

# 국내 원자력발전의 역사와 현주소 그리고 미래

## An Overview and Vision of Nuclear Power Generation in Korea

인류사 가운데 불의 발견만큼 위대한 것은 없다. 현대문명의 발상은 바로 불이란 강력한 에너지의 소산이라고 할 수 있다. 제3의 불 원자력은 분명히 우리 곁에 와 있고 우리는 그 혜택을 누리면서 문명을 구가하고 있으면서도 원자력에 대한 중요성은 너무도 과소 평가 되고 있다.



廉澤洙\*

金坪洙\*\*

Youm, Taek Soo

Kim, Pyoung Soo

### 1. 개요

우리 나라에 제3의 불이라고 일컬어지는 원자력발전이 최초로 시작된 것은 1977년 6월 29일 고리원자력발전소 1호기가 시운전 발전을 개시하면서 부터이다.

더 거슬러 올라가면 1962년 연구용 원자로인 트리가마크II의 가동을 계기로 원자력의 씨앗이 이 땅에 뿌리를 내렸고, 그로부터 30 여 년만인 이제는 세계 10위권의 원자력발전국으로 성장하여 세계에서 가장 모범적인 원자력 이용국의 하나로 평가받게 되었다.

그 동안 어려운 여건에서도 착실히 쌓아온 기술과 경험을 바탕으로 한국 표준형 원전을 개발하였고, 최근에는 원자력 기술 수출과 세계의 이목이 집중되는 가운데 민족공영의 역사적 사업으로 평가되는 북한원전 건설사업을 착공하는 위치에까지 이르렀다.

이 글에서는 장족의 발전을 거듭하여 온 국내

원자력발전의 略史를 살펴보고, 원자력에너지 이용에 따른 경제, 환경 측면의 기여도 그리고 기술 개발과 해외 진출을 통한 향후 원자력발전 전망해 보고자 한다.

### 2. 우리 나라 원자력발전의 略史

1954년 12월 유엔총회에서 원자력평화기구의 창설과 원자력의 평화적 이용을 위한 국제회의 개최에 관한 결의문이 채택되고, 다음 해 한미간 원자력쌍무협정의 체결 등 미국 주도하의 원자력 평화적 이용을 위한 국제 사회의 영향에 의해 우리나라에서도 국제회의 참석과 원자력 연구를 위한 해외유학생 파견, 원자력원 및 원자력연구소의 발족과 함께 1962년 최초의 연구용 원자로를 도입·가동함으로써 원자력연구의 기초가 마련되었다.

이 시기는 우리 나라 원자력발전의 胎動期라고 볼 수 있다.

\*원자력발전기술사, 한국전력공사 원자력발전처 발전운영부장.

\*\*원자력발전기술사, 한국전력공사 울진원자력 제1발전소 기술부장.

이후 1967년 과학기술처가 발족되었고 원자력 학회, 원자력산업회 등이 창립 되는 한편, 줄기차 게 추진해오던 원자력 발전계획이 현실화되어 최초의 원자력발전소 건설이 착공된 1972년까지를 우리 나라 원자력 발전 역사의 基盤造成期라고 할 수 있다.

기반 조성시기에 우리는 경제개발 5개년 계획의 추진에 따라 장기적 에너지원의 안정 공급의 관점에서 1962년 원자력발전추진계획을 수립하여 1964년부터 원전건설을 위한 기초조사와 지점 예비조사를 실시하였고 1966년부터 2차에 걸쳐 기술조사단을 해외각국에 파견하였다.

1967년 경제개발 5개년 계획에 처음으로 원전 계획이 반영되어 이듬해 원자로형을 가압중수로 형으로 결정하였으며 원전을 도입·건설하기 위한 작업을 수행하면서 부단히 원자력 자립능력을 연마하고 축적하였다.

최초의 원자력발전소 건설부지를 경남 양산군 장안면 고리로 확정된 후 1969년부터 부지 매수에 착수하여 21만 평을 확보하였고, 1970년 미국의 웨스팅하우스사와 건설계약을 체결하고, 이어 1971년 3월 고리 현장에서 발전소 건설기공식이 거행되었다.

이로부터 87 개월에 걸친 대규모 건설공사가 진행되었으며 외자 1억 7,390만 달러, 내자 717억 4,200만 원이 소요되었는데, 당시로서는 우리나라 역사상 최대규모의 단위사업이었다.

고리2호기는 1971년 정부의 장기에너지종합대책에 따라 건설계획이 추진되기 시작하였으며, 국내 최초의 가압중수로인 월성1호기는 1973년 캐나다 원자력공사측의 참여 의사에 따라 CANDU형 원전에 대해 본격적으로 기술 검토를 진행하던 중, 제1차 석유파동으로 인해 월성1호기의 조기 도입을 위해 건설계획을 확정하였다.

고리2호기와 월성1호기는 1977년 3월과 5월에

부지 기초굴착공사를 착공하여 1983년 7월과 4월에 각각 준공됨으로써 거의 같은 시기에 비슷한 용량의 경수로와 중수로를 함께 보유하게 되었으며, 따라서 두 노형의 운전실적을 비교 검토할 수 있는 기회를 갖게 되어 세계의 관심을 끌게 하였다.

고리1, 2호기와 월성1호기는 모두 일괄 계약방식(턴키)으로 건설되었으나 고리3, 4호기부터는 한전 주도하에 분할계약방식을 채택하여 건설 국산화율의 제고와 기술축적을 도모하였으며, 설계 용량도 95만 kW급으로 대형화하였다. 따라서 초기의 원전을 제1세대로 구분하고 1970년대 후반에 발주된 고리3, 4호기, 영광1, 2호기, 울진1, 2호기를 2세대로, 그리고 주계약자를 국내 업체로 바꾼 영광3, 4호기부터를 3세대 원전으로 볼 수 있다.

건설사업 전반을 한전에서 주도 관리하게 된 한전은 1978년 2월 고리3, 4호기 부지 정지작업에 착수하여 3호기는 1985년 9월, 4호기는 다음 해 4월에 각각 준공되었으며, 영광1, 2호기는 1986년 8월과 다음해 6월에 각각 준공되어 당시 국내 원전은 7기를 보유하게 되어 전체 발전설비의 30%를 점유하였다.

원전기술과 연료의 공급원을 다원화하고 정치, 경제, 기술협력의 증진 등을 고려하여 국가적 차원에서 프랑스와 수의계약에 의해 추진된 울진1, 2호기는 1988년 9월, 다음해 9월에 각각 준공되었다. 한편, 원전기술의 자립을 목표로 한전이 사업을 주도하면서 국내업체를 주계약자로 하고 외국업체는 핵심기술을 지원하는 하청업체로 참여하여 추진된 영광3, 4호기는 1995년 3월과 다음 해 1월에 각각 준공되어 국내 후속 원전인 한국 표준형 원전의 설계모델이 되었다. 또한 1997년 7월 가압중수로인 월성2호기가 상업운전을 개시함으로써 이제 국내에는 12기의 원전이 가동되어

총 1천 31만6천 kW의 설비용량을 갖추게 되어 전체 발전시설의 25.1%를 차지하는 세계 10위의 원전 보유국으로 성장하였다.

〈표 1〉 연도별 발전설비 용량 및 원자력점유율  
(단위: 만kW)

총 발전설비용량	2,102.1	2,111.1	2,412.0	2,765.4	2,875.0	3,218.4	3,571	4,104.2
원자력설비용량	761.6	761.6	761.6	761.6	761.6	861.6	961.6	1,031.6
원자력점유율	36.2	36.1	31.6	27.5	26.5	26.8	26.9	25.1

### 3. 후속원전 건설계획

장기 전력수급계획에 따라 '98년 이후 2015년까지 원자력발전소는 20기, 설비용량 2,120만 kW가 건설될 예정이다. 현재 건설중인 원전으로 월성3, 울진3호기가 금년 중에, 월성4호기와 울진4호기가 '99년에 상업운전을 목표로 시운전과 건설 중에 있다. 이들중 월성3, 4호기는 70만 kW급, 울진3, 4호기는 100만 kW급의 한국표준형 원전으로 건설되고 있다. 후속 표준원전인 영광5, 6호기는 2002년 준공예정으로 건설중이며, 울진5, 6호기는 2004년과 2005년 준공을 목표로 주기기 공급, 설계용역계약을 체결하여 건설 준비를 추진하고 있다.

이들 원전 이외에 안정적이고 경제적인 전력공급 능력 확충을 위하여 2015년까지 12기의 원전을 추가로 건설할 예정이며, 이들중 2008년부터는 국내 기술로 개발되는 130만 kW급 대용량의 차세대 원전 6기를 가동하게 될 것이다.

이들 20기의 원전이 준공되는 2015년에는 원전 설비용량은 30,250 MW로 원전 구성비가 10,316 MW에서 전체 발전설비의 35.4%를 차지할 것으로 보인다.

후속 원전의 입지로는 월성3, 4, 울진3, 4, 5, 6

및 영광5, 6호기 등 8기는 기존의 3개 원전부지에 건설 또는 건설계획중이나 나머지 원전의 입지는 현재 확보를 추진 중에 있다.

한편, 원전은 경제수명까지 운전한다는 개념에 바탕 하여 1978년 준공된 우리나라 최초의 원자력발전소인 고리1호기는 2008년, 1983년 준공된 월성1호기는 2013년까지 운전할 계획으로 되어 있으나, 현재 진행 중인 고리1호기 수명 평가에 관한 연구결과를 참조하여 운전연장 가능성을 검토한 후 원자력법 개정과 인허가에 대한 정부의 승인을 얻어 결정될 예정이다.

### 4. 국내 원전 기술개발과 향후 전망

우리나라는 에너지 부존자원의 빈국으로 70년대 두 차례의 유류파동을 겪는 과정에서 원가가 저렴하고 기술 집약적인 에너지개발의 필요성이 증대되면서, 안정적인 에너지 공급과 원자력산업의 국산화를 위하여 원전건설 기술 자립 추진이 이루어지게 되었다.

'84년 원자력 기술 자립을 위한 정부정책이 확정됨에 따라 원전 설계·기자재 국산화와 표준형 원전건설을 통한 기술 자립을 추진하게 되었으며, 해외 기술도입 계약, 교육훈련의 시행 등 '87년 착수된 영광3, 4호기 건설사업과 연계하여 체계적으로 추진한 결과, 기술 자립이 본격적으로 추진된 '86년말 국내 원전건설 기술 자립도는 60%정도에 불과하였으나, '95년 말에는 목표였던 95%의 기술 자립을 성공적으로 달성할 수 있었다.

원자력기술 선진화의 달성을 위한 국내 원자력산업의 기술발전 과정을 단계 별로 살펴보면, '87년부터 영광3, 4호기가 준공된 '96년까지의 10년 동안은 해외 기술 보유회사들로부터 관련기술을 도입하여 복제할 수 있는 능력을 확보한 기간이

며, 원전 건설기술 自立期라고 할 수 있다.

'97년부터 차세대 원자로 개발이 완료되는 2006년까지의 10년 동안은 이미 도입·보유한 기술의 보완이나 개선을 독자적으로 수행할 수 있는 능력을 보유하고, 선진 신기술을 확보하는 기술 高度化期로 설정하여 현재 기술개발이 진행 중에 있다.

2007년 이후부터는 순수한 국내기술로 고유모델 원자로를 개발하는 獨創期를 맞게되어 명실상부한 원자력 선진국에 도달할 것이다.

'95년 원전 건설기술 위주의 기술자립 목표를 달성한 이후, 우루과이라운드 협정·세계무역기구(WTO)체제 등 국제무역 환경의 변화에 능동적으로 대처하기 위해 정부주도로 원자력 연구개발 중·장기계획을 포함하는 원전기술 고도화 계획을 이미 수립('97. 9월), 2006년까지 추진할 계획이다.

한전이 총괄을 맡고 전력계열회사들이 각 전문분야별로 참여하게 될 이 계획은 한국표준형 원전·차세대 원전의 건설과 운영기술, 방사선관리 및 가동원전 서비스 기술을 중점 개발 대상으로 하고 있으며, 향후 독자적으로 원자력발전소를 설계·운영할 능력을 갖추어 국제적으로 경쟁력이 있는 우리 고유의 원전기술 확보를 목표로 하고 있다.

현재 국내의 원전 기술개발 수준을 살펴보면 시운전과 운전·경상 및 계획 예방정비와 연료재장전 등 일반적인 운영분야 기술은 완전 자립되어 가동 원전의 이용률, 고장-정지율 등 운전 실적은 세계적으로도 인정받는 수준이다(〈그림 2〉, 〈표 2〉). 건설분야의 종합 사업관리 기술은 설계, 구매, 제작, 시공, 품질관리 및 시운전 등 각 단계별 기능을 종합 조정할 수 있는 기술능력을 이미 보유하고 있다.

원전 설계기술의 수준은 종합적으로는 95%,

세부적으로 플랜트종합설계 90%, 원자로계통설계 74%, 기자재 설계·제작은 75%의 기술능력을 확보하고 있다. 시공분야는 국내업체에서 독자적으로 수행하는 단계에 있다.

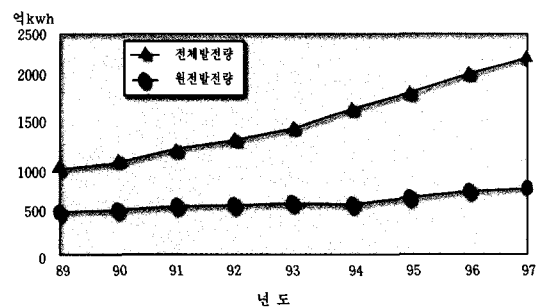
한편, 원전기술의 표준화 및 최적화를 통해 한국 표준형 원자로를 개량할 국내 고유모델인 차세대 원자로 개발사업은, '94년 3월 정부·한전·합동연구기관이 참여한 「신형원자로추진위원회」에서 미국 CE사의 시스템 80+설계를 참조한 130만 kW급 개량형 경수로를 개발노형으로 확정된 바 있고 현재 기본설계와 표준 상세설계 개발이 진행 중에 있다.

차세대원자로 개발은 기확보된 국내기술을 최대한 활용하되, 분야별로 부족한 기술은 국제공동연구, 또는 해외기술지원을 받아 기존 표준형 원전의 설계를 개선하고 경제성과 안전성을 대폭 향상시켜 2006년까지 개발, 2008년 준공을 목표로 하고 있다.

향후 국내원전은 한국표준형 원전을 국내건설과 수출 주도 노형으로 발전시키되, 2008년 이후에는 G7프로젝트로 개발되고 있는 130만 kW급

〈표 2〉 국내 및 세계원전 연도별 이용률

국내평균	76.2	79.3	84.4	84.5	87.2	87.4	87.3	87.5	87.64
세계평균	64.8	65.7	67.8	67.3	69.6	70.2	71.6	72.9	-



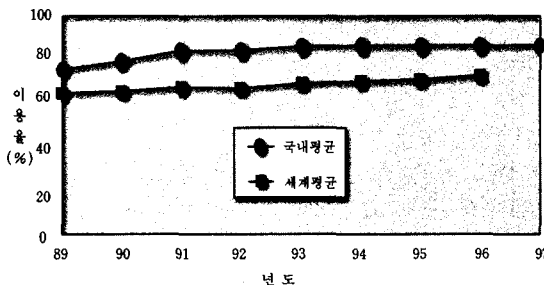
〈그림 1〉 국내 전체 발전량과 원전 발전량 추세 비교

차세대원자로를 주종 노형으로 건설할 계획이다.

### 5. 국가경제와 환경보존 측면에서의 원자력발전

우리 나라의 에너지 소비규모는 경제성장과 소득증가, 저에너지 가격에 힘입어 석유, 가스, 전력 등 고급에너지의 수요가 '86년부터 '96년까지 연평균 10.4%씩 증가하였으나, 국내 자원인 무연탄의 수요는 오히려 감소하여 수입 에너지 의존도가 97%수준으로 심화되어 지난해 에너지 수입에 들어간 비용은 전체 수입량의 18.9%인 271억 달러에 이른다.

국내 1차 에너지 소비량중 최종 에너지로서 전력생산에 이용되는 것은 11%정도에 불과하며 전력수요의 증가는 지난 10년 동안 연평균 12.3%씩 증가하였다. 지난해 한해 동안 12기의 국내 원전에서는 771억 kwh 전체 전력 소비량의 34.3%를 공급하였다(<그림 1>).



<그림 2> 국내 및 세계원전 평균이용률 연도별 비교

전량 수입연료인 LNG를 사용하는 발전소의 연료비는 kwh당 50.77원, 중유 발전소의 연료비는 32.12원, 준-국산 연료인 원전 연료비는 3.13원으로 지난해 원자력발전소에서 생산한 발전량은 LNG발전소 연료비와 비교할 때 약 26 억달러의 수입 대체효과를 갖는다고 할 수 있어, 우리나라에서 원자력발전은 다른 어떤 에너지 자원보다도 경제적이며, 특히 최근의 외환 위기상

황에서 의화절감과 무역수지 개선에 크게 기여하고 있다.

또한 국내 소비자 물가지수는 '90년을 100으로 할 때 지난 '85년부터 12년 동안 지수가 65만큼 상승한 반면, 전력요금지수는 오히려 9.3이 하락한 것도 원자력발전의 저렴한 원가에 기인한 것이며, 전체 전력수요의 절반 가량이 산업용 수요에 공급되는 것을 고려하면, 원자력발전이 국가 산업과 경제발전에 미치는 영향은 지대하다고 할 수 있다. 더구나 원자력발전은 고도의 기술집약적 산업으로 그 사업규모가 방대하여 관련산업분야의 기술발전과 인력 육성에도 선도적 역할을 하고 있다.

향후 우리 나라의 에너지 소비는 국민 생활수준의 향상에 따라 편의성, 청정성 등을 중시하는 소비 행태로 변화하여 고품질의 에너지인 전력부문이 지속적으로 증가할 것으로 예상되어, 2010년 전력수요는 7,085만 kw로서 '97년의 약 2배 수준에 이를 전망으로 국가경제차원에서 전원별 설비구성의 최적화와 함께 원자력발전소의 지속적인 건설이 필수적이라 할 수 있다.

원자력발전이 지구환경에 미치는 영향을 살펴보면, 온실가스 배출의 주원인이 되고있는 이산화탄소 발생량이 석탄은 295g/kwh, 석유 204g/kwh, 가스 181g/kwh이며, 원자력발전은 8g/kwh로 화석연료에 견주어 매우 낮아, 최근 온실가스 배출량 증가에 따른 지구 온난화 현상과 산성비에 의한 피해 등 지구 환경문제를 해결할 열쇠는 원자력발전이 가지고 있다.

지난해 12월 일본 교토에서 열린 유엔 기후변화 조약회의에서는 선진국의 온실가스 배출량 목표를 정하고 있다.

우리 나라도 '96년 12월 경제협력개발기구(OECD)에 가입함으로써 기후변화협약의 선진국 수준의 온실가스 감축 의무에 동참하여야 할 처

지에 놓이고 보니, 지구 환경보전에 대한 국가적 차원의 대책이 뒤따라야 할 것이다.

원자력발전은 고밀도의 에너지라는 점에서도 중요한 의미를 갖는다.

원전연료 1kg가 1시간 동안 발생시키는 에너지량은 338 MW로서 100만 kw급 원자력발전소를 1년 동안 가동하는 데 필요한 연료는 약 26톤 정도인데 비하여, 동일 용량급 발전소에서 LNG는 110톤, 석탄 150만톤, 유연탄은 220만톤 가량이 소요되므로, 수송이 용이하고 연료의 비축효과가 매우 커서 유사시 해외로부터 연료공급이 중단되는 상황이 발생하더라도 2~3년 동안은 사용될 수 있어 부존자원이 부족한 우리나라의 에너지 안보상에도 유리한 점을 갖고 있다.

## 6. 국내 원자력기술의 해외 진출

지난해 국내 원자력발전소의 평균 이용률은 87.64%를 기록하였으며 세계 원전 평균치 72.16%보다 현저히 높은 수준이다.

국내원전의 이용률은 '91년 이후 80%대로 진입하여 '93년부터는 5년 동안 87% 이상의 높은 수치를 유지하고 있으나, 세계 원전의 평균 이용률은 '94년에 70%대의 문턱에 올라 있는 수준이다. 특히 지난해 영광1호기와 월성1호기는 세계 427기의 원전 중에서 차례로 이용률 1, 2위를 차지하였고, '85년이래 국내원전의 이용률 세계1위는 8회나 기록한 바 있다.

이러한 괄목할만한 운영 성과는 한반도 에너지 개발기구(KEDO) 체제하에서 건국 이래 최대의 역사적인 사업으로 평가되고 있는 북한경수로 건설사업을 한전이 맡게 되는 토대가 되었고, 지난해 8월19일 북한 신포에서 부지공사 착공식을 가졌다.

이 사업이 갖는 의미는 프로젝트의 상징성 이

외에 한국표준형 원전 설계와 건설기술의 우수성을 원자력발전 사업을 시작한지 불과 20년만에 세계적으로 인정받았으며, 이제 우리 원전사업이 세계시장으로 진출하는 기반을 견고히 하였다는 점이다.

한전은 이미 '93년말부터 3년간 중국 광둥원전에 시운전 기술을 수출한 바 있고, 금년 4월에는 진산원전 시운전 요원에 대한 교육훈련을 1년여 동안 실시하는 계약을 체결하였다.

또한 지난 '96년 7월에는 진산원전의 3단계건설을 위한 핵심설비의 공급을 국내업체가 수주함으로써 1억5천만 달러의 외화획득의 길을 열 수 있게 하였다.

한전은 또한 중국, 베트남, 인도네시아를 포함한 동북아시아는 물론 다른 지역의 국가에도 한국형 표준원전의 수출을 추진하고 있는데 45억불 규모의 터어키 아쿠유 원전 프로젝트에는 한전과 캐나다원자력공사(AECL)가 공동 진출에 합의, 입찰평가 중에 있다.

## 7. 맺는 말

인류사 가운데 불의 발견만큼 위대한 것은 없다.

현대문명의 발상은 바로 불이란 강력한 에너지의 소산이라고 할 수 있는데, 제3의 불 원자력은 분명히 우리 곁에 와 있고 우리는 그 혜택을 누리면서 문명을 구가하고 있는 오늘날, 에너지 특히 원자력에 대한 중요성은 너무도 과소평가 되고 있다.

현재 세계인구는 개발도상국을 중심으로 매년 약 1억명씩 증가하고 있어 21세기 중반에는 지금의 두 배로 늘어나 100억 명선이 넘을 것으로 예상하고 있다.

한편 그 시점에서의 에너지 수요는 여러 관점

에서 산정해 본 결과, 현재 소비량의 약 3배에 달할 것이라고 한다.

현재의 전세계 에너지 소비량의 80%가 화석에너지이나, 앞으로는 지구환경 문제와 매장량의 한계로 석탄과 석유의 수요는 감소하고, 대신 환경 친화적인 청정에너지 소비행태로 변모하여 천연가스와 원자력이 주종에너지원으로 자리잡게 되며, 전세계적으로 원자력발전소는 2020년부터 2050년 사이에 매년 100만 kW급 65기가 건설되어야 하는 것으로 예상되고 있다.

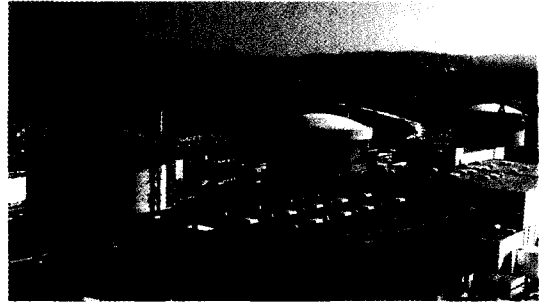
세계 에너지협의회(WEC)에서는 1차에너지중 원자력발전 점유율이 2050년에 15%를 차지하여 원자력에너지 공급량은 '94년과 비교하여 8배로 증가하게 될 것이라고 예측한다.

이제 남은 일은 연료재처리와 고속증식로 상용화를 위한 기술향상이며, 핵융합이 향후 1세기 이내에 상업에너지 공급단계에 이르게 될 것으로 예측하기는 어려우나, 미래의 에너지로서 핵융합을 계속 연구하는데 기대를 걸고 있다.

한편 석유나 천연가스 같은 보유자원이 없어 전적으로 수입에 의존하는 우리 나라에서는 원자력발전이 가장 저렴한 에너지 자원이며 국가 에너지 안보차원에서 원자력은 선택의 여지가 없다.

우리 나라에서는 일찍이 원자력개발을 국가정책으로 추진하여 과거의 석유파동을 큰 위기 없이 극복하였고, 앞으로도 원전건설을 지속시켜 2015년에는 우리 고유의 차세대 원전을 포함한 30기가 가동되어 전체 전력수요의 35.4%를 점유하는 장기전력수급 계획을 마련해 놓고 있다.

이같은 장래의 국내원전 성장과 더불어 모범적



월성원전

인 원전운영 국가라는 점과 세계적인 수준에 이른 운영기술을 기반으로 북한 경수로 원전건설을 비롯한 세계시장에 진출하여 앞으로 활발한 수출이 이루어지고, 동남아 지역간 기술협력의 중추적인 국가로 성장할 전망이다.

이와 같은 국내 원자력산업의 발전을 위해서는 원자력 연구개발과 발전소를 설계, 건설, 운영하는데 있어 지속적인 운영관리 및 설비의 개선과 기술향상을 통하여 안전성과 경제성을 더욱 높여 나가야 하며, 원자력에 대한 국민적 신뢰의 증진과 방사성 폐기물을 영구적으로 저장할 수 있는 시설을 건설하는 일 등이 차질 없이 추진되어야 할 것이다.

이러한 모든 활동은 정부와 연구·학계·산업계에 종사하는 우리 모두의 몫이라 생각하며, 특히 일반 국민이 원자력에 대해 갖고 있는 인식의 차이를 원자력계가 생각하고 있는 수준까지 접근시키는 일이 매우 중요하다고 하겠다.

이제 원자력이 인류에게 많은 혜택을 가져온다는 것은 명백한 사실이며, 그 과학기술은 전인류에게 장밋빛 희망을 약속하고 있다.

(원고 접수일 1998. 4. 27)