

1. 개요

1995년말 현재 원자력발전소(이하 원전이라 칭함)는 세계 30여개국에서 총 437기가 가동중에 있으며 발전용량 중에서 원전이 차지하는 비중은 약 19.3% 정도이다. 가동중인 원전은 미국이 109기로 가장 많고 프랑스가 56기로 뒤를 잇고 있으며 일본이 51기로 세계 3위를 유지하고 있다. 우리나라도 고리원전 1호기가 1978년 4월에 상업운전을 시작한 이래, 현재 11기(표 1. 참조)가 가동되고 있으며 세계 10위의 원자력발전소 보유국이 되었다. 우리 나라의 총발전량 중에서 원자력발전량이 차지하는 비율은 34.7%로 비교적 높은 편이다.

정부와 관련기관은 이와 같이 높은 비중을 차지하고 있고 현실적으로 선택할 수 있는 최선의 에너지원인 원자력을 안전하고 경제적으로 공급하기 위해서 원전건설 자립계획을 수립, 추진하게 되었다.

소고에서는 원전종합설계기술의 자립에 대해 간략하게 기술하고자 한다.

표 1. 우리 나라 원자력 발전소 현황

발전소	노형	용량	건설기간	주계약	비고
고리 1,2	경수로	65만 KW	가동중	미 국	일괄발주
월성 1	중수로	68만 KW	가동중	캐나다	"
고리 3,4	경수로	95만 KW	가동중	미 국	분할발주
영광 1,2	경수로	95만 KW	가동중	미 국	"
울진 1,2	경수로	95만 KW	가동중	프랑스	"
영광 3,4	경수로	100만 KW	가동중	한 국	국내주도
울진 3,4	경수로	100만 KW	91.07-99.06	한 국	한국형 표준
월성 2,3,4	중수로	70만 KW	90.12-99.06	캐나다	한국-80%
영광 5,6	경수로	100만 KW	95.02-02.06	한 국	한국형 표준
울진 5,6	경수로	100만 KW	96.11-04.02	한 국	한국형 표준

2. 설계기술자립 추진

정부와 관련기관은 원전설계기술의 자립에 필요한 전문

인력을 양성하고 원전설계업무를 독자적으로 수행할 수 있도록 1975년 KNE (Korea Nuclear Engineering Co., 한국전력기술(주)의 전신)를 설립하였다. 또한 국내에 건설하는 원전의 종합설계업무를 수행하는 외국회사에 한국전력기술(주)(이하 한기라 칭함)의 전문기술인력을 파견하여 설계능력과 설계경험을 축적하고 기술자료를 도입하는 등 기술자립계획을 추진하여 다음과 같은 4단계를 거쳐 설계기술자립을 이룩하였다.

(1) 제 1단계는 기술습득단계(1970~1977)이다.

이 단계의 원전건설은 외국회사가 주계약자가 되어 사업관리, 종합설계, 기자재 구매, 시공 및 시운전분야 등 원전건설 관련 전업무를 일괄발주방식으로 계약수행하였으며, 고리 1,2호기 및 월성 1호기가 이에 해당된다. 시공분야는 국내회사가 외국회사의 하도급형태로 참여하였으며 그 외의 분야에서는 시공감리 및 시운전등 제한적인 분야에서 국내기술진이 외국회사에 인력지원 형태로 참여하여 원전건설관련기술을 습득하였다.

(2) 제 2단계는 기술자립기반 구축단계(1978~1985)이다.

2단계는 1단계와 달리 분할발주방식으로 계약되었으며 고리3, 4호기, 영광1, 2호기 및 울진1, 2호기 건설이 이에 해당된다. 사업주인 한국전력공사의 전반적인 주도하에 종합설계와 주기기 공급분야는 외국회사에, 시공은 국내 회사에 각각 분리하여 발주하였으며, 시운전 업무는 한국전력공사가 직접 수행하였다. 특히 이 단계에서는 종합설계업무를 전문인력을 양성하기 위해 외국회사와 인력지원계약을 체결하여 한기의 기술진을 외국회사에 파견하여 기본설계 단계부터 상세설계 단계까지 원전설계업무를 경험을 쌓을 수 있도록 하였다.

또한 건설 후반기부터는 외국회사에 파견되어 종합설계업무에 참여한 한기의 전문기술인력을 주축으로 현장상설설계업무를 외국기술자와 공동으로 수행하였다.

그러나 이 단계에서는 우리 기술진의 업무참여 범위가 제한적이고 부분적임에 따라 전반적인 원전종합설계 기술습득이 어려웠다.

(3) 제 3단계는 기술자립단계 (1986~1995)이다.

이 단계의 원전 또한 분할발주방식으로 건설되었으나 2

단계와는 달리 사업관리, 주기기공급, 종합설계, 기자재구매, 시공 및 시운전등의 모든 업무를 국내회사가 주도하였다. 외국회사는 하도급 계약자로 참여하였으며 영광 3,4호기 건설이 이에 해당된다. 그동안 습득한 기술과 경험을 바탕으로 기술전수계약에 의거, 도입한 설계자료와 전산프로그램 및 자체적으로 개발한 설계관리시스템을 활용하여 모든 설계업무를 외국의 하도급계약자와 공동으로 수행하므로써 원전 설계기술자립을 이룩하였다.

설계기술자립과정은 3항 “기술자립목표”에서 상세히 기술하였다.

(4) 제 4단계는 한국형 표준원전건설 및 개량화단계(1990년 이후)이다.

제 4단계는 제 3단계와 마찬가지로 분할발주방식으로 건설되고 있으며 울진 3,4호기, 영광 5,6호기, 울진 5,6호기와 북한에 건설하도록 되어 있는 북한경수로 원전이 이에 해당된다. 그러나, 4단계는 사업관리, 종합설계, 기자재 구매, 시공 및 시운전 등 원전건설의 모든 분야가 국내 기술진에 의해 독자적으로 수행되고 있으며 외국회사는 일부 특수기술분야에 대해서만 자문을 하고 있다. 또한 우리 기술진은 원전운전, 설계 및 시공경험을 살려 안전성, 경제성, 운전성의 제고에 부단한 노력을 경주하고 있다.

3. 기술자립 목표달성

영광 3,4호기는 9기의 원전 건설과정에서 축적한 기술과 경험을 바탕으로 1987년 4월, 이제까지 해외로 발주하였던 종합설계 및 주기기 공급의 주계약자로 국내회사들을 선정함으로써 종합설계관리능력을 확보할 수 있는 기회를 마련하였다. (그림 1 참조)

그동안 국내원전건설을 주도하던 외국회사는 국내회사의 하도급자로 선정되어 국내회사의 능력이 미비한 부분을 지원하도록 하였다. 종합설계의 경우 영광3,4호기 건설을 통하여 기술자립율이 건설착수시점의 63%로부터 95%까지 달성되도록 목표를 설정하였다.

설계기술자립은 용역사업수행, 기술도입, 도입기술의 토착화, 자체기술 개발의 4개부분으로 나누어 추진되었다.

(1) 용역사업수행

종합설계분야에서는 한기를 주계약자로 선정하여 종합설계업무를 주도적으로 수행할수 있는 제도적 장치를 마련하였다. 기본설계단계에서는 국내설계능력부족을 고려하여 기술전수계약에 따라 설계기술을 제공하는 외국회사와 종합설계업무를 공동수행하도록 하였으며 상세설계 단계에서는 한기기술진이 주도하여 설계업무를 수행하도록 하였다. 선행호기 건설과정에서 습득한 기술과 경험을 바탕으로 한기가 주도적으로 자체개발한 설계관리시스템에 따라 종합설계관련 모든 업무를 한기의 기술인력이 외국회사와 공동수행하므로써 종합적인 사업관리 능력과 설계기술의 자립기반을 확보하게 되었다. 이러한 일련의 과정을 통하여 외국회사가 제공한 설계자료 및 전산프로그램 등을 사용하는 방법과 내용도 완전히 숙지할 수 있었다.

(2) 기술도입

영광 3,4호기의 용역수행사업 계약시 본 계약과는 별도로 기술전수계약을 체결하여 원전 종합설계에 필요한 각종 기술기준 및 규격서, 설계자료와 전산프로그램 등의 도입 뿐만 아니라 취약기술을 습득하기 위하여 국내기술인력에 대한 교육훈련도 외국회사가 제공하도록 하였다. 기술전수계약하에서 외국회사는 48종의 기술기준 및 규격서, 135만쪽 분량의 설계자료와 290여종의 전산프로그램을 제공하고 90여개 과정의 교육훈련을 실시하였다.

(3) 도입기술의 토착화

도입기술의 토착화를 위해 기술전수계약에 따라 외국회사로부터 도입된 각종 기술기준 및 규격서, 설계자료, 전산프로그램 등을 한기의 설계관행, 절차, 규정, 수행조직에 맞게 개정하여 한기화(Kopectize)하였으며 전산프로그램의 인수시험, 도입된 기술의 전과교육 및 설계검증업무도 철저히 수행하였다.

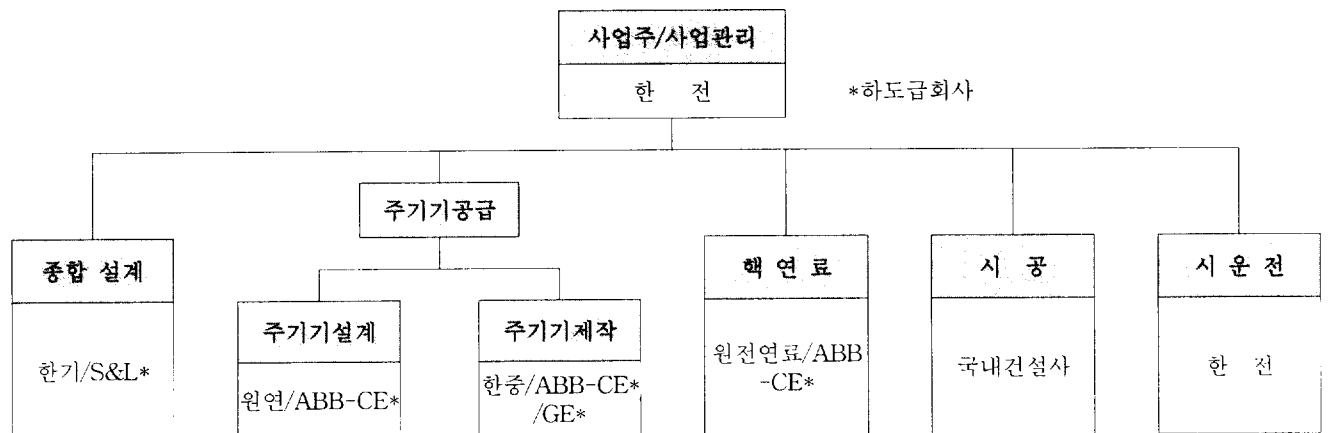


그림 1. 원전건설 수행조직 및 담당업무

(4) 자체기술 개발

한기는 용역사업에 필요한 기술개발을 위하여 매년 매출액의 8~10%를 투자해 왔으며 3차원 CAD System의 도입, 응용기술개발, 특수 계통설계와 구조용 전산프로그램개발 및 도입, 표준기술기준 및 규격서 작성 등의 본격적인 기술개발업무를 수행해오고 있다.

1996년말 현재 768종에 이르는 자체 기술개발과제를 수행하였으며 원전기술 자립에 크게 기여하였다. 기술자립대상 원전인 영광 3,4호기(100만KWe급)의 원전 종합설계 분야의 기술자립 목표와 달성율은 표 2와 같다.

표 2. 원전설계 기술자립목표 및 달성율

(단위 : %)

년	87	88	89	90	91	92	93	94	95
목표치	63.54	70.78	77.44	82.74	87.14	90.47	92.58	94.13	95.34
달성율	63.31	70.06	77.02	82.76	87.17	90.36	92.54	94.13	95.34

4. 한국형 표준원전 개발

한국형 표준원전은 영광 3,4호기의 사업수행을 통하여 자립한 설계능력을 바탕으로 국내기술진이 독자적으로 개발하였다.

표준원전은 미국의 원자력 규제법을 적용하고 서방 선진 국가가 구비한 각종 안전설비 외에 원자로 노심용융을 방지하기 위한 안전감압계통, 원자로 냉각효과를 증진시킨 공동침수계통 등 중대사고에 대비한 설비를 갖추고 있다. 뿐만 아니라 배관(φ25.4cm 이상) 파열사고시 사전에 증기누설방지를 위한 예지기능의 채택, 발전소 제어계통을 포함한 각종 설비 및 기기 설계시 인간공학(Human Factor Engineering) 개념을 적용하여 운전원의 편의성 향상과 실수에 의한 사고가능성이 감소되도록 설계되었다.

표준원전은 안전성·신뢰성·운전성 및 보수성 등을 보다 제고시킨 최신 원전모델이다.

5. 결 론

한기는 선진 외국회사로부터 입수한 설계자료와 전산프로그램의 단순보유에 그치지 않고 지속적인 개량 및 업무의 종합전산화 등 자체기술개발에 매출액의 8~10%를 매년 투자하여 왔다. 또한 국내외에서의 부단한 교육훈련을 통하여 기술습득을 피하고 전과교육을 통하여 기술수준의 향상을 도모하고 있다.

한국형 표준원전은 영광 3,4호기 사업수행을 통하여 달성된 기술자립능력을 토대로 최신기술과 국내외 발전소의 건설 및 운전경험을 반영하여, 안전성·신뢰성·운전성·보수성 등을 제고시킨 최신 발전소이다.

한국형 표준원전은 국내에서는 영광 5,6호기와 울진 5,6호기의 건설로 이어지고 있으며 북한에 제공될 경수로 발전소의 참조모델일 뿐만 아니라 세계 여러나라로부터 가장 최신의 원전으로서 관심을 불러일으키고 있으며, 한국원전기술의 대외수출을 위한 원전모델로서 주목받고 있다.

계 작 소 개



유주영 (柳周永)

1943년 4월 30일생. 1966년 한양대 기계공학 학과 졸업. 1974년 미국 캘리포니아 주립대학원 졸업(석사). 1983년 Southern California Edison Company(SCE)-Mechanical Engineer. 1983년 한국전력기술(주) 입사. 현재 원자

력 사업단 전무이사