

제1장 원자력발전의 역할

제 1 절 원자력의 도입

제2차 세계대전 종전 후 세계 각국은 원자력개발에 큰 관심을 가지고 있었다. 2차 세계대전을 사실상 종전으로 이끈 원자폭탄의 엄청난 위력을 군사적, 경제적 목적으로 이용하는 것이 곧 국력을 신장시키는 원동력으로 인식하였기 때문이다. 원자폭탄을 가지지 못한 대부분의 국가들은 군사적인 목적에서 원자력을 개발하기 위한 노력을 집중하고 있었으며, 미국을 중심으로 한 핵무기 보유국들은 원자력을 군사적 목적이 아닌 평화적인 목적으로 이용하기 위한 국제환경을 조성하는데 주력하고 있었다. 그 중에서도 미국은 원자력의 평화적 이용에 주도적인 역할을 수행하고 있었다. 아이젠하워 미국 대통령은 1953년 12월 8일 유엔총회에서 원자력의 평화적 이용을 주창하였다. 이를 계기로 1954년 12월 유엔총회에서는 원자력의 평화적 이용을 위한 국제협력에 관한 결의(안)인 국제원자력기구 설치와 원자력의 평화적 이용을 위한 국제회의 개최가 통과되어 1956년 9월 유엔 산하기관으로 국제원자력기구(IAEA : International Atomic Energy Agency)가 설립되었다.

당시 우리나라는 미국의 절대적인 영향력 아래 있어서 자연스럽게 원자력의 평화적 이용에 대한 국제적인 흐름에 일찍부터 동참하게 되었다. 우리나라는 1955년에 미국과 원자력협력협정을 체결한 것을 시작으로 국제 원자력 회의에 참석하는 등 적극적인 자세를 보였으며, 국내에서도 1956년 3월 문교부 소속 기술교육국 내에 원자력 연구개발 및 이용을 위한 행정부서로 원자력과가 신설되었다. 이어서 1958년 2월 원자력원의 직제를 포함한 원자력관계법의 모법인 원자력법이 국회를 통과하였으며, 3월에는 법률 제

483호로 공포되어 1959년 1월 원자력원이 정식 발족함으로써 원자력의 이용·개발에 필요한 체제를 갖추었다.

이 시기는 또한 원자력 연구개발의 터전을 닦은 시기였다. 1959년 3월 원자력 연구개발을 위한 전문 연구기관으로 원자력연구소가 발족되어 1962년 3월 최초의 연구용 원자로인 TRIGA Mark-II를 가동시킴으로써 기초연구와 동위원소 생산 등의 연구가 본격적으로 이루어지게 되었으며 1963년 12월 방사선의학연구소의 분리·독립, 1966년 11월 방사선농학연구소 분리·독립으로 연구개발의 범위도 확대되었다.

1970년대에 들어서면서 세계적인 석유파동으로 원자력의 중요성이 크게 부각되기 시작하였다. 이에 따라 1971년 고리 1호기가 착공된 것을 비롯하여 모두 6기의 신규원전이 착공 또는 추진되었다. 한국전력은 사업초기 전적으로 외국에 의존할 수밖에 없었던 원자력발전 기술의 자립을 위해 한국원자력연구소와 공동으로 기술자립을 추진하기 시작하여 제2 연구용원자로 TRIGA Mark-III를 도입하였으며, 한국원자력기술(주), 한전보수공단, 한국핵연료개발공단을 설립하여 원자력 사업구조를 세분화, 전문화시켰다.

1980년대 국내 원자력계는 새로운 도약기를 맞았다. 원자력발전소가 속속 준공되면서 우리나라 전력 공급의 중추적인 역할을 원자력이 담당하게 되었으며, 원전연료 국산화, 원자력발전 기술의 자립, 다목적연구로 자력 설계·건설사업이 추진되어 기술자립의 틀을 갖추었다. 또한 원자력안전을 확보하기 위해 정부는 한국원자력연구소 내에 원자력안전센터를 설립하였으며, 1989년에는 이를 독립법인화하면서 안전규제의 독립성을 확보하였다.

1990년대에 들어서면서 원자력발전은 새로운 도전에 직면하였다. 정치사회적인 민주화에 따라 반원전활동이 활발하였음은 물론, 지역 이기주의·국민들의 권리의식 신장 등으로 국가사업이라는 명분만으로는 원전사업을 추진할 수 없는 어려운 상황에 처

하게 된 것이다. 이에 따라 원자력계는 원자력에 대한 국민적 공감대 형성을 위한 홍보를 집중적으로 추진하여 왔으며, 건설기술 자립과 운영기술의 향상을 바탕으로 한 원전 안전성에 대한 신뢰 확보를 추진하고 있다. 이제 원전사업은 기술자립의 상징인 한국 표준형 원전의 건설기술과 우수한 운영기술을 바탕으로 해외 원자력시장에 본격적으로 진출하기 위한 준비를 하고 있다.

현재 원자력행정은 산업자원부가 원전 건설, 운영 등 운영 전반을, 과학기술부가 안전규제와 연구개발을 담당하면서 원전사업을 관리 감독하고 있다.

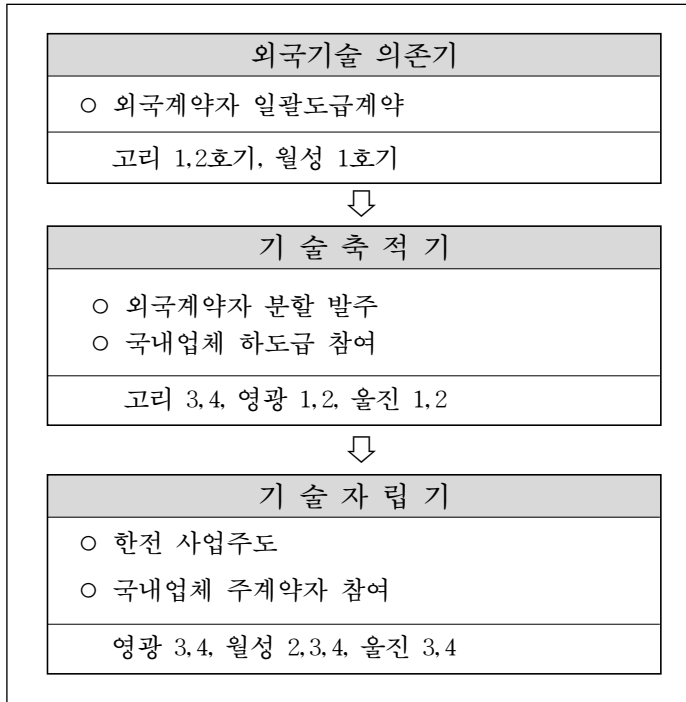
1. 원전 건설사

1978년 4월 고리원자력 1호기가 상업운전에 착수함으로써 세계 21번째의 원전보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전 건설을 추진하여 2000년 말 현재 16기의 원전을 가동하고 있다. 1980년대 중반 전력예비율 과다로 5~6년간 신규원전 건설이 잠시 중단되었으나 매년 10% 이상씩 증가하는 전력수요에 대처하기 위하여 다시 원전건설을 재개하였다. 현재는 영광 5,6호기, 울진 5,6호기 등 4기의 원전이 건설중에 있다.

약 30년의 우리나라 원전건설사는 기술자립의 역사였다고 할 수 있다. 초창기 아무런 기술과 경험이 없이 시작된 원전건설은 외국에 전적으로 의존하지 않으면 안되는 처지에 있었다.

이를 극복하고 원자력이 준국산에너지로서 위치를 확실하게 하기 위해서는 원전건설 기술자립이 가장 시급하고도 중요한 과제로 대두되었다. 따라서 정부, 사업자, 연구기관 등이 건설기술 자립에 온 힘을 쏟았다. 이를 단계별로 보면 크게 3단계로 구분할 수 있다. 고리 1,2호기, 월성 1호기 건설기간의 외국기술 의존기와 고리 3,4호기, 영광 1,2호기, 울진 1,2호기 건설기간의 기술 축적

기 그리고 영광 3,4호기, 월성 2,3,4호기, 울진 3,4호기 건설기간의 기술자립기이다.



〈그림 2-1〉 원전건설 변천사

가. 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 부지조성 공사, 일부 토건자재 공급, 단순 노무인력 제공 등에 국한되었다.

따라서 기술축적 측면에서의 큰 진전은 없었으나 사업관리, 시운전에 대한 경험을 축적하게 되었다.

(1) 고리 1호기

1967년 10월 수립된 장기전원개발계획은 50만kW급 원전 2기를 1976년까지 건설하기로 확정하였다. 이에 따라 우리나라 최초의 원전 건설이 본격적으로 시작되었다. 먼저 원전 입지를 경남 양산군(현 부산광역시 기장군) 장안읍 고리로 확정된 한전은 1969년 2월까지 건설부지에 대한 현장조사를 끝낸 뒤 동년 5월 주민대표와 한전 관계자로 구성된 원자력발전소 부지 매수 및 보상 위원회를 설치하고 부지매수에 착수하였다. 그러나 주민들의 완강한 반대에 부딪쳐 처음에는 많은 어려움을 겪었으나 설득과정을 거쳐 주민을 이주시키고 21만평의 부지를 확보하게 되었다. 한전은 건설비를 약 344억원으로 추정하고 기기공급 및 설치공사의 계약체결과 소요자금의 차관획득을 위하여 실적있는 외국업체에 예비 견적의뢰 안내서를 발송하고 그 견적서를 접수·검토하여 원자로형과 공급회사를 결정하고 소요차관을 알선하도록 한다는 원칙을 확정하였다. 이 결정에 따라 한전은 1968년 6월 상업용 원자로의 건설과 운전실적이 있는 미국의 GE사, 웨스팅하우스사, Combustion Engineering사와 영국의 British Nuclear Export Executive사 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 3월에는 현지에서 기공식이 거행되었다. 그러나 건설기간중 때마침 밀어닥친 석유파동으로 인한 물가상승과 건설재원의 부족 그리고 건설 참여국인 영국의 산업분쟁 등으로 공기가 지연되어 당초보다 2년

이 늦은 1978년 7월에 역사적인 준공식을 가짐으로써 한국은 세계에서 21번째의 원자력발전 보유국으로 원자력발전 시대의 막을 열게 되었다.

고리 1호기는 가압경수로형 58만 7천kW로서 주계약자인 미국의 WELCO사가 전반적인 건설책임을 지고 원자로 계통설비의 공급과 초기 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC사가 터빈 발전기 계통설비의 공급과 토건공사의 감독을 맡았다. 국내업체로는 현대건설(주)가 원자로계통 공사에, 동아건설(주)가 터빈·발전기계통 공사에 하도급 형태로 참여했으며, 비파괴검사는 유양원자력(주)가 맡았다.

이 건설공사에는 외자 1억 7천390만달러, 내자 717억원 등 모두 1천560억원이 소요되었는데, 당시로서는 우리나라 사상 최대규모의 단위사업이었다.

(2) 고리 2호기

정부는 1971년 5월 7일자로 신장기에너지 종합대책을 마련하고 1981년까지는 60만kW급 원전 3기를 건설·가동기로 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 1974년 3월 25일 계약일반 조건의 초안을 접수함으로써 계약합의가 이루어져 1974년 10월 28일 고리 2호기의 건설공급 계약 및 원전연료 공급계약을 체결하기에 이르렀다. 그러나, 고리 2호기는 계약자측이 계약발효시기인 1975년 11월 30일 까지 차관 획득에 실패함에 따라 계약발효 조건을 충족시키지 못해 계약효

력이 자동 상실되는 곡절을 겪기도 하였다.

1976년 1월 김영준 한전사장이 부임하면서 우선적으로 고리 2호기의 계약상 문제점을 개선하기 위한 작업에 착수하였으며, 세 차례에 걸친 계약협상 과정을 통해 계약금액을 삭감하고 1976년 11월 14일 재계약을 체결하였다. 고리 2호기는 1호기에 인접하고 있어 기초굴착시 발파작업으로 인한 진동이 1호기에 미치는 영향을 배제하기 위하여 1호기의 상업운전 이전에 구조물 기반암반의 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 가압중수로형으로 시설용량은 65만kW이다. 터키방식으로 추진된 이 공사는 주계약자인 미국의 WELCO사가 원자로계통 설비의 공급과 초기노심용 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC가 터빈·발전기 계통설비의 공급을 맡았는데 국내업체로는 현대(주)가 1차계통에, 동아(주)가 2차계통에 하도급 형태로 참여하였다.

이 공사에는 외자 5억 4천만달러, 내자 2천8백5억원 등 5천9백16억원이 소요되었다.

(3) 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 장기전원개발계획에 참여하기를 강력히 희망하였다. 정부는 1973년 6월 한국과학기술연구소의 현경호 박사를 단장으로 한 중수로조사단을 구성하여 이들을 캐나다에 파견하였으며 캐나다원자력공사는 같은 해 8월과 10월 두 차례에 걸쳐 기술진

을 파견하고 한전 및 원자력연구소의 기술진과 가압중수로형 원자로의 기술적 측면에 대하여 활발한 토의를 진행하였다.

바로 이때 불붙기 시작한 중동의 석유 무기화 전략은 제1차 유류 파동을 몰고 왔으며 정부는 이에 대처하는 방안으로 원자력발전 개발계획의 확장을 서둘러야 하는 처지에 있었다.

한전은 원전 2,3호기의 조기도입을 위해 1973년 11월 24일 월성 1호기의 건설계획을 확정하고, 곧이어 11월 27일 구매의향서를 캐나다원자력공사에 발송하였다. 한전과 캐나다원자력공사는 계약 조건과 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 정식계약에 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 GEC가 일부 설비의 공급 및 설치를 담당했고, 영국과 캐나다의 Parsons사가 터빈·발전기의 공급, 설치감독 분야를 맡았다. 시설용량 67만8천kW의 이 중수로 건설에는 외자 6억달러, 내자 3천55억원 등 6천4백28억원이 소요됐는데, 외자의 조달은 캐나다수출개발공사, Royal은행과 영국의 Hambros은행 차관단 및 Lazards은행의 차관으로 충당하였다.

고리 2호기와 월성 1호기는 1983년 7월과 4월에 각각 준공됨으

로써 한국은 거의 같은 시기에 비슷한 용량의 경수로와 중수로를 함께 보유하게 되었다.

나. 건설기술 축적기

고리 1호기 등 3개 호기의 원전건설에서 자신감을 얻은 한전은 사업추진 방식을 일괄발주방식에서 분할발주방식(Non-Turnkey)으로 변경하여 건설기술 자립에 박차를 가하였다. 분할발주방식이란 한전이 사업관리를 주도하고 종합설계용역, 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 주 계약자 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 전문건설업체가 수행하였다.

(1) 고리 3,4호기

이제까지의 원자력발전소 3기 모두가 일괄발주방식으로 건설된 60만kW급인데 반하여, 고리 3,4호기부터는 한전주도아래 분할발주방식(Non-Turnkey)을 채택하였으며, 설비용량도 95만kW급으로 대형화하였다. 이것은 원전건설에 있어서의 국산화율의 제고와 기술축적을 위한 조치인 동시에, 경제규모의 확대에 따른 전력 수요 성장을 감안한 의욕적인 전원개발계획을 반영한 것이다.

건설사업 전반을 주도 관리하게 된 한전은 건설부지를 1,2호기

의 인접 지역으로 정하고 1978년 2월 부지정지 작업에 들어갔다. 같은 해 4월 WELCO사와 1차계통 공급계약을 체결하고 잇따라 5월에는 GEC와 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 95만kW이고 노형은 가압경수로형이다. 공사비는 외자 11억 4천만달러, 내자 9천2백51억원 등 모두 1조 7백18억원이 소요되었다.

(2) 영광 1,2호기

영광 1,2호기는 건설부지를 전남 영광군 홍농면(현 홍농읍) 계마리로 확정하고 고리 3,4호기와 마찬가지로 한전주도의 분할발주방식으로 추진되었다.

설비용량은 각각 95만kW로서 원자로는 가압경수로형이고 공사비는 외자 10억 6천3백만달러, 내자 1조 2천78억원 등 모두 2조 4백억원이 소요되었다. 건설에 따른 국제입찰이 진행 중이던 1979년 3월 28일 미국의 드리마일 원전 2호기 사고가 발생하여 인허가 요건이 강화됨에 따라 영광 1,2호기는 안전성 향상에 역점을 두고 설계되었다. 1981년 2월 기공식을 가진 이 발전소의 1호기는 1986년 8월에, 2호기는 1987년 6월에 각각 상업운전을 개시하였다.

(3) 울진 1,2호기

경북 울진군 북면 부구리에 건설된 울진 1,2호기는 원전기술과

원전연료의 공급원을 다원화하고 정치, 경제, 기술협력의 증진 등을 고려하여 프랑스의 설비를 도입하였다. 고리 3,4호기와 영광 1,2호기에 이어 세번째로 한전의 사업주도방식으로 추진된 이 발전소도 설비용량 95만kW의 가압경수로형이다.

특징으로는 하나의 보조건물을 2기가 공유할 수 있도록 경제성을 살렸으며 또 트리마일 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 2조 1천2백억원이 소요된 울진 1,2호기는 국내업체가 설계, 기기제작, 시공 등 공사전반에 직접 참여하였는데 설계분야는 6%, 기기공급분야는 40%까지 국산화율을 높였고 시공분야는 완전 기술자립을 이룩한 발전소이다.

다. 건설기술 자립기

1987년 4월 설계 및 주기기 공급계약을 체결한 영광 3,4호기는 순수 국내 기술진에 의해 건설된 한국 원전건설 기술의 집합체이며 한국표준형 원전인 울진 3,4호기의 효시가 되었다. 우리나라는 그동안 중화학공업 분야의 국내 산업기술 수준 향상과 외국업체의 하도급자로 참여하면서 습득한 기술능력을 바탕으로 국내업체를 분야별 주 계약자로 하고 외국업체는 핵심기술 분야를 지원하는 하도급체로 참여하게 함으로써 명실상부한 원전건설 기술자립을 달성할 수 있게 된 것이다. 최초의 한국표준형 원전인 울진 3호기가 1998년 8월, 울진 4호기가 1999년 12월에 각각 상업운전을 개시하였고 현재는 영광 5,6호기 및 울진 5,6호기가 건설중에 있다. 또한 한국표준형 원전은 북한 금호지구에도 건설중에 있으며 중국 등 해외진출도 활발하게 추진중에 있다.

(1) 영광 3,4호기

영광 3,4호기는 현재 운전중인 영광 1,2호기 바로 곁에 시설용량 100만kW급 2기를 1987년 5월에 사업을 착수하여 약 2년여에 걸친 국내·외 전문기관의 안전성 검토 결과를 토대로 원자력위원회의 최종 심의를 거쳐 1989년 12월 21일 정부로부터 건설허가를 발급받았다. 이에 따라 현장에서는 12월 23일 최초 콘크리트를 타설하고 1990년 초부터는 구조물 건조공사가 본격적으로 진행되었다.

영광 3,4호기는 원자력 기술자립 기반구축을 위해 한전의 종합사업 관리하에 국내업체를 분야별 주 계약자로 하고 외국업체는 국내 주 계약자의 하도급자로 참여토록 하는 국내주도 계약방식으로 추진하였다.

이 사업의 특성은 원전건설의 기술자립과 건설사업을 병행 추진하는 사업으로서 원전 건설기술을 자립하여 원자력이 국산 에너지 자원이 되게 하는 기반을 구축하는 것이며, 최초로 시도하는 국내주도형 사업으로서 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. 영광 3호기는 94년 3월, 4호기는 96년 1월에 성공적으로 상업운전에 돌입함으로써 한국 표준형 원전을 탄생시킨 모태로서 큰 역할을 하였다.

(2) 월성 2,3,4호기

각각 70만kW급 캐나다 가압중수로형인 월성 2,3,4호기는 월성 1호기와 동일부지에 건설하기로 하고 2호기는 1991년 10월에 3,4호기는 1993년 8월에 착공하였다. 월성 2,3,4호기는 중수로 기술자립 기반을 마련하기 위해 한전의 종합관리하에 외국업체와 국내업체를 분야별 주 계약자 및 하도급 계약자로 하는 계약체제를 도입하

였다. 종합설계 및 원자로 설비공급은 1호기의 주 계약자였던 캐나다원자력공사와 체결하였으며 동시에 중수로 건설기술 전수협약도 체결하였다. 월성 2호기와 월성 3호기는 각각 1997년 7월 및 1998년 7월에 상업운전을 개시하였고, 월성 4호기는 1999년 10월에 상업운전을 개시하였다.

(3) 울진 3,4호기

울진 3,4호기는 한국표준형 원전으로 건설된 최초의 원전이다. 정부는 1990년 7월 제225차 원자력위원회에서 총 공사비 약 3조 3천5백억원이 투입되는 「울진원자력 3,4호기 건설추진계획」을 의결하였다.

울진 1,2호기와 동일부지에 위치한 울진 3,4호기는 가압경수로로서 설비용량이 각각 100만kW로 1992년 5월에 착공되었으며, 3호기는 1998년 8월에, 4호기는 1999년 12월에 상업운전을 개시하였다.

울진 3,4호기는 영광 3,4호기의 설계 및 건설경험을 활용하여 최초의 표준원전 설계개념을 도입함으로써 한국형 원전 건설의 시발점이 되었으며, 이 표준설계는 앞으로 건설될 후속기에도 계속 적용하여 원전건설의 해외의존도를 낮추고 명실상부하게 원전기술자립을 이룩하는 토대가 되었다.

(4) 영광 5,6호기

영광 1,2,3,4호기와 동일부지에 건설중인 영광 5,6호기는 한국표준형 원전으로 영광 3,4호기, 울진 3,4호기에서 축적된 기술과 경험을 바탕으로 진일보된 원전을 건설하고 있다. 1996년 1월 영광군의 건축허가 취소로 건설이 중단되는 어려움을 겪었으나 1996년 10월부터 재개되어 계획대비 10개월이 지연된 2002년 4월과 2002년 12월에 준공될 예정이다.

(5) 울진 5,6호기

울진 1, 2, 3, 4호기와 동일부지에 건설중인 울진 5,6호기도 한국 표준형 원전으로 1999년 5월 과학기술부로부터 건설허가를 취득하였다. 울진 5,6호기는 1997년 12월 부지사전승인을 취득하여 본관 기초굴착공사가 진행중이며 1999년 10월 최초 콘크리트를 타설하는 것을 기점으로 구조물과 기기설치 공사가 본격적으로 수행되고 있다. 울진 5,6호기는 각각 2004년 6월과 2005년 6월에 준공될 예정이다.

2. 운영 기술의 발전

1978년 고리원자력발전소가 가동한 이래 운영기술은 비약적인 발전을 거듭하였다. 이를 객관적으로 보여주는 것이 높은 이용률의 유지와 고장정지율의 감소이다.

이용률은 80년대 초반까지 미숙한 운영경험과 낮은 기술수준으로 40~60%에 불과하였다. 그러나 1980년대 중반부터 정비기술 및 운전경험의 축적, 운영인력의 자질향상으로 본격적인 70%대의 이용률 시대를 열게 되었다. 반면 고장정지는 1978년 첫해 17건에서 점차 감소 추세를 보이다가 고리 3,4호기, 월성 1호기 등이 가동에 들어가면서 다시 3건 이상의 높은 고장정지율을 보였으며, 1988년에 비로소 호기당 2건 이하로 안정되게 되었다.

1990년대에 들어서면서 운영기술은 자립단계를 넘어 세계 정상 수준으로 올라서게 되었으며, 이를 바탕으로 이용률과 고장정지율이 세계적인 우수한 수준을 보이고 있다. 국내 원전의 평균이용률은 1990년 79.3%로 80%에 근접하기 시작하여 1991년부터 80%대로 진입한 후 1993년부터는 7년 연속 87%이상의 높은 이용률을 나타내고 있다. 특히 1998년에는 90.2%로 사상 최고의 이용률을, 2000년에는

90.4%로 기록을 갱신하였다. 이런 기록들은 세계평균 이용률보다 14%정도 높은 수준이다. 고장정지율도 1994년부터 호기당 연간 1건 내외로 안정되어 1994년 0.9건, 1995년 1.1건, 1996년 0.9건, 1997년 1.1건으로 세계 정상수준에 진입하였으며 특히 1998년에는 0.4건을, 1999년에는 0.9건을 2000년에는 0.5건을 기록하여 우리나라의 원전 운영기술이 세계 최고 수준임을 계속 입증하고 있다.

이와 같은 성과는 한주기무고장운전 기록에서도 나타나고 있다. 1988년 고리 3호기가 최초로 한주기 무고장운전을 달성한 이래 국내 원전은 2000년말까지 총 22회의 기록을 달성하였다.

이러한 성과는 정비기술의 발전, 절차서 개발, 종사자의 교육훈련, 인적실수 배제 등 여러 노력을 통해 발전소 소프트웨어와 하드웨어를 항상 최적의 상태로 유지하는 노하우를 갖지 않으면 불가능한 일이다.

특히 원전 정비기술은 1994년 중국에 정비기술을 수출할 정도로 국제적으로도 인정을 받고 있다. 현재 정비업무는 운영자인 한수원(주)이 주축이 되어 정비 전문업체인 한전기공(주)과 주요기기 제작사의 전문인력이 함께 참여하고 있다. 1977년 한전 자회사로 출발한 한전기공(주)은 한수원(주)과 연간 베이스의 도급계약을 체결하여 정비를 하고 있다.

한전기공(주)은 초기에 전수 받은 외국의 정비기술을 바탕으로 정비경험을 축적하는 한편 2단계에 걸친 기술자립 계획을 성공적으로 완료함으로써 일부 핵심기술을 제외한 전 분야에서 자립을 이루었으며 국제화, 개방화에 대비한 신기술 개발에도 많은 노력을 기울이고 있다. 한전은 정비인력의 육성을 위하여 1990년 8월 원자력 연수원 내에 정비 전문교육장을 준공하여 정비인력의 양성에 노력하여 왔다. 특히 정비기간을 단축시키면서 고품질의 정비를 이루기 위하여 장비의 현대화, 자동화와 함께 기기단위 교체제도, 정비요원 교대근무제도를 도입하여 운영함으로써 이용률 향상에 기여하고 있다.

제 2 절 원자력발전의 필요성

1. 안정적인 전력공급

지난 1970년대 이후 우리나라의 에너지 소비는 전 세계적으로도 가장 높은 성장을 기록하고 있다. 이는 본격적으로 추진된 경제개발계획에 따라 중화학공업 등 공업생산 위주의 높은 경제성장이 지속되면서 산업은 물론 국민들의 생활의 질 향상 추구 등으로 에너지소비 증가요인이 산재해 있기 때문이다. 특히 1989년 이후에는 에너지 저가정책과 석유, 철강 등 에너지 다소비업종의 신증설에 따라 에너지 소비의 폭증세를 보여 경제성장률을 현저하게 상회하는 에너지 소비 증가세가 지속되고 있다. 질적인 면에서도 에너지 소비는 과거 석탄위주에서 벗어나 석유, 가스 등 고급에너지 위주로 전환됨으로써 국내 유일의 부존 에너지 자원인 무연탄 비중은 1970년 30%에서 작년에는 1% 이하로 급격하게 감소된 반면 석유의존도는 70년 47.2%에서 최근 약 54%로 증가하여 석유 위주로 편중된 수급구조를 보이고 있다. 이와 같은 에너지 소비의 양적인 팽창과 질의 변화는 국내 에너지 자원의 한계와 맞물려 갈수록 해외 의존도가 높아져 2000년의 경우 97.4%까지 증가하였다.

〈표 2-1〉

총 에너지의 해외의존도

(단위:백만TOE)

구 분	75년	80년	85년	90년	97년	98년	99년	2000년
에너지 (지수)	27.6 (100)	43.9 (159)	56.3 (204)	93.2 (338)	180.6 (654)	166.0 (601)	181.5 (658)	192.4 (697)
국산 (비율%)	11.4 (41.4)	11.6 (26.5)	13.4 (23.8)	11.3 (12.1)	4.3 (2.5)	4.8 (2.9)	5.0 (2.7)	5.2 (2.6)
수입 (비율%)	16.2 (58.6)	32.3 (73.5)	42.9 (76.2)	81.9 (87.9)	176.5 (97.5)	161.2 (97.1)	176.5 (97.3)	187.2 (97.4)

이와 같은 에너지 소비 증가세는 당분간 지속될 것으로 예측되고 있으며 거의 대부분의 에너지를 외국에서 수입하게 될 것으로 전망되고 있다.

이러한 에너지 환경은 국제수지는 물론 에너지 안보에 적지 않은 부담요인이 되어 에너지의 안정적인 확보와 이를 줄이기 위한 에너지원의 선택이 중요한 과제로 등장하고 있다.

특히, 전력수요는 고급에너지의 선호와 정보화 사회로 진전에 따라 수요가 더욱 급증하고 있는데 IMF 사태 발생 이전인 1997년에도 10.8%의 증가를 기록한 것을 비롯하여 1986년 이후 계속 두 자리 숫자의 높은 전력수요 증가율을 기록하고 있다. 그러나 이와 같은 증가에도 불구하고 1999년 우리 나라의 국민 1인당 전력소비량은 4,572kWh로서 미국(12,834kWh, 1998년 기준), 프랑스(6,683kWh, 1998년 기준), 일본(6,448kWh, 1999년 기준) 등 선진국과 비교하면 앞으로도 높은 소비 증가가 예상되고 있다. 경제성장, 인구증가 등을 고려하여 제5차 장기전력수급계획에 따르면 2015년의 전력수요는 지금의 두 배에 달할 것으로 예측하고 있다.

따라서 이와 같이 급증하는 전력수요에 대처하여 안정적인 전력공급을 위해서는 석탄, 가스, 원자력을 중심으로 발전원을 다양화시키는 것이 필요한 것으로 판단하고 있다. 이는 에너지 부존자원이 없어 세계 에너지 시장에 의존하여야 하는 우리의 형편상 특정한 에너지원에 편중된 발전을 할 경우 안정된 전력공급을 저해할 우려가 있기 때문이다. 석유의 경우 3/4가량이 정세가 불안한 중동 지역에서 생산되고 있으며, 석탄, 가스 또한 경제이익 위주의 국제 정세로 언제든지 자원무기화가 가능하기 때문이다.

반면 원자력발전은 연료를 한번 장전하면 1년 내지 1년 반 동안 연료교체 없이 전력생산이 가능하므로 에너지 비축효과가 있으며, 국내에 각 원전에 필요한 6개월분의 원전연료(경수로의 경우는 원전연료 성형가공 시설에 각 발전소마다 6개월분의 농축우라늄, 중

수로의 경우는 각 발전소에 6개월분의 원전연료)와 해외에 국내 전 원전에 소요되는 6개월분의 우라늄 정광을 확보하고 있어 만약의 사태로 우라늄의 공급이 중단되더라도 장기간 전력생산이 가능하다. 또한 우라늄자원은 세계 전역에 고르게 분포되어 있어 세계 에너지정세에 크게 영향받지 않으므로 비록 연료를 수입에 의존하더라도 다른 에너지보다 안정적인 공급을 기대할 수 있다. 현재 세계우라늄의 재고분 및 동서간의 냉전분위기 완화에 따른 핵무기 해체 등에서 유입되는 물량 등을 고려할 때 상당기간 가격도 안정될 것으로 전망되고 있다. 따라서 원자력발전은 우리나라와 같이 자원이 없는 프랑스, 일본 등의 국가에서는 준국산 에너지원으로서 안정적인 전력공급에 큰 공헌을 하고 있다.

〈표 2-2〉 발전원별 연료량 비교

구 분	소 요 량	수 송	비 고
원 자 력	30톤	10톤 트럭 3대	에너지 비축 효과가 큼
석 탄	220만톤	10만톤급 선박22척	대용량의 수송·항만 설비 및 저장시설 필요
석 유	940만 배럴	10만톤급 선박15척	

주) 100만kW급 발전소 1년 소요량 기준

2. 환경친화성

UN의 “기후변화에 관한 정부간 협의체”의 1차 보고서에 따르면 산업활동 및 에너지 이용이 현재 추세대로 지속될 경우 이산화탄소 배출량은 2000년대 중반까지 연 1.3~2.1% 가량 높아져 2030년경에는 산업혁명 이전의 두 배 수준으로 높아질 것으로 전망했다. 이에 따라 전세계의 평균기온은 1.5~4.5℃, 해수면은 약 20cm 상승하고, 2100년에 가면 기온은 3~6℃, 해수면은 약 65cm 상승하여 기상변화는 물론 많은 인구 밀집 저지대가 침수되는 등

지구 전체에 극심한 위기를 가져올 것이라고 예측하고 있다.

이와 같은 환경문제를 해결하기 위하여 1972년 유럽 주요국이 노르웨이 스톡홀름에 모여 황산화물, 질소산화물 등 국제적으로 이동 가능성이 있는 오염물질 배출 기준을 강화하는 조약을 체결하였다. 1988년 캐나다 토론토 정상회담 및 학술회의에서는 2000년까지 선진국이 중심이 되어 이산화탄소 발생량의 20%를 감축하기로 하고 이를 위해 에너지효율의 향상, 신재생에너지 기술개발, 원자력의 확대 이용 등을 권고하기로 결의하였으며 화석연료 사용에 비례하는 조림사업도 추진하기로 하였다. 1989년 3월 네덜란드 헤이그 환경정상회의에서는 유럽, 아프리카, 남미 등 세계 24개국의 지도자들이 지구 환경의 피해가 날로 심각해지고 있다는 인식을 같이 하고 이를 막기 위한 환경감시기구를 UN에 신설한다는 데 합의했다.

1992년 6월에는 브라질 리우데자네이루에서 유엔환경개발회의(UNCED ; UN Conference Environment and Development)가 개최되어 지구환경보전을 위한 구체적 실천계획인 “의제21”을 채택하였다. 이 회의에서는 대기 중 온실가스 농도를 더 이상 증가시키지 않고 기후변화의 악영향을 방지하기 위한 “기후변화협약”에 우리나라를 포함한 154개국이 서명하였는데, 이 협약의 가장 큰 관심사항은 이산화탄소 등 온실가스의 배출량을 2000년까지 1990년도 수준으로 안정화 시키는 목표로 정책을 추진해야 한다는 것이다.

이 협약은 1994년 3월 21일부터 발효되었으며, 이어 1996년 7월 제네바에서는 세계 150개국의 환경관계자들이 참석한 가운데 유엔의 기후협약회의가 개최되었다. 이 회의에서 참가국들은 지구온난화와 기상이변의 주범으로 지목되는 탄산가스의 배출에 대한 법적 구속력을 가진 조치를 촉구하는 성명을 발표하였다. 이 성명에 따라 화석연료를 사용할 때 배출되는 가스를 오는 2020년까지 대폭 억제하고 그 이행을 위해 각국은 환경이 소화해 낼 수 있을

정도 이상 방출한 이산화탄소에 대해서는 1톤당 일정한 과세(일명 ‘탄소세’)를 지불하지 않으면 안되는 법적장치를 마련하였다.

1997년 12월 일본 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국 회의에서는 선진 각국의 온실가스 감축 목표량을 정하였으며, 2008~2012년 기간 중 1990년 온실가스 배출량을 기준으로 미국은 7%, 유럽연합이 8%, 일본이 6%를 각각 감축하기로 하는 등 평균 5.2%를 감축하기로 했다. 우리 나라는 1992년 기후변화협약 제정 당시 개발도상국이었기 때문에 온실가스 의무 감축국에서 제외되었으나, 1996년 OECD 회원국이 되었기 때문에 앞으로 계속 개발도상국 입장을 고수하기는 어려울 것으로 보인다.

특히 교토의정서의 이행합의안이 최근에 열린 기후변화협약 당사국회의에서 극적으로 통과됨으로써 미국의 비협조로 불투명했던 교토의정서의 발효가능성이 보이고 있다. 이와같이 화석연료의 과다사용으로 인한 지구환경문제는 최대현안이 되고 있으며 우리나라 경우 화석연료의 비중이 85%에 달하고 있어 경제발전에 큰 영향을 줄 것으로 보인다.

〈표 2-3〉 부문별 이산화탄소 배출량 전망 (단위:백만TOE)

구 분	1995	2000	2010	2020	연 평 균 증 가 율 (%)		
					'92 ~ '00	'00 ~ '10	'10 ~ '20
발 전 부 문 (구 성 비)	22.8 (22.4)	29.0 (24.1)	44.2 (26.7)	60.3 (29.4)	5.0	4.3	3.2
산 업 부 문	36.2	41.6	52.5	63.6	2.8	2.4	1.9
수 송 부 문	22.1	27.1	40.7	47.6	4.1	4.2	1.6
가 정 부 문	14.9	16.6	19.9	23.5	2.3	1.8	1.7
상업·공공부문	5.3	6.1	8.2	10.2	2.7	3.0	2.2
합 계	101.3	120.4	165.5	205.2	3.5	3.2	2.2

주) 자료: 에너지경제연구원 「배출권 거래제를 활용한 전력산업의 온실가스」 저감방안 (1999.4)

따라서 이산화탄소 배출량을 최소화하기 위한 대책이 요구되고 있는데 발전부문이 중요한 변수가 될 것으로 보인다. 현재 발전부문이 배출하는 이산화탄소량은 전체의 약 24% 수준이나 2020년이면 30%로 점차 늘어나게 되어 발전부문의 감축 없이는 절대량을 줄일 수가 없으며, 다른 부문은 줄일 수 있는 여지가 많지 않기 때문이다. 이에 따라 한수원(주)은 장기적으로 2015년까지 발전분야의 이산화탄소 배출량을 적정수준인 kWh당 0.10kg 수준으로 유지하는 방안을 강구중인데 이를 충족시키기 위해서는 원자력발전량을 전체 발전량의 32%이상 유지해야 하는 것으로 나타나고 있다. 현재 kWh당 이산화탄소가 가장 적게 발생하는 국가는 원자력발전량이 80%에 육박하는 프랑스로 0.03kg에 불과하다.

세계 총 전력량의 16%를 담당하고 있는 원자력발전은 세계 총 소비에너지의 약 7.6%를 공급하고 있으며 이 전력량은 석유발전으로 환산하면 연간 약 30억배럴에 해당하는 양으로서 중동지역 석유생산량의 절반에 해당한다.

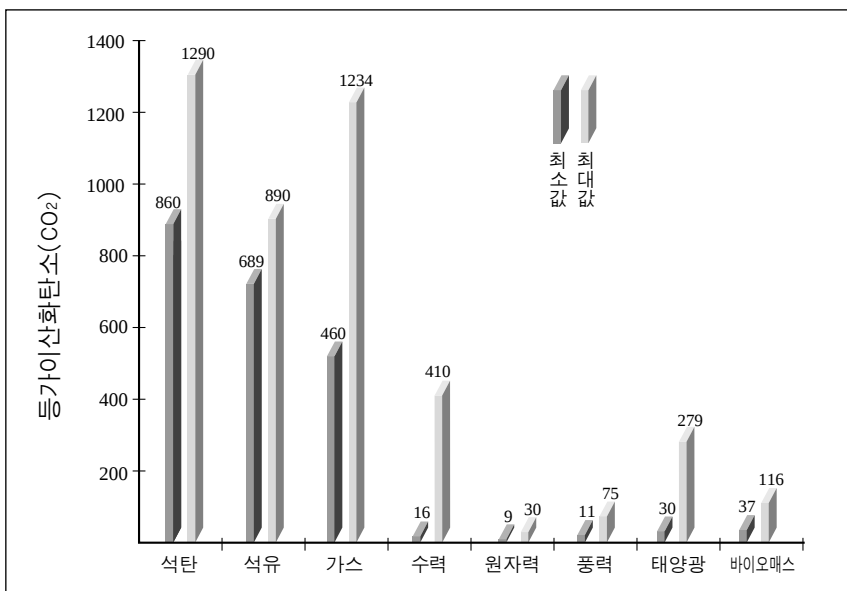
이와 같이 현재의 세계 원자력 발전을 모두 석탄화력으로 환산하면 연간 약 18억톤의 이산화탄소 방출량에 해당하며 이만큼 지구 온실효과 감소에 기여하고 있다. 전 세계에서 가장 높은 원자력발전 점유율인 76% 정도를 차지하고 있는 프랑스는 원자력발전의 증가로 화력발전량을 획기적으로 감소하여 전력생산에 의한 이산화탄소 방출량을 1980년 이후 80%나 감소시킬 수 있었다.

물론 에너지 공급구조의 다원화를 위해서 원자력발전소만을 건설할 수는 없겠지만 온실효과와 산성비를 방지하고 환경을 보전하기 위해서는 화석연료의 사용을 적극 억제하고 다양한 목적으로 더욱 유용하게 사용할 수 있는 비화석에너지인 원자력이나 재생에너지의 이용을 확대하는 것이 매우 바람직하다.

그러나 재생에너지는 지리적, 지형적 특성이 이용에 적합해야 할 뿐만 아니라 원자력에 비해 이용 가능한 에너지밀도가 적으며

현재로서는 단위용량이 적고 경제성이 없어서 경쟁이 되지 않으므로 향후 수십년 내에 대규모 에너지공급원으로서의 사용은 매우 어렵다고 전망된다. 바로 이러한 점에서 원자력발전이 현재로서는 에너지 위기를 극복하고 지구환경 보전을 가능케 하는 가장 현실적인 에너지원이라고 할 수 있다.

(단위 : g/kWh)



〈그림 2-2〉 에너지원별 환경친화성 비교

- 주) 1. 자료 : IAEA Bulletin 40/1/1998(1998년 3월, 국제원자력기구)
 2. 발전소 운전 중의 이산화탄소(CO₂) 배출량뿐만이 아니라 해당 에너지원의 채광에서부터 발전소 건설, 운전의 전과정에 거친 에너지싸이클 기간 중의 온실가스 배출 총량을 평가
 3. 원자력발전의 온실가스 발생원은 우라늄 채광, 농축과정 중에 사용되는 화학연료 및 원전연료 주기시설(정련, 농축, 성형가공, 원자로 등) 건설중 사용되는 화학연료임