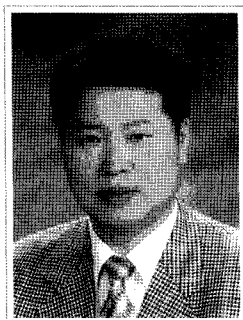




# 대한민국 원자력 반세기 그 기적의 역사



1959.7.14 TRIGA Mark-II 연구용원자로 기공식,  
이승만 대통령(우측) 과 김법린 원자력원장



한 봉 오

원자력반세기념연합행사  
추진위 사무국장 · KAERI  
원자력정보 협력부장

## 원자력 발전사 : 원자력, 50년의 발자취

1. 1950년대 원자력 태동기 I : 전 후(戰 後), 원자력에서 희망의 빛을 보다

“우라늄 1그램이면 석탄 3톤의 에너지를 낼 수 있다. 한국은 자원 빈국이 아니다.

석탄은 땅에서 캐는 에너지이지만, 원자력은 사람의 머리에서 캐내는 에너지다”



세계 제2차 대전 직후 유럽의 전력계통 복구를 주도했던 미국의 전기기술 대가 워커 시슬러(W. L. Cislser)는 1956년 이승만 전 대통령 예방 당시, 원자력의 무한한 발전 가능성과 전력사업 전반의 중요성을 역설했다. 그리고 이것은 한국전쟁 후, 국가 발전의 새 동력을 찾고 있던 우리나라 역사에 여명(黎明)을 예고했다

원자력 발전의 기틀은 6.25 전쟁 후 무질서와 빈곤이 혼재된 어려운 국가 여건 속에서, 원자력의 무한한 가능성을 꿰뚫어 본 이 전 대통령의 미래지향적 결단에 의해 시작됐다.

이 전 대통령의 원자력 개발을 위한 결심과 준비 조치는 빠르고 강력했다.

1956년 미국과 원자력협력협정을 체결했고, 같은 해 3월 9일 당시 문교부 기술교육국에 원자력과를 신설하면서 원자력 기술 개발 및 산업화를 위한 본격적인 준비에 돌입했다. 원자력과에서 원자력법을 마련해 1958년 3월 국내 최초로 원자력법이 공포되었다. 그 이듬해인 1959년에는 원자력원(현 교육과학기술부)과 우리나라 최초의 원자력 연구 기관인 원자력연구소(현 한국원자력연구원)도 개소했다.

이러한 발 빠른 움직임은 학계로도 이어져 1958년 한양대학교에 국내 최초로 원자력공학과가 설립되었고, 1959년 서울대에도 원자력공학과가 개설되면서 원자력 미래 인재 양성을 위한 움직임이 본격화됐다. 이 당시 원자력공학과와 인기는 대단해 전국의 내로라하는 수재들이 모여들어 입시에서 높은 경쟁률을 기록하기도 했다.



고리1호기 준공식에서 연설하는 박정희 전 대통령(1978.7)

1959년 7월, 이승만 전 대통령은 원자력계 주요 인사들이 참석한 가운데 국내 최초의 연구용 원자로인 'TRIGA Mark - II'의 기공식을 개최했다. 대한민국 원자력 기술 개발의 역사적인 첫 신호탄이 쏘아 올려지는 순간이었다.

## 2. 1960년대 원자력 태동기Ⅱ : 경제개발5개년계획과 원자력의 부상(浮上)

1960년대는 박정희 정권 출범 이후, 제1·2차 경제개발5개년계획이 추진되면서 에너지 자원 확보와 기간 산업, 사회 간접자 본 시설 확충 등이 급격히 추진되던 시기였다. 경제개발계획이 성과를 거두면서, 이 시기 우리나라의 전력 소비량은 급증하기 시작했고, 부족한 에너지 자원 확보를 위한 원자력 발전의 청사진도 구체화되기 시작했다.

1962년 '원자력발전대책위원회'를 구성해 국내 최초로 '원자력발전 추진계획'을 수립했다. 이 계획안은 우리나라의 미래 에너지원으로 원자력이 가장 유망하며, 원자력 기술 개발을 위한 인력 양성에 착수할 것과 70년대 초기 원전 건설을 주문했다.

제1호 원전 건설을 위한 움직임도 활발해졌다. 1964년, 기초 조사가 시작된 후 4년여 만인 1968년 기상·지질 등 다양한 기초 조사 끝에 경남 양산시 고리 지역이 최종 원전 후보지로 선정됐다. 또 정부는 각국의 원전 정책 및 기술 개발 현황 등을 정책 수립에 반영하기 위해 1966년부터 '원자력발전조사위원회'를 꾸려 미국 등 해외 선진국 사례 조사에



고리 1호기 건설 부지 설명회(1969)

도 착수했다.

한편, 이 시기에는 원자력에 대한 국가적 중요성이 증대되면서 학계의 본격적인 조직화도 시작됐다. 1969년 공식 창립한 한국원자력학회는 첫 시작 당시에는 소규모로 시작됐지만, 현재는 42개 기관의 특별회원사와 약 2,668명의 회원을 거느린 거대 단체로 성장했다.

### 3. 1970년대 원자력 기반 조성기 : 오일 쇼크 속에서 탄생한 대한민국 원전 1호기

“우리나라는 본격적인 원자력시대에 접어들었고, 과학기술의 커다란 전환점을 이룩하게 됐습니다”  
- 1978. 7 고리 1호기 준공식에서 박정희 전 대통령

1970년대는 경제개발계획에 따른 고도의 경제 성장으로 전력 수요가 폭발적으로 증가했다. 그러던 중, 1973년과 78년 두 차례 오일 쇼크가 찾아오면서 탈유전원개발정책에 의해 중·장기적인 원자력 발전계획 수립과 ‘원자력 발전의 국산화’가 당면 과제로 급부상했다.

1971년 3월 19일, 국민의 이목은 국내 최초의 상업용 원전인 고리 1호기 기공식이 개최된 경남 고리에 집중됐다. 가압경수로인 고리 1호기는 설비 용량 58만 7000kW, 총 1560억 7300만원이 투입된 당시 국내 최대 규모 사업이었다. 기공식에 운집한 1만 명의 주민과 관계자들은 고리 1호기에 한국의 희망을 담았고, 결국 1978년 고리 1호기는 성공적으로 준공돼 가동에 들어갔다. 세계에서 21번째, 동아시아에서는 일본에 이어 2번째 원전보유국이 되는 감격스런 순간이었다.

원전 기술 국산화와 기술 축적을 위해 고민하던 정부는 고리 3, 4호기의 발주 방식을 기존에 외국 계약자들에게 전적으로 의존하는 ‘턴키형 발주 방식’에서 ‘분할 발주 방식’으로 바꾸며, 원전 기술 확보를 위한 성공적인 첫걸음을 뗐다. 이후 호남 최초의 원전인 영광 1, 2호기 역시 ‘사업자 주도형 공급 방식’을 채택, 기업들이 원전건설에 참여하는 발판을 마련했다.



고리 2호기 준공식에서 전두환 전 대통령(1983.9)

### 4. 1980년대 원자력 기술 자립기 : 특명! 원전 국산화 95%에 도전하라

“우리는 원자력발전의 요람을 이룩했고, 이러한 대규모 설비는 국력 신장을 이끄는 견인차이며, 공업 한국의 일찬 표상이다.”

- 1983. 9 고리 2호기 준공식에서 전두환 전 대통령

1960~70년 고도 경제 성장에 따른 국내 기반 산업 발전 및 국민 생활수준 향상으로 국내 전력 수요 역시 계속해서 급증세를 나타냈다.

1980년대, 정부는 원전 설계 및 기자재 국산화율 95% 달성 목표와 표준형원전 건설을 원전 건설 사업 장기 추진방 향으로 설정하고 원전 건설 방식을 국내 ‘사업자 주도 방식’으로 전환했다.

1986년 6월, 총공사비 1조 7178억 원 투입, 연인원 1200만 명이 동원돼 국내 건설사상 최대 규모였던 고리 3, 4호기가 그 웅장한 위용을 드러냈다. 고리 3, 4호기는 국내 최초의 사업자 주도 방식으로 건설돼, 원자력 기술 자립 기반 마련에 기여한 것으로 평가됐다. 울진 1, 2호기는 그간 미국의 원자력 기술에 익숙해져 있던 우리나라 원자력 발전 분야에 원전 표준화를 시도한 프랑스의 선진 기술을 도입함으로써, 국내 원전 표준화의 기반을 다지는 시발점이 됐다.

1980년대에는 원전 기자재 국산화뿐 아니라, 원자력 발전의 연료가 되는 핵연료의 국내 생산 및 국



월성원자력환경관리센터 착공식에 참석한 노무현 전 대통령 (2007.11)

산화를 위한 본격적인 기술 개발도 시작됐다. 진정한 원자력 발전의 국산화를 위해서는, 발전의 뿌리가 되는 연료의 국산화가 반드시 뒤따라야 했기 때문이다.

핵연료 국산화 사업은 1976년 12월 설립된 한국 핵연료개발공단(후 한국핵연료주식회사, 현재는 한전원자력연료주식회사)과 한국원자력연구소의 주도로 이뤄졌다. 1981년부터 본격 시작된 중수로 핵연료 국산화 사업은 1985년 핵연료 양산 기술 개발에 성공하고 1987년 7월 월성원전에 핵연료 공급을 개시함으로써 꿈에 그리던 '핵연료 국산화'의 꿈을 달성했다. 경수로형 핵연료 국산화 역시 발빠르게 추진됐다.

1982년 11월, 전담 기관인 한국핵연료주식회사가 설립되고 독일 지멘스와의 핵연료 기술 도입 계약에 따라, 1989년 2월 우리 기술진에 의해 고리 2호기의 핵연료 설계가 수행되었다. 1990년 국내 최초의 국산 핵연료인 KOFA

(Korea Fuel Assembly)가 고리 2호기에 장전되었다. 이같은 핵연료 국산화는 이후 우리나라의 원자력 기술 자립의 든든한 초석이 되었다.

그러나 이러한 원자력 발전 및 기술 개발 성과에도 불구하고 1986년 발생한 '체르노빌 원전사고'는 원자력에 대한 국민의 불안과 불신을 증폭시키는 계기가 됐다. 이러한 계기를 통해 국내 원자력계는 원자력 사용의 안전성 강화를 위한 '민간환경감시기구 설치' 등 다양한 제도적 장치를 마련하고, 이제까지 소홀했던 원자력의 중요성에 대한 대국민 홍

보를 본격적으로 시작하게 되었다.

### 5. 1990년대 원자력 기술 자립 성숙기 : 30년의 쾌거, 한국표준형원전 개발

1990년대 경제 발전을 지속하던 우리나라는 급증하는 전력 수요에 탄력적으로 대응하기 위해 지속적인 원전 건설 정책을 폈고, 특히 한국표준형원전 개발과 해외 시장 공략에 박차를 가했다.

특히 우리나라는 1984년 정부의 원전 기술 자립 계획에 따라, 축적한 국내 원전 기술과 최신 설계 기준을 적용하여 우리나라 실정에 맞고 안전성을 향상시킨 최적의 원자로 '한국표준형원전(KSNP : Korea Standard Nuclear Power Plant)'을 개발하는 데 모든 역량을 집중했다. 국내 표준형원전 기술 개발은 한국원자력연구소가 주도했다.

1995년 준공된 영광 3, 4호기는 기술 자립뿐 아니라 외자 의존도를 17%까지 낮춤으로써 우리 손으로 탄생시킨 한국형원전의 효시가 됐고, 최초의 한국표준형원전으로 기록된 울진 3, 4호기는 원전의 두뇌에 해당되는 원자로계통(NSSS: Nuclear Steam Supply System)을 순수 국내 기술로 설계하는 쾌거를 이뤘다.

이후 2005년 준공된 울진 5.6기는 순수 국내 기술진이 원전 제작뿐 아니라 설계까지 수행함으로써 국내 원자로 핵심 설계 및 제작 기술을 강화할 수 있었다. 불과 30년 만에 세계에서 가장 단기간 내에, 가장 적은 연구비로 원자력 기술 자립을 이룩한 한국의 표준형원전 건설에 세계가 감탄했다.

국내 업체 주도의 한국표준형원전으로 기록된 울진 3, 4호기의 성공적 건설로 대한민국의 원전 기술 해외진출 꿈도 조금씩 현실화되기 시작했다. 1993년 한전은 기술본부 내에 별도의 해외사업추진팀을 발족하고 '중국 진산 중수로건설사업' 등 본격적인 해외 사업을 추진한다. 이 시기 한국전력기술은 설계 기술, 한국중공업(현 두산중공업)은 원전 설비 및 기자재 제작, 대우건설은 해외 원전 건설 사업에 진출하면서, 한국 원자력산업이 새로운 한국 경제성

장의 동력으로 그 가능성을 인정받기 시작했다.

한편, 1995년 4월에는 우리나라 자력으로 설계·건설한 다목적 연구용 원자로인 ‘하나로(HANARO)’가 준공됐다. 이로써 우리나라는 중성자와 방사선을 이용한 실험 연구 개발 등에 박차를 가할 수 있었고, 이는 2001년 국내 최초의 방사선의약품 신약인 간암 치료제 ‘밀리칸 주’의 개발에 큰 밑거름이 됐다.

6. 2000년대 원자력 기술 고도 성장기 : 첫 원전 수출 준비와 경주시민의 승리

“앞으로 방폐장 선정과 같은 성공 사례들이 더 많이 나오고, 대화·타협이 사회의 보편적 문화로 정착될 수 있도록 노력합니다”

- 2007. 11 월성원자력환경관리센터 착공식에서 노무현 전 대통령

2000년 우리 원자력계는 누계 발전량 1조kWh 달성이라는 눈부신 성과로 시작했다. 1조kWh는 서울시에서 35년간 사용할 수

있는 전력량으로, 1조kWh달성으로 인한 국민의 경제적 부담 경감액은 약 18조원으로 추산됐다.

2005년 한국표준형원전의 완성판이라 할 수 있는 울진 5, 6호기의 준공으로 우리나라는 총 20기의 원전을 보유한 세계 6위 원자력 대국으로 발돋움했다. 100만kW급 영광 5, 6기의 준공으로 1572만kW의 원전 설비 용량을 보유해 국내 발전 설비 용량의 30%를 점유하게 됐다.

한국표준원전의 지속적 업그레이드와 해외 수출을 위한 브랜드화 노력도 가속화 됐다. 우리나라는 개선형한국표준원전(OPR1000)을 신고리 1, 2호기에 적용시키고, OPR1000이라는 새 브랜드로 세계 원전 시장 공략에 박차를 가했다.

원전 브랜드화와 함께 선진 원자력 기술 개발을 위한 노력도 가속화됐다. 특히, 2007년 개념 설계를 완료한 일체형 원자로 ‘스마트(SMART)’는 핵분열로 생기는 열의 일부로 전기를 만들고, 나머지는 바닷물을 민물로 만드는 데 필요한 열에너지를 공급



저탄소 녹색 성장을 새로운 비전의 축으로 제시하고 있는 이명박 대통령

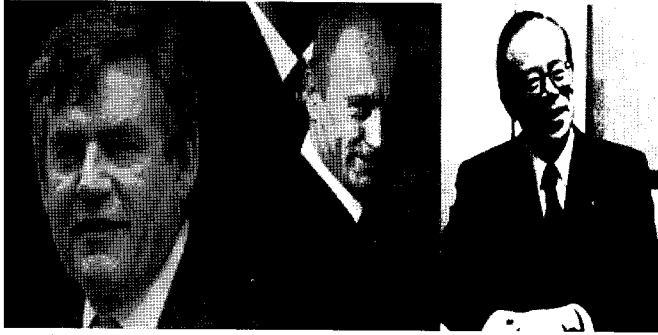
할 수 있는 중소형 원자로다. 이 원자로는 인구 10만 명 규모의 도시에 전기와 물을 동시에 공급할 수 있는 시스템으로, 국제원자력기구(IAEA)에서는 2050년까지 중소형 원자로 시장 규모가 500~1000기(350조원 추정)에 이를 것으로 내다보고 있어 매우 유망한 분야로 손꼽히고 있다.

2005년 설치된 ‘아틀라스(ATLAS)’도 국내 원자력 시설의 안전성 확보에 큰 이정표가 되었다. 아틀라스는 원자력발전소에서 발생 가능한 대부분의 사고에 대해서 실제와 유사하게 모의 실험을 할 수 있는 장치로 특히 우리나라 원전의 안전성을 획기적으로 향상시키는 데 큰 역할을 하고 있다.

그러나 이러한 많은 기술적 성과에도 불구하고, 방사성폐기물의 안전한 관리와 처분은 우리 모두가 함께 풀어야 할 난제(難題)로 남아있었다. 방사성폐기물 처분시설 후보지 선정은 지역 주민의 반발 등으로 번번이 실패하다가 2005년 정부가 주민투표제를 도입하면서, 그 해 11월 최종 후보지로 경주시가 선정됐다. 이후 지역 주민의 동의를 거쳐 2008년 1월 고리 1호기의 연장 가동이 시작되면서 우리나라에서도 원자력의 안전한 이용을 위한 ‘사회적 합의’ 분위기가 확산되고 있음을 확인할 수 있었다.

7. 이명박 정부 출범 후 : 대한민국 녹색성장 동력, 원자력

“저탄소 녹색성장을 새로운 비전의 축으로 제시하고자 합니다.”



고든 브라운  
영국 총리

블라디미르 푸틴  
전 러시아 대통령

후쿠다 야스오  
전 일본 총리

녹색성장은 온실가스와 환경 오염을 줄이는 지속 가능한 성장입니다”

- 2008. 8 건국60주년기념연설에서 이명박 대통령

녹색성장을 새로운 국정 비전으로 내세운 이명박 정부는, 2008년 8월 국가에너지기본계획을 통해 화석에너지의 비중을 크게 낮추는 대신 2030년까지 원자력 등 저탄소에너지 비중을 전체 에너지원의 39%까지 확대하는 계획을 발표했다. 원자력은 온실가스 배출이 거의 없고 발전 단가도 낮아 경제성이 높으며, 고유가 시대 및 국제적인 환경 규제 변화에 대응하기 위한 가장 현실적 에너지 대안이기 때문이다.

이러한 계획에 따라, 우리나라는 2030년까지 원자력 발전량 비중을 전체 전력의 59%까지 확대할 계획이며, 이 계획대로라면 2030년까지 약 18기의 추가 원전 건설이 필요할 것으로 예상되고 있다. 또 미자립 원전 기술과 수출용 신형 원전 개발을 앞당겨 세계 6대 원전 수출 강국으로 도약하기 위해, 원전 플랜트 해외 수출에도 박차를 가할 계획이다.

**원자력의 중요성 : 2009년,  
왜 다시 원자력인가?**

에너지 공급 안정성을 확보하기 위해서 신규 원전 건설이 최상의 방법이다

- 고든 브라운(Gordon Brown) 현 영국 총리 -

원자력이 국가 경제성장의 중요한 동력임을 잊어서는 안 된다

- 블라디미르 푸틴(Vladimir Putin) 러시아 전 대통령 -

우리가 에너지 보존과 재생 에너지를 개발하려는 노력과 함께 주요 전원으로 원자력에너지의 활용을 강화하는 것은 필수적이다

- 후쿠다 야스오(福田康夫) 일본 전 총리 -

세계 13위의 경제대국, 석유 수입량 세계 3위, 에너지 소비 규모 세계 10위(2007년 기준),

지금 대한민국은 에너지 패러다임의 급격한 변화의 중심에 서 있다. 우리나라의 에너지 수입금액은 856억 달러로, 우리나라 최대 수출 품목인 반도체와 자동차 수출 금액을 합한 703억 달러 보다 훨씬 크다.

에너지의 97%를 수입에 의존하고 있는 대한민국은 세계 에너지 수요와 이산화탄소 배출 급증, 이에 따른 에너지 안보 위협 등 고유가와 갈수록 강화되고 있는 국제적 환경 규제에 대응하기 위한 현실적 대안 마련이 시급한 상태이기 때문이다. 글로벌 경제 위기와 저탄소 국가 경영 시대에, 경제성과 친환경 경성을 두루 갖춘 원자력이 주목받는 이유가 바로 여기에 있다.

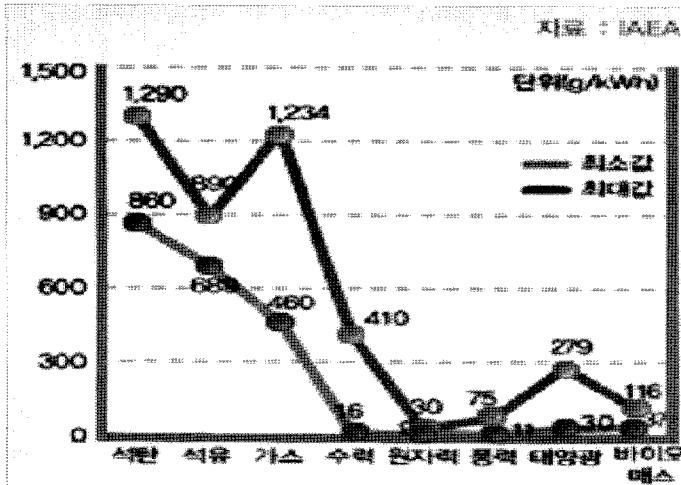
국내 총전력 발전량의 약 40%를 담당하고 있는 원자력은, 지구 온난화를 예방하는 친환경 저탄소 에너지다. 게다가 타에너지원에 비해 상대적으로 발전 원가도 저렴해 고유가 시대에 경제 및 생활 물가 안정에 크게 기여할 수 있는 경제 에너지이기도 하다.

아울러 선진국들 간의 에너지 자원 확보 경쟁이 갈수록 치열해지며 ‘에너지 안보’가 위협받고 있는 상황에서, 원자력은 우리나라가 연료 성형 가공 기술까지 갖추고 있어 ‘에너지 자립’을 구현할 수 있는 최적의 에너지로 평가받고 있다.

**1. 저탄소 녹색에너지 - 원자력**

원자력은 최근 강화 추세에 있는 국제적 환경 규제 정책에 가장 잘 부합하는 저탄소 에너지다. 국제

[표 1] 발전원별 이산화탄소 배출량 (2006년)



2. 경제 위기 극복의 구원 투수 - 원자력

1982년 이후 국내 소비자 물가는 200% 넘게 올랐지만, 전기 요금 상승률은 단 5.5%에 지나지 않았다. 지난 50여 년 간 정부의 경제 개발 정책으로 우리나라가 고도의 경제 성장을 이루는 동안, 값싼 전기료는 국가 기간 산업과 기업을 발전시키고 우리 국민들의 생활 물가 안정과 편의 향상에 결정적인 밑거름이 됐다. 한 예로, 2000년 우리나라는 원자력 누계 발전량 총 1조kWh를 달성했는데, 이로 인한 우리 국민의

원자력기구(IAEA)의 조사 발표(<표 1> 참조)에 따르면, 원자력 발전의 온실가스 배출총량은 태양광과 풍력에너지보다도 적은 것으로 나타났다.

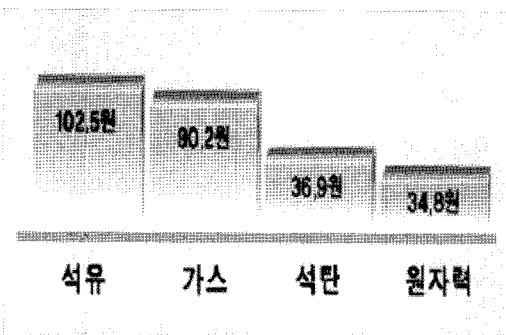
현재 대한민국 온실가스 총배출량은 2006년 기준 5억9950만tCO<sub>2</sub>(이산화탄소톤)으로 세계 9위, OECD국가 중 1위를 기록하고 있다.

국제적 기후변화협약 체결 후, 전 세계적으로 '저탄소 고효율' 에너지 대책이 향후 국가 경쟁력을 결정짓는 중요한 요인으로 부상한 가운데, 우리나라에서도 원자력은 지구 온난화 문제와 탄소 배출 의무 저감의 부담을 해결할 수 있는 가장 경제적이고 현실적인 대안으로 주목받고 있다.

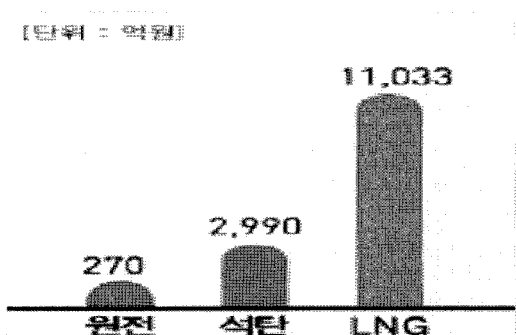
경제적 부담 경감액은 무려 18조원에 달한다는 결과가 있었다. 대한민국 경제 발전의 일등 공신이 원자력이라 해도 과언이 아닌 것이다.

에너지 발전 효율은 높은 대신, 발전 단가는 낮은 점도 어려운 경제 상황에 처한 우리가 주목해야 할 대목이다. 1978년 고리원전 1호기가 가동된 이후, 약 30여 년간 원자력 발전을 통해 생산된 전기는 총 2조kWh에 이른다. 같은 기간 동안 원자력이 아닌 석유를 사용했다라면, 무려 155조원이 더 들었을 것이라고 한다. 에너지원별 발전 단가를 비교해 봐도 원자력은 kWh 당 단가가 34.8원으로 석유의 약 1/3 수준이며, 에너지 생산을 위해 필요한 연간 연료비도 LNG보다 40배가량 저렴하다.

[표 2] 에너지원별 kWh당 발전단가 (2007년)



[표 3] 연간 연료 비용(100만kWh급 발전소)





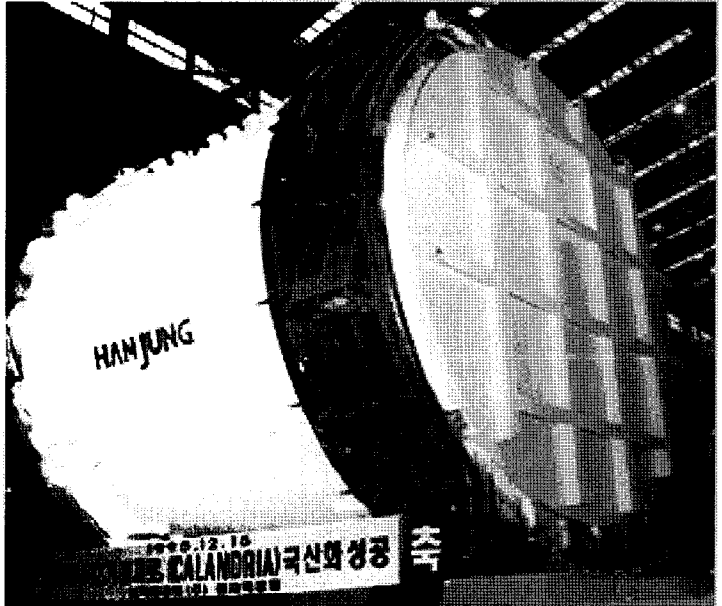
경제 위기가 전 세계를 휩쓸며 우리나라도 저성장 대열에 진입한 가운데, 전문가들은 다음 세기 동안 국민들에게 저렴한 에너지를 안정적·장기적으로 공급할 수 있는 현실적 대안은 바로 '원자력'이라고 입을 모은다.

### 3. 우리 스스로 만드는 자립형 에너지 - 원자력

선진국들 간의 에너지 자원 확보 경쟁이 갈수록 치열해지며 '에너지 안보'가 향후 국가 경쟁력을 판가름하는 중요한 요인으로 급부상하고 있다. 원자력 발전의 연료인 우라늄은 비교적 세계 전역에 고르게 매장되어 있는데다, 소량의 원료로도 막대한 에너지를 낼 수 있고 수송과 저장도 매우 용이하다.

게다가 우리나라는 이미 한전원자력연료(주)가 전 세계적인 수준의 원자력 발전 연료 가공 기술을 보유하고 있어, 국제적인 발전 연료 가공 기술이나 가격 변동에 큰 관계없이 우리나라 자체적으로 안정적인 원자력 발전 연료 공급이 가능하다.

이러한 요인들은 결국 2015년 경, 우리나라의 에너지 소비가 2007년의 2배로 급증할 것이라는 전망 속에서, 우리나라의 에너지 자급률을 높이고 국가 경제를 안정시킬 것으로 기대되고 있다.



월성4호기 원자로 국산화 성공

일본, 프랑스, 러시아, 독일 등 일부 선진국들이 장악하고 있는 원전 시장을 차지하기 위한 세계 각국의 기술 개발 및 투자 경쟁은 한층 더 가열될 것으로 예상되고 있다.

우리나라의 원자력 산업 발전은 지난 1990년 대 초부터 본격적으로 시작했다. 1993년부터 한전을 중심으로 해외 사업을 추진한 우리나라는 활발한 해외 시장 개척과 미국 웨스팅하우스, 캐나다원자력공사 등 다양한 해외 기관과의 협력을 통해 2007년 말까지 4억 8800만달러의 원전 기술 및 기자재 수출 실적을 달성했다.

한국수력원자력과 더불어 국내 발전 사업에서 축적한 기술력을 바탕으로 해외 시장 진출을 본격화한 한국전력기술은 미국, 중국, 대만, 베트남에 원전 기술 인력 지원 프로젝트를 수행해 설계 기술 수출로 국제적 위상을 제고해왔다. 또한 한전KPS의 원전 정비 기술 수출과 한전원자력연료(주)의 연료 및 기자재 수출이 다각도로 진행되어 왔다.

민간 기업으로는 두산중공업이 기자재 공급자로서 설비 및 기자재 수출에 박차를 가하여 90년대 말부터 중국, 미국 등 신규 원전 및 교체 사업 분야에서 기자재 공급을 적극 추진해오고 있다.

**국내 원자력 산업 발전 현황 : 선진 기술로 성공 신화 이룬다**

대한민국은 현재 원전 설비 용량 기준으로 세계 6위의 원자력 대국이다. 1978년 고리 1호기를 시작으로, 불과 30여년 만에 1,771만 6천kWh의 설비 용량을 보유하며 초단기간에 원자력 기술 대국으로 성장했다.

특히, 전 세계적으로 2030년까지 약 300기의 신규 원전이 건설될 것이란 전망에 따라, 현재 미국,



[표 4] 대한민국 원자력산업 수출 실적

(2008. 6월 기준, 출처 : Nuclear Power Note 2008, 지경부·한수원)

회사명	수 주 내 용	계약금액(천불)
두산중공업(주)	중국 진산원전 2단계 원자로공급 등 32건	1,644,000
한국전력기술(주)	벡텔사 기술용역사업 등 29건	51,493
원전연료(주)	웨스팅하우스사 기술용역사업 등 32건	32,822
한수원(주)	중국 광둥원전 1단계 운영정비기술지원 등 27건	27,352
대우건설(주)	대만 용문원전 기술자문계약 등 6건	26,894
원자력연구원	이리돔 방사선원 어셈블리 수출 등 133건	14,814
한전KPS(주)	일본 토마리원전 원자로헤드 관통검사용역 등 120건	9,321
누 계		1,806,696

정부의 적극적인 투자를 바탕으로 산업계의 전략적인 기술개발, 원자력계 종사자들의 헌신적인 노력이 합쳐져 우리나라는 세계에 전례 없는 초단기간에 원전 건설 및 운영 분야에서 약 95% 수준의 기술 자립을 달성할 수 있었다. 석유, 석탄 등 에너지 자원이 부족한 우리나라가 우수한 인력자 원을 통해 '원자력'이라는 '준국산 에너지'를 성공적으로 만들어 낼 수 있었던 것은, 정부를 비롯하여 산업계, 학계, 연구계 등 원자력계 모든 이들이 똘똘 뭉쳐 일궈낸 기적이었다.

## 1. 원전 설계 부문

초창기 원전 건설은 턱키 사업이라 우리나라가 설계에 참여할 기회가 없었다. 그러나 고리 3, 4호기, 울진 1, 2호기, 월성 3, 4호기부터 우리나라의 설계 참여가 시작되어 해외로부터 부분적인 기술 이전이 이루어졌다.

본격적인 설계 분야 기술 이전은 영광 3, 4호기 설계를 통하여 이루어졌는데, 주기기 설계 분야는 미국 CE, 종합 설계 분야는 미국 S&L을 통해 각각 이전되었다. 1996년 주기기 설계 업무가 한국원자력연구원에서 한국전력기술(주)(KOPEC)로 이관되어 KOPEC은 종합 설계와 주기기 설계를 동시에

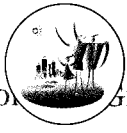
수행하는 세계 유일의 회사가 되었다. 이후 KOPEC은 꾸준한 기술 개발과 사업 수행을 통해 독자 설계 기술 능력을 확보하여 OPR1000, 신형경수로 APR1400도 독자적으로 설계하였다.

APR1400으로 건설 중인 신고리 3, 4호기가 준공될 경우, 우리나라는 아시아에서 가장 먼저 3세대 원전을 보유한 국가로 부상하게 될 것이다. 현재 KOPEC은 미국 웨스팅하우스 AP-1000, 중국 원전 등에 설계기술을 수출하고 있다.

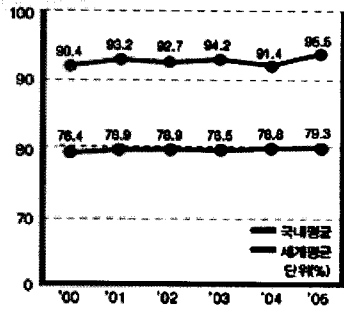
## 2. 원전 운영 기술 부문

한국수력원자력(주)가 진행하고 있는 원전 운영 기술 부문은 타분야에 비해 우리나라의 안정적인 기술력이 검증된 분야다. 우리나라 원전의 평균 이용률은 2000년 이후 연속 90% 이상을 달성, 세계 평균 이용률 70%대보다 약 15% 이상을 웃돌고 있다. 이는 100만kWh급 원자력발전소 2기를 추가 건설할 수 있는 투자비 약 5조원을 절감하는 것과 동일한 효과로, 대한민국의 우수한 원전 운영 능력을 입증하는 결과라 할 수 있다.

또한 안전성의 척도가 되는 각 호기 당 고장 정지율도 1994년 이후 호기당 1건 정도를 유지하고 있다. 특히 2004년의 경우 고장 정지율 0.6건을 기록



### 원전 이용률 비교



$$\text{이용률} = \frac{\text{연간 총 발전량}}{\text{설비용량(24시간)365일}}$$

- ▶ 계획예방 정비기간 제외
- ▶ 국내 원전 이용률은 세계 평균이용률보다 10% 이상 높음

하며, 선진국과 비교해도 손색없는 우수한 실적을 나타냈다.

우리나라는 운전 및 정비 요원에 대한 교육 훈련도 꾸준히 강화하여 원전 운영 및 정비 기술을 지속적으로 향상시킴으로서, 인적 요인에 의한 고장발생 예방과 정비의 질적 향상도 도모할 수 있었다.

### 3. 원전연료 공급 기술 부문

우리나라는 1982년 한전원자력연료(주)를 설립, 원전연료의 국산화와 원자력 에너지 자립을 위해 노력한 결과, 12개 경수로와 4개의 중수로 원전에 필요한 원자력연료를 전량 생산, 국내에 공급하고 있다. 특히 1997년 원자력연료 수요 증가에 대비한 원자력연료 성형 가공 시설을 증설, 현재 생산 용량은 경수로와 중수로 각각 연간 400톤-U의 세계적 규모를 갖추게 되었다.

**국내 원자력 연구 개발 현황 :  
세계 1위를 향하여!**

지난 50여 년간, 대한민국 원자력 발전 분야의 눈부신 성과는 원자력 기술 개발 분야의 축적된 연구 성과와 연구자들의 열정적인 노력 덕분이었다고 해도 과언이 아니다. 1980년대 중수로·경수로형 핵연료 국산화 성공을 비롯해, 1990년대 다목적 연구로 ‘하나로’ 자력 설계·건조/한국표준형원전 개발/연구로형 개량 핵연료 개발, 2000년대 신약 밀리칸 주 개발/열수력 종합실험시설 아틀라스 구축/대용

량 전자빔 조사시설 구축 등이 모두 원자력 연구 기술 개발의 성과로 이뤄졌다.

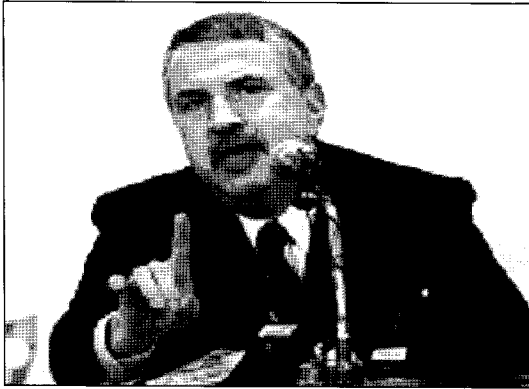
### 1. 2020년까지 원자력 기술 산업화 달성 : 양성자가속기센터 완공 등

향후 원자력 연구 개발은 원자력 안전성 확보를 통한 원자력의 지속 가능성 확대와 녹색성장 구현을 위한 원자력 선진 기술 개발·산업화에 초점을 맞추고 있다. 이를 위해 2020년까지는 원자력 기술 산업화를 목표로 냉중성자 연구 시설 구축, 양성자가속기연구센터 완공, 일체형원자로 ‘스마트’기술 인증, 방사선 융합기술(RFT) 신제품 개발, 신개념 2중 냉각 핵연료 개발, 고준위폐기물 처분 시스템 성능 검증 등을 중점 추진할 계획이다.

특히, 연구용 원자로 ‘하나로’에 구축한 냉중성자 연구 시설을 활용해 나노 및 바이오 연구 등 국가 첨단 과학기술 연구의 기반을 확립하고, 2016년까지 아시아·태평양 중성자 과학 연구의 거점으로 부상한다는 계획이다.

이와 함께 21세기 미래 원천 기술을 개발하고 산업 경쟁력을 제고하기 위해 추진하고 있는 양성자가속기센터가 완공되면 NT(나노기술), BT(바이오기술), IT(정보통신기술), ET(에너지·환경기술), ST(우주기술), 의료 등 중요 국가 과학기술 분야의 연구 개발 기반이 확충될 것으로 기대된다.

### 2. 2030년까지 미래 원자력 시스템 기술 개발 달성 : 파이로프로세싱 기술 등



토머스 프리드먼 <뉴욕타임즈>칼럼니스트

우리나라는 2030년까지 획기적인 미래 원자력 시스템 기술 개발에 총력을 기울일 방침이다. 2025년 기술 완성을 목표로 하고 있는 ‘파이로프로세싱’ 기술은 사용후핵연료를 파이프로세스 건식 처리를 통해 재가공한 후 소듐냉각고속로에서 연료로 재활용하는 기술이다. 이 기술이 상용화되면 원자력에서 나온 사용후핵연료의 양이 약 20분의 1로 줄어들고 핵연료에 포함된 독성 역시 1천분의 1로 감소되어, 소듐냉각고속로에서 재활용하게 될 경우 우리나라 이용률을 1백배 이상 높일 수 있게 된다.

아울러 제4세대 원자로인 ‘소듐냉각고속로(SFR: Sodium Cooled Fast Reactor)’ 실증로 건설을 위한 연구 개발과 원자력수소 생산 시스템 실증 기술 개발도 가속화 된다. 소듐냉각고속로는 3세대 원자로인 경수로나 중수로와 달리, 고에너지의 고속 중성자를 이용해 핵분열 반응을 일으키는 차세대 원자로로 냉각재로는 현재 쓰이는 물 대신 액체소듐이 사용되고 감속재가 필요 없다. 연료 역시 저농축 산화연료 대신 고농축의 산화금속연료를 사용해 경수로에 비해 3배에 가까운 출력이 가능하다. 무엇보다 반감기가 길고 독성이 강한 폐기물이 거의 나오지 않는 반면 재사용이 가능한 연료가 나오는 특징이 있어 경제성과 안전성이 높다.

2026년까지 실증로 개발을 목표로 하고 있는 ‘원자력수소 생산 시스템’ 실증 기술은 저탄소 녹색성장을 위한 수소 경제 시대에 대비하기 위해 우리가 시급히 개발해야 할 기술이다. ‘원자력수소 생산 시

스템’은 950℃에서 안전 운전이 가능한 고온가스로(VHTR)의 고열을 이용해 물을 열화학 또는 고온 전기 분해 방법으로 직접 분해해서 대량의 수소를 안전하고, 깨끗하고, 경제적으로 생산하는 기술이다. 우리나라 235 1g이면 자동차 1대가 지구 한 바퀴를 돌 수 있는 양의 수소 생산이 가능해, 고유가와 국제 기후변화협약에 대응할 수 있는 최적의 기술로 평가받고 있다.

**원자력의 미래 비전 :  
대한민국 녹색성장 동력, 원자력**

“한국은 천연 자원이 없는 점이 오히려 축복이 될 것이다.

기존 에너지 자원이 없는 한국은 우수한 DNA를 가진 인적 자원과 산업 경쟁력을 갖고 있어 녹색 에너지 혁명을

주도할 수 있는 잠재력이 매우 높다”

- 토머스 프리드먼 뉴욕타임즈 칼럼니스트 (코드그린의 저자) -

반핵 운동의 선봉에 섰던 저명한 환경운동가도 원자력이 지구 온난화의 현실적 대안이라는 사실을 인정하기 시작했다. 영국의 환경운동가 제임스러브록 (James Lovelock) 교수는 2004년 <The Independent>지에서 원자력의 대규모 확대만이 지구 온난화 방지의 대안임을 역설했다. 그린피스의 설립자 패트릭무어 (Patrick Moore)는 2005년 <Miami Herald>지와 인터뷰에서 원자력은 지구의 환경 재앙을 피하기 위한 유일한 에너지원이라 주장했다.

**1. 지구 온난화 해결을 위한 전 세계의 원자력 발전 확대**

전 세계적으로 원자력은 이제 지구 온난화 문제 해결과 국가 에너지 자립을 위한 가장 현실적 대안으로 자리매김 하고 있다. 국제에너지기구(IEA)는 원자력에 대한 그간의 중립적 입장에서 벗어나, 지난 2007년 5월 각료회의를 통해 “원자력은 지구 온



난화의 가장 현실적인 대책"이라고 선언하였다.

미래학자들도 “저탄소는 향후 경제적 실익과 직결되는 거대 녹색시장으로 떠오를 것이며, 이것은 세계 에너지 위기에 새로운 경제적 기회를 가져올 녹색에너지 혁명의 첫 걸음이 될 것”이라고 예측했다.

국제원자력기구(IAEA)는 2030년까지 30개국에서 약 300여기에 달하는 원전이 신규로 건설될 것이라며, 무려 700조원의 원자력 신규 시장이 창출되는 원전 르네상스의 시대가 도래할 것이라고 전망했다.

세계 각국이 이처럼 원자력 발전을 급격히 확대하는 이유는, 원자력이 현 지구가 당면한 지구 온난화 문제를 해결할 수 있는 가장 현실적 대안으로 인식되고 있다는 반증이기도 하다.

## 2. 원자력 확대를 위한 정부의 노력

고유가와 원자재 가격 상승, 국제적인 온실가스 감축 압력 현실화 등에 직면한 우리 정부 역시 ‘저탄소 고효율 사회’로 진입하기 위한, 가장 현실적인 에너지 대안이 바로 원자력임을 인정하고 있다.

교육과학기술부는 2008년 12월 22일 제255차 원자력위원회에서 지속적인 경제 성장과 고유가, 기후변화협약에 대비하기 위해 소듐냉각고속로, 파이로핵연료 기술 개발 등을 주요 내용으로 하는 ‘미래 원자력시스템 연구개발 장기 추진계획’을 확정했다. 또한 동 계획에는 수소경제 시대를 맞이하여 원자력 이용 수소생산시스템(VHTR) 개발 계획도 포함되었다.

지식경제부도 2008년 ‘국가에너지기본계획’을 통해 미자립 원천 기술과 수출용 신형 원전 개발을 앞당겨 세계 6대 원전 수출 강국으로 도약하기 위해, 원전 플랜트 해외 수출에도 박차를 가할 것임을 분명히 했다.

모두는 원자력 발전의 많은 혜택을 누려왔다. 그 혜택을 누리는 사이, 원자력 발전의 필연적 산물인 ‘사용후핵연료(고준위 방사성폐기물)’는 포화 상태에 이르렀고, 제4차 전력수급기본계획에 따른 12기의 원전 증설로 추가 발생 될 사용후핵연료 처리 문제도 간과할 수 없게 되었다.

2016년부터 원자력발전소 내 사용후핵연료가 포화될 것으로 예상됨에 따라, 이에 대한 관리 방안을 도출하기 위해 정부와 학계, 산업계, 국민들이 이 문제를 논의하고 중지를 모아야한다.

사용후핵연료 관리 대책은 사회, 경제, 기술 개발 및 국내외 정치 외교 측면에서 매우 민감한 사안일 뿐만 아니라, 과거 방사성폐기물 처분시설 부지 선정 과정에서 보듯이 향후 원자력 발전의 지속 성장, 사회적 비용 절감과 국가 정책의 정당성 확보를 위해 ‘사용후핵연료 관리대책’에 대한 공론화가 반드시 필요하다.

정부는 사용후핵연료에 대한 사회적 공론화의 기틀을 마련하기 위해 2007년도 4월에 국가에너지위원회 산하 갈등관리전문위원회에 ‘사용후핵연료 공론화 태스크포스’를 구성하였으며, 2008년 12월에는 사용후핵연료를 획기적으로 감축함으로써 근본적 문제 해결을 위한 기초적 대안을 제시하는 ‘사용후핵연료 재활용 기술 개발 계획’을 확정하고 금년부터 본격 추진 중에 있다.

정부에서는 앞으로 사용후핵연료 관리 대책에 대한 이해 관계자와 전문가 등의 다양한 의견을 민주적으로 수렴하여, 사회적 수용성을 제고 할 수 있는 환경을 조성할 계획이다.

19년이 걸린 중·저준위방사성폐기물처분시설 부지 선정에 대한민국이 지불한 사회경제적 비용은 매우 크다. 같은 사례를 두 번 반복하지 않기 위해서는 ‘사용후핵연료’ 문제를 우리 세대가 해결해야 할 공동의 과제로 인식하고, 올바른 정책 결정을 위해 사회 각 주체들이 성의 있는 자세로 이에 임해야 할 것이다. ☸

### 지속 가능한 원자력을 위한 우리의 과제

지난 30여 년 간, 국가와 기업 그리고 우리 국민