 2002년 발표된 기술협력 전략 검토(TC Strategy 2002 review)를 통해, 비용면에서 효율적이고, 기술지원을 받는 국가에 대한 효과가 직접적이고 측정 가능한 방향으로 프로그램을 개편하여 오늘에 이르렀다. 최근에는 이 기술협력 사업이 유엔 새천년개발목표(United States Millennium Development Goals)와 제4차 유엔 최빈개도국회의에서 채택된 최빈개도국을 위한 실행 계획(Programme of Action for the Least Developed Countries for the Decade 2011-2020)에 기여하는 것으로 더욱 높이 평가받고 있다.

IAEA 총회는 최고 정책결정기관으로 회원국 대표자로 구성된다. 정기총회는 매년 9월에 오스트리아 비엔나에서 개최되며, 총회에서 이사국 선출, 회원국 가입 및 프로그램에 대한 승인 여부와 예산 등이 결정된다. 이사회의 요청이나 회원국 과반수의 요청이 있을 경우 특별총회가 개최된다.

한편, 우리나라는 국제원자력기구 회원국 중 아시아 태평양 지역 국가 간 원자력 과학기술협력을 위하여 1972년 설치된 지역간협력협정(RCA)에 1974년 가입하였다. 본 협정은 1972년 발효된 이래 1977년, 1982년 두 차례 연장되었고, 1987년에는 합동 프로젝트에 대한 협력과 감독을 강화하기 위해 일부 내용을 개정하였다. 이처럼 개정된 협약은 1992년, 1997년, 2002년, 그리고 2007년에 각각 5년의 기한을 두고 4차례 연장되었다. 2007년 6월 12일부터 발효되어 2012년 6월 11까지 유효하였던 '1987 지역간협력협정 4차 연장 협정'은 2011년 4월 열린 국가대표자회의에서 협정 연장이 합의되어 5년간 추가 연장되었다. RCA에 의한 협력 사업은 주로 방사선 및 방사성 동위원소의 농업, 의학, 공업 분야 이용을 중심으로 공동연구, 훈련과정 및 세미나 개최 형태로 이루어진다. 또한 2002년에는 RCA 사무국을 대전에 설치하여 RCA 인식 제고, RCA 파트너십 진흥을 위해 활발한 활동을 전개하고 있다. 2015년 5월 현재 RCA 회원국은 한국, 일본, 중국 등 총 22개국이다.

2. 경제협력개발기구/원자력기구 (OECD/NEA)

원자력기구(NEA: Nuclear Energy Agency)는 경제협력기구(OECD: Organization for Economic Cooperation and Development) 산하의 준 독립기구로 프랑스 파리에 위치하고 있다. NEA는 기구 참여국간 협력을 통해 원자력을 안전하고, 환경 친화적이며, 경제적인 에너지원으로 개발하기 위한 제반활동을 지원하는 것을 목적으로 하고 있다.

당초 NEA는 서유럽 국가들이 학술적·재정적 역량을 결집시켜 원자력을 개발하기 위하여 1958년 1월 유럽경제협력기구(OEEC)내 유럽원자력기구(ENEA: European Nuclear Energy Agency)로 발족시켜 운영하였다. 1972년 12월 비유럽국인 일본과 호주가 기구에 가입함으로써 원자력기구(Nuclear Energy Agency)로 명칭이 변경되었으며, 그 후 미국과 캐나다도 가입하였다. 우리나라는 OECD에 정식으로 가입하기 이전인 1993년 5월에 NEA 정회원국으로 가입하였다.

2013년 1월 러시아가 가입함으로써, 2015년 8월 현재 NEA 회원국은 다음과 같이 31개국이다. 이들 회원국은 세계 원자력 설비용량의 약 86%를 차지하고 있으며, NEA는 IAEA 및 EC(European Commission)와 긴밀하게 공조하고 있다.

〈표 8-1〉 원자력기구(NEA) 회원국 현황

지역	원전 운영국	원전 비운영국
서유럽	영국, 프랑스, 독일, 스페인, 네덜란드, 벨기에, 스위스	이탈리아, 덴마크, 룩셈부르크, 터키, 그리스, 포르투갈, 오스트리아, 아일랜드, 아이슬란드
북유럽	스웨덴, 핀란드	노르웨이
동유럽	체코, 헝가리, 슬로바키아, 폴란드, 슬로베니아, 러시아	-
미 주	미국, 캐나다, 멕시코	-
아시아	일본, 한국	호주
계	20개국	11개국

NEA 회원국은 NEA에서 수집 배포하는 원자력 관련 최신 기술정보를 취득 활용할 수 있으며, NEA 주관 혹은 후원에 의해 이루어지는 모든 국제공동연구사업에 참여할 수 있다. 연구결과들은 대개 회원국

들 간 공유가 가능하나 어떤 경우에는 해당 프로젝트 참여 회원국들만 활용할 수 있도록 제한하고 있다. NEA 회원국은 NEA에서 주관하는 이미 개발된 원자력 기술 자료의 취득은 물론, 단독으로 수행하기에는 어려움이 있는 과제를 국제공동연구과제로 채택하여, 여러 국가의 경험과 지식을 통해 해결책을 모색할 수 있다.

한편 회원국은 NEA 분담금 납부의무, 원자력의 평화적 이용 및 NEA 의결사항의 충실한 이행 등의 의무를 진다.

NEA는 중·동부유럽지역 국가와 구소련연방 국가들과도 원자력안전, 방사선방호 및 원자력법 체계와 같은 분야에서 협력하고 있다. 이들 비회원국과의 협력목적은 이들 국가의 원자력안전연구의 계획, 수립 및 집행을 지원하기 위한 것이다.

NEA는 국제협력을 통하여 회원국들이 원자력을 평화적인 목적으로 안전하고, 환경 친화적이며, 경제적으로 이용하는 데 필요한 과학적, 기술적, 법적 기반을 유지하고 개발할 수 있도록 지원하는 것을 임무로 하고 있다. 아울러 정부의 원자력정책 결정에 반영시킬 수 있도록 신뢰할 수 있는 평가결과를 제공하고 주요현안에 대한 공통의 이해를 조성하며, 에너지 분야 및 지속가능한 개발과 같은 분야에서 OECD의 정책분석 결과를 보다 널리 전파시키는 임무를 띠고 있다.

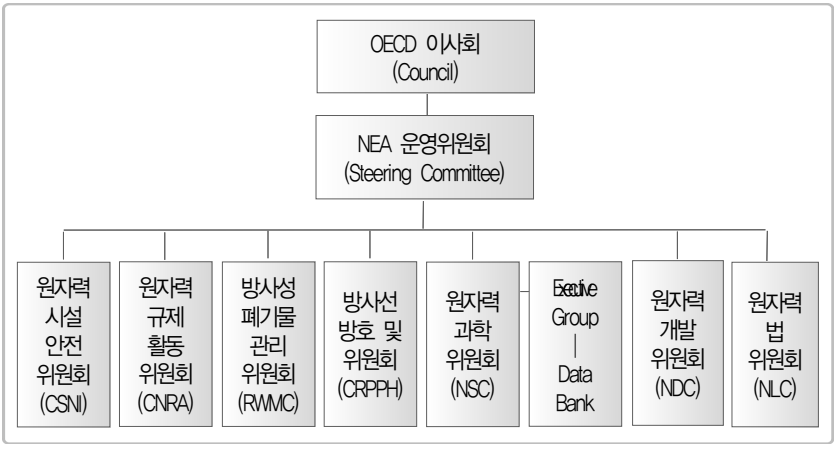
NEA는 다음과 같은 목표를 설정하고 있다.

- 회원국 간의 정보와 경험을 교류하여 국제협력을 촉진시키는 협력의 장을 제공한다.
- 역량을 갖춘 원자력센터가 됨으로써, 회원국들이 기술적 전문성을 결집하고 유지할 수 있도록 지원하며, 안전하고 친환경적인

원자력의 평화적 이용을 위한 회원국의 원자력정책을 지원하도록 한다.

- 핵심 쟁점들에 대한 권위 있는 분석 결과를 제공하고 공동의 이해를 이끌어 냄으로써 각국 정책 뿐 아니라 광범위한 OECD의 에너지 및 지속가능발전 관련 정책에도 기여한다.
- 원자력 공동체에서 주요 활동자(key player)가 되도록 한다.

이러한 목표들을 달성하기 위하여, 기구는 원자력안전 및 인허가, 방사성폐기물관리, 방사선방호, 원전연료주기의 경제성 및 기술성 분석, 원자력과학, 원자력법 및 손해배상, 그리고 일반 대중에 대한 정보제공과 같은 주요 현안을 취급하기 위한 프로그램을 수립·시행하고 있다.



〈그림 8-1〉 NEA의 운영위원회 조직

NEA의 정책결정 기구인 운영위원회(Steering Committee for Nuclear Energy)는 회원국 정부대표로 구성되며, 연 2회 회의를 개최

하고 있다. 운영위원회는 NEA의 사업계획과 예산을 심의하며, 동 사업계획 및 예산안을 OECD 이사회에 제출하여 승인받는다. 운영위원회는 위와 같이 회원국의 전문가들로 구성된 분야별 기술위원회(Standing Technical Committee)를 산하에 운영하고 있으며, 사무국의 지원을 받아 사업계획을 수립하고 집행한다.

3. 미국원자력발전협회 (INPO)

1979년 미국 스리마일아일랜드(TMI) 원전 사고 후 유사 사고 발생 우려에 대한 여론 급증에 따라 원전의 안전성 및 신뢰성 확보를 위해 미국 원전 보유 전력회사들이 비영리 단체인 미국원자력발전협회(INPO)를 1979년 12월 애틀랜타에 설립하였다. 2015년 1월 현재 미국 내 전력회사 25개, 원자로제작·설계용역회사 26개 및 국제회원사 24개사가 가입되어 있으며, 한국수력원자력㈜은 1983년 12월 동 협회에 국제 회원사로 가입하였다.

INPO의 주요 업무는 원자력발전소 안전운영 능력 평가, 기술지원, 교육훈련, 사건·사고 분석, 성능지표 운영 및 기술정보의 상호교환 등으로 구분된다. 안전운영 능력 평가는 미국 내 원전을 점검하여 각 발전소의 강점과 개선점을 발굴한 후, 이를 다른 원전과 공유하여 여러 발전소가 공동으로 가지는 취약점을 보완하고 전체적으로 운영 능력을 향상시킬 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 또한 미국뿐 아니라 국제회원사의 원전 안전점검 및 특정분야 기술지원도 하고 있다. 이를 위해 기술교환 방문(Technical Exchange Visit) 프로그램을 운영하

고 있다.

INPO의 주요 활동 내용은 앞서 언급한 미국 내 원자력 발전소 평가를 통한 우수사례 발굴, 개선가능분야 도출을 포함하여 기술 지원, 원전 운영에 관한 각종 지침서의 개발, 미국 원전 교육훈련 프로그램에 대한 평가 및 자격인증 등 원전의 안전/안정 운영에 직결되는 업무로 구성되어 있다.

그 외에 원전의 각종 사고·고장 보고서를 접수, 분석하여 재발 방지를 위한 지침서를 발간하고 INPO의 정보 전산망(Nuclear Network)을 이용하여 회원사간의 기술 정보를 교환하며, 발전소 주요 기기 및 계통에 대한 신뢰도 분석을 위한 데이터베이스를 구축하고 있다.

4. 세계원전사업자협회 (WANO)

1986년 구소련의 체르노빌 원전 사고 후 세계 원전사업자 대표들은 1987년 10월 프랑스 파리에서 개최된 회의에서 원전의 안전성 확보를 위해 민간 차원의 국제협력 기구를 설치하기로 결의한 후 1989년 5월 모스크바에서 창립총회를 개최하여 세계원전사업자협회(WANO)를 발족하였다. 2015년 초 현재 35개국 130개의 회원사를 보유한다.

세계원전사업자협회의 설립 목적은 원전의 안전성 및 신뢰성 극대화를 위해 세계원전사업자간 정보 교환 및 상호 협력을 도모하는 데에 있으며 4개의 지역 센터(동경, 파리, 애틀랜타, 모스크바)와 본부(런던)을 두고 있어 각 지역별로 사업을 활발히 추진하고 있다. 한국수력원자력(주)은 협회 창립 시부터 가입하여 동경센터에 소속되어 있으며,

2014년 기준으로 총 5명의 한국수력원자력㈜ 주재원이 WANO에서 근무하고 있으며, 안전점검단(Peer Review) 일원으로 14년 말까지 총 101회 기술자문에 참가하는 등 WANO 활동에 적극적으로 참여해 왔다.

세계원전사업자협회의 주요 활동사항은 원전 안전점검(Peer Review) 프로그램, 원전운영 기술지원, 기술정보 및 우수사례 상호교환, 사고·고장정보의 신속한 교환, 원전 운영관련 지침·기준 제공, 전 세계 원전에서 발생되는 사고의 분석·감시를 통한 사고 재발 방지, 각종 회의 및 기술교환 방문을 통한 기술정보 교류 등이며, 회원 상호간 조직적이고 기술적인 협력에 중점을 두고 있다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)

한국수력원자력(주)은 국내원전의 안전성과 신뢰성 제고를 위하여 국내원전 원자로를 공급한 각 노형 설계자와 해외 원전운영자들로 구성된 세 개의 소유자 그룹(Pressurized Water Reactor Owners Group (PWROG), CANDU Owners Group(COG), Framatome Owners Group (FROG))에 가입되어 있다.

TMI 사고 후 웨스팅하우스 설계 원전의 기술상 제반문제를 강구하고 비용 부담문제를 공동으로 대처하기 위해 WOG(Westinghouse Owners Group)가 설립되었고, 미국 내 모든 가압경수로형 원전(WH, CE, B&W)이 WOG 회원사가 됨에 따라 WOG의 명칭을 PWROG로 변경하였다. COG는 중수로형 원전 상호간의 운전경험 및 기술정보 교환을 위하여 설립되었고, FROG는 프라마톰사가 설계 공급한 원전 상호

간의 공동협력을 위하여 설립되었다. 우리나라는 가압경수로부터 월성 원자력발전소의 중수로, 한울 원자력발전소의 프라모톰형 원전까지 세 종류의 원전을 모두 운영하고 있기 때문에, 관련 국내 기관들이 세 개 소유자 그룹에 각각 가입하여 활동하고 있다.

〈표 8-2〉 해외원전 소유자그룹 현황

그 룹 명	설립일/가입일	회원사 현황	주요 활동분야	국내 원전
PWROG (Pressurized Water Reactor Owners Group)	'79. 6/ '80. 8	○ 미국 : 20개 회원사 ○ 해외 : 한국수력원자력(주) 등 16개 전력회사	○ WH형 및 CE형 원전 주요인허가 및 운영 현안 공동해결 ○ 각종 기술회의 및 세미나 개최	고리 #1,2,3,4 한빛 #1,2,3,4,5,6 한울 #3,4,5,6
COG (CANDU Owners Group)	'84. 1/ '86.11	○ 캐나다 : AECL, OPG 등 6개 전력회사 ○ 해외 : 한국수력원자력(주) 등 6개 전력회사	○ 정보교환 네트워크 활용 ○ 각종 기술회의 및 세미나 개최 ○ CANDU형 원전 주요 현안 공동 연구개발	월성 #1,2,3,4
FROG (Framatome Owners Group)	'91.10/ '91.10	○ 프랑스 : EDF, Areva NP ○ 해외 : 한국수력원자력(주) 등 7개 전력회사	○ 각종 기술회의 및 세미나 개최 ○ 프라마톰형 원전 주요현안 공동 연구개발	한울 #1,2

※ 2006년 3월 B&W(Babcock & Wilcox Company)원전의 WOG 가입으로 미국 내 모든 가압경수로형 원전(WH, CE, B&W)이 WOG 회원사가 됨에 따라 WOG의 명칭을 PWROG로 변경

제2절 원자력 국제협력

1. 국제원자력기구(IAEA)와의 협력

우리나라는 원자력의 평화적 이용을 위한 기술이전과 연구개발 촉진, 원자력응용 및 활용지원을 위해 IAEA와의 활발한 기술협력을 펼치고 있는데 이러한 기술협력은 안전조치(Safeguards)와 함께 주요한 사업의 하나이다. 과거에는 일방적 지원을 받는 기술원조(Technical Assistance) 위주로 추진되었으나 최근에는 양방향 협력을 강조하는 기술협력(Technical Cooperation) 사업으로 추진되고 있다.

IAEA와 우리나라의 기술협력은 원자력기술 전문가 자문 지원, 과학자 방문, 훈련생 파견 및 훈련과정 개최 등의 형식으로 추진되고 있다. 기술협력 사업의 종류로는 회원국이 제안하고 사무국의 평가와 승인을 거쳐 시행되는 국가 사업과, 각 지역별 회원국의 필요에 대응하여 제안된 지역 내 기술협력 사업, 다른 지역 회원국과 공통적인 목표 달성을 위한 지역 간 기술협력 사업 등이 있다.

2009년 10월, 한국수력원자력(주)은 IAEA와 '신규 원전 도입국에 대한 기술지원과 원전성능 향상 등을 위한 상호 기술협력 협정'을 체결하였다. 이 협정은 IAEA가 한국의 원전 기술력과 경험을 높이 평가해 이를 바탕으로 원전 도입을 추진 중인 IAEA 회원국의 원자력 기반구축을 돕기 위한 차원에서 시행되었다.

이러한 기술협력 사업의 일환으로, 2011년에 한국수력원자력(주)은 IAEA와 공동으로 아시아, 중동, 유럽 등 다양한 지역의 정부 및 발전소 주요 인사를 초청하여 "중대사고 관리 고도화 워크숍"을 진행하였

고, 2010년부터 IAEA 과학자 방문 프로그램을 시행하고 있다. 과학자 방문 프로그램을 통해 2010년도에는 요르단 및 예멘의 원자력위원회 소속 참가자가 한국을 방문하였고, 2011년에는 이집트 원자력발전청 부청장 등 3명이 원전사업관리 벤치마킹을 하였으며, 2012년에는 루마니아 과학자 등 3명이 삼중수소 제거설비 교육을 받을 수 있었다.

뿐만 아니라, 2009년부터 매년 신규 원전 도입국 정부 및 원자력기관 주요 인사를 초청하여 약 2주에 걸쳐 원자력발전소 및 원자력 유관기관을 방문하는 멘토링 프로그램을 운영하고 있다.

한국전력 국제원자력대학원대학교(KINGS) 역시 IAEA와 공동으로 2013년 6월 불가리아, 칠레, 크로아티아 등 원전 도입 준비국의 핵심 인사 19명을 초청하여 자국의 원전 건설 추진 시 실질적인 도움이 되도록 6주 과정의 맞춤형 프로그램을 진행하였다.

이처럼 우리나라는 정부를 포함한 각 원자력 유관기관이 IAEA와 공동으로 워크숍을 개최하기도 하고 IAEA 주관의 국제회의에 참여하거나 전문가를 파견하여 원전 운영 및 건설 관련 기술을 공유하고 있으며, IAEA의 주요 활동인 운전안전점검(OSART)과 안전조치 관련해서도 점검자를 파견하여 원자력의 안전 및 평화적 이용 노력에 동참하고 있다.

또한, 우리나라는 1991년부터 한국과 IAEA 본부에서 번갈아가며 연례 '한-IAEA 안전조치 검토회의'를 개최하고 있다. 이 회의를 통해 우리나라 내 핵물질과 원자력 시설에 대한 IAEA 검증 결과 등 안전조치 전반에 관한 검토와 평가, 그리고 협력 방안을 다룬다. 2012년 '제20차 한-IAEA 안전조치 검토회의'에서 우리나라는 국가 단위로는 최초로 '한-IAEA 통합 안전조치 협력 강화 약정'을 체결하여 양자 간

협력의 기반을 더욱 공고히 하였다.

IAEA는 기구활동에 대한 자문과 향후 사업수행 방향에 대한 비전제시를 위하여 세계적으로 권위 있는 원자력전문가들로 구성되는 사무총장 자문위원회를 운영하고 있다. 각 위원회별로 15~20명의 자문위원을 위촉하여 연 1~3회 회의를 개회하고 있는데, 우리나라는 2012년 기준으로 17개 자문위원회 중 14개의 자문위원회에 참여하고 있으며, 이사국으로는 14회, 총회 의장국으로 1회 선임된 바 있다. 또한 2014년 말 기준으로 IAEA 회원국 중 예산 분담금 규모 10위로, 약 2.05%의 재정에 기여하고 있고, 2014년 말 기준으로 국장 2명을 포함하여 정규직 32명, 계약직 및 파견직 8명, 총 40명의 한국인이 IAEA에서 근무하고 있다.

〈표 8-3〉 한국과 국제원자력기구 간 협약 가입 현황

명 칭	내 용	협약 발효일	비준서 기탁일
국제 핵 비확산 조약 Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)	- 2012년 7월 현재 92개국 서명, 190개국 발효 - 핵무기의 수평적, 수직적 확산 방지 및 평화적 이용 증진	'70. 3	'75. 4
원자력 사고 시 조기 통보 협약 Convention on Early Notification of a Nuclear Accident	- 2012년 4월 현재 69개국 서명, 114개국 발효 - 회원국에서 원자력 사고 발생시, IAEA를 통해 전 회원국에 사고 관련 정보를 통보함으로서 필요한 대응방안 구축 지원	'86.10	'90. 6
핵물질 물리적 방호에 관한 협약 Convention on the Physical Protection of Nuclear Material	- 2010년 9월 현재 44개국 서명, 145개국 발효 - 핵물질의 사용, 저장, 운송 시 방호조치 권고 - 9.11 테러 이후 핵물질에 대한 테러방지 강화를 위해 개정 논의 중	'87. 2	'82. 4

명 칭	내 용	협약 발효일	비준서 기탁일
원자력 사고 및 방사선 비상시 상호 지원 협약 Convention on Assistance in the Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency	- 2011년 11월 현재 68개국 서명, 108개국 발효 - 원자력 사고 또는 방사선 비상사태로 인해 발생한 사고 발생국 또는 인접국의 인적·물적 피해를 신속히 복구하기 위한 기술적·재정적 지원	'87. 2	'90. 6
원자력 안전 협약 Convention on Nuclear Safety	- 2012년 4월 현재 65개국 서명, 75개국 발효 - 원자력발전소의 안전한 유지 및 운영에 관한 법적 의무 창설 - 매 3년마다 체약국의 원자력안전성을 검토하는 검토회의 개최	'96.10	'95. 9
방사성 폐기물 및 사용 후 핵연료 관리 안전에 관한 공동협약 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management	- 2011년 9월 현재 42개국 서명, 63개국 발효 - 사용된 연료와 방사성폐기물에 대한 안전기준과 사고방지체계 확립	'01. 6	'02. 9

2. 경제협력개발기구/원자력기구(OECD/NEA)와의 협력

우리나라는 1993년 NEA에 가입한 이래, 운영위원회 및 상설기술위원회 등의 참석을 통하여 우리나라의 입장을 전달하고 NEA의 활동계획을 지원하는 등 NEA와의 상호 협력을 유지하여 왔다. 운영위원회의 경우, 통상적으로 외교부, 미래창조과학부, 산업통상자원부와 같은 관련 정부부처의 관계자가 우리나라의 위원을 맡아왔으며, 산하의 연구기관이나 산업체 등에서 이들을 기술적으로 지원하여 왔다.

운영위원회는 회원국 정부대표로 구성되며, 연 2회 회의를 통해

NEA 사업계획과 예산 등 주요 정책을 결정하며, 우리나라는 운영위원회 부의장국으로서 적극 참여하고 있다.

상설기술위원회의 경우는 7개 위원회별로, 연구기관, 산업체, 학계 등의 관련기관에서 2~3인의 복수위원을 지정하여 위원회 회의참석 및 업무협조 등에 관한 역할을 수행하고 있다. 또한 기술위원회 산하의 작업반회의나 전문가그룹 활동에는 실무 차원의 전문가를 지정하여 관련 회의나 활동에 참여하고 전문적인 지식을 교환하고 있다.

우리나라는 NEA 사무국 활동을 지원하는 방안의 하나로 1993년부터 우리나라가 일체의 경비를 부담하여 전문가를 지원하는 Cost Free Expert를 파견해 왔으며 2013년 초 현재 한국인 Cost Free Expert 3명이 근무하고 있다.

최근에는 한국의 원자력 연구기관도 NEA의 연구 활동에 적극적으로 참여하며 선도적인 역할을 하고 있다. 한국원자력연구원은 NEA의 국제 공동연구 프로젝트인 SERENA(Steam Explosion REsolution for Nuclear Application) 프로젝트를 프랑스 원자력청(CEA)과 공동주관하여 성공적으로 수행한바 있다. 미국, 일본, 독일 등 11개국 18개 기관이 참여해 2007년부터 약 5년간 진행된 원자력 안전 관련 국제 공동연구로 우리나라가 원자력 선진국이 참여하는 국제 공동연구의 주관 수행기관으로 연구를 주도한 첫 번째 사례였다. 최근 한국원자력연구원은 2013년 초 SERENA 프로젝트를 성공적으로 마친 이후 두 번째로, ATLAS 프로젝트를 주관하게 되었다. 이는 자체 기술로 설계, 건설, 운영하고 있는 '가압 경수로 열수력 종합 효과 실험장치'인 ATLAS를 이용한 것으로, 미국, 프랑스, 독일, 스페인, 중국 등 14개국

19개 기관이 참여하고, 2014년부터 3년간 총 250만 유로의 예산이 투입될 NEA 국제 공동연구 프로젝트이다.

이처럼 우리나라는 NEA 운영위원회, 상설기술위원회, 기술위원회 산하 작업반 또는 전문가 그룹에 참여하여 정책 결정 및 기술정보 교환 활동을 하고 있을 뿐 아니라 원자력 국제 공동연구에도 활발하게 참여하고 있다.

3. 미국원자력발전협회(INPO)와의 협력

한국수력원자력(주)은 INPO에서 운영하는 국제 온라인 정보교환 체계를 활용한 기술정보 교환, 발전소 운영에 관한 각종 지침 등 INPO 발간물 입수, INPO파견 한국수력원자력(주) 주재원을 통한 정보수집, 기술교환 방문(TEV)을 통한 안전점검과 기술지원 및 학술회의, 세미나, 워크샵 등 참석을 통한 기술교류 활동으로 INPO와의 협력을 강화하고 있다.

1997년 7월부터 인터넷 접속방식으로 개선된 국제 전자 정보교환 시스템(Nuclear Network)은 원전 중요사건정보 분석네트워크(SEE-IN) 및 세계원자력발전사업자협회(WANO) 사건보고 시스템과 연계되어 원전 사고고장 정보를 제공하고 있다. 또한 발전, 정비, 엔지니어링 등 27개 분야별 정보그룹을 구성하고 회원사간 질의응답 체계를 운영하고 있다. Nuclear Network를 통해 입수된 정보는 해외 원전 운영경험의 국내 반영 차원에서 매우 유용한 정보이다. 입수된 기술정보는 각 원자력발전소의 운영성능 향상을 위해 적극 활용되고 있다.

한국수력원자력(주)은 22014년도에 강사자격인증 프로그램, 발전팀장 리더십 향상 등 2번의 INPO 기술교환방문 프로그램을 시행하는 등 2014년 말 기준 총 35회의 기술교환방문 프로그램을 시행하였다. 또한, 매년 하반기에 개최되는 INPO 최고경영자회의(CEO)와 국제자문위원회(IPAC) 회의에 주요간부가 참석하여 세계 원자력계의 동향 및 주요 원전운영 현안에 대한 상호 의견교환과 기술정보 수집의 기회를 갖고 있다.

한편, INPO와의 협정을 통해 파견된 주재원을 활용하여 현지 기술정보 및 운영경험 수집 활동을 강화함으로써 국내 원전 운영능력 제고에 많은 기여를 하고 있다. 2014년 말 기준 2명의 한국수력원자력(주) 주재원이 INPO에서 근무하고 있다.

4. 세계원전사업자협회(WANO)와의 협력

한국수력원자력(주)은 1989년 WANO 창립 이래 한국수력원자력(주)이 소속된 동경센터 업무에 주도적으로 참여하고 있다. 1993년부터 1995년까지 그리고 2010년부터 2012년까지 이사장직을 수행하여 사무국 업무에 크게 기여해 왔으며, 1997년에 동경센터 실무책임자회의와 지역 간 워크숍을 국내에서 개최한 것 이외에도 2001년에 지역 간 워크숍, 2002년 및 2007년에 실무책임자(WIO) 회의, 2011년에 WANO 이사회 및 후쿠시마 후속조치 특별위원회를 국내에서 개최하였다.

한국수력원자력(주)은 WANO가 INPO와 공유하고 있는 국제온라인 정보교환 체계를 통하여 국내 원전의 주요정보를 제공하고 있으며, 해

외 원전의 주요 운영경험을 입수하여 분석, 평가 후 국내 원전의 성능 향상을 위하여 적극 활용하고 있다.

원전 운영자간 직접적인 기술교류를 위한 WANO 기술교환방문 프로그램에 따라 2006년에는 미국의 TXU 전력사, Comanche Peak 원전을 방문하여 미국원전의 무선통신 사례에 대한 자료 입수, 2007년에는 미국의 Ginna원전, Robinson원전, Brunswick원전 등을 방문하여 화재방호 케이블 관리에 대한 벤치마킹 시행, 2008년에는 일본의 Hamoka 원전을 방문하여 방사성폐기물 이송에 관한 경험을 습득하였고, 2009년에는 미국의 Diablo Canyon 원전, Vogtle 원전, Callaway 원전을 방문하여 증기발생기의 교체 기술 및 PR AFI 벤치마킹에 대한 기술교환을 하였고, 일본의 Genkai 원전을 방문하여 주제어실 디지털화에 대한 기술교류를 하였다. 2010년에는 일본의 Ikata 원전을 방문하여 주제어실 교체에 관한 경험을 벤치마킹 하였고, 2011년에는 스위스의 Beznau 원전을 방문하여 전산화절차서에 대한 기술교류를 하였다. 2012년 9월에는 일본의 관서전력을 방문하여 후쿠시마 후속조치에 관한 경험을 공유하였으며, 2013년 11월에는 미국의 Comanche Peak 원전을 방문하여 미국 원전의 무선통신 사례에 대한 자료를 입수하였다. 2014년 11월에는 독일의 E. ON사를 방문하여 확률론적안전성평가에 대한 벤치마킹을 시행하는 등 2014년 말까지 해외 우수 원전과 총 35회의 기술 교환 방문을 시행하였다.

또한, 2014년도에도 해외 원전에 대한 안전점검단(Peer Review)의 일원으로 참여하여 일본 겐카이 원전, 인도 쿠단쿨롬 원전, 대만 TPC(대만전력공사) 및 중국 CNNC(중국핵공업집단공사) 본사에 대한

Corporate Peer Review 등 4차례의 안전점검을 수행하였다. 이처럼 국내 원전 운영기술의 우수성을 해외에 알리는 해외 원전 안전점검단에 2014년 말까지 101회에 걸쳐 총 82명이 참가하였다. 2014년 기준으로 한국수력원자력(주)의 4명의 주재원이 WANO 동경센터에서 1명의 주재원이 런던본부에서 근무하고 있다.

5. 해외원전 소유자그룹(Owners Group)과의 협력

한국수력원자력(주)은 3개의 소유자그룹(PWROG, COG, FROG)에 가입하여, 회원사간 운영경험 등 기술정보 교환, 우수 회원사 원전과의 벤치마킹, 관련 기술회의 및 세미나 참여, 각종 인허가 사항에 대한 공통사항 해결을 위한 공동 프로그램 추진 등으로 국내 원전의 신뢰성을 향상시키는데 노력하고 있다.

매년 각 소유자그룹의 운영위원회 또는 연차회의에 참석하여 최신 해외원전 운영현안사항을 파악하여 국내원전의 운영능력 향상에 큰 기여를 하고 있다. 2013년 5월에는 COG 연차회의를 월성에서 개최하였고, 4월과 10월에는 FROG 운영위원회에 참석하였다. 특히, 2014년 8월에는 후쿠시마 원전사고 이후 각국의 규제강화 현황과 원전운영사의 대응전략의 공유를 통해 국내 원전의 안전성과 신뢰성 향상을 도모하고자 한수원-PWROG 기술교류회의를 서울에서 개최하였다.

6. 기타 해외 원자력관련 기관과의 협력

2015년 6월 현재, 한국수력원자력(주)은 해외 기관들과 24개의 유

효한 협력협정을 바탕으로 정기 기술회의 개최, 인력 및 자료교류를 통하여 원자력분야의 상호 협력관계를 활발히 하고 있으며, 해외 원전 과도 발전소간 기술협력 협정을 체결하여 발전소 운영을 통해 얻은 경험을 상호 교환함으로써 원전의 안전운전에 기여하고 있다.

또한 미국원자력발전협회(INPO), 세계원전사업자협회(WANO), 해외원전 소유자그룹(OG) 이외에도 미국원자력협회(NEI), 세계원자력협회(WNA)에도 가입하여 해외 원자력정책 등 기술정보 교류를 통해 국내 원자력산업의 향상을 아울러 도모하고 있다.

〈표 8-4〉 원자력관련 협정 체결 현황

협력기관	주요협력사항	체결일자
중국친산원전 3단계	운영 및 정비분야 기술자문 및 지원	'03.06.24
프랑스전력공사(EDF)	원전 운영관련 제반 기술정보	'04.02.09
일본 RWMC (Radioactive Waste Management Funding & Research Center)	원전수거물관련 연구자료 확보 및 기술(정보) 교환	'04.10.20
미국 APS사	원전 운영관련 제반 기술정보	'06.11.29
우크라이나 에네르고아톰사	원전사업 공동협력	'07.09.10
미국 SRNL사	방사성폐기물 안정화를 위한 유리화기술 개발	'08.03.13
미국전력연구소(EPRI)	현장 기술지원, 공동 연구 및 기술혁신 결과물 공유	'08.09.15
미국 SANDIA 국립연구소 (Sandia National Laboratories)	방폐물 처분, 사용후연료 저장 및 방폐물 관리 기술 교류	'08.09.16
중수로형 원전 소유자그룹(COG)	중수로 제여용전산기 장기지원협약 참여	'08.09.20

협력기관	주요협력사항	체결일자
세계원자력협회(WNA)	세계 원자력산업 확대와 이용 증진을 위해 협력	'09.09.09
국제원자력기구(IAEA)	원자력 기술 개발, 원전 안전성 및 운영 능력 향성을 위한 협력	'09.10.28
UAE원자력공사(ENEC)	BNPP 보안시스템 구축 지원	'09.12.27
UAE원자력공사(ENEC)	BNPP 방재시스템 구축 지원	'09.12.27
미국 웨스팅하우스(WEC)	사업협력협정	'10.03.23
프랑스 Areva	후쿠시마 관련 공동노력	'11.05.01
러시아RADON	가연성폐기물플라즈마용융 및 용융물 관련 기술 협력	'11.10.31
중국CNNC	원자력 안전, 건설, 핵연료주기, R&D	'12.03.22
미국 엑셀론	인력·기술교류, 공동R&D	'12.03.22
중국CNNP	원전안전분야 협력	'14.04.18
일본 간사이전력	원전운영관련제반기술정보	'14.04.21
캐나다 Bruce Power	중수로원전의 운전, 설비개선 기술지원협정(TAA) 개발 및 이행	'15.04.28
캐나다 Ontario Power Generation	중수로원전 연료관 R&D 프로그램 및 연료 수명평가	'15.04.28

7. 국가 간 원자력 협력

1956년 한·미 원자력협력협정 체결에서 시작된 우리나라의 국가 간 원자력 국제협력은 2015년 6월 현재 29개국(미국, 캐나다, 프랑스, 호주, 독일, 스페인, 일본, 러시아, 영국, 중국, 아르헨티나, 베트남, 터키, 벨기에, 체코, 브라질, 우크라이나, 이집트, 칠레, 루마니아, 카자흐스탄, 인도네시아, 요르단, UAE, 남아프리카공화국, 인도, 사우디아라비아, 멕시코, 헝가리)과 양국 간 원자력 협력협정을 체결하여 핵무기 비확산을 주축으로 하는 원자력의 평화적 이용개발 협력체계를

유지하고 있다. 미국과의 원자력협력협정은 2016년 3월 만료될 예정으로, 2015년 6월 현재 양국간 개정협상이 완료되어 현행 협력협정을 대체하기 위한 마지막 절차가 진행 중에 있다.

국가 간 협력에서 중심적인 협력 형태는 매년 혹은 격년 주기로 양국에서 교대로 개최되는 원자력공동조정위원회(명칭은 국가마다 조금씩 다름)이며, 미국, 프랑스, 캐나다, 호주, 일본, 러시아, 영국, 중국, 베트남, 칠레, 태국, 카자흐스탄, 남아공 등 13개국원자력공동조정위원회를 개최하고 있다. 일반적으로 양국 간 공동조정위원회에서는 정책의제와 기술협력의제가 협의되는데, 정책의제에서는 양국의 원자력 정책과 주요 현안 등을 협의하고 기술협력의제에서는 인력교류, 공동연구 등 구체적인 협력 사안이 협의되고 있다. 공동조정위원회 이외의 국가 간 협력은 양국 정부 고위관계자 방문, 기술조사단 파견 등이 있다.

우리나라의 국가 간 원자력협력의 목적은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫째, 원자력 수출기반 조성을 위한 개도국과의 기술교류 확대이다. 우리나라가 원자력협력협정을 체결한 국가와 공동조정위원회 개최국을 보면 원자력 도입기인 70~80년대에는 선진국에 집중되어 있으나, 90년대 이후에는 협력 대상국이 동남아, 아프리카, 동유럽, 남미지역 등으로 확대되고 있음을 알 수 있다. 즉, 개도국과 협력협정 체결을 통해 공동조정위원회를 개최하거나 기술조사단 파견, 대상국 고위관계자 초청, 기술설명회, 원전도입 타당성 공동조사 등을 통해 우리 기술의 우수성 홍보 및 해외 진출여건을 조성하는 것이 국가 간 협력의 중요한 목표이다. 둘째, 원자력 기술 선진화를 위한 선진국과의 기술 협력 강화이다. 90년대 이후 개도국과의 협력이 강조되면서

선진국과의 협력 중요성이 상대적으로 약화되기는 하였으나 미국, 캐나다, 프랑스 등 우리나라가 원전을 도입한 국가와 공동조정위원회 개최 등을 통해 원자력정책 및 인력기술 교류, 공동연구 등을 지속적으로 추진하고 있다.

가. 미국

우리나라와 미국의 원자력 협력은 1956년 2월 3일『원자력의 비군사적 사용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부 간의 협력을 위한 협정』체결로 시작되어 1968년 1월 5일『안전조치 적용에 관한 국제원자력기구, 대한민국 정부 및 아메리카합중국 정부간의 협정』체결, 1973년 3월 19일『원자력의 민간이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부간의 협력을 위한 협정』체결, 1976년 8월 한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치를 위한 각서 교환, 1995년 6월 과학기술부와 미국 원자력규제위원회간 원자력안전 기술정보 교환 약정 체결 그리고 1996년 6월 과학기술부와 미국 에너지부간 산하 연구기관 간 협력 양해각서를 체결하였다.

1976년 8월 원자력의 평화적 이용 및 에너지 연구·개발 등 양국 간의 원자력 분야 기술·경제적 협력 촉진을 위한 한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치를 위한 각서 교환을 근거로 하여 1977년 7월 서울에서 제1차 회의 이후 매년 정례적으로 양국에서 교대로 회의를 개최하고 있으며 2008년 10월 서울에서 열린 제29차 회의에서는 한·미 원자력협력협정의 개정 방안, 세계원자력파트너십(GNEP) 활동, 유엔안보리 결의 1540 이행을 위한 IAEA 활동 등의 의제를 논의하

였다. 2014년 하반기에는 서울에서 제33차 한미 공동상설위원회를 개최하였고, 2015년 하반기에는 워싱턴 DC에서 제34차 한미공동상설위원회를 개최할 예정이다.

나. 프랑스

우리나라와 프랑스의 원자력협력은 1974년 10월 19일 『대한민국 정부와 프랑스 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정('81년 협정으로 대치)』 체결, 1975년 9월 22일 『국제원자력기구, 대한민국 정부 및 프랑스 정부 간의 안전조치 적용을 위한 협정』을 체결하면서 협력이 시작되었다. 또한, 1982년 2월 18일 『한·불 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 약정』 및 『원자력 안전규제분야의 기술정보교환 및 협력을 위한 약정』이 체결되면서 긴밀한 협력관계가 시작되었다.

『한·불 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 약정』을 근거로 하여 양국 간 공동조정위원회가 1982년 2월 파리에서 1차 회의가 개최된 이후 2008년 제18차 회의까지 매년 정례적으로 양국에서 교대로 회의를 개최하였다. 2008년 4월 서울에서 열린 제18차 회의에서는 양국의 원자력 현황을 소개하고, 양국 간 원자력협력현황 및 발전방향을 모색하는 등 정책적 지원방안을 협의함과 아울러 양국 연구기관 간 추진 중인 연구협력과제의 이행상황을 점검하고 연구협력 강화방안을 협의하였다. 2010년에는 프랑스 파리에서 제19차 회의가 열렸고, 2012년 7월 4일부터 5일까지 양일간 서울에서 제20차 회의가 개최되었다. 이 회의에서 다양한 정책의제와 기술협력의제가 논의되었다.

우리나라는 프랑스로부터 한울 원전 1·2호기(1985년, 1989년 가

동), 조사후시험시설 및 방사성폐기물 처리시설(1978년 가동) 등을 도입하였다.

2009년 6월에는 프랑스 AREVA사와 GB-Ⅱ 우라늄 농축공장 지분 참여 계약을 체결하였다. 원심분리 방식의 GB-Ⅱ 공장은 2006년 9월에 건설을 시작하여 2009년 하반기부터 본격적인 가동에 들어갔다. 지분참여를 통해서 우리나라는 향후 비상시에 농축 우라늄을 우선 공급받을 수 있게 되었다.

2014년 7월에는 프랑스 파리에서 제21차 원자력 공동위원회를 개최하였고 2016년 상반기에 제22차 원자력공동위원회를 개최할 예정이다.

다. 영국

우리나라와 영국은 1991년 11월 양국 간 원자력협력협정을 체결하여 한·영 원자력협의회를 통해 양국 간 협력사항을 논의하고 있으며, 양국 간 제6차 원자력협의회가 1999년 6월 영국 런던에서 개최되었다. 본 협의회에서는 영국의 주요 원자력정책, 우리나라의 IAEA 지명 이사국 진출 및 KEDO에서의 협력, 원자력안전 정보교환 등 정책의제와 후행 핵주기 정책연구 협력, 싸이클로트론을 이용한 RI이용 협력, 원자력안전 규제기관 간 정보교류 등의 기술협력의제가 토의되었다.

2014년 7월에는 원전 해체 관련 제1차 원자력 협력 세미나가 영국 런던에서 열렸다.

라. 러시아

우리나라와 러시아의 원자력협력은 1988년 4월 러시아가 우리나라에 중수와 우라늄 등 핵물질 공급의사를 피력하면서 시작되어 1990년

5월에 한전과 팜코 간에 원전연료 구입 계약을 체결하여 실질적인 협력이 시작되었다. 1990년 12월 14일『대한민국 과학기술부와 소련 원자력부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 의정서』가 체결되었으며, 1999년 5월 28일 원자력협력의정서를 원자력협력협정으로 격상하여『대한민국 정부와 러시아연방 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력 협정』을 체결('99. 10. 8일 발효)하였다.

1990년 체결된 협력의정서에 근거하여 1991년 3월 제1차 양국 간 원자력공동조정위원회가 개최되었으며, 1995년 제4차 회의가 모스크바에서 개최되었다. 이후 약 5년간 원자력공동위원회가 개최되지 못하다가 1999년 양국 간 원자력협력협정이 체결되면서 2000년 제5차 대회부터 다시 개최되기 시작하여 꾸준히 양국 간 협력의제를 논의해오고 있다.

2015년 6월에는 서울에서 제17차 원자력공동조정위원회가 개최되었고 2016년 하반기에는 러시아에서 제18차 원자력공동조정위원회를 개최할 예정이다.

한국수력원자력(주)은 러시아 원전연료주식회사인 Tenex사와 2006년부터 2015년까지 595톤의 우라늄(6억 달러 규모)을 도입하는 계약을 2004년 12월에 체결하였다. 한국전력, 대한광업진흥공사, LG상사로 구성된 한국 컨소시엄은 러시아 국영우라늄 회사인 ARMZ사와 러시아 우라늄광 공동개발을 위한 양해각서(MOU)를 2008년 9월에 체결하였다.

마. 일본

우리나라와 일본의 원자력협력은 1990년 5월 한·일 정상회담 개최

시 양국 외무부장관 간 『원자력의 평화적 이용을 위한 협력각서』를 서명·교환함으로써 시작되어 1991년 2월 MOST/METI간 원자력안전 안전규제 협력약정 교환 및 1991년 12월 MOST/STA간 원자력안전 협력약정을 체결하였다.

1990년 5월 정부 간 체결된 협력각서 제4조에 근거하여 제1차 양국 간 원자력협의회가 1990년 11월 서울에서 개최된 이후 2002년 8월 제8차 회의까지 개최하였으며 2008년 12월 제9차 회의가 개최되었다. 2002년 이후 회의 개최가 부진한 것은 일본이 한국을 포함한 주변국가에 대해 원자력안전 협력 쪽에 관심이 많아 실질기술협력에 관심을 두지 않았기 때문이다.

이에 한·일 원자력협의회와는 별도로 양국 간의 실질적인 원자력안전 분야 협력을 강화하기 위하여 한·일 원자력안전회의(MOST-METI/NISA)가 개최되고 있다. 과학기술부(현 교육과학기술부) 주관으로 개최되고 있는 한·일 원자력안전회의는 제7차까지 원자력협의회와 병행하여 개최되다가 제7차 회의에서 일본 측의 제안으로 원자력협의회와는 별도로 회의를 개최하기로 합의하여 제8차('02. 5, 서울), 제9차('04. 2, 동경) 제10차('06. 6, 서울) 회의가 개최되었다. 제10차 회의에서는 방사능 방재분야의 협력 강화를 위한 양국 간 비상통신망 구축과 정기 통신훈련 실시 등에 대해 협의하였다.

일본과는 양자 간 협력 이외에 1990~1999년간 일본 정부 부담으로 동경에서 개최된바 있는 아시아원자력협력회의(ICNCA)를 통한 아시아 지역 9개국이 참여하는 다자간 협력이 있다. ICNCA는 2000년부터 아시아원자력협력포럼(FNCA) 형태로 체제를 변경하여 지금까지 계

속되고 있다.

제1차 원자력안전협약 검토회의 시 3국간 안전협약 검토보고서 상호간 검토 및 인접국간 협력 필요성이 대두되어 안전 분야에서 한·중·일 3자회의 (MOST-NISA-NNSA)가 2차례(1차 : '01. 3 일본 동경, 2차 : '04. 2 일본 동경) 개최된 바 있다.

2010년에는『대한민국 정부와 일본국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정』이 서명되었고, 이 협정이 2012년에 발효되면서, 양국 원자력 분야의 본격적인 협력의 틀을 확립하였다.

바. 중국

양국은 1992년 8월 한·중 외교수립 이후 1994년 10월 중국 이붕 총리 방한 시 양국 간 원자력협력협정을 체결(외무부장관/국가계획위 주임)하고 1994년 12월 원자력안전협력 의정서를 체결(과기처차관/국가핵안전국장)하여 원자력협력의 기반을 마련하였다.

1999년 10월 한·중 원자력공동위 설치·운영을 위한『과기부와 중국원자능기구(CAEA)간 원자력의 평화적 이용 협력에 관한 약정』을 체결하여 2000년부터 양국 간 원자력공동위원회를 개최하고 있으며 2007년 10월 북경에서 개최된 제8차 본회의에서는 양국은 원자력발전을 포함한 원자력분야 전반에서 협력을 확대한다는데 인식을 같이하고 특히 원자력 안전, 원자력이용 수소생산 연구 등 분야에 대해서 적극 협력키로 합의했다.

2015년 5월에는 서울에서 제12차 한중 원자력공동위원회를 개최하였다. 2016년에는 중국에서 제13차 한중 원자력공동위원회가 개최될

예정이다.

중국과의 정부 간 협력은 원자력공동위원회 외에도 한중투자협력위원회(6차, 2009년 베이징), 경제장관회의(8차, 2008년 서울), 한중원전기술포럼(2차, 2007년 상해) 등의 다양한 형태로 이루어지고 있다. 특히 2005년 서울에서 개최된 1차 한중원전기술 포럼에 이어서 제2차 대회가 2007년 4월 중국 상해에서 개최되어 양국의 정부 및 민간 원자력계 핵심인사가 대거 참여하여 양국 간 원전건설 기술인력 교류, 정례적 협력 채널신설 등 구체적인 협력방안을 논의하였다. 특히 2차 대회와 동시에 개최된 7차 상해핵공업전람회에서 한국은 APR1400 및 OPR1000의 우수성을 홍보하여 중국 진출기반을 다지는 계기가 되었다.

사. 캐나다

우리나라와 캐나다의 협력은 1975년 1월 한전과 캐나다 원자력공사(AECL)간에 CANDU형 원자로인 월성 1호기 공급계약을 체결하면서 시작되었다. 이후 1976년 1월 양국 정부 간 『원자력의 평화적 이용 및 응용을 위한 협력협정』의 체결로 정부 간 원자력협력이 개시되었으며 1982년 9월에는 과학기술부와 캐나다 원자력위원회 간 『핵물질 연례보고 합의각서 및 핵 규제 정보교환 약정』을 체결하였다.

양국은 효율적인 원자력협력 추진을 위하여 1983년 4월 『한·카 원자력 공동조정위원회 설치·운영에 관한 양해각서』(외무부/동력광산자원성 : 현재 천연자원성)를 서명하였으며, 이를 근거로 1983년 4월 제1차 양국 간 원자력공동조정위원회를 서울에서 개최하였으며 2001년 6월 서울에서 개최된 제17차 원자력공동조정위원회에서는 한·카

원자력협력협정 개정문제와 연료 및 중수로관련 기술협력 등의 의제를 서로 협의하였다.

또한, 원자력 이용 개발 분야 협력과는 별도로 원자력 안전·규제분야 정보교환, 공동연구, 상호 관심분야 등을 협의하기 위하여 1998년 10월 과학기술부와 캐나다 원자력안전위원회간에 『원자력안전규제 협력을 위한 각서』를 교환하여 "MOST-CNSC 원자력안전협의회"가 공동조정위원회와 별도로 개최될 수 있는 근거를 마련하였으며, 이후 제1차 회의('99. 3, 서울) 및 제2차 회의('02.12, 오타와)가 개최되었다.

우리나라는 캐나다로부터 70년대 중반부터 중수형 원자로를 도입하여 현재 월성에 4개 호기가 가동 중이며, 이중 월성 1호기는 설계수명이 도달하여 AECL을 주계약자로 하여 2011년 7월 원자로 압력관 교체를 완료하고 2015년 2월 재가동 승인을 받아 2015년 6월부터 계속운전 중에 있다.

아. 베트남

우리나라와 베트남과의 공식적인 협력은 1996년 11월 양국 간 『원자력의 평화적 이용에 관한 연구에 있어서 협력을 위한 협정』을 체결하면서 시작되었다. 이후 베트남 원전정책결정 고위직 방한 등 양국 대표단의 지속적인 상호방문을 통해 협력이 진행되었으며, 2002년 2월 양국 과학기술부 간에 『원자력 관련 기관 간 협력을 위한 약정』이 서명되었다. 양국은 상기 협력협정 및 약정에 근거하여 2002년부터 양국 간 원자력협력협의회를 개최하여 2008년 10월(서울) 제5차 대회를 개최하였다. 이 대회에서는 원자력 인력양성, 연구로 기술협력, 의학적 이용협력

등 9개 기술협력의제에 대한 협의가 진행되었다. 한편, 양국 정부는 2006년 11월 하노이에서 개최된 APEC 정상회의 기간 중 "베트남 원자력개발 협력약정" 및 "원전기기 국산화 협력 양해각서"를 체결하였다.

베트남은 90년대 중반부터 원자력발전소 도입에 대해 검토하고 있으며, 우리 정부는 우리 원전의 베트남 진출을 위해 다각적인 노력을 경주하고 있다.

2002년 11월 한·베트남 정부간 『원전도입 협력 양해각서』를 체결하였으며, 2002년 12월부터 2004년 4월까지 한국수력원자력(주)와 베트남 산업부 간에 『베트남 원전도입 정책과제 및 기술자립방안 공동수행』 연구 과제를 수행하였다. 또한, 2005년 4월 체결한 "한-베트남 원자력 인력양성 협력 양해각서"를 바탕으로 한국수력원자력(주)은 KOPEC, KAERI, KINS 및 KAIST와 공동으로 원전 진출기반 조성을 위한 『베트남 인력양성 협력사업』을 2005년부터 2008년까지 수행하였으며, 2006년 양국 간에 체결된 "베트남 원자력개발 협력약정" 및 "원전기기 국산화 협력 양해각서"에 따라 한국전력기술(주), 베트남 기계연구소와 공동으로 2007년 8월부터 2008년 8월까지 베트남 원전기기 국산화 연구를 수행하였다.

2010년 8월에는 제 6차 한·베트남 원자력공동위원회가 하노이에서 개최되었고, 2014년 하반기 서울 개최 예정이다. 2011년 5월 한-베 정부간 "원전개발, 산업기술 및 에너지·자원협력 양해각서"를 체결하였고, 2012년 3월 한국형원전을 베트남에 건설 타당성 검토를 위해 양국 전문가가 실시한 공동연구를 바탕으로 수립된 "원전건설종합계획(OJPP)"이 승인되었다. 또한 그 후속조치로 베트남의 관계 법령과

국제관례에 따르는 범위 내에서 원전개발에 필요한 예비타당성 조사를 공동추진하기로 합의하고, 정부간 "평화적 목적의 베트남 원전개발을 위한 추가협력 약정"을 체결하였다. 2013년 6월, 한-베 정부간 "베트남 원전건설을 위한 예비타당성조사 협약서"를 체결함에 따라 예비타당성조사가 2014년 12월 완료되었다.

자. 호주

우리나라 정부와 호주 정부는 1979년 5월 2일『대한민국 정부와 호주 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 있어서의 협력 및 핵물질 이전에 관한 협정』을 체결하였고, 1983년 11월 25일에는 동 협정에 따른 행정약정을 체결하였다. 양국은 동 협정 제9조에 근거하여『한·호 원자력정책협의회』를 1990년 2월부터 개최하고 있는데, 2002년 7월 개최된 제11차 회의(시드니)에서는 양국 원자력 정책을 소개하고 핵통제 기술협력 등 7개 기술 의제를 협의하였다.

한편, 양국은 에너지·자원분야 협력을 공고히 하기 위해 1980년부터 한·호 자원협력위원회를 설치 운영하고 있으며 제24차 한·호 자원협력위원회가 2008년 11월 서울에서 개최되어 양국 간 우라늄 자원분야 협력을 논의 하였다.

차. 칠레

칠레와의 원자력협력은 1995년 6월 칠레원자력위원회(CCHEN) 위원장이 원자력연구소를 방문하여 신소재 개발, 산업적 이용을 위한 정보 및 기술교환, 일체형원자로 기술개발 협력 등에 관한 ROD 서명으로 시작되었다. 1998년 2월에는 KAERI-CCHEN 간 양해각서가 체결

되었고, 2002년 6월 양국 정부 간 원자력협력협정이 체결되어 정부 간 공식적인 협력이 진행되게 되었다. 양국 간 협정을 근거로 2003년부터 한·칠레 원자력공동위원회를 개최하고 있으며, 2004년 12월 칠레에서 개최된 제2차 회의에서는 사이클로트론, 중소형원자로(SMART) 분야에서 공동연구 수행을 위한 구체적 이행계획을 논의하고 적극 협력하기로 합의하였다.

카. 카자흐스탄

우리나라와 카자흐스탄과의 원자력분야 협력은 2004년 9월 20일 양국 정부간 『한·카자흐 원자력협력협정』이 서명되어 본격적인 협력관계에 들어서게 되었다. 2004년 9월 17일에는 제1차, 2008년 6월 23일에 제2차 한·카자흐스탄 원자력협력협의회를 카자흐스탄에서 개최하여 자원부국인 카자흐스탄과 자원협력위를 설치 운영하여 에너지·자원분야 협력을 공고히 하고 있다.

2006년 9월 열린 제3차 자원협력위원회에서 한국수력원자력(주)은 카자흐스탄의 국영우라늄공사 카자톰프롬사와 우라늄 장기도입 기본합의서를 체결하고 2010년부터 7년간 2,000톤 규모의 우라늄 정광을 도입키로 하였다. 이에 따라 한국수력원자력(주)은 우라늄 매장량이 세계 2위인 카자흐스탄과의 장기도입 합의로 우라늄정광을 안정적으로 확보할 수 있게 되었다.

2009년 11월 서울에서 열린 제5차 자원협력위원회에서 카자흐스탄 측은 우라늄 개발 사업에 한국 기업의 참여를 제안하여 양측은 이 문제를 계속 협의하기로 했다.

타. 인도네시아

우리나라는 인도네시아와의 원자력협력협정 체결을 위하여 1994년 원자력협력협정(안)을 인도네시아 측에 전달하였으며, 그 동안 양국은 협정 문안을 협의하여 왔다. 2003년 9월 인도네시아 측의 제4차 초안을 접수하였고, 지적재산권 부분에 대하여 양국의 이견이 있어 이에 대한 절충안에 합의, 2006년 6월 가서명 후 12월 대통령 인니방문 및 정상회담 시 정식으로 체결하였다. 이에 대한 후속조치로써 인니 원전 도입 준비를 위한 양국 산자부간 원전사업 협력 양해각서를 체결하여 협력 사업을 추진 중에 있다.

또한 한국수력원자력(주)은 2004년 2월 인도네시아 원자력청(BATAN)과 원전건설 공동협력 양해각서를 체결하고 한국표준형원전 진출을 위한 타당성조사를 1, 2단계에 걸쳐 공동 수행하였고, 2005년 12월에는 한전-한국수력원자력-인도네시아 전력공사 간 협력 양해각서를 체결하고 원전건설 준비를 위한 공동연구를 수행하여 2008년 7월 완료한 바 있으며, 2007년 7월에는 인도네시아 대통령 방한 시 에너지 민간기업인 MEDCO Energi International사와 원전사업개발 양해각서를 체결하고 최초원전 도입에 관한 이해와 공감대 확보를 위한 공동협력을 수행하여 2008년 10월 완료하였다.

파. 요르단

2008년 5월 요르단 원자력위원회 위원장이 방한하여 국내 원전산업체를 시찰하고 원전사업을 협의함으로써 요르단과 우리나라의 원자력 분야 협력이 본격적으로 진행되었다. 우리나라도 2008년 5월과 2009

년 1월에 민관합동 대표단을 요르단에 파견하여 요르단 원전산업현황을 조사하였다. 2008년 9월에는 요르단 하원의장 일행이 방한하여 국내 원전산업체를 시찰하였다. 2008년 12월 1일에 우리나라와 요르단은 요르단 국왕의 국빈방한 기간 중에 양국 간 원자력협력협정을 체결하였으며, 현재 한국은 본 협정의 발효 절차가 완료된 상태이며 요르단은 정부 내 발효 절차를 진행 중에 있다.

2009년 3월에 우리나라 국무총리가 요르단을 방문하여 요르단 총리와 요르단 국왕을 면담하고 원전사업을 협의하는 등 한국과 요르단 양국 간 협력이 실질적으로 진행되었다. 2009년 9월에는 한국의 민관 대표단이 요르단을 방문하여 원전사업 추진방안을 협의하였는데, 원전건설을 위한 재원조달 방안, 한-요르단 간 원전건설 협력협정 체결 방안 등을 협의하였다. 2009년 11월에는 한-요르단 간 원전사업 사업기획, 재원조달, 원전기술, 교육훈련 등 분과별 실무그룹 운영을 제의하였다. 요르단은 월리파슨스(Worley Parsons)사와 계약을 체결하여 원전도입 타당성 조사를 진행하고 있는데, 2010년 1월 요르단 원자력위원회는 사전 노형 평가를 위한 기술평가 자료제출을 우리나라에 요청함에 따라 2010년 3월에 관련 자료를 제출하였다.

상업용 원전 추진 이외에도 한국은 국제 경쟁 입찰로 진행된 5 MW 용량의 요르단 연구 및 교육용 원자로 건설 사업수주도 추진하였으며, 2009년 12월에 최우선 협상 대상자로 선정되어 마침내 2010년 3월, 한국 컨소시엄이 요르단 연구 및 교육용 원자로를 수주하였다.

하. UAE

한국과 UAE의 원자력협력은 2003년 9월 제47차 IAEA 총회 시 UAE측이 SMART 분야의 협력을 희망하면서 시작되었으며, 2004년 9월에 한국 MOST와 UAE 아부다비 수전력청은 UAE 원자력 기술인력 양성 지원, 정보교환, 공동협력분야 도출 등을 골자로 하는 양해각서(MOU)를 체결했다.

양국은 2009년 9월에 원자력협력협정을 체결하여 본격적인 협력의 기반을 조성하였다. 2009년 12월에 한전 컨소시엄은 UAE가 국제 경쟁 입찰로 진행한 신규원전 공급계약 수주에 성공하여 2020년까지 APR1400 원전 4기를 공급하게 되었다.

2010년 3월 한전은 UAE 원전의 효과적인 사업관리를 위해 한국수력원자력(주)와 공동사업관리 협정을 체결하였고, 동년 5월에 종합설계용역, 주기기 공급, 시공 및 운영지원에 대한 하도급 계약을 체결하여 사업기반을 공고히 하였다.

2010년 5월 한-UAE 양국수교 30주년을 앞두고 UAE 왕세자 일행이 신고리 3, 4호기 현장 및 두산중공업 현장을 방문하여 한국의 원전시설을 견학하였고, UAE 원전건설을 위한 양국정부간 상호 협력방안을 논의하는 자리를 가졌다.

2011년 3월 이명박 대통령과 UAE 왕세자 및 원전건설 관련 기관 임직원들이 참석한 가운데 브라카 현지에서 UAE 원자력발전소에 대한 건설 기공식을 거행하였다.

한편, 2011년 3월 지식경제부가 개최한 한-UAE 경제협력의 날 행사에서는 한국수력원자력(주)와 UAE 과학기술고등학교(IAT)간에 약

415억원 규모의 'UAE 원자력발전전문학사과정'에 대한 계약이 체결되었으며, 이와 동시에 한국프로젝트경영협회는 아부다비 정부전문기술교육기관인 ACTVET(Abu Dhabi Center for Technical and Vocational Education and Training)와 향후 UAE의 프로젝트경영 기술 진흥을 위한 양해각서를 교환하였다.

2013년 4월, 한국수력원자력(주)은 아부다비지사를 개소하여, 향후 1000여명의 현지파견 인력을 관리하고, 보다 적극적으로 바라카 원전 건설을 지원할 수 있도록 하였다.

또한 2014년 5월 박근혜 대통령과 만수르 부총리 등 UAE 정·관계 인사들이 참여한 가운데 한국형 원자로 설치행사에 참여했으며, 원전 운영 관리를 위해 한수원의 인력을 올해부터 30년까지 1000여명을 파견하는 원전분야 인력 교류를 위한 양해각서(MOU)도 체결하였다.

〈표 8-5〉 한국과 원자력협력협정 체결 현황

국별	협정명	서명일	발효일	상대국 담당부서
미국	원자력의 민간이용에 관한 대한민국 정부와 미합중국 정부간의 협력을 위한 협정	'72.11.24 개정: '74. 5.15	'73. 3.19 개정: '74. 6.26	국무부 (DOS)
캐나다	대한민국 정부와 캐나다 정부간의 평화적 목적을 위한 원자력의 개발 및 응용에 있어서의 협력을 위한 협정	'76. 1.26 개정: '02. 7.10	'76. 1.26 개정: '02. 7.10	원자력통제위원회 (AECB)
스페인	원자력의 평화적 이용을 위한 개발 및 응용에 관한 대한민국 원자력위원회와 스페인 원자력위원회간의 보충 협정	'76.12.10	'76.12.10	원자력위원회 (JEN)
호주	대한민국 정부와 호주 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 있어서의 협력 및 핵물질의 이전에 관한 협정	'79. 5. 2	'79. 5. 2	외무무역부 (DFAT)
벨기에	대한민국 정부와 벨기에 정부간의 핵에너지의 평화적 이용 분야에 있어서의 협력에 관한 협정	'81. 3. 3	'81. 3. 3	외무부

국별	협정명	서명일	발효일	상대국 담당부서
프랑스	대한민국 정부와 불란서 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협정	'81. 4. 4	'81. 4. 4	원자력청 (CEA)
독일	대한민국 정부와 독일연방공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'86. 4.11	'86. 4.11	외무부
영국	원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 대한민국 정부와 영국 정부간의 협정	'91.11.27	'91.11.27	통상산업부 (DTI)
중국	대한민국 정부와 중화인민공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'94.10.31	'95. 2.11	국가과학기술위원회 (SSTC)
아르헨티나	대한민국 정부와 아르헨티나공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정	'96. 9. 9	'97. 9.19	원자력위원회
베트남	대한민국 정부와 베트남사회주의공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 연구에 있어서 협력을 위한 협정	'96.11.20	'97. 1. 6	원자력위원회 (VAEC)
터키	대한민국 정부와 터키공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력 협정	'98.10.26	'99. 6. 4	원자력청 (TARK)
러시아	대한민국 정부와 러시아연방 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력에 관한 협정	'99. 5.28	'99.10. 8	원자력부 (ROSATOM)
브라질	대한민국 정부와 브라질연방공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 1.18	'05. 7.25	과학기술부 (MOST)
체코	대한민국 정부와 체코공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 3.16	'01. 6. 1	산업통상부
우크라이나	대한민국 정부와 우크라이나 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 7.23	'07. 6.11	에너지부 (MOE)
이집트	대한민국 정부와 이집트아랍공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'01. 8.14	'02. 6.24	전력에너지부
칠레	대한민국 정부와 칠레공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'02.11.12	'06. 9. 3	원자력위원회 (CCHEN)
루마니아	대한민국 정부와 루마니아 정부간의 산업 및 연구·개발 분야에서의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'04. 2. 3	'04. 9. 6	경제통상부 (MOEC)
카자흐스탄	대한민국 정부와 카자흐스탄 공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'04. 9.20	–	광물에너지부
인도네시아	대한민국 정부와 인도네시아 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'06. 6. 9	'06.12. 4	연구기술부 (MORT)

국별	협정명	서명일	발효일	상대국 담당부서
요르단	대한민국 정부와 요르단왕국 정부 간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'08.12. 1	'09. 5. 5	원자력위원회(JAEC)
UAE	대한민국 정부와 아랍에미리트연합국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'09. 6. 22	'10. 1.12	외교부
남아프리카공화국	대한민국 정부와 남아프리카공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'10.10. 8	'11. 2.24	에너지부
일본	대한민국 정부와 일본국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'10.12.20	'12. 1.21	외무부
인도	대한민국 정부와 인도공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'11. 7.25	'11.10.12	원자력청
사우디아라비아	대한민국 정부와 사우디아라비아 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'11.11.15	'11.10.12	킹압둘라 원자력재생에너지원
멕시코	대한민국 정부와 멕시코 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'12. 6.17	'13. 7.14	에너지부 국제원자력협력과
헝가리	대한민국 정부와 헝가리 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정	'13.10.18	'14. 1.18	외교부

〈표 8-6〉 양국 간 원자력공동조정위원회 개최현황

국 별	근거 협정	최초 개최년도	최근 개최년도 (개최 횟수)
미 국	한·미 원자력 및 기타 에너지 공동상설위원회 설치를 위한 각서 ('76. 8)	'77. 7 (서울)	'14.10(33차) (서울)
프랑스	대한민국 정부와 프랑스 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력협정 ('82. 2)	'82. 2 (파리)	'14. 7(21차) (파리)
캐나다	한·카 원자력공동조정위원회 설치 및 운영에 관한 양해각서 ('83. 4)	'83. 4 (서울)	'01. 6(17차) (서울)
호 주	대한민국 정부와 호주 정부간의 원자력의 평화적 이용에 있어서의 협력 및 핵물질 이전에 관한 협정 ('79. 5)	'90. 2 (캔버라)	'02. 7(11차) (시드니)

국 별	근거 협정	최초 개최년도	최근 개최년도 (개최 횟수)
일 본	대한민국 정부와 일본 정부간의 원자력의 평화적 이용을 위한 협력각서 ('90. 5)	'90.11 (서울)	'08.12(9차) (서울)
러시아	대한민국 정부와 러시아연방 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력에 관한 협정 ('99. 10)	'91. 3 (서울)	'15. 6(17차) (서울)
영 국	원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 대한민국정부와 영국정부간의 협정 ('91. 11)	'92. 5 (런던)	'99. 6(6차) (런던)
중 국	대한민국 과학기술부와 중국원자능기구간 원자력의 평화적 이용 협력에 관한 약정 ('99. 10)	'00.11 (서울)	'15.5(12차) (서울)
베트남	대한민국 과학기술부와 베트남 과학기술부간의 원자력 관련기관간 협력을 위한 약정 ('02. 2)	'02. 7 (하노이)	'10. 8(6차) (하노이)
칠 레	대한민국 정부와 칠레 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정 ('02. 6)	'03.11 (서울)	'04.12(2차) (산티아고)
태 국	과기부 원자력국과 태국 원자력청간의 원자력 협력을 위한 양해각서 ('04. 3)	'04. 3 (방콕)	'07. 8(3차) (방콕)
카자흐스탄	대한민국 정부와 카자흐스탄공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정 ('04. 9)	'04. 9 (아스타나)	'09.11(3차) (서울)
남아프리카공화국	대한민국 정부와 남아프리카공화국 정부간의 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 위한 협정 ('10.10)	'11. 7 (프레토리아)	'11. 7 (프레토리아)

02 해외사업 진출

한국전력공사 해외원전개발처 원전수출전략실장 황수돈

제1절 개요

2011년 후쿠시마 사고로 세계 각국은 자국 원자력 정책을 전면 재검토하였고 그 중 독일, 스위스, 벨기에는 탈 원전을 결정하였다. 그러나 세계 에너지 수요의 지속적 증가와 온실가스 감축, 에너지안보 등을 종합적으로 고려해 볼 때 원전의 역할은 갈수록 그 중요성이 커지고 있고 신규원전 수요는 꾸준히 증가할 것으로 전망되고 있다.

미국의 경우 새로운 에너지원인 셰일가스 등장에도 불구하고 발전단가가 저렴하고 CO_2 배출이 적어 친환경적이며 신규원전건설로 인한 일자리 창출 등 원자력에 대한 긍정적 인식이 높아지고 있는 상황이며 현재 5기가 건설 중에 있고 5기는 계획 중에 있다. 일본의 경우 후쿠시마 원전사고 이후 원전 Zero정책을 표명하였지만, 2015년 8월 11일 센다이 원전 1호기가 재가동되면서 23개월 만에 '원전 가동제로'가 중단되었고, 2030년까지 총발전량 가운데 20~22% 정도를 원전으로 채우겠다고 발표하였다. 아시아(터키, 인도네시아), 동유럽(폴란드, 체코), 중동·아프리카(사우디아라비아, 요르단, 이집트, 남아공) 등 개발도상국들은 경제성장으로 향후 전력수요가 급증 할 것으로 예상됨에 따라 신규원전 계획 및 건설을 본격 추진하고 있다.

이러한 시장상황에서 주요 원전 수출 경쟁국들은 원전도입국에 지

사를 설립하고 원자력 전문가 육성, 연구지원 등 정부와 산업계가 합동으로 원전세일즈에 힘을 쏟으며 전방위적인 원전 수주활동을 전개하고 있다. 러시아의 경우 정상외교, 금융지원, 협력패키지 제공 등 강력한 정부지원 하에 독보적인 수주실적을 기록하고 있다. 중국의 경우 해외 수출을 위한 독자노형(Hualong 1)을 개발하고 "차이나 스탠다드 세계화"를 외치며 세계 일류 브랜드로 육성하기 위해 노력을 배가하고 있다. 또한 중국정부는 2015년 1월 원전과 고속철도를 핵심 수출과제로 선정하고 국영 원전기업간 통합을 추진하고 있는 등 강력한 경쟁상대로 부상하고 있다. 아울러 경쟁사들도 기업간 M&A(Toshiba-WEC) 및 전략적 제휴(Areva-Mitsubishi, GE-Hitachi, SPIC-WEC 등)를 통해 원전수주를 위해 총력을 다하고 있다.

한편, 우리나라는 지난 40여 년간 축적된 원전 건설 노하우를 바탕으로 한전이 주축이 되어 2009년 12월 UAE에 한국형 원전 APR1400 총 4기를 수출하였다. 한전은 제 2원전사업 수주를 위해 한국의 기술력에 대한 세계적인 이목이 집중되어 있는 UAE원전사업을 성공적으로 완수하여 후속원전 수주 마케팅 전략으로 적극 활용할 예정이다. 또한, 독자적 마케팅 한계극복을 위해 외국기업과 전략적 파트너십을 강화하여 제 3국 공동진출 방안을 모색하고 국제 금융기관과 전략적 제휴를 통해 원전 수출금융 경쟁력을 강화해 나갈 예정이다. 또한, 한전은 국가별 Needs를 충족시키는 맞춤형 패키지 전략을 추진하고 있으며, 정부와 긴밀한 공조 아래 우수한 Supply Chain을 최대한 활용하여 후속원전 수주를 위해 입체적인 수주활동을 전개해 나가고 있다.

제2절 아랍에미리트 원전건설 현황

1. UAE 원전사업 개요

UAE 정부는 총 전력 수요가 2020년까지 약 40,000MW로 증가될 것으로 예상됨에 따라 미래 전력 수요에 맞추어 아부다비 서쪽지역에 5,600MW 규모의 원전을 국제 공개경쟁 입찰방식으로 발주하였으며, KEPCO와 에미리트원자력공사(Emirates Nuclear Energy Corporation, ENEC)는 2009년 12월 27일 주계약을 체결하였다. UAE에 최초로 건설되는 원전은 2017년 5월 1일 첫 호기 준공을 시작으로 2020년 5월 1일까지 매년 1기씩 총 4기의 APR1400이 건설될 예정이다.

〈표 1〉 UAE 원전사업 개요

사업 규모	한국형 원전 APR1400 4기 건설 (5,600㎿)	
계약 범위	■ 원전(1,400㎿) 4기 건설(EPC) ■ 핵연료 공급(초기 및 2주기 교체) ■ 운영지원	
사업/입찰 방식	턴키계약/국제 공개경쟁 입찰	
준공 목표	1호기('17.5.1), 2호기('18.5.1) 3호기('19.5.1), 4호기('20.5.1)	

아부다비 서쪽 약 270km
바라카(Barakah) 지역

건국 이후 최초의 해외 원전 수출이라는 대역사의 장을 연 KEPCO는 UAE 명품 원전 건설을 위해 주계약자인 KEPCO를 중심으로 한국수력원자력(주), 한국전력기술(주), 한전원자력연료(주), 한전KPS(주), 두산중공업(주), 현대건설, 삼성물산 등 전력그룹사 및 협력사가 각각의 역할을 분담하여 사업을 진행하고 있다.

〈그림 1〉 UAE 원전사업 추진체계

2. UAE 원전사업 주요일정

구 분	주요 추진 사항	추진일정
사업 착수	•UAE 원전건설사업 계약 서명	'09. 12. 27
건설허가 취득	•부지조사 착수	'10. 4. 3
	•1호기 건설허가 취득	'12. 7. 17
건 설	•기초 굴착	'12. 4. 1
	•1호기 최초 콘크리트 타설	'12. 7. 18
1호기 원자로 설치	•1호기 원자로 설치	'14. 5. 20
	•1호기 발전소 전원가압(加壓)	'15. 4. 1
	•1호기 원자로 상온수압(水壓)시험	'16. 2. 1
1호기 핵연료 장전	•1호기 핵연료 장전	'16. 10. 1
1호기 준공	•1호기 준공	'17. 5. 1

3. UAE 원전 건설 현황

KEPCO는 본격적인 본공사 준비를 알리는 기공식을 2011년 3월 14일 바라카 원전 부지에서 한-UAE 양국 정상이 참석한 가운데 거행하여 명품 UAE 원전 건설의 첫 단계를 시작하였으며, 2012년 11월 21일 UAE 원전 본공사 착공 기념행사(Commemoration of the Initiation of Nuclear Construction)를 개최하였다.

UAE 원전은 2009년 착공 이후 2012년에는 UAE 원자력 규제기관인 FANR(Federal Authority for Nuclear Regulation)로부터 1, 2호기 건설허가를 취득하여 1호기 최초 콘크리트 타설을 완료하였다. 2013년에는 1호기 격납건물 철판 설치 및 2호기 최초 콘크리트 타설 등 본관공사를 본격적으로 진행하였으며, 2014년에는 1호기 원자로 및 증기발생기 설치 및 3, 4호기 건설허가를 취득하였다. 2015년 현재 KEPCO를 포함한 한국인 2,500여명과 외국인 15,500여명 등 총 18,000여명의 건설인력이 2017년 5월 첫 호기 준공목표 달성을 위해 구슬땀을 흘리고 있다.

1호기는 2012년 7월 원자로건물 최초 콘크리트 타설 착수 이후 2014년 5월에 원자로 설치를 완료하고 2015년 4월 초기전원가압 후 2016년 2월 상온수압시험을 위한 시운전 업무를 수행 중이다. 2호기는 2013년 3월 원자로건물 최초 콘크리트 타설 착수 이후 2015년 6월 원자로 설치를 완료하고 기기설치공사를 수행 중이며, 3호기는 2014년 9월 원자로건물 최초 콘크리트 타설 착수 이후 구조물공사를 수행 중이며, 4호기는 2015년 7월 원자로건물 최초 콘크리트를 타설하였다.

발전소 건설을 위한 취수구 준설, 가물막이, 방파제 및 현장 공사용

물양장 등 해상 공사는 UAE 현지 해상 전문업체인 NMDC(National Marine Dredging Company)와 직접 계약을 체결하여 2011년 말 가물막이 공사, 2013년 초 준설공사를 완료하였다.

UAE 원전 건설현장의 발전소 부대시설로는 콘크리트 생산설비, 본공사용 가공장 및 창고 등 54개 시설 총 106동과 주 건설사무소 등 사무용 건물 총 11동, 직원 숙소 37동 등 총 62동의 숙소건물을 운영중에 있으며, 2014년 3월에는 ADB(Administration Building) 및 STC(Simulator Training Center), 10월에는 O&M(Operation & Maintenance) 건설을 완료하였다.

원자로(Reactor)와 증기발생기(Steam Generator)를 포함한 주요 기자재의 제작은 2010년에 착수하여 현재 계획대로 진행 중에 있다. 2012년 11월 주기기 첫 납품 품목인 1호기 Gas Stripper가 UAE 건설현장에 납품되었고, 2호기 원자로는 한국에서 2015년 4월 선적되어 6월 설치 완료되었다. 3, 4호기 주요 기자재는 1, 2호기 때 취득한 제작허가를 바탕으로 2012년 5월 증기발생기의 첫 주조를 시작으로 제작에 착수하였으며, 2016년 납품 될 계획이다.

4. 향후 공사추진계획

KEPCO는 주계약자로서 업무의 효율성과 신속한 의사 결정을 위해 컨트롤 타워 역할을 수행하고 있으며, UAE 규제기관으로부터 1~4호기 건설허가를 취득하고 해상 구조물 및 부대공사를 계획공정대로 수행함으로써 2015년 5월말 기준 1~4호기 종합공정 달성률이 계획대비 100.45%로 UAE 원전 건설공사를 본 궤도에 올려놓았다.

이를 바탕으로 2017년 5월 1일 첫 호기 준공 목표 달성을 위해 2016년 2월에는 1호기 상온수압시험, 10월에는 1호기 연료장전이 수행될 예정이다.

제3절 국가별 해외사업 추진현황

1. 이집트 원전사업

이집트 정부는 1976년에 전력에너지부 산하에 원자력발전청(NPPA)을 설립하고 신규 원전건설을 추진하였으나, 체르노빌 원전사고(1986) 이후 원전 개발을 전면 중단하였다. 그러나 2007년부터 원전사업 개발을 재착수하여 원전 규제기관 및 연구기관 등 조직을 재편성하였고, 2010년 8월에 지중해 연안의 El-Dabaa를 원전부지로 선정하였다. 이집트 정부는 Worley Parsons사와 컨설팅 계약 후, 2011년 2월경에 신규원전 건설을 위한 입찰안내서를 발행할 계획이었으나, 2011년도 이집트 민주화혁명 및 후쿠시마 원전사고 여파로 발급되지 못하였으며, 정치적 과도기 및 경제 불안정으로 신규원전입찰이 계속 지연되어 왔다. 그러나, 2014년 6월 새롭게 당선된 엘시시 이집트 대통령은 제 2수에즈 운하건설과 더불어 원전사업을 적극 추진하고 있으며 이집트 전력신재생에너지부는 2015년 초 이집트 최초 원전건설을 위해 한국, 러시아, 중국, 프랑스, 미국을 대상으로 사업 참여를 요청하였다.

한국은 2001년 6월 이집트와 원자력협력협정을 체결하였으며, 2013년 5월 한국 산업부와 이집트 전력신재생에너부간 원자력발전 개발협력 양해각서(MOU)를 체결한 뒤 원전 협력 기반구축 사업을 지속

적으로 진행하였으며 2014년 11월, 국무총리가 이집트를 방문하여 이집트 대통령 및 총리 면담시 이집트원전 사업제안서 제출에 합의하였다. 또한 이집트가 2015년 2월 한국에 원전정보 요청서(RFI)를 요청함에 따라, 한전은 2015년 3월에 이집트 원전산업 기본제안서와 원전정보 요청 답변서를 제출하였고, 5월에는 El-Dabaa 건설예정 부지를 방문하였으며, 7월에는 한국원전의 강점 및 APR1400 설계특성, 현지화, 인력양성, 사업비, 재원조달 등 이집트 Needs에 맞춘 원전사업 상세제안서를 제출하였다. 한전은 상세제안서 검토결과 협의, 이집트 원전사업 고위관계자 및 기자단 초청 등을 통해 양국간 원전협력을 강화하는 등 제 2원전 수주활동을 지속적으로 전개해 나갈 예정이다.

2. 베트남 원전사업

베트남은 급속한 전력수요 증가 및 화석 연료 고갈에 대비하여 원전 도입의 필요성을 인식하고 원전사업을 지속적으로 육성하고 있다. 2014년 말 기준 베트남 발전설비 용량은 약 32,260MW이며 매년 전력수요가 약 10% 증가될 예정으로 향후 5년 후에는 현 발전설비 용량 대비 약 2배 이상 확충이 필요할 것으로 전망된다.

베트남은 원전도입을 위해 1976년 '베트남원자력위원회(VAEC)'를 설립하고, 1994년 원전건설 가능성에 대한 연구, 검토를 착수하였으며, 1999년 정부 차원의 원전 건설계획을 결정했다. 그 후 원자력발전소 개발연구에 관한 위원회를 2002년에 발족하여 2020년까지 평화적 목적의 원자력 에너지 사용전략 실행 및 최초의 원전건설을 위한 예비 타당성

조사를 수행했으며, 2006년 1월 원자력의 평화적 이용 전략에 관해 총리결정으로 2007년 전략집행을 위한 Master Plan을 수립하였다.

당초 2017년경 신규 원전도입을 목표로 기초조사, 예비 타당성조사 완료 등 많은 준비를 해왔지만, 국회 및 공산당의 검토와 승인지연, 재원조달 곤란, 대국민 홍보 강화, 원자력 법률체계 정비 등의 이유로 첫 원자력발전소 운전시기를 2020년으로 재조정하고, 최초 원자력발전소 도입시기 재조정에 따라 2025년까지의 '전력수급계획(제6차 장기 전원개발 마스터플랜)'도 2007년 2월에 부분 수정하였다.

베트남은 2030년까지 원전 설비용량을 총발전 설비의 10%인 10,700MW로 확충하는 제7차 국가전원개발계획을 2011년 7월 발표하였으나, 경제성장률 및 전력수요 감소에 따라 2016년 초 발행 목표로 제7차 국가전원개발계획을 개정중에 있는 것으로 알려져 있다.

베트남 정부는 국가 간 정치적 이해관계, 경제적 지원 등을 고려하여 원전 수출국 정부와의 합의를 통한 수의계약 방식으로 원전도입을 추진 중에 있으며, 특히 경제·산업분야 협력을 바탕으로 러시아, 일본과의 원전건설 사업을 추진하여 2010년 10월 러시아와 정부 간 협정을 체결하였고, 일본을 우선 협상대상자로 선정하고 닌투안성 푸억딘(Phuoc Dinh) 및 빈하이(Vinh Hai)지역의 신규원전 건설에 관한 타당성조사를 시행 중에 있다.

한국은 1996년 11월 베트남과 원자력협력협정을 체결하였으며, 2002년 11월 한국 산업부와 베트남 산업무역부 간 원전협력 양해각서(MOU)를 체결하고 정부 간 원전협력 기반구축 사업을 지속적으로 진행하여, 2011년 11월 베트남과 공동으로 베트남 원전건설 종합계획을

작성하였다. 2012년 3월 원전 개발 예비타당성조사를 위한 추가 협력 약정을 체결한 이후 2013년 6월 양국정부 및 원전산업계 인사가 참석한 제5차 한-베 원전 분과위원회에서 KEPCO, 원전수출산업협회, 베트남전력공사(EVN), 베트남에너지연구원(IE) 간의 예비타당성조사 협약을 체결하고 베트남 원전필요성, 건설부지, 원전노형 등에 대한 구체적인 조사와 검토를 수행하여왔다. 원전건설을 위해 베트남 현행법에서 정한 첫 번째 공식절차인 예비타당성조사는 2014년 12월에 완료되었으며, 향후 베트남 정부의 검토가 완료된 후 베트남 국회의 승인을 얻게 되면 한국은 베트남 원전수주에 더욱 근접하게 된다.

3. 사우디아라비아 원전사업

사우디아라비아는 높은 전력수요 증가(2000년 이후 연평균 상승률 약 7%)에 대처하는 동시에 석유산업에 대한 의존도를 축소하고 온실가스 배출을 줄이기 위해 원자력과 신재생 에너지 개발에 적극적이다. 사우디아라비아의 총 발전설비 용량은 2014년 말 기준 약 65,506MW 규모로 전력생산의 100%를 화력발전에 의존중이며, 이 중 석유에 의한 발전이 51%, 가스에 의한 발전이 49%를 차지하고 있다.

사우디 정부는 독자 원전건설 계획을 발표하며 2010년 3월 원전도입 타당성 조사에 착수하였고, 체계적인 원자력 및 신재생 에너지 개발을 위해 동년 4월 왕립 원자력·신재생 에너지원(King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy, K.A.CARE)을 설립하였다. K.A.CARE는 국왕 칙령으로 설립된 정부기관으로, 100% 석유에

의존하고 있는 에너지수급 중 약 50%를 2032년까지 원자력 및 재생에너지로 전환하는 계획을 세웠다.

이를 위해 원전부지조사, 규제기관 설립 등 관련 인프라를 정비중에 있으며, 2011년 6월 원전부지조사 및 선정용역을 발주하여 후보부지들에 대한 기초조사를 마쳤고 하반기부터는 상세조사에 착수할 예정이었다. 당초 K.A.CARE는 2032년까지 약 17,600MW규모의 원전도입계획을 가지고 있었으나, 규제기관 설립, 기술인력 부족 등 제반인프라 미비와 2015년 1월 신임 국왕 즉위에 따른 내부정비 등으로 인해 원전도입계획을 현실화하여 완료목표 기준을 2040년으로 수정·검토중인 것으로 보인다.

사우디아라비아는 1962년 IAEA에 가입한 이후, 1988년 핵비확산조약(NPT), 2011년 원자력손해배상에 관한 비엔나협정 등 각종 원자력 국제협약에 가입하는 등 원자력의 평화적 이용정책에 동참하고 있으며, K.A.CARE를 통해서 원자력 관련 내부 입법을 추진중에 있다. 한국과는 2011년 11월에 원자력협력협정을 체결하였으며, 프랑스('11.2월), 중국('12.1월), 러시아('15.6월)와도 협력협정을 맺었고 추가로 미국, 일본, 영국 등과도 협정체결을 추진 중이다.

한편, 원전수출 경쟁국인 일본은 2013년 5월 아베 총리의 사우디아라비아 방문을 계기로 일본-사우디아라비아간 원자력협력협정 실무협의에 착수하였으며, 프랑스는 2012년 6월부터 Areva-EDF 공동으로 리야드에 지사를 운영 중이며 2015년 6월 사우디 신임국왕의 프랑스 방문시 국방, 항공, 인프라 등의 분야에서 약 120억 달러 규모의 20개 사업을 추진키로 합의하고 프랑스 원자로 2기의 사우디내 건설

을 위한 타당성조사 및 인력양성에 관한 협약을 체결하여 원전사업 수주를 향한 활발한 행보를 펼치고 있다.

사우디아라비아는 원전 현지화를 통한 자국산업의 육성 및 일자리 창출, 원자력 인력 양성 등을 중요시하는 바, KEPCO를 비롯한 국내 원자력산업계는 한-사우디 에너지 협력 워크숍('11.6월) 및 사우디 에너지 심포지움('13.4월) 참석, 정부간 원자력 협력 라운드테이블 회의('13.6월) 개최 등을 통해 양국간 원전협력을 위한 기반을 쌓아왔다. 또한, 사우디 현지에서 원전기자재 현지화 로드쇼('13.9월), 시공 현지화 로드쇼 ('13.11월), 엔지니어링 현지화 및 원자력 인력양성 로드쇼('14.2월)등을 개최하여 한국의 우수한 원전건설 및 운영경험과 현지화 노하우를 사우디 정부, 산업계 및 유관기관들과 효과적으로 공유해 가는 한편, 원전 해수담수 연계기술 공동개발 설명회('15.1월)와 제2차 정부간 원자력 협력 라운드테이블, 양국 산업계 원전협력 MOU 서명식 및 한국 원자력 산업전시회 등 VIP 사우디 방문과 연계한 원전수주 활동을 통해 양국 간 원전협력기반을 확대해 나가고 있다.

4. 남아프리카공화국 원전사업

남아프리카공화국은 지난 2008년에 1,000MW급 원전 2기를 공개입찰 방식으로 추진하여 Areva와 WEC를 우선 협상대상자로 선정하였으나, 입찰가격 과다 및 재원조달 실패로 입찰을 취소하였다. 그 후 2011년에 발표된 장기 전력수급계획(Integrated Resource Plan, IRP)에 따라, 2030년까지 East Cape의 Thyspunt 지역 등 5개 원전

후보지에 9,600MW 규모의 원전을 건설하는 계획을 수립하여 추진해 왔고, 2014년 대선 이후 기존의 원자력 발전의 확대기조를 유지하고 신규원전사업 재추진을 모색해왔다. 2015년 5월에는 금년 3/4분기내로 발주절차에 착수하고 2016년 1/4분기내로 전략적 파트너 국가를 선정할 것임을 공식적으로 발표하였으나, 입찰절차의 불투명성 등에 관한 내부적인 논쟁으로 추이관망이 필요할 것으로 판단된다.

정부차원의 교류는 2010년에 한-남아공 원자력협력협정 체결을 시작으로 2011년에는 정부간 에너지협력 의향서(LOI)를 체결하였고, 민간차원의 교류로서 한전은 2007년부터 APR1400 설명회, 전력기자재 박람회 및 남아공 정부 주요인사 면담 등 다양한 수주활동을 전개하고 있다. 또한 장기적인 협력관계를 구축하기 위해 주마(Jacob Zuma) 대통령 출신지역의 움폴로지대학 학생을 대상으로 교육을 실시하여 30명의 현지 용접 전문인력을 배출하는 좋은 성과를 거두었고, 기능분야 대학간 협력관계 확대를 위해 한전의 주선으로 움폴로지대학과 한국폴리텍대학이 2013년 6월 "한-남아공 대학간 인력양성 협력 양해각서"를 체결하였다. 또한, 한국전력 국제원자력대학원대학교(KINGS)에는 2012년부터 남아공원자력공사(NECSA) 및 전력공사(ESKOM)의 우수인력 4명이 입교하여 향후 지도자급 원전전문가로 양성되고 있으며 한국 원자력 유관기관과 협력을 강화하고 있다. 2014년 11월에는 남아공 정부의 요청에 따라 한국 대표단이 남아공 드라켄스버그에서 열린 원전공급자 워크숍에서 실현가능한 원전공급계획을 제안하는 등 남아공 원전사업에 참여하기 위한 노력을 경주하고 있다.

한편, 2014년 총선 이후 남아공의 원전건설계획이 구체화됨에 따라

경쟁국들의 원전수주 경쟁도 날로 치열해지고 있다. 기존 우리의 경쟁 상대였던 프랑스, 일본 및 미국 뿐만 아니라 중국과 러시아가 브릭스(BRICS) 회원국으로서의 입지를 바탕으로 공격적인 마케팅을 수행하고 있다. 러시아는 원전건설 재원의 100% 조달지원을 약속하는 등 국가적 차원에서의 차별화된 전략을 구사하고 있으며, 중국은 대규모 인프라투자 및 인력양성 협력을 약속하는 등 적극적으로 수주활동을 전개중이다. 또한 프랑스는 기존 퀘버그 원전공급자로서의 협력기반을 바탕으로 중국과 손을 잡고 남아공 원전수주를 위해 상호 협력하기로 합의하는 등 남아공에서의 입지를 확대하고 있어 더욱 치열한 수주경쟁이 예상되고 있다.

5. 기타 원전수출 추진국가

기타 추진국가들로서는 브라질, 체코, 영국, 말레이시아, 헝가리, 폴란드 등이 있으며 현지 네트워크를 활용하여 발주국의 원전정책 및 Needs를 수집, 분석하여 KEPCO 단독 또는 국제 공조를 통한 수주활동을 적극 전개해 나갈계획이다.

03 원자력 해외동향

(주)한국수력원자력 발전처 발전계획팀장 권원택

원자력 발전은 안정적인 기저부하로서 전 세계 전력 생산량의 약 19%를 담당하고 있다. 2014년 12월 현재, 30개국에서 총 438기의 원전이 운영 중이며, 15개국에서 총 70기의 원전이 건설 중에 있다. 현재 14개국에서 전력 소요량의 5분의 1이상을 원자력이 담당하고 있다.

프랑스는 70% 이상, 벨기에, 슬로바키아, 헝가리, 우크라이나 등은 40% 이상, 스위스, 체코, 슬로베니아, 핀란드 등은 30% 이상, 우리나라를 비롯한 아르메니아는 약 30%, 스페인, 미국 등은 20% 정도를 원자력이 담당하고 있다.

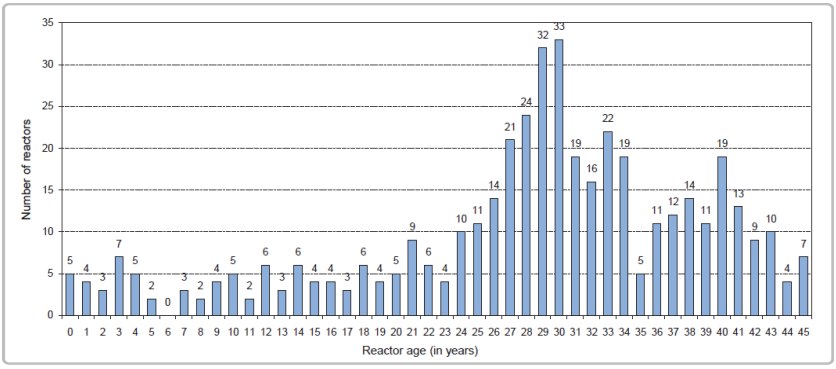
〈표 8-8〉 2014년 12월 현재 국가별 원자력 발전 점유율

점유율	국 가
70% 이상	프랑스(76.9%)
50% 이상	벨기에(47.5%), 슬로바키아(56.8%), 헝가리(53.6%)
40% 이상	우크라이나(49.4%), 스웨덴(41.5%)
30% 이상	스위스(37.9%), 체코(35.8%), 슬로베니아(37.2%), 핀란드(34.6%), 불가리아(33.6%), 아르메니아(30.7%), 한국(30.4%)
30% 미만	스페인(20.4%), 미국(19.5%), 루마니아(18.5%), 러시아(18.6%), 영국(17.2%), 캐나다(16.8%), 독일(15.8%), 인도(3.5%), 중국(2.4%) 등

※ 출처 : Nuclear Power Reactors in the World (2015 Edition, IAEA)

2014년도 운전 중인 원자로의` 수명은 10년 미만이 35기, 10년 이상이 43기, 20년 이상이 136기, 30년 이상이 162기, 40년 이상이 62기

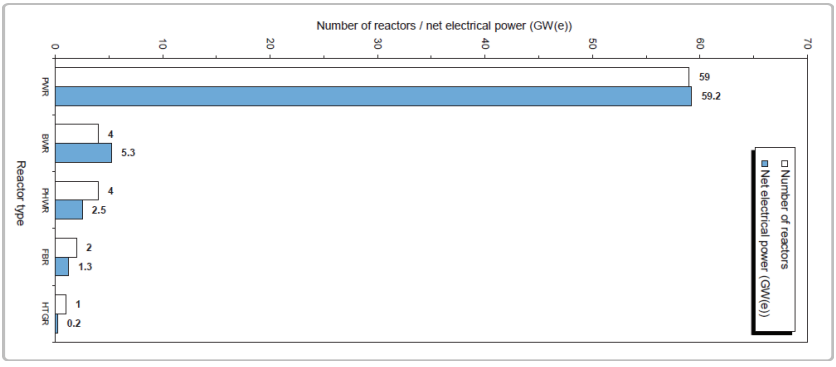
이며, 이중 미국에 100기, 프랑스에 58기, 러시아에 34기, 한국에 23기, 중국에 23기 등이 운전되고 있다.



* 출처: Nuclear Power Reactors in the World (2015 Edition, IAEA)

〈그림 8-3〉 운전 중인 원자로의 수명 (2014.12.31 기준)

2014년도 전 세계에 건설 중인 원자로는 대부분이 PWR(총 59기)로 이는 후쿠시마 원전 사고와 간접적인 관련은 있지만, 직접원인 이유는 PWR 원자로 공급업체들 간의 적극적인 기술공유로 나타나는 현상이다.



* 출처: Nuclear Power Reactors in the World (2014 Edition, IAEA)

〈그림 8-4〉 건설 중인 Reactor Type별 수량 및 용량 (2014.12.31 기준)

2014년도 현재 운전 중인 원자로를 노형별로 분류하면 PWR 277기, BWR 80기, PHWR 49기 등이 각 나라에 분포 되어 있다.

〈표 8-9〉 2014년 12월 현재 운전 중인 원전의 노형 비율

Type	Full mame	Operation
BWR	Boiling Light-Water-Cooled and Moderated Reactor	80
FBR	Fast Breeder Reactor	2
GCR	Gas-Cooled, Graphite-Moderated Reactor	15
LWGR	Light-Water-Cooled, Graphite-Moderated Reactor	15
PHWR	Pressurized Heavy-Water-Moderated and Cooled Reactor	49
PWR	Pressurized Light-Water-Moderated and Cooled Reactor	277
Total		438

※ 출처 : Nuclear Power Reactors in the World (2015 Edition, IAEA)

1963년부터 2014년까지 총 150기의 원전을 영구정지 했고, 2014년에는 미국의 Vermont Yankee(BWR) 원전 1기를 정지했다. 이는 Entergy社가 자국 내 셰일가스 생산급증으로 원전가격 경쟁이 불리해지고, 후쿠시마 원전사고 이후 원전 안전기준이 강화되면서 원전 운영비용의 증가 등으로 결정하게 되었다.

〈표 8-10〉 2014년 12월 현재 영구정지 원전 현황

국가명	미국	영국	독일	프랑스	일본	캐나다	러시아	불가리아	우크라이나	이탈리아	스웨덴	슬로바키아	리트아니아	스페인	네덜란드	벨기에	스위스	아르메니아	카자흐스탄
기수	33	29	27	12	11	6	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1

※ 출처 : Nuclear Power Reactors in the World (2015 Edition, IAEA)

2014년에는 중국, 아르헨티나, 러시아에 건설된 신규원전 5기가 새롭게 계통병입(전력망에 연결)했다.

〈표 8-11〉 2014년 12월 현재 신규원전 계통병입 현황

국 가	원전명	설비용량	계통병입
중 국	FANGJIASHAN-1	1,080MW	'14. 01
중 국	FUAQING-1	1,080MW	'14. 08
중 국	NINGDE-2	1,080MW	'14. 11
아르헨티나	ATUCHA-2	745MW	'14. 06
러시아	ROSTOV-3	1100MW	'14. 12

※ 출처 : Nuclear Power Reactors in the World (2015 Edition, IAEA)

1. 미국

2014년 12월 기준, 미국의 가동원전은 99기(PWR 65기, BWR 34기)이며 공급용량 98,639MW(e), 이용률 90.0%, 총 6억 4,966만 9,755MWh의 전력을 생산하여 미국 전력 소비량의 약 19.5%를 공급했다. 미국은 세계 최대 원자력 발전국이며, 전 세계 원자력 발전량의 약 33%를 생산하고 있다.

2014년 1월, 미국의 원자력산업계는 지난 10년 동안 확보한 안전성 증진 및 운영개선사항을 유지하는 범위에서 비용을 관리하기 위해 운영과 규제의 효율화를 모색하고 있으며, 원자력에너지협회(NEI)는 위험도 감소 효과가 큰 분야에 집중하는 방법으로 규제의 누적 효과를 검토하여 규제요건들의 우선순위를 정하고 통합시키기 위하여 NRC와 밀접하게 일하고 있다고 밝혔다.

2014년 2월, 원자력업계는 경제성을 이유로 원전을 폐로하지 않도

록 전력관련 정책을 변경하기 위해 노력하고 있다. 이는 재생에너지에 대한 정부정책 및 보조금, 송전 기관들의 가격을 억누르는 정책이 원전 경제성 하락의 주요 원인이며 일부 전력시장에서는 원전의 장점들이 평가 절하되고 있기 때문인다. 한편 NEI는 원전의 특성을 고려한 정책 수립을 위해 對 정부(에너지부 및 연방에너지규제위원회) 브리핑, 광고 등 대대적인 캠페인을 계획 중이며, 원전들의 높은 이용률, 후쿠시마 사고이후 안전성 개선, 원전 운영회사들의 자본지출이 예상 가능하다는 점을 언급하며 향후 미국 원자력업계의 전망은 밝을 것으로 분석하고 있다.

2014년3월, NEI는 EPRI의 새로운 내진 분석방법론에 대해서 현재 운영중인 원전들이 애초에 설계된 기준을 초과하는 지진에 견디기 충분한 여유를 가지고 있고, 법적으로 인정된 보호계통에 관하여 어떠한 특이사항도 없는 것으로 확인하였다. 이에 미국 중·동부에 운영중인 원전들은 최초 설계기준내진사고보다 심각한 지진재해로부터 안전하다고 밝혔다. EPRI는 신규 방법론에 의한 SCDF(노심손상유발 지진빈도) 예상값과 과거 NRC에 의하여 수행된 예상치의 비교결과 미국 내 원전 부지에 대한 내진재해의 전반적인 증가세가 없다고 분석하고 있다.

2014년 5월, C2ES(기후 및 에너지 솔루션 센터)의 CO_2 배출량 절감 목표 달성을 위한 원자력의 역할에 대한 토론에서 미국 내 CO_2 배출량 규제가 상업 원전에 유리할 것으로 전망했다. 60%이상의 무-탄소 전기를 생산하는 원전들은 온실가스 배출량을 2020년까지 17% 이하로 감축하기 위하여 필수적이며, 원전의 지속적인 폐쇄는 온실가스 배출 목표 달성을 어렵게 할 것으로 전망했다. 한편 백악관이 발표한 기후

변화보고서에 의하면 2011년 기준으로 미국 온실가스 방출량의 8%가 이산화탄소이며, 이중 석유에 의해 발생하는 온실가스량이 약 41%, 석탄이 근소한 차이로 그 뒤를 따른다고 밝혔다. 이에 NEI는 기후변화보고서에서 원자력발전의 필요성을 역설하는 것이라고 강조했다.

2014년 8월, 미국은 후쿠시마 후속조치에 대규모 예산을 투입하고 있으며, 미국 내 가동원전들은 안전 여유도 향상을 위해 약 30억 달러 이상 투입한 것으로 추정하고 있다. 원자력산업계 후쿠시마 후속조치 위원회는 후속조치에 대한 평가 및 검사, 국내외 워크숍 및 훈련 등 후속조치를 계속 강화 할 것이라고 밝혔다.

2014년 10월, 원전 산업계는 미국 원전 프로젝트에 모듈식 공법을 적용하는 것은 원전 건설에 큰 도움이 될 것으로 전망하고 있다. 모듈식 공법을 적용하면 작업이 소내·외에서 동시에 수행되므로 현장의 혼잡도가 줄어들 뿐만 아니라, 소내 건물 내부에서 작업이 이루어지므로 품질향상을 꾀할 수 있고, 날씨의 영향을 받지 않으므로 생산성을 제고할 수 있기 때문이다. 한편, 성공적인 모듈식 공법 적용을 위해서는 엔지니어링 프로젝트 플래닝, 건설 조직 상이의 세심한 조정이 필요할 뿐만 아니라 소외에서 만들어져 소내로 연결 되므로 엄격한 공차가 요구되며, 현재 공법 개선이 진행중이다.

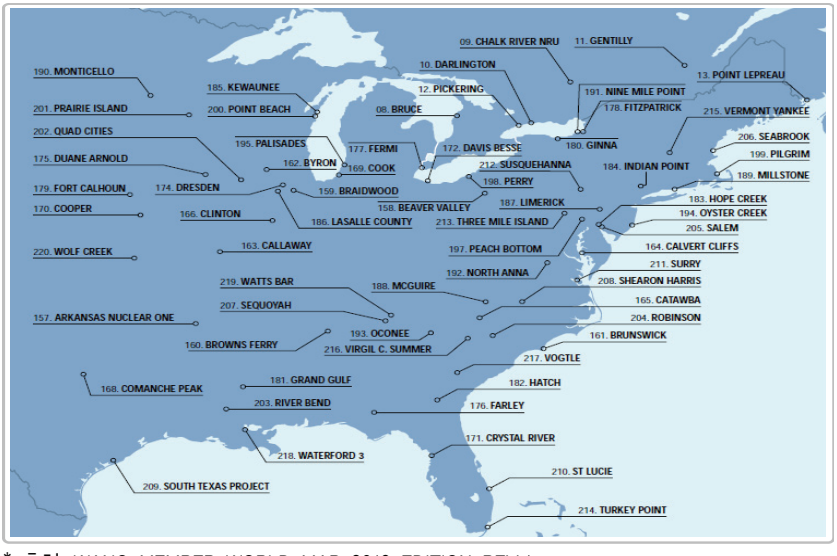
2014년 11월, 지난 상원선거 결과에 따라 사용후연료 장기 저장 도입 논의와 소형모듈화원전(SMR) 및 신형원전 개발 자금지원 확대, 환경보호청(EPA)의 발전소 온실가스 방출 규제안 변경 등 원자력산업 부흥 정책을 추진할 것이라고 전망하고 있다.

2013년 12월, 원전사업자들은 원자력안전위원회의 포스트-후쿠시

마 지시사항에 대한 설계개선 작업을 개시하였다. NRC는 후쿠시마 사고 이후 ① 사용후연료저장조의 수위 측정 계측기 설치 ② 비상상황 시 이동가능기기가 노심비상냉각계통에 냉각수와 전력을 공급할 수 있도록 설계 개선 ③ 이동가능 기기를 분산 보관할 수 있는 벙커화된 보관건물 설치 ④두 번째 지시로 사용후연료저장조의 냉각수 확보 방안 ⑤BWR의 격납건물 배기계통의 신빙성을 확보 ⑥원전의 설계상 견딜 수 있는 한도를 넘어서는 극심한 외부 사건이 발생했을 경우 노심과 사용후연료저장조를 냉각할 수 있는 백업기능을 제공할 방법 등을 요구하였으며, 이에 원전운영자들은 Flex 접근방법을 적용, 극심한 외부 환경에 대해 먼저 기존 설치되어 있는 기기들을 이용하여 대응하고, 그후 발전소 부지내에 있는 이동기기들에 의해 기능을 보충하고, 필요시 부지외부에 있는 원전사업자들이 공동으로 설립한 위기대응센터에서 가져온 장비를 사용할 것이라고 밝혔다. 美 전 원전은 NRC의 포스트-후쿠시마 지시사항을 준수하는데 약 40억달러가 필요할 것으로 예상되며, 원전부지별 특성에 따라 토네이도, 홍수 등 주요 리스크가 달라 각기 고유한 설계개선이 진행되고 있다.

* 출처: WANO MEMBER WORLD MAP 2013 EDITION REV.1

〈그림 8-5〉 미국 서부 지역 원전 부지 현황



* 출처: WANO MEMBER WORLD MAP 2013 EDITION REV.1

〈그림 8-6〉 미국 동부 지역 원전 부지 현황

2. 캐나다

2014년 말 기준, 캐나다의 가동원전은 19기(PHWR)이며 공급용량 13,500MW(e), 이용률 74%, 총 5,116만 6,496MWh의 전력을 생산하여 캐나다 전력 소비량의 약 16.8%를 공급했다.

OPG社(캐나다 Ontario州 공기업)는 2016년에서 2021년 사이에 Ontario州에 있는 Darlington 원전 4개호기에 설비개선을 계획중이며, 이에 환경영향평가 수행기간 동안 CNSC(캐나다원자력안전위원회)는 중대사고로 인한 영향의 초기연구조사를 시작했다. 초기연구조사에서 최악의 시나리오를 가정하여 Darlington으로부터 12km이내의 사람들은 사고로 인한 평균수명동안 유년기 갑상선 암발병 위험도가 0.3% 추가되어 총1.3%가 되며 이는 방사성사고가 없을 경우 1%의 위험도를 비교했을 때 대부분 사람에 대해 암위험도 증가의 개연성이 낮다고 결론지었다.

Candu energy社는 루마니아 Cernavoda에 Candu 원전 3,4호기 건설을 위하여 Cnpec社(중국원자력기술공사)와 독점 협력 협정을 체결하였다. Cnpec社가 주계약자가 될 것이며, Candu Energy社의 역할은핵증기공급계통의 엔지니어링 및 부품 조달에 주력할 것이고 기술이전은 없다고 밝혔다.

한편, 캔두에너지와 중국국가원자력공사의 합자사업체는 5년이내 재처리 우라늄을 사용하는 상업용 원자로를 생산할 계획이다.

3. 일본

2014년 말 기준, 일본의 원전은 48기이며 공급용량 42,388MW(e), 이용률 0%, 총 0 MWh으로 후쿠시마 사고 이후, 일본의 48개 원전이 가동 중지 한 상태이다. 이에 규제기관의 새로운 안전요건 만족 및 지방정부의 승인과 자원에너지부의 운영허가를 위해 노력중이다.

일본 원자력 규제위원회(NRA)는 큐슈전력의 센다이 1&2호기에 대한 광범위한 설비 보강 이후 재가동 승인을 진행했다. 7월16일 NRA는 센다이 원전의 안전 대책을 승인하였으며, 그 내용은 예전의 단순한 설계기준 목표가 아니라 가혹한 사고와 대책을 가정한 시나리오를 적용하였다. 한편 원자로 재가동 전제조건인 안전성평가의 핵심 변수는 지진에 의한 지반진동 분석결과이며, 센다이 원전에 대해 추정 최대 지반가속도 분석값을 승인하였다. 이에 가압경수로(PWR)의 재가동 허가 이후 비등경수로(BWR) 운영사들도 안전성평가신청서를 제출하였다.

NRA는 큐슈전력의 센다이 원전 2기의 안전대책 승인이후 20호기 원전에 대해 안전기준의 준수여부를 점검 중으로 BWR 8기, PWR 12기가 안전성 심사를 받고 있다.

* 출처: WANO MEMBER WORLD MAP 2013 EDITION REV.1

〈그림 8-7〉 일본의 원전 현황

4. 인도

2014년 말 기준, 인도의 가동원전은 21기이며 공급용량 5,308MW(e), 이용률 77.88%, 총 3,413만 2,000MWh의 전력을 생산하여 인도 전력 소비량의 약 3.5%를 공급했다.

인도의 원자력손해배상법은 원전사고 발생 시 원전 운영자가 최대 2억 8,500만 달러(약 3,250억원)의 손해배상을 하도록 규정한 반면,

원전 기기공급자에게는 무한 배상책임을 지도록 규정하고 있다. 이에 인도 정부가 국영 보험회사를 통해 원전 주기기 공급사들을 보호하기 위한 보험 상품을 제안했다. 이 제도가 채택되면 외국 공급사들이 인도 원자력산업참여시 확정비용(보험료)을 내고 원전사고 무한책임의 부담을 완화할 것으로 예상하고 있으나, 이 보험상품 도입을 위해서 무한책임을 부담할 재계약 보험사가 없고 인도 법률이 요구하는 모든 피해보상을 수용 가능한지도 불분명한 상태이다. 향후 추가 원전 건설에 대한 사업전망은 여전히 걸림돌이 될 전망이다.

5. 중국

2014년 말 기준, 중국의 가동원전은 23기이며 공급용량 19,007MW(e), 이용률 89.28%, 총 4775만 8,743MWh의 전력을 생산하여 중국 전력 소비량의 약 2.4%를 공급했다. 신규 원전 26기를 건설 중에 있으며, 이는 현재 건설 중인 전 세계 건설 원전의 37%에 해당된다.

중국은 화석연료에 따른 심각한 대기 오염 문제 해결, 막대한 전력수요 충족 등을 위해 원자력 발전소의 지속건설이 필요하다. 이에 따라 기술 개발에 힘을 쏟고 있으며, 자체개발 원전의 상용화에 돌입했다.

중국 기업들은 정부 최우선 과제인 3세대 원전기술 국산화를 위해 AP1000, CAO1400 원전에 대한 국산 기기 공급능력 향상에 주력하였으며, 피동형 잔열제거장치, 원자로냉각재펌프, 원자력압력용기 증기발생기, 비상디젤발전기, 등의 설비가 Sanmen 2호기, Haiyang 2호기에 국산화 되었다. 또한 자체 기술로 설계한 화룽 1000개발에 상당

한 진전을 보였다. 화룽 1000은 최초의 중국이 지적재산권을 보유하는 제3세대 원전이며, ACP 1000과 ACPR1000+ 설계를 조합하여 개발하였다.

중국은 해외 원전사업에도 진출하여 파키스탄에 ACP 1000노형의 최초 해외 계약 체결, EDF Energy가 진행하는 Hinkley Point C 사업 참여, 루마니아의 체르나보다 발전소의 용량 확장 참여 등 활발하게 사업을 추진하고 있다.

6. 대만

2014년 말 기준, 대만의 가동원전은 6기이며 공급용량 5,202MW(e), 총 4238만 9,003MWh의 전력을 생산하였다.

대만 정부는 국영기업인 Taiwan Power Co.(TPC社)가 Lungmen 부지에 건설중인 원전에 대한 반대 시위 격화로 원전 건설을 일시 중단하기로 결정하였다. TPC社 준공 직전인 Lungmen 1호기에 대해서는 최종안전성분석 보고서를 규제기관에 제출 한 후 국민투표 시까지 연료장전을 보류하고, 2호기 건설을 중단할 계획이다. 한편 대만 시장선거에서 민주진보당(야당)의 압승으로 원자력 정책에 영향이 예상된다. 이는 민주진보당이 Lungmen 원전사업, Chinshan 1,2호기 계속운전 등의 프로젝트에 반대하였으며, 향후 원자력 관련 현안들이 보류될 가능성이 높을 것으로 전망된다.

■ 중국: 14~28 ■ 한국: 95~101 ■ 대만: 136~139

* 출처: WANO MEMBER WORLD MAP 2013 EDITION REV.1

〈그림 8-8〉 중국 등 원전 부지 현황

7. 파키스탄

2014년 말 기준, 파키스탄의 가동원전은 3기이며 공급용량 690MW(e), 이용률 61.7%, 총 494만 4,483MWh의 전력을 생산하여 파키스탄 전력 소비량의 약 4.3%를 공급했다.

Karachi원전(125MW, PHWR)은 1971년에, Chashma 1호기(300MW, PWR)는 2000년에 각각 상업운전을 시작했고, Chashma 2호기(300MW, PWR)는 2011년 3월에 상업운전을 시작했다. 파키스탄은 2005년 채택한 에너지 안보계획에 따라 원전의 설비용량을 2015년 900MW, 2020년 1,500MW, 2030년 8,800MW로 단계적으로 증가시킬 계획이다.

2008년 6월, 파키스탄 정부는 Chashma 3, 4호기(설비용량 320MW)의 건설계획을 발표했다. 2009년 24억 달러의 건설비용을 책정하고, 중국 Zhongyuan Engineering社를 주계약자로 선정했으며, 2011년 5월과 12월에 각각 3, 4호기의 건설을 시작했다. 계통 병입은 각각 2016년과 2017년으로 계획하고 있다. 또한, 2013년 11월, 파키스탄 정부는 1,100MW 용량의 중국형원자로(ACP1000) 2기를 Karachi 해안지역에 건설할 계획을 발표했다.

8. 프랑스

2014년 말 기준, 프랑스의 가동원전은 58기이며 공급용량 63,130MW(e), 이용률 75.48%, 총 4억 3647만 4,485MWh의 전력을 생산하여 프랑스 전력 소비량의 약 76.9%를 공급했다.

프랑스 정부는 에너지전환법을 공개하면서 에너지 구성목표를 2025년까지 원자력을 75%에서 50%까지 감소하고 신재생에너지는 15%에서 40%까지 증가시킬 것이라고 밝혔다.(단, 원자력 설비용량은 유지함) 이에 에너지 분야 관계자 및 분석가들은 에너지전환법의 목표를 기한 내 달성하기에는 고비용이 예상되며, 신규 신재생에너지 설치 및 전력망 개선, 인허가 취득 등 많은 시간이 소요 될 것으로 예상하고 있다.

9. 독일

2014년 말 기준, 독일의 가동원전은 9기이며 공급용량 12,074MW(e), 이용률 87.36%, 총 9,712만 9,276MWh의 전력을 생산하여 독일 전력 소비량의 약 15.9%를 공급했다.

독일정부는 후쿠시마 사고 후 의회의 승인을 받아 운영 중이던 17개의 원자로의 단계적 영구정지를 결정하였고 이미 영구정지 8개 호기를 제외한 나머지는 2022년까지 영구정지하기로 결정했으며, 원자력 대체 신재생에너지를 2030년 50%, 2050년 80%의 이용률을 목표로 하고 있다. 한편 원자력에서 신재생으로의 에너지 전환에 수많은 난관을 예상하고 있다. 이는 원전의 단계적 폐쇄가 가장 큰 난관은 아니며, 전력망 개선 계획, 신재생에너지원의 단속적인 전력 생산 특성에 적응하기 위한 체계 등이다.

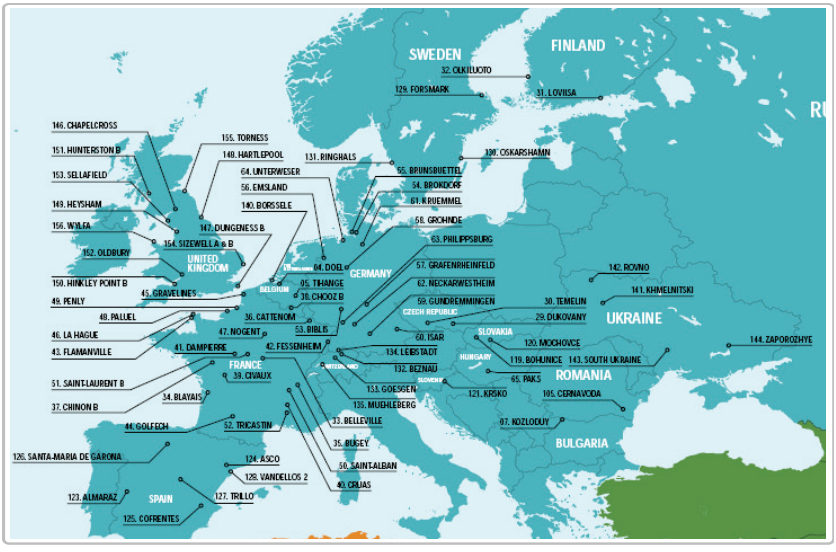
독일 산업계는 사용후연료중간저장시설 및 원자로 해체 인허가 절차의 병목을 해소하기 위해 부족인원 충원 등 정부 규제 병목해소를 촉구했다. 이에 사용후연료처분장 부지선정에 관한 새 규정, 중저준위 방사성폐기물처분장에 대한 현안 처리, 가스발전소의 경제성 부족으로 인한 중단 예상, 균형있는 발전원 구성 유지를 위한 신재생에너지의 보조금 감소 제안 등 방대한 현안 처리에 난관이 예상된다.

10. 영국

2014년 말 기준, 영국의 가동원전은 16기이며 공급용량 9,373MW, 총 5,792만 MWh의 전력을 생산하여 영국 전력 소비량의 약 17.2%를

공급했다.

영국은 발전설비용량을 확충하기 위해 신규원전을 건설하는 동안 기존 원전들의 계속운전이 예상된다. 영국 전체 9곳의 원전 중 8곳을 운영하고 있는 EDF Energy社는 원전별로 평균 7년의 계속운전을 계획하고 있고, 2개의 원전은 계속운전을 발표하였다. 영국의 최고 원전인 Magnox Limited社의 Wylfa 1호기는 15개월의 계속운전을 발표하고 2015년 12월까지 운전할 계획이다. 영국은 11기의 신규원전을 건설하여 전체 설비용량을 15.6GW까지 확충할 계획으로 최초 계통병입을 2023년으로 예상하고 있다.



■ 체코 : 29,30 ■ 핀란드 : 31, 32 ■ 프랑스 : 33~52 ■ 독일 : 53~64 ■ 헝가리 : 65
■ 루마니아 : 105 ■ 슬로바키아 : 119, 120 ■ 슬로베니아 : 121 ■ 스페인 : 123~128
■ 스웨덴 : 129~131 ■ 스위스 : 132~135 ■ 네델란드 : 140 ■ 영국 : 146~156
* 출처 : WANO MEMBER WORLD MAP 2013 EDITION REV.1

〈그림 8-9〉 유럽 원전 부지 현황

11. 벨기에

2014년 말 기준, 벨기에의 가동원전은 7기이며 공급용량 5,927MW(e), 이용률 67.14%, 총 3,370만 3,121MWh의 전력을 생산하여 벨기에 전력 소비량의 약 47.5%를 공급했다. 벨기에의 1인당 연간 전력 소비량은 1990년 6.4MWh이었으나 이후 전력 소비량이 해마다 증가하여 2007년에는 7.8MWh에 이르렀다. 1974년에 첫 번째 원전의 상업운전을 시작하였지만 정부의 지원이 미미하였다. 2003년 1월에는 탈원자력법을 제정하여 원전수명을 40년으로 결정하고 신규원전 건설 금지 등 원자력산업을 제한해 왔다. 2009년 발간된 보고서에서는 원전에 따라 10년에서 20년간의 계속운전을 권고했다. 하지만 1993년부터 2004년 사이 증기발생기를 교체하는 등 원전 출력증강 사업도 추진했다.

벨기에 원전 7기를 모두 운영하고 있는 Electrabel社는 Doel 1,2호기, Tihange 1호기의 계속운전을 위해 노력했지만, 2012년 8월 Doel 3호기의 원자로 용접부위에서 결함이 발견되어 가동을 중지하였다. 해당 결함은 제조 과정에서 발생한 것으로 판단되어 추가 조사를 실시한 결과, 2012년 9월 Tihange 2호기에도 동일 결함이 발견되어 가동정지를 결정했다. 한편 벨기에 연합 정부는 2015년 계획되어 있는 Doel 1,2호기의 폐로를 연기하고, 10년 계속운전에 합의했다. 이는 Tihange 2호기 Doel 3,4호기의 비계획 정지에 의한 벨기에 전력 부족 현상에 따른 것이다.

12. 스위스

2014년 말 기준, 스위스의 가동원전은 5기이며 공급용량 3,333MW(e), 이용률 92.68%, 총 2,773만 9,575MWh의 전력을 생산하여 스위스 전력 소비량의 약 37.9%를 공급했다. 스위스는 최초의 상업원전인 Beznau 1호기(PWR, 365MW)를 비롯한 모든 원전의 출력을 증강시켰으며 정부는 장기 에너지수요에 대비하기 위해 원전 추가건설에 동의했다. 2007년 스위스 발전사들은 40년 이상 운전한 Beznau 1,2호기, Muehleberg 원전을 대체하기 위해 인근부지에 각 1기씩 최대 1,600MW급 신규원전을 건설하는 계획을 발표했다. 그러나 2013년 스위스 정부는 장기에너지 계획에서 신규원전 건설에 대한 심사를 중단하기로 하였다.

스위스 원자력사업자인 BKW社는 후쿠시마 후속조치 평가를 포함하여 약 2억 2천만 달러가 소요되는 장기 설비투자를 지양하기 위해 예정된 수명보다 3년 앞선 2019년에 Muehleberg 원전(373MW 규모)을 영구정지 한다고 발표했다. Muehleberg 원전은 BKW社 소유의 발전소 가운데 28%에 상당하는 전력을 생산하고 있고, 영구정지 시에는 이 용량을 충당하기 위하여 도매시장을 통한 전력 구매와 프랑스, 독일 및 이탈리아로부터 부족한 전력을 수입해야 한다.

13. 스웨덴

2014년 말 기준, 스웨덴의 가동원전은 10기이며 공급용량 9,470MW(e), 이용률 71.09%, 총 6,487만 6,568MWh의 전력을 생산하여 스웨덴 전

력 소비량의 약 41.5%를 공급했다. 스웨덴은 Barseback 1,2호기 영구 정지에 따른 전력 생산량 감소로 원전 출력증강을 추진, 2008년 Ringhal 3호기의 증기발생기와 저압터빈 교체를 통해 70MW 출력을 증강했고, 2007년 Ringhal 4호기는 저압 터빈의 교체를 통해 30MW 출력을 증강했다. 2013년 Oskarshamn 2호기 설비개선 및 180MW의 출력증강을 위해 6월1일부터 11개월간 발전을 정지했으며 2014년 발전을 재개했다.

한편, 2014년 10월 집권한 사회민주당-녹색당 연합정부는 신규 에너지 정책을 수립하였으며, 점차적으로 원자력 발전 비중을 낮추어 100% 재생 가능한 에너지원으로 대체할 계획이다.

14. 핀란드

2014년 말 기준, 핀란드의 가동원전은 4기이며 공급용량은 2,752MW(e), 이용률 93.98%, 총 2,358만 244MWh의 전력을 생산하여 핀란드 전력 소비량의 약 34.7%를 공급했다. 원전 4기중 2기(BWR)는 TVO社가 운영 중이며 나머지 2기(PWR)는 Fortum社가 운영 중이다. TVO社가 운영 중인 Olkiluoto 1,2호기는 1978~1980년에 출력증강 사업을 진행하여 수명을 60년으로 연장하고 출력을 690MW에서 870MW로 높였으며, 2009~2011년까지 저압터빈 교체 등을 통해 출력을 870MW에서 1,000MW까지 증강했다. Fortum社의 Loviisa 1,2호기는 1977~1980년에 45MW의 출력을 증강하여 465MW에서 510MW로 설비용량을 증가하였으며, 2007년에는 원전수명을 30년에서 50년으로 연장했다.

핀란드의 5번째 원전인 Olkiluoto 3호기는 설비용량 1,600MW의 EPR 원전으로 2005년 중반에 건설을 시작하였으나 7년 이상 지연(당초 계획 : 2009년 완공)되어 2016년에 상업운전을 시작할 예정이다. 또한 TVO社는 6번째 원전으로 Olkiluoto 4호기 건설을 계획하고 있으며, 한국의 APR1400(1,450MW) 노형을 비롯한 Areva社 EPR (1,650MW), 도시바社 ABWR(1,650MW), GE-Hitachi社 ESBWR (1,650MW), 미쓰비씨중공업 EU-APWR(1,650MW)의 노형을 고려하고 있다. 한편, Fennovoima社는 핀란드의 7번째 원전을 건설하기 위해 2009년 신규원전 건설 신청서를 제출하였으며 2011년 11월 신규부지로 핀란드 북부 도시 Pyhaejoki를 선정했다. 또한 러시아 국영전력회사인 Rosatom社의 자회사가 1,200MW 용량의 러시아형 원자로를 공급하고, Rosatom社는 지분 34%를 매입하기로 합의했다.

15. 체코

2014년 말 기준, 체코의 가동원전은 6기이며 공급용량 3,904MW(e), 이용률 86.76%, 총 3,029만 8,953MWh의 전력을 생산하여 체코 전력소비량의 약 35.8%를 공급했다.

Dukovany 원전은 1985년 1호기, 1986년 2,3호기, 1987에 4호기가 각각 상업운전을 시작했고, Temelin 1,2호기는 2000년과 2003년에 각각 상업운전을 시작했다.

원전은 CEZ(체코전력공사)가 모두 소유, 운영 중이며 CEZ는 향후 민영화 될 예정이다. Dukovany 원전 1~4호기는 2005~2008년 저압

터빈교체를 통해 출력을 440MW에서 456MW으로 증강했고, 3,4호기의 경우 연료 개선, 고압터빈 교체, 발전기 정비 등을 통해 각각 2009년 5월과 2010년 12월에 추가 출력증강(500MW까지) 작업을 완료했다. Temelin 1,2 호기는 2004~2007년 고압 터빈 교체를 통해서 출력을 981MW에서 1,013MW로 증강하였으며, 1,050MW까지 출력을 높일 계획이다.

2009년 초, CEZ는 장기 운영 프로젝트를 착수하여 먼저 2015년에 수명(30년)이 만료되는 Dukovany 1호기의 10년간 계속운전을 추진했다. 장기 운영 프로젝트는 230개의 하부 프로젝트로 구성되며, 2009년~2015년간 총 5.6억 유로(약 8,800억원)가 소요될 예정이다.

한편 CEZ는 2020년 이후 Dukovany 원전을 대체할 목적으로 2008년 6월 Temelin 지역에 신규원전 건설계획을 발표했다.

16. 루마니아

2014년 말 기준, 루마니아의 가동원전은 2기이며 공급용량 1,300MW(e), 이용률 94.39%, 총 1,167만 5,572MWh의 전력을 생산하여 루마니아 전력 소비량의 약 18.5%를 공급했다. Cernavoda 1,2호기는 각각 1996년, 2007년에 상업운전을 시작했다. 1호기는 1980년, 2~5호기는 1982년에 건설을 착수했으나 1호기를 제외한 나머지 4개호기는 전력수요 감소와 자금부족 등으로 중단되었다가 2000년 루마니아 정부의 대규모 투자(6천만유로) 결정 후 건설이 재개되어 2007년 10월 Cernavoda 2호기가 준공되었다. Cernavoda 3,4호기의 건설은 2008년 11월 구성된 다국적 컨소시엄에 의해 추진되고 있으며, 각 투자 회

사들은 투자금액에 비례한 권한을 갖게 될 것이다. 루마니아는 Cernavoda 3,4호기 건설 완공일을 각각 2016년, 2017년으로 예상하고 있으며 최종적으로 2020년까지 Cernavoda 5호기 건설을 완료할 예정이다.

17. 러시아

2014년 말 기준, 러시아의 가동원전은 34기이며 공급용량 24,654MW(e), 이용률 77.52%, 총 1억 8,045만 5,858MWh의 전력을 생산하여 러시아 전력 소비량의 약 18.6%를 공급했다. 러시아는 전력수요가 계속 증가할 것으로 예상하고 있어 지속적인 이용률 증가와 계속운전 그리고 신규원전 건설로 2020년까지 10GWe 용량의 신규원전을 추가로 운영할 예정이다. 러시아는 1986년 체르노빌 사고 이후 1990년대 중반까지 Balakovo지역의 원전 4기와 Smolensk 3호기만이 상업운전을 시작했다. 구소련의 붕괴에 따른 경제상황 변화와 극심한 자금 부족으로 대부분의 원전 건설계획이 취소되거나 지연되었지만, 1990년대 후반 이란, 중국, 인도와의 원전수출 체결로 침체된 러시아의 원전 건설사업이 부활하기 시작했다. 2000년 원전 건설사업이 재개되면서 2001년에 Volgodonsk 1호기, 2004년에 Kalinin 3호기, 2010년에 Volgodonsk 2호기가 각각 상업운전을 시작했으며, 2007년 11월 원자력 관련 분야를 통합해 출범한 Rosatom社(러시아 연방 원자력 공사)는 2030년까지 원자력발전소 건설 분야에서 세계 최고가 되기 위해 노력하고 있다. 2012년 말 Rosatom社는 베트남, 벨라루스에 신규 원

전 건설 계약을 체결했다.

러시아는 소형모듈원자로(SMR) 사업에서 확고히 자리 잡고, 2020년대에 가동될 것으로 예상되는 SMR 시장점유율에서는 최고의 경쟁국으로 부상하기 위해 만반의 준비를 하고 있다.

한편 러시아의 우크라이나 침공으로 러시아의 원전수출에 장기적인 영향이 존재할 것으로 예상하고 있다. 미국의 제재 가능성 및 그로 인한 불확실성, 외국자본에 의해 건설되는 원자력 발전은 에너지 안보의 해결책이 아니라는 인식 등이 러시아의 원전 수출에 영향을 미칠 수 있는 요소가 있지만 일부에서는 이번 사태가 에너지 안보에 대한 관심을 고조시켜 석유 금수조치로 원자력에 대한 투자를 촉진했던 1970년대와 같이 원자력에 긍정적인 영향도 전망했다.

18. 우크라이나

2014년 말 기준, 우크라이나의 가동원전은 15기이며 공급용량 13,107MW(e), 총 8,312만 MWh의 전력을 생산하여 우크라이나 전력 소비량의 약 49.4%를 공급했다. 현재 우크라이나는 대부분의 화석연료와 우라늄을 러시아로부터 공급받고 있다. 구소련의 붕괴와 함께 1990년 3억 MWh였던 전력수요도 2000년 1.7억 MWh로 감소했다. 그러나 우크라이나 정부는 전력 수요가 2020년 3.1억 MWh, 2030년에는 4.2억 MWh까지 늘어날 것이라고 예상하고 있으며 전력 생산량의 절반을 원자력을 통해 공급한다는 정책을 가지고 있다. 국영원자력회사인 Energoatom社는 Rovno 1,2호기와 South Ukraine 1호기의

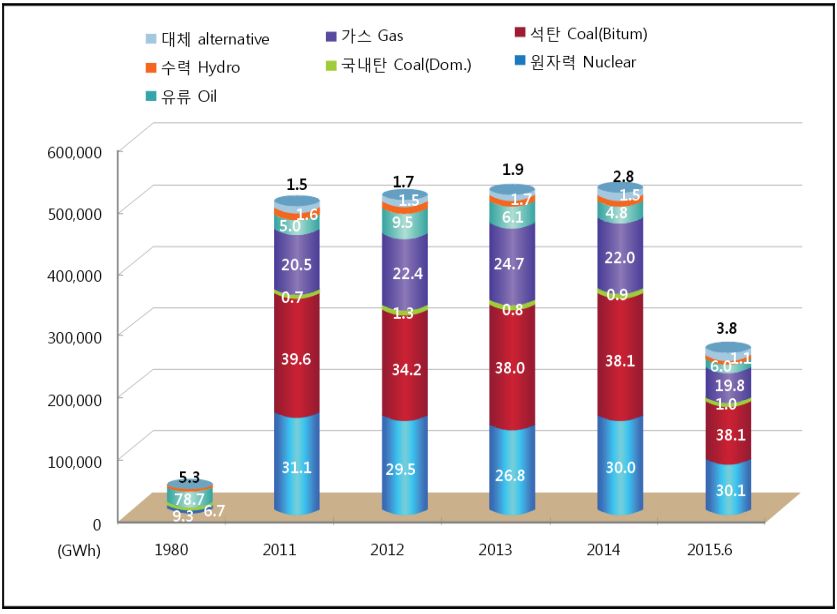
수명을 15년 연장하기 위해 2008~2009년에 3개 호기의 압력용기를 검사했다. 국영원자력규제위원회는 2010년 12월에 Rovno 1&2호기의 계속운전 운영허가를 20년 연장, 2013년에 South Ukraine 1호기는 10년 연장하여 승인했다. 한편, 우크라이나에서는 2006년에 발생한 러시아 천연가스 공급중단 사건을 계기로 에너지 안보와 원자력 발전의 역할이 새롭게 부각되어, 2030년까지 11기(설비용량 16,500MW)의 원전을 신규로 건설해 설비용량을 현재의 두 배로 늘릴 계획이다.

1986년 체르노빌 원전 사고가 발생했던 우크라이나는 2011년 3월 일본 원전사고 후 체르노빌 원전 사고결과에 대한 관심이 다시 높아지고 있다.

부록

1. 에너지원별 발전설비
2. 에너지원별 발전전력량
3. 국가별 원전 현황
4. 국내 및 세계 원전 평균이용률 비교
5. 원전 고장정지 비교

1. 에너지원별 발전설비



(단위:MW)

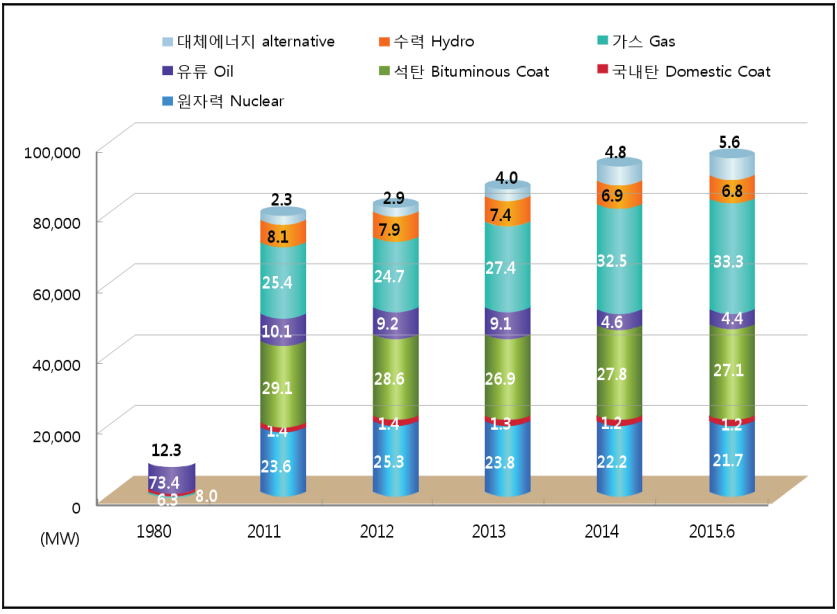
구분 \ 연도		1980	2011	2012	2013	2014	2015.6
수 력		1,157	6,418	6,446	6,454	6,467	6,468
화력	가 스	–	20,116	20,221	23,790	30,269	31,856
	유 류	6,897	8,041	7,551	7,956	4,255	4,255
	석 탄	–	23,080	23,409	23,409	25,911	25,911
	국내탄	750	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125
원자력		587	18,716	20,716	20,716	20,716	20,716
대체에너지		–	1,845	2,338	3,519	4,474	5,351
합 계		9,391	79,341	81,805	86,969	93,216	95,681

[한국수력원자력(주) 발전계획실적관리시스템(POEMS), Kepco in Brief 2015 상반기 기준]

주1) 그래프 내의 수치는 소계의 점유비임

주2) 2004년 이후 대체에너지를 유류에서 분리 게시

2. 에너지원별 발전전력량



(단위:GWh)

구분 \ 연도		1980	2011	2012	2013	2014	2015.6
수 력		1,984	7,831	7,695	8,543	7,820	2,811
화력	가 스	29,297	24,921	48,244	31,584	24,950	15,585
	유 류	-	101,702	113,984	127,724	114,654	51,656
	석 탄	2,481	3,269	6,489	3,912	4,633	2,699
	국내탄	-	196,855	174,263	196,532	198,813	99,400
원자력		3,477	154,723	150,327	138,784	156,407	78,482
대체에너지		-	7,592	8,571	10,068	14,695	10,004
합 계		37,239	496,893	509,574	517,148	521,971	260,636

[한국수력원자력(주) 발전계획실적관리시스템(POEMS), Kepco in Brief 2015 상반기 기준]

주1) 그래프 내의 수치는 점유비임

주2) 발전량은 에너지원별 기준이며 타사분 포함

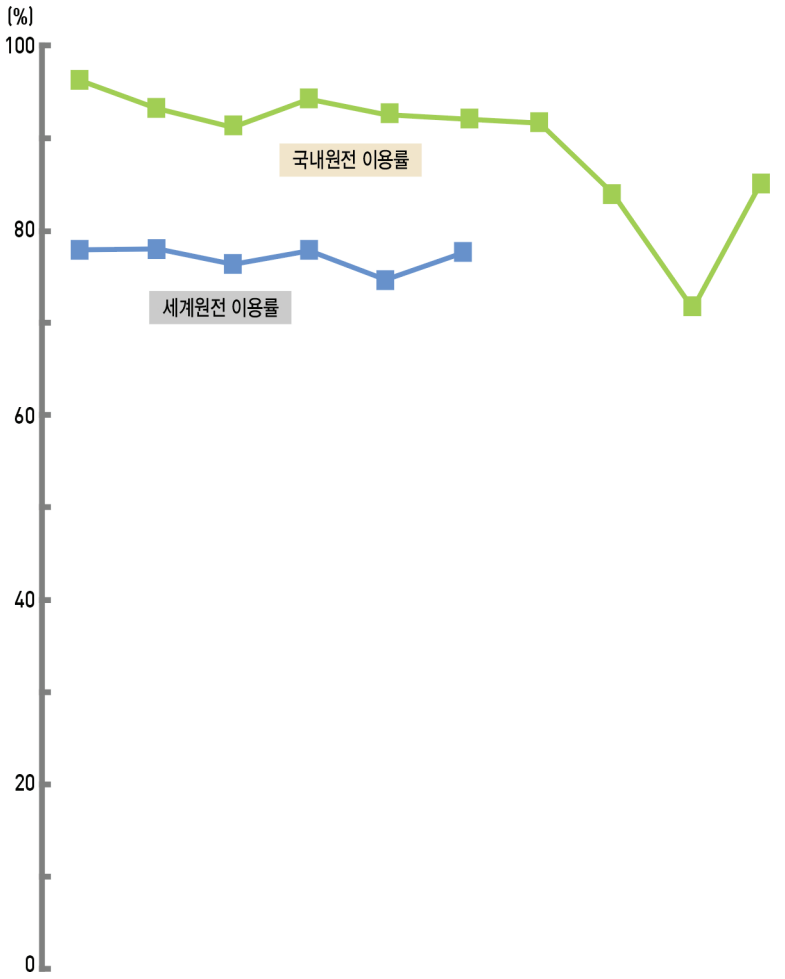
주3) 2004년 이후 대체에너지를 유류에서 분리 게시

3. 국가별 원전 현황

순위	국명	운영중				건설중	
		설비용량 (MW)	기수	'14년 발전량 (GWh)	점유율 (%)	설비용량 (MW)	기수
1	미국	99,313	100	798,616.26	19.5	5,633	5
2	프랑스	63,130	58	418,001.40	76.9	1,630	1
3	일본	42,388	48	0.00	0.0	2,650	2
4	러시아	24,654	34	169,064.84	18.6	7,371	9
5	대한민국	20,717	23	149,199.22	30.4	5,420	4
6	중국	19,007	23	123,807.69	2.4	21,128	21
7	캐나다	13,500	19	98,588.12	16.8	–	–
8	우크라이나	13,107	15	83,122.79	49.4	1,900	2
9	독일	12,074	9	91,783.70	15.8	–	–
10	스웨덴	9,470	10	62,270.05	41.5	–	–
11	영국	9,373	16	57,918.48	17.2	–	–
12	스페인	7,121	7	54,860.38	20.4	–	–
13	벨기에	5,927	7	32,093.74	47.5	–	–
14	인도	5,308	21	33,231.87	3.5	3,907	6
15	체코	3,904	6	28,636.78	35.8	–	–
16	스위스	3,333	5	26,467.90	37.9	–	–
17	핀란드	2,752	4	22,645.96	34.6	1,600	1
18	불가리	1,926	2	15,013.99	33.6	–	–
19	헝가리	1,889	4	14,777.73	53.6	–	–
20	브라질	1,884	2	14,463.39	2.9	1,245	1
21	남아공	1,860	2	14,762.70	6.2	–	–
22	슬로바키아	1,814	4	14,420.34	56.8	880	2
23	아르헨티나	1,627	3	5,258.17	4.0	25	1
24	멕시코	1,330	2	9,311.60	5.6	–	–
25	루마니아	1,300	2	10,753.68	18.5	–	–
26	이란	915	1	3,723.60	1.5	–	–
27	파키스탄	690	3	4,577.53	4.3	630	2
28	슬로베니아	688	1	6,060.82	37.2	–	–
29	네덜란드	482	1	3,873.51	4.0	–	–
30	아르메니아	375	1	2,265.64	30.7	–	–
31	대만	5,032	6	40,801.06	18.9	–	–
	벨라루스					2,218	2
	아랍에미리트					5,380	4
계						64,217	65

[호기, 설비용량, 발전량 및 점유율 2015년 10월 IAEA PRIS 기준]

4. 국내 및 세계 원전 평균이용률 비교



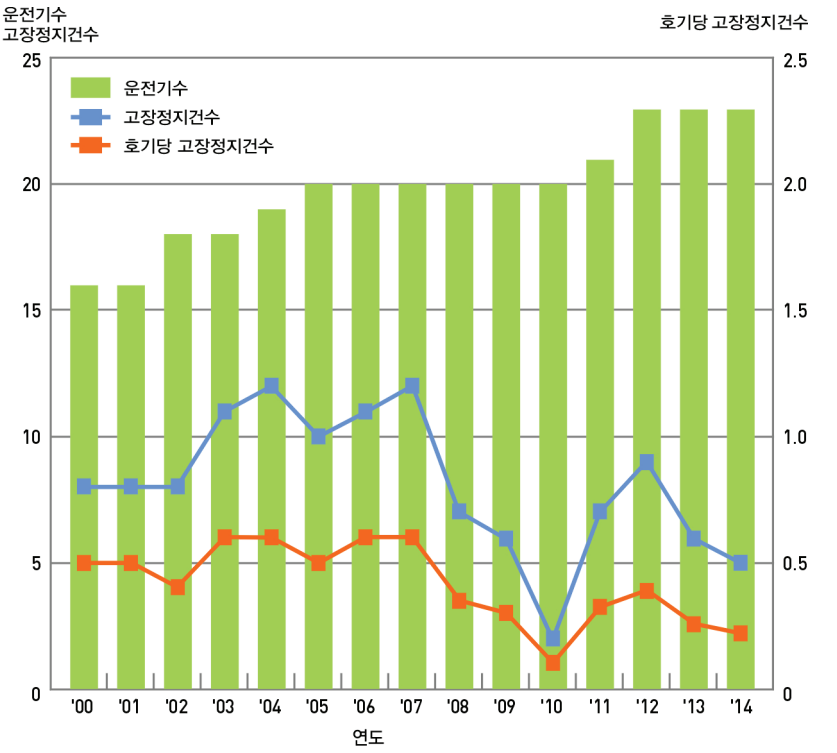
(단위 : %)

구 분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
국내평균	95.5	92.3	90.3	93.4	91.7	91.2	90.7	82.3	75.5	85
세계평균	79.3	79.5	77.8	79.4	76.0	79.0	–	–	–	–

[한국수력원자력(주) 발전계획실적관리시스템(POEMS, 15년 11월 기준) 및 Nucleorics Week(2011. 6. 9)]

5. 원전 고장정지 비교

국내원전 호기당 고장정지 추세



국내원전 호기당 고장정지 추세

구 분	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
운전기수	16	16	18	18	19	20	20	20	20	20	20	21	23	23	23
고장정지건수	8	8	8	11	12	10	11	12	7	6	2	7	9	6	5
호기당 고장정지건수	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.35	0.3	0.1	0.33	0.39	0.26	0.21

[한국수력원자력(주) 발전계획실적관리시스템(POEMS, 15년 11월 기준)]

편찬위원회

위원장/ 산업통상자원부	원전산업정책관 정동희
위 원/ 산업통상자원부	원전산업정책과장 박재영
한국수력원자력(주)	홍보실장 백 훈

편찬실무반

산업통상자원부	원전산업정책과 차찬석
	원전산업관리과 정효영
한국수력원자력(주)	홍보실 기업홍보팀 이은홍

집필반

산업통상자원부	나한균, 김혜원, 윤삼희, 고재강, 김종범, 김학배, 박현종, 임철성, 이동철
한국수력원자력(주)	정영기, 정영현, 황교, 권원택, 정영식, 방창준, 이희환, 이명춘, 변충섭, 강신섭, 김정묵, 김일환, 이종설, 최영기, 이상구, 최영선, 전혜수, 최상우, 위용복, 김범수, 조석진, 차재홍, 이은홍, 유연상
한국원자력연료(주)	이종무
한국원자력환경공단	이종원, 이재학, 곽상수, 김용식
한국원자력문화재단	최재삼
한국전력공사	황수돈

산업통상자원부 원전산업정책과

전화번호 044-203-5319

주 소 세종시 한누리대로 402
(12동,13동)

한국수력원자력(주) 홍보실

전화번호 (02)3456-2493

주 소 서울시 강남구 영동대로 520

원자력 발전백서

발 행 2015년 12월

발 행 처 산업통상자원부
한국수력원자력(주)

〈비매품〉