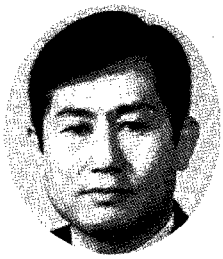
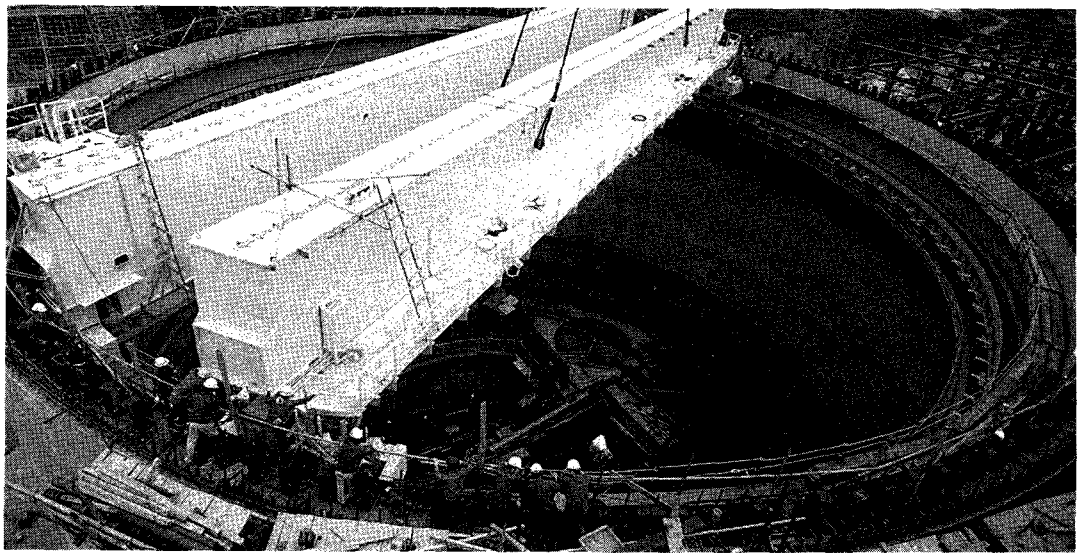
원전 기술자립 기반

靈光原電 3, 4호기의 建設 現況



박 용 남
한국전력공사 영광원자력건설소장



영광 3호기 건설현장모습

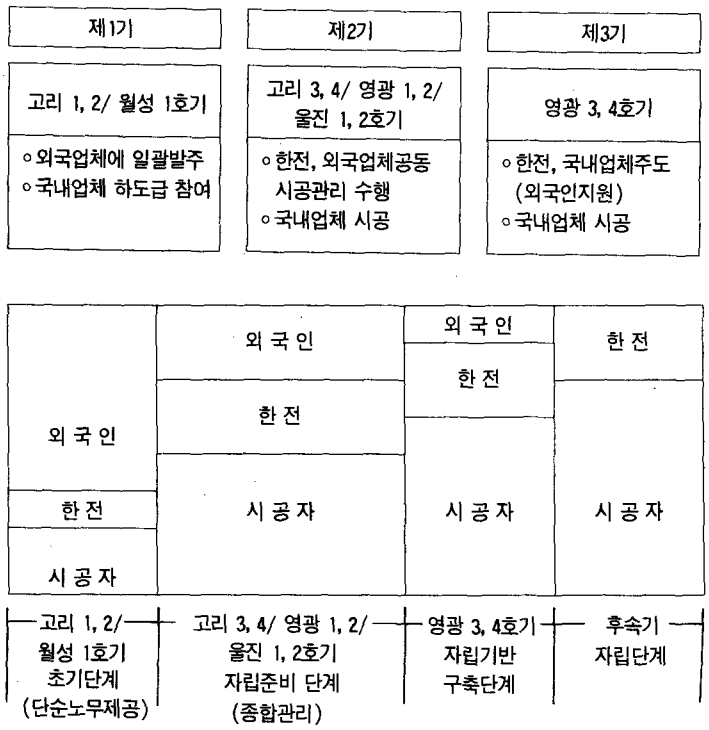
영광원자력 3, 4호기 건설계획 수립배경과 과정을 살펴보면 제2차 중동오일 쇼크를 반영한 「제4차 장기 전원개발계획」이 세번째로 수정된 79년 9월 당시에 3호기는 89년 3월, 4호기는 89년 12월에 각각 준공하는 것으로 계획한 바 있었다.

그러나 1980년대 초반에 들어서면서 경제침체에 따른 전력수요의 둔화추세로 전력예비율 과다보유 현상이 나타나 5-6년간 신규 원전건설이 잠시 중단되게 되었다. 그후 86년에 이르러서는 경제 3저 현상(유가하락, 저금리, 달러가치 하락)에 힘입어 수출산업의 대외경쟁력이 회복됨에 따라 경기호조, 국민 생활수준 향상과 과소비풍조 등으로 전력수요가 87년도에 14%, 88년도에 15%로 급격히 증가되었다.

이에 따라 90년대 중반의 안정적 전력공급을 위하여 85년 3월 「제5차 장기전원개발계획」 3차 수정시 3호기는 95년 3월, 4호기는 96년 3월에 각각 준공하는 것으로 확정하고 89년 6월 착공하기에 이르렀다.

이러한 배경으로 수립된 영광 3, 4호기의 건설에 대하여 여기에

〈그림 1〉 원전건설 사업의 변천과정



서는 원전산업의 측면에서 본 사업의 의의와 특성을 살펴보고자 한다.

靈光 3, 4號機 建設意義

영광 3, 4호기 건설의 의의라 하면 무엇보다도 우리나라가 자력(自力)으로 원자력발전소를 건설할 수 있도록 하는 데에 필요한 기술자립 기반을 구축하는 것에 있다고 본다. 이러한 의의는 71년 한전이 원자력 사업을 시작한 이래 현재에 이르기까지의 원자력 사업추진 과정〈그림 1〉과 발달사를 분석해 보면 쉽게 이해할 수 있다.

제1단계

1970년대(고리 1, 2 및 월성 1호기)에는 원전건설 경험이 없고 전반적인 국내 산업기술 수준도 원전설계나 기자재 제작에 참여하기에는 미흡하여 외국계약자가 사업 전반에 대한 종합적인 책임을 지고 사업을 수행하도록 하는 턴키(TURNKEY) 계약방식으로 추진되었다.

제2단계

1980년대(고리 3, 4, 영광 1, 2, 울진 1, 2호기)는 제1단계에서 축적된 경험으로 한전이 사업관리를 하고 시공만 국내업체가 담당토록 할 뿐 플랜트 종합설계, 주기기 공급 및 설계 등의 대부분은 외국계약자에게 의존하도록 하는 넌 턴키(NON-TURNKEY) 계약방식으로 추진되었다.

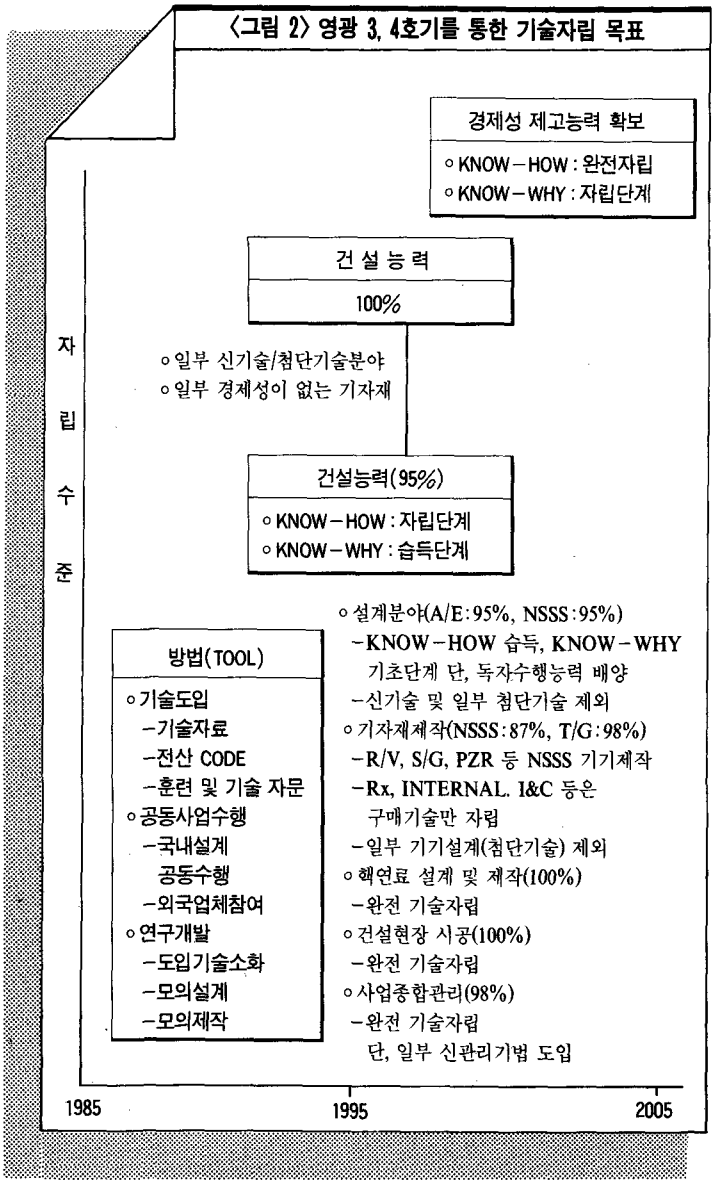
제3단계

영광 3, 4호기부터는 원전 기술자립 기반 구축기로써 제2단계 추진과 같이 종합적인 사업관리 책임은 한전이 담당하고 플랜트 종합설계, 주기기 공급 및 설계는 국내 전문업체가 주체(주계약자)가 되고 핵심 기술분야에만 외국업체를 하도급자로 참여하도록 하여 외국업체로부터 관련기술을 전수받을 수 있는 계약체제로 추진하게 되었다.

따라서 영광 3, 4호기 건설의 의의라 하면 우리나라 원전산업 분야에 명실상부한 기술자립을 달성하는 데 필요한 기반을 구축하는 것에 있다고 볼 수 있다.

靈光原電 3, 4號機 事業의 特殊性

영광 3, 4호기 사업의 특수성은 여러가지 측면에서 설명될 수 있을 것이나 원전산업 측면에서 보면 첫째, 원전설비의 기술자립과 건설사업을 병행하여 추진하는 사업으로써 원전건설 기술을 자립하여 원자력이 국산에너지



자원이 되게 하는 기반을 구축하는 것〈그림 2〉이다.

둘째, 최초의 국내주도형 사업으로써 한전이 전체사업을 총괄관리하고, 국내업체는 각 분야별로 사업을 주도하되 기술 미진분야에 대해서만 외국업체의 지원을 받도록 하였다. 그리하여 국산화 증대를 도모하는 한편 소요자금의 외자의존도를 17% 정도로 대폭 축소 시켰다.

셋째, 외국 계약자의 설계업무를 국내에서 국내 계약자와 공동으로 수행하도록 함으로써 안전성의 중복확인과 기술습득을 극대화하고 모든 설계자료를 국내에 축적케 하여 설계표준화와 설계모델을 구축할 수 있도록 하였다.

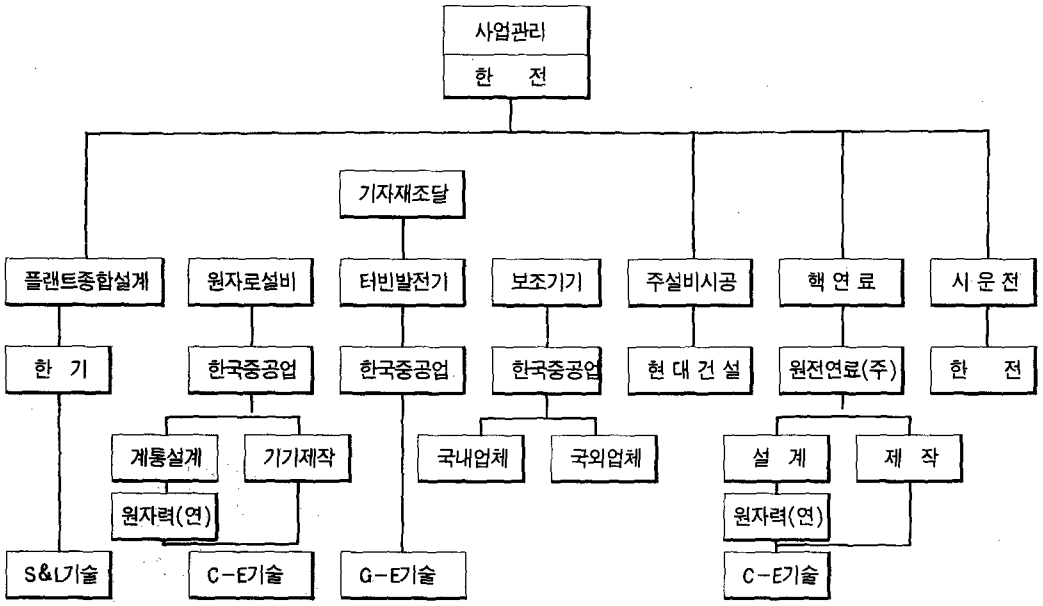
넷째, 국내 우위계약을 체결하여 계약서는 국문 및 영문으로 작성하되 국문계약서가 우선되도록 하였다. 또한 계약분쟁시는 대한상사 중재위원회 상사규칙과 한국법을 적용토록 하였다.

靈光3, 4號機 建設推進現況

영광 3, 4호기 건설사업은 한전의 종합사업 관리하에 국내업체를 분야별 주계약자로 하고 외국업체를 하도급자로 하는 계약구조〈그림 3〉를 수립하여 85년 7월과 10월 국내 주계약자와 외국 하도급계약자에 발주의향서를 발급한 후 1년 6개월여의 입찰평가 및 계약협상 끝에 87년 4월 9일 국내 주계약자 및 외국의 하도급계약자와 플랜트 종합설계 및 주기기 공급에 대한 계약을 체결하였고 동시에 기술도입 계약도 별도로 체결하였다.

외국 하도급 계약자는 원자로 설비 및 핵연료와 관련한 기술도입 부분에 미국의 CE社, 터빈발전기 및 관련 기술도입 부분에 미국의 GE社 그리고 플랜트 종합설계 및 관련 기술도입 부분에 미국의 S&L社를 각각 선정하여 국내 주계약자의 기술 미진분야

〈그림 3〉 영광 3, 4호기 계약구조



를 보완하고 관련분야의 기술을 전수토록 하였다.

이어 87년 11월7일에는 주설비 공사 시공계약을 현대건설과 체결하였다.

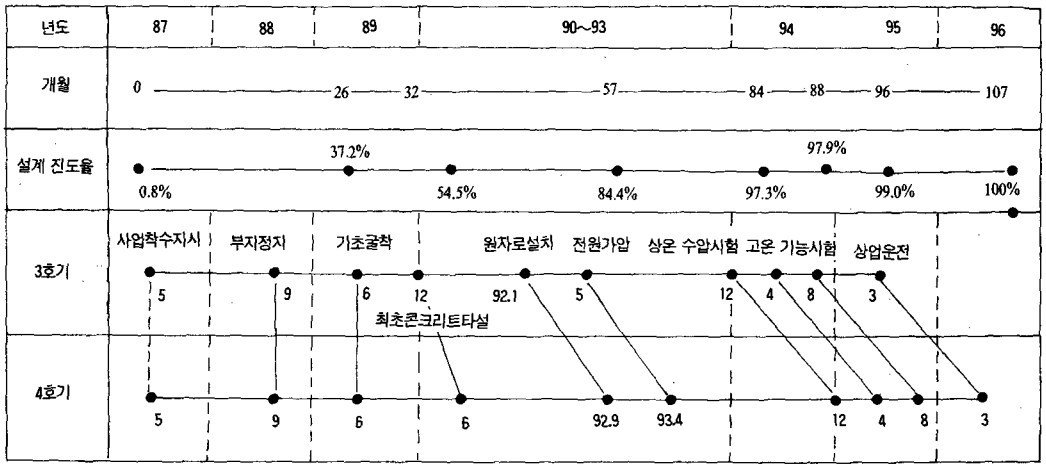
한편으로 건설현장에서는 87년 5월부터 현재 운전중인 영광 1, 2호기 바로 곁에다 부지정지 등 건설준비를 시작하였고 89년 12월 21일에는 건설허가를 받게 되었다. 이에 따라 89년 12월23일 최초 콘크리트 타설공사가 시작되었으며 90년 초부터는 구조물 건조공사를 본격적으로 진행하였다.

원자력 발전소의 핵심건물인 원자로 격납건물은 지하 30m, 지상63m, 지름 48m, 두께 120cm의 철근 콘크리트 구조물로서 3호기 격납건물 원통형 철판공사(Wall Liner Plate)를 90년 7월부터 건조에 착수하였다. 91년 6월30일 외벽 콘크리트 구조물 공사를 완료하고 동년 10월 28일 격납건물 천정크레인(Polar Crane)설치를 완료한 후 동년 12월18일 원자로 용기가 설치되었다. 이어 증기발생기, 가압기, 원자로 냉각재펌프 등 주요 기자재가 정해진 일정에 맞춰 순조롭게 설치되었다.

한편, 92년 5월14일 3호기 시운전 수전설비 전원가압으로 본격적인 시운전 시험업무를 시작하게 되었다. 93년 5월말 현재 영광 3, 4호기 시공 공정율은 78.85%이며 93년말 까지는 91.17%를 달성할 계획이다.

영광 3, 4호기 건설기간은 기초굴착 착수부터 상업운전 개시까지 70여개월이며, 원자로 형식은 가압경수로형으로 내자 2조 4천 7백 54억원, 외자 6억 4천 2백만달러, 도합 2조 9천 8백 32억원의 공사비가 투입되었다. 3호기는 95년 3월에, 4호기는 96년 3월에 각각 준공될 예정〈그림 4〉이며, 영광 3, 4호기 건설사업이 성공적으로 완성될 경우 우리나라의 원

〈그림 4〉 영광 3, 4호기 주공정표



전건설 기술자립도 이 시점에 맞춰 구축될 수 있을 것으로 기대한다.

靈光 3, 4號機 機資材 國産化 現況

원자력 발전설비는 기능이나 건설관리 편의상 원자로설비, 터빈-발전기 및 보조기기로 분류하며, 원자로설비와 터빈-발전기를 통칭하여 주기기로 부른다.

이들 원자력 기자재 제조사업, 특히 주기기 제조사업은 방대한 시설투자, 고도의 기술력, 완벽한 품질보증체제 등을 필요로 하고 있어 선진국에서도 극히 제한된 업체나 단일업체에서 이를 전담하도록 하고 있다.

우리나라의 발전소 건설과 관계된 국산화는 국가적 차원의 산업전반에 걸친 기술력 제고라는 취지의 산업합리화 기준에 의해 한국중공업(주)이 원자력발전설비 제작 일원화 업체로 지정되어 주기기를 포함한 보조기기류를 제작하고 있으며, 한중의 제작공급이 불합리한 증전기류 등은 국내 전문업체에서 제작하고 있다.

〈그림 5〉 국내원전 호기별 국산화율

분 야		고리 3, 4	영광 1, 2	울진 1, 2	영광 3, 4
설계	원자로계통설계	0	0	0	50
	핵연료설계	0	0	0	50
	플랜트종합설계	37	44	46	75
기자재	보조기기	33.2	44.7	-	74.5
	원자로설비공급	9.8	15.8	-	63.1
	터빈발전기	10.5	27.6	-	94.0
	종 합	29	35	40	74
핵연료제조		0	0	0	100

우리나라의 원자력발전소 건설의 기자재 국산화는 〈그림 5〉 고리 1호기의 8%에서 시작하여 울진 1, 2호기에서는 40%까지 성장하였고, 영광 3, 4호기에서는 국산화율이 75%로 대폭 증대될 전망이다.

현재 영광 3, 4호기의 주기기 제작과 납품은 미국기계학회(ASME)로부터 원자로용 구조 및 단조품 제작공급 업체로서의 자격을 획득한 한국중공업(주)이 공급하고 있다.

또한, 보조기기는 총 216페케지(Package)로 나누어 발주하였는데 그 중 국내 업체가 133페케지를 제작, 공급중에 있으며 133페케지 중 한국중공업(주)이 제작공급하는 35페케지를 제외한 98

페케지를 제작 공급하고 있는 국내 주요업체는 〈표 1〉과 같다.

맺음말

우리나라는 에너지 부존자원이 빈약하므로 연료의존형이 아닌 기술의존형 에너지원의 확보가 필요하다고 본다.

따라서 원자력발전은 발전원가 중 연료비의 비중이 낮아 에너지의 가격 상승에도 안정적으로 대처 할 수 있으므로 원전건설 기술자립이 이루어지는 정도에 따라 값싸고 안정적인 준 국산에너지원의 확보도 이루어 진다고 본다.

그동안 우리나라는 여러기의 원자력발전소를 건설하였으며 특히 11기째 건설하는 영광 3, 4호기는 건설의 의의와 목표를 원전건설의 95%이상 기술자립과 후속기를 위한 표준설계 완성으로 하고 있다.

이렇게 우리가 목표로 하는 원전건설 기술자립도를 달성하기 위하여 필요하다고 생각되는 바를 영광, 3, 4호기 건설과정을 통하여 경험한 사실을 토대로 몇가지 제시하고자 한다.

첫째, 국내에서 생산하여 공급한 기자재들 중에서 일부품목의 가격이 국제시장 가격보다 높아서 사업 초기단계인 기자재 공급계약체결 공정에서 주요 지연요인이 되었었다. 이러한 사실들은 어느 나라에서나 기술자립 단계에서 발생될 수 있는 것으로써 사업자나 산업체가 기술습득 비용으로 감수하고 한층 박차를 가하여 추진해야 할 것으로 판단된다.

둘째, 설계모델이나 기준발전소가 없고 설계자 및 제작자, 사용자들 상호간에 충분한 협의 및 검토가 부족하여 간섭사항이 많이 발생되고 있으며 이로 인하여 수정설계, 재제작, 재시공 등 사업추진에 있어서 많은 손실을 야기하는 요인이 되고 있다. 영광 3, 4호기에서는 이러한 문제점들을 감소시키기 위하여 설계모형(DESIGN MODEL)을 제작하여 활용하고 사업관리자회의, 월간 공정회의, 관련자회의 등을 통한 협의 및 검토기회를 부여하는 등 부단한 노력을 경주하고 있으나 아직도 개선해야 될 사항이 존재하고 있는 부분 중의 하나이다.

셋째, 원자력발전소에서 사용되는 제품으로써의 요건을 충족시키기 위한 품질관리 의식이 부족하다는 것이다. 예를 들어 제품제작 중 품질검사 절차를 누락시키거나, 품질서류를 확보하지 못하거나, 또는 많은 어려운 제작과정을 거쳐 생산한 제품이 포장이 잘못되어 수송 중에 손상되어 반품되는 겨우가 다수 발생하였다. 이러한 경우는 사소한 실수라고도 볼 수 있으나 근본적으로는 제품의 품질확보에 대한 의식결여에서 야기된 것으로 보인다.

우리 원자력산업체가 위에서 언급한 사항들에 유의하여 공동으로 합심 노력한다면 영광원전 3, 4호기가 준공되는 시점에서는 우리의 목표인 원전건설 기술자립도 95% 이상을 충분히 이룩할 수 있으리라 확신한다.

특히 작년 11월에는 중국 광동원전 직원들이 한전의 원자력발전 품질보증 체제와 울진원전의 운전 및 정비품질 기술에 대하여 교육을 받고 간 바 있으며, 최근에는 필리핀에서 건설 중단한 원전의 건설 및 운전을 미국 웨스팅하우스사의 추천에 따라 우리나라에 의뢰하고 있다는 사실들을 감안할 때 앞으로의 우리나라 원전산업계의 발전에 고무적인 일이라 할 수 있겠다.

〈표 1〉 보조기기 주요 제작업체 현황

품 목	주요제작업체
변압기, 차단기	효성중공업, 현재중전기
판 넬	금성산전, 광명전기, 현대중전기, 효성중공업
케이블	금성전선, 대한전선
밸브	범한, 삼신, 서흥, 현대중공업
펌 프	현재중공업, 효성중공업, 신신기계, 삼진
크레인/ 호이스트	반도기계
비안전성 공기조화기	대우캐리어, 경원세기
파이프피팅	태광, 삼신, 대영, 성진기공
파이프	삼미특수강