

기술자립목표를 완전달성

- 원전건설기술자립전문가평가단의 보고 -

영 광 3·4호기 이전의 모든 국내 원자력발전소는 외국회사 주도하에 건설되었다.

따라서 국내업체들의 참여는 외국회사의 하도급 형태로 부분적일 수밖에 없었고, 참여범위나 습득기술의 깊이도 제한적이었다.

우리는 영광원자력 3·4호기 건설을 계기로 원자력발전소 기술자립이라는 국가적 목표를 설정하고, 이 목표달성을 위하여 국내 원자력 관련업체들이 역할을 각각 분담하여 추진하게 되었다.

이에 따라 구체적인 방안으로 「원자력발전소 건설기술자립 실천계획」을 수립. 영광 3·4호기의 계약과 함께 본격적으로 추진하였으며, 목표달성을 위하여 각 해당기관들은 부단한 노력을 기울였던 것이다.

한편, 95년 3월 31일 영광 3호기가 성공적으로 상업운전을 개시하게 됨으로써 이 계획의 실질적인 완료를 보게 되었고, 그 기술자립 노력의 결과를 종합적으로 평가할 수 있는 계기를 맞게 되었다.

기술자립계획에 대한 중간평가로서 90년 6월부터 91년 6월까지 기술자립

추진현황에 대한 1차(자체평가), 2차(외국회사 평가) 및 3차(한국원자력산업회의 전문가평가) 평가가 이루어져, 구체적인 기술자립을 위한 보완사항 및 방향을 이미 제시한 바 있다.

이에 따라 92년 12월에는 원전 기술자립 실천계획 2차 수정(안)을 수립하여 계획을 세분화하고, 그 동안의 여건변동사항을 계획에 새롭게 반영한 바 있다.

우리는 지금 영광원자력 3·4호기 건설을 계기로 추진한 원전건설 기술자립의 목표연도인 95년을 맞이하게 되었다.

목표연도를 맞이하면서 기술자립 계획 당시에 설정한 원래의 목표달성 여부를 일단 확인하고, 그리고 우리 기술의 실질적인 수준을 파악하여, 이를 토대로 차세대원자로 등 후속원전 설계 및 건설을 위한 자립기술의 활용 및 추후 발전방안을 모색하고자 한다.

93년 12월부터 각 해당 국내기관은 해당분야별로 자체평가를 실시하여 자체평가서를 발표하였으며, 그리고 한국전력공사 자체도 국내기관의 기술자립 수준을 평가하여 그 평가보고서를 94년 3월에 발표한 바 있다.

자체평가는 플랜트종합설계 분야에 한국전력기술(주), 주기기 기기설계 및 제작분야에 한국중공업(주), 원자로계통설계·초기노심 및 핵연료설계 분야에 한국원자력연구소, 원전연료 제조분야에 한국원전연료(주)가 각각 수행하였다.

그리고 이에 따라 금년에는 한국원자력산업회의 주관으로 원전건설기술자립전문가평가단을 구성하여 최종평가를 수행하게 된 것이다.

기술자립 개요 및 목표

1. 기술자립의 개요

영광 3·4호기를 통해 원전건설 기술자립을 성취하려고 하는 목적은, 해외기술 의존으로부터 탈피하여 국내 원전의 안전성과 경제성을 제고하고, 해외원전 수출사업 진출의 토대를 구축함은 물론, 타 산업으로의 기술파급 효과를 유발하는 데 있다.

다시 말해 국내업체 주도하에 사업을 추진하여 기술의 해외의존도를 탈피함은 물론, 해외시장 진출의 토대를 마련하는 종합적이고 구체적인 기술자립을 수립하는 것이다.

2. 기술자립의 목표

86년 3월에 입안되어 88년 4월에 수정·보완된 「원전건설기술자립실천 계획」에 의거하여, 국내의 원전건설에 참여하고 있는 각 기관은 영광 3·4호기 건설사업을 통해 95년까지 95%의 기술자립 목표를 달성키 위해 노력해 왔다.

여기서 기술자립이란 영광 3·4호기 건설사업 완료 후, 영광 3·4호기를 참조발전소로 하고 주기가 영광 3·4호기와 동일기종인 원자력발전소를 적용 기술기준 및 발전소 배치에 큰 변화가 없는 범위 내에서, 외국 업체로부터 한정된 부분의 지원을 받아, 주어진 공기내에 최적의 예산으로 요구된 품질의 발전소를 독자 건설할 수 있는 능력을 보유함을 의미하고 있다.

〈표 1〉은 각 분야별 기술자립 목표율 및 기술자립 담당기관을 보여준다.

특히 사업관리분야의 기술자립은 영광 3·4호기와 유사한 발전소를 영광 3·4호기와 유사한 계약형태(그림)로 건설한다는 전제 아래 그 목표가 정해졌으며, 이는 한국전력공사가 종합사업관리분야를 담당하되 사업단 계별로 각 계약자들도 자체 사업관리 능력을 갖추어야 함을 의미한다.

영광 3·4호기 사업수행을 통하여 확보해야 할 종합사업관리능력, 즉 주어진 예산과 공정 및 품질요건에 맞게 해당 프로젝트를 완수할 수 있도록 설계·구매·시공·시운전 등 각 단계

기술자립평가업무의 추진경위

한국원자력산업회의는 '원전건설기술자립 목표연도(1995년)'를 맞이하여 한국전력공사 등 관련기관(韓技, 韓重, 原研, 原電燃料)의 위촉을 받아 '원전건설기술자립전문가평가'를 실시, 평가결과 발표회를 12월 7일, 한전본사에서 관계인사 다수가 참석한 가운데 실시하였다.

평가업무의 추진내용 및 평가단의 명단은 다음과 같다.

1. 평가기간 : 1995. 7. 31 ~ 10. 31

2. 평가범위 : 현재까지 원전건설기술자립에 참여한 각 관련기관 기술자립 추진계획상의 분야를 평가범위로 함

■ 분야별 평가범위

- ① 종합사업관리
- ② 플랜트 종합설계
- ③ 주기기 기기설계 및 제작
- ④ 원자로계통 설계
- ⑤ 원전연료 설계 및 제조

3. 평가단 구성

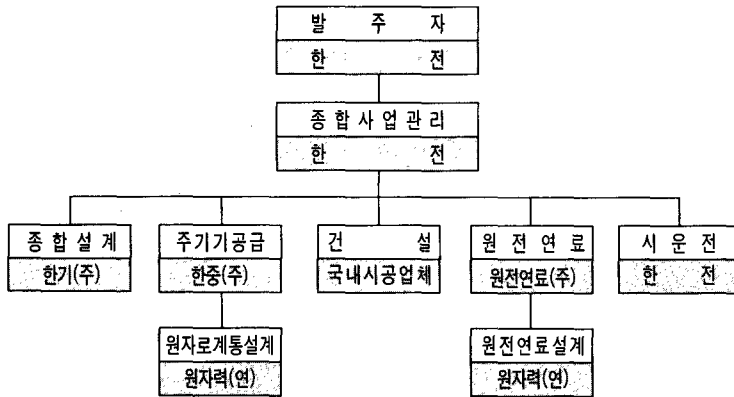
원전건설기술자립전문가평가단 명단

분 야	평 가 위 원	자 문 위 원
총괄	이교선 한국원산 상근부회장 (평가주관기관) 강창순 서울대 원자핵공학과 교수	김중신 한전 원자력기술실장 유창무 통산부 원자력발전과장 김용환 과기처 원자력정책과장
종합사업관리	유주영 한기(주) 원자력사업관리처장, 전무 이복남 한기(주) 공정관리처 수석급	박용택 한전 원자력건설처장
플랜트종합설계	장순홍 한국과학기술원 원자력공학과 교수 이승혁 한국원자력안전기술원 안전심사부장	김삼곤 한기(주) 기술본부장
주기기 기기설계 및 제작	양동열 한국과학기술원 기계공학과 교수 노승탁 서울대 터보동력기계연구센터 소장	양종길 한중(주) 기술본부장
원자로계통설계	서중석 한전 전력연구원 원자력연구실장 이은철 서울대 원자핵공학과 교수	김병구 한원연 핵연료개발그룹장
원전연료 설계 및 제조	김창효 서울대 원자핵공학과 교수 양창국 한전 방사선안전실장	김병구 한원연 핵연료개발그룹장 김재홍 원전연료(주) 기술본부장

4. 평가보고 내용 : 본문 참조

〈표 1〉 각 분야별 기술자립 목표율 및 담당기관

분 야	가 중 처	목 표 율	담 당 기 관
종 합 사 업 관 리	15	98%	한 국 전 력 공 사
플 란 트 종 합 설 계	21	95%	한 국 전 력 기 술 (주)
주 기 기 기 설 계 및 제 작	35	90%	한 국 중 공 업 (주)
원 자 로 계 통 설 계	7	95%	한 국 원 자 력 연 구 소
원 전 연 료 설 계 및 제 조			
- 설 계	2	100%	한 국 원 자 력 연 구 소
- 제 조	3	100%	한 국 원 전 연 료 (주)
시 공	17	100%	민 간
총 합	100	95%	



〈그림〉 영광 3·4호기 계약체제

별로 분할된 기능을 종합조정하는 제반 관리 및 기술능력에 대한 자립목표는 98%로 설정하였다.

그리고 발전소 종합설계 및 원자로 계통 설계부분은 각각 95%를 기술자립 목표로 설정하였다.

주기기 설계 및 제작분야는 경제성 및 기술성이 고려되어 90%로 낮게 설정하였으며, 이는 주로 RCP, I&C, Valves & Pumps 등 경제성이 없는 부품을 수입에 의존하기 때문

이다.

원전연료 설계 및 제조, 그리고 시공분야는 100% 기술자립을 목표로 설정하였고, 이미 달성된 것으로 나타나고 있다.

기술자립계획 설정시의 자립목표는 영광 3·4호기와 동일기종인 원자력발전소의 Replication 건설을 전제로 하였다.

이 목표의 달성은 중간평가

나 금번에 수행한 최종평가에서도 나타난 바와 같이 큰 문제가 없는 것으로 판단되고 있다.

그러나 계획수립시 목표를 「영광 3·4호기 Replication 건설」로 삼은 것은, 당시의 우리 기술수준에 비추어 불가피한 면이 있었지만, 앞으로 기술자립 목표는 표준원전의 개량과 나아가 차세대원전까지 독자적으로 설계할 수 있는 능력의 확보에 두어야 할 것이다.

기술자립 범위 및 내용

1. 평가분야 및 평가대상기관

본 전문가평가에서의 평가분야 및 대상기관은 〈표 2〉와 같다.

2. 기술자립의 평가범위

기술자립 평가의 범위는 상업운전 전까지의 원전건설과 연관된 제반기술로서, 시운전 및 상업운전 전까지의 사후관리(A/S)도 포함된다.

그러나 원전의 운영과 관계된 건설 완료 후 운전·유지·보수, 그리고 방사성폐기물의 처분기술, 원전수명 후

〈표 2〉 평가분야 및 대상기관

분 야	평 가 대 상 기 관
종 합 사 업 관 리	한 국 전 력 공 사
플 란 트 종 합 설 계	한 국 전 력 기 술 (주)
주 기 기 기 설 계 및 제 작	한 국 중 공 업 (주)
원 자 로 계 통 설 계	한 국 원 자 력 연 구 소
원 전 연 료 설 계 및 제 조	한 국 원 전 연 료 (주) (제 조) 한 국 원 자 력 연 구 소 (설 계)

해체를 비롯하여 폐로 등은 본 기술자립 평가범위에서 제외되었다.

가. 종합사업관리

종합사업관리능력을 확보하기 위한 범위 및 대상은 다음의 8개 분야이다.

- ① 사업행정 (Project Administration)
- ② 사업관리 (Project Control)
- ③ 설계관리 (Engineering Management)
- ④ 구매관리 (Procurement Management)
- ⑤ 공사관리 (Construction Management)
- ⑥ 품질관리 (Quality Management)
- ⑦ 시운전 (Start-up)
- ⑧ 기술연계관리 (Interface Requirement Control)

종합사업관리능력을 확보하기 위하여 선정된 상기의 8개 분야는, 각각 목표 기술자립도를 달성하기 위해 사업수행, 자체 기술개발, 경험기술의 체계적인 정리 및 DB화, 그리고 교육 훈련 등 4가지의 방법을 사용하였다.

나. 플랜트 종합설계

플랜트 종합설계의 기술자립 범위는 설계엔지니어링과 설계엔지니어링 관리로 대분하되, 설계엔지니어링 분야에서는 개념설계·기본설계 및 상세설계단계를 통하여 수행되는 역무별 9개 기술분야로, 설계엔지니어링 관리분야에서는 사업행정·품질보증 및 공정관리의 3개 사업관리분야로서

다음과 같이 상세 분류된다.

① 플랜트 종합설계 기술분야

(설계엔지니어링)

- 품질기술분야
- 핵공학기술분야
- 배관기술분야
- 계측제어기술분야
- 환경기술분야
- 기계기술분야
- 전기기술분야
- 토목구조기술분야
- 건축기술분야

② 플랜트 종합설계 사업관리분야

(설계엔지니어링 관리)

- 사업행정분야
- 품질보증분야
- 공정관리분야

다. 주기기 기기설계 및 제작

원자로 및 터빈발전기 주기기 기기설계 및 제작에서 우리가 기술자립해야 할 분야는 다음과 같다.

① 설계업무

- 원자로설비의 기기설계
- 터빈발전기의 열정산·증기사양·제어계통설계·성능설계
- 기기요소의 기능 및 설계기준에 따른 기술사양 및 도면

② 제작업무

- 자재구매
- 제작·시험·검사·포장 및 출하

③ 사업관리업무

- 설계관리
- 자재·제작·구매관리

④ 설치·시운전·유지·보수

⑤ 구매기술

라. 원자로계통 설계

원자로계통 설계기술의 범위는, 원자로계통 설계업무와 이에 따른 사업관리업무로 분류할 수 있다.

그 수행내용은 영광 3·4호기 원자로계통 설계 공동수행·기술도입으로서, 필요한 기술자료 및 전산코드의 도입이 있다.

그리고 193종의 관련 특허 실시권 확보, 강의실 및 실무를 통한 훈련교육, ABB-CE R&D 참여를 생각할 수 있다.

① 원자로계통 설계업무

- 핵설계 (Reactor Engineering)
- 유체계통설계 (Fluid Systems Engineering)
- 기계설계 (Mechanical Design Engineering)
- 계측제어설계 (Instrumentation and Control Engineering)
- 안전해석 (Safety Engineering)

② 사업관리업무

- 공정 및 문서관리
- 연계업무 및 인허가 지원업무
- 시운전 지원업무
- 품질보증

마. 원전연료 설계 및 제조

영광 3·4호기와 같은 원자로에 장전·사용될 원전연료를 설계·제조할

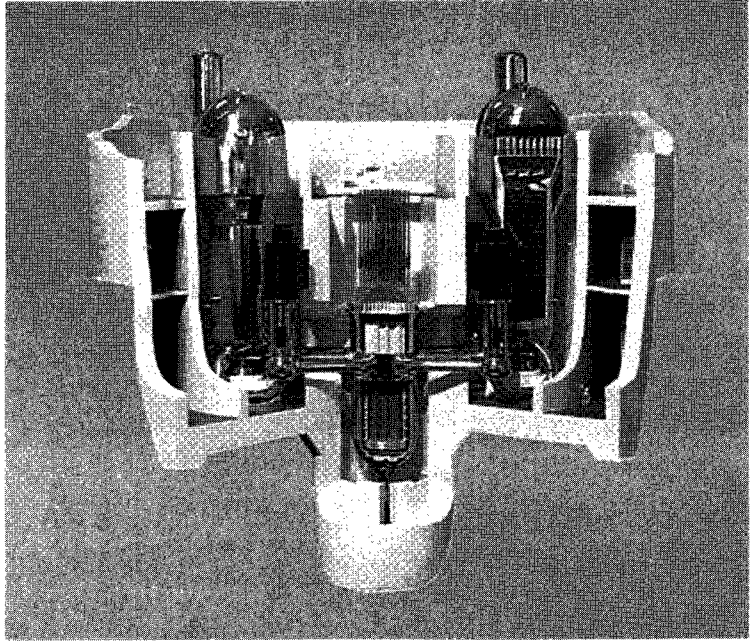
능력의 확보, 그리고 원전연료 사용중 발생하는 원전현장에서의 대처 및 처리능력, 장차 원전연료의 개량화 능력의 보유 유무에 평가의 범위를 두었다.

3. 기술자립의 평가내용

기술자립의 내용은 영광 3·4호기 건설사업 수행을 통하여 실제 참여함으로써 사업수행을 통한 경험기술의 습득 및 고도화를 이루는 것이다.

그리고 그 과정에서 기술도입계약에 의한 취약요소 기술습득은 물론, 도입기술과 경험기술의 체계적인 연계 및 토착화를 성취하는 것이다.

결과적으로 도입기술·경험기술·자체개발기술의 종합적인 체계화를 이루는 것이 그 내용이 된다.



영광원자력 3·4호기 원자로계통 모형도

기술자립 평가방향

금번에 수행한 한국원자력산업회의 주관의 원전건설기술자립전문가평가단의 평가는 주로 각 기관의 자체평가서를 참고하여 수행하였으며, 현장방문 및 실무자와의 간담회를 통하여 본 평가를 보완하였다.

그리고 91년에 3차에 걸쳐서 중간평가로 수행한 원전건설 기술자립 추진실적 평가를 또한 참조하였다.

본 원전건설 기술자립에 대한 전문가 평가는 다섯분야로 나누어 추진하였다.

그 분야는 △ 종합사업관리 △ 플랜트 종합설계 △ 주기기 기기설계 및

제작 △ 원자로계통 설계 △ 원전연료 설계 및 제조 등이다.

각 해당기관이 자체평가한 방법과 결과의 적정성을 재평가하고 91년에 수행된 중간평가보고서에 나타난 보완사항의 완결여부를 검토하는 데 주력하였다.

또한 영광원자력발전소 및 기술자립을 담당한 각 해당기관을 방문하여, 여러 실무담당 책임자들과의 격의 없는 대화를 통해 기술능력을 이해하고 평가하려 노력하였다.

기술자립 평가방향 및 평가의 주요점은 △ 계획 대비 추진실적의 비교 △ 타 분야 및 기관과의 원활한 연계 △ 도입기술의 토착화 등이다.

종합사업관리분야는 사업기술의 해외의존도를 탈피하고, 사업주(한국전력공사) 주도하에 국내업체를 주계약자로 선정한 사업을 추진하는 기술의 종합적이고 구체적인 자립목표를 달성하였는지 여부에 평가방향을 설정하였다.

플랜트 종합설계분야의 평가방향은 기술자립 추진계획 대비 실적에 대한 자체 평가내용의 적정성 평가, 플랜트 종합설계기술의 실질적인 수준 파악, 그리고 향후 후속기 원전건설을 위한 현재의 플랜트 종합설계 자립기술 활용방안 및 향후 기술개발 추진방향을 제안하는 방향으로 추진하였다.

NSSS 설계기술 자립을 위한 접근

방법으로는, 영광 3·4호기 계통 공동설계를 통한 기술습득, 기술도입계약에 의한 기술전수 및 훈련, 설계검증 등의 활동을 통한 계통설계 기술지원의 3가지 형태로 수행되었다.

계통 공동설계와 기술전수를 통하여서는 복제설계능력을 확보하는 데 주력하였고, 공동설계 미참여 분야 등 취약부분은 기술지원활동을 통하여 보강하려고 노력하였다.

원전연료 설계 및 제조분야에서 평가방향은 자체 평가내용의 적정성, 원전연료 설계 및 제조기술의 실질적 수준파악, 그리고 현 자립기술의 활용방안과 자립 추진방향에 초점을 맞추었다.

기술자립평가 수행내용

각 기관이 설정한 기술자립실천계획 대 실적비교, 추진실적 분석 및 현장분석, 분야별 기술자립도 평가 등을 실시하였으며, 이들을 종합하여 기술자립도를 평가하였다.

기술자립실천계획 대 실적비교에서는 자체기술 자립도를 달성하기 위한 방법으로 채택한 사업수행, 자체 기술개발, 경험기술의 체계적인 정리 및 DB화, 교육훈련 등에 대하여 주요항목별 세부항목을 기술하고, 그 세부항목에 대해 수행계획을 실제 수행실적과 비교·분석하여 그 결과를 평가하였다.

특히 배경기술(Know-why) 습득

의 내용에서 기술인력 경험 외국회사와의 비교, 자체기술의 개발, 영광 3·4호기 수행의 평가로서 공동설계 참여도 및 취약분야에 대한 모의설계 및 지원, 기술검토보고서 작성, 모의 및 개량설계 수행, 표준설계절차서 작성 등의 평가가 수행되었다.

그리고 기술도입 평가로서 기술자료 도입 및 전산코드 도입·설치, 특허출원 및 실시권의 확보, 강의실 및 실무교육을 통한 훈련수행 등을 통한 자체업무 수행을 위한 능력평가가 수행되었다.

평가결과 및 종합의견

1. 평가결과

기술자립의 정도를 정량화 하는데 평가기준이나 방법에 따라 객관적 신뢰도에는 다소 견해의 차이가 있을 수 있다.

따라서 수치적 목표의 달성여부에 집착하기 보다는 계획된 목표가 전반적으로 성취되었다는 자신감을 바탕으로 하여야 할 것이다.

그리고 우리에게 부족하거나 더욱 개발이 필요한 기술분야를 분명히 하여, 국제개발시대에 알맞은 경쟁력 있는 기술국산화에 초점을 맞추고, 이의 성취를 위하여 중장기적으로 계속 추진하여야 할 것이다.

가. 종합사업관리

영광 3·4호기 사업은 한국전력공사가 종합사업관리 전반에 대한 책임

을 지고 국내업체를 주계약자로 선정, 사업을 수행함으로써, 한국전력공사에 맞는 각종 사업관리절차서 및 관리기법을 개발하고 이를 활용하여, 한국전력공사가 직접 사업관리·공사관리·시공기술관리·시운전관리 등 제반 업무를 총괄하여 사업을 추진하였으며, 기술자립실적은 대부분의 분야에서 기술자립목표를 이룩하였다.

기술관리분야 중 인허가 관련기술 보완 및 안전해석분야는 한국전력공사의 특성상 다소 취약한 것으로 판단되며, 미흡하다고 지적된 사항은 다음과 같다.

① 자체 기술개발은 교육훈련과 별도로 사업수행을 통하여 개발되고 활용된 지침서나 절차서를 개선하거나 표준화하는 것이 포함되는 게 바람직하다.

② 현재의 종합사업관리분야 기술자립 목표는, 국산화 차원을 넘어서 사업관리의 능력을 선진국 수준으로 높여, 원전을 타 에너지원 발전소보다 더 높은 경제성과 안전성을 가지고 건설할 수 있도록 해야 할 것이다.

③ 한국전력공사는 인력의 순환배치를 제도적으로 하고 있다.

이것은 업무를 직접 수행하지 않고 제3자가 수행해 오는 결과를 검토 및 승인하는 업무 등에서 효과적일 수 있으나, 사업관리분야는 경험이 매우 중요하다.

외국의 경우 동일분야에서 20~30년간 경험한 사람이 사업관리분야에

흔한 것처럼, 한국전력공사도 사업관리분야를 전문직으로 인식해야 한다.

인력에 대한 장기계획 못지 않게 외부에서 수년간 사업관리에 대한 경험과 전문성을 가진 인력을 특채하는 단기 계획안도 고려해야 한다.

나. 플랜트 종합설계

평가결과, 한국전력기술(주)의 기술자립실천계획에 따른 기술자립은 95년말까지는 목표 기술자립을 성공적으로 달성할 것으로 평가된다.

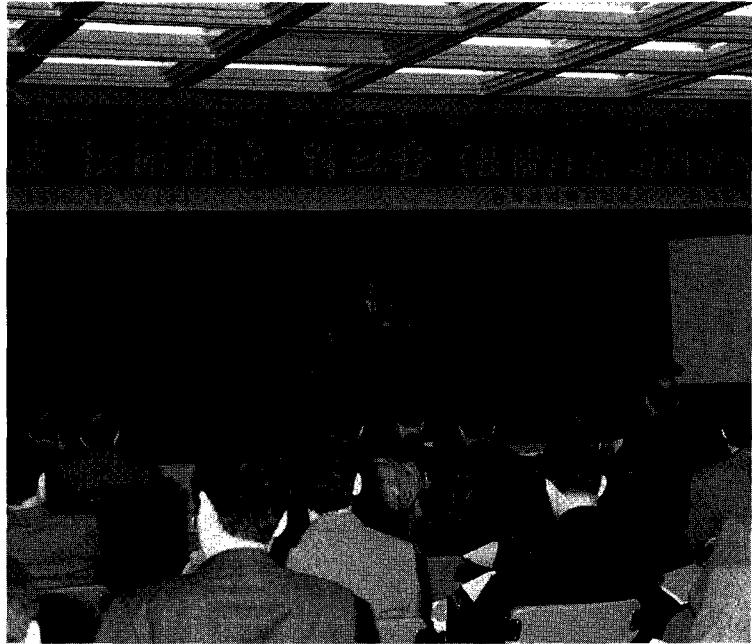
따라서 영광 3·4호기를 참조발전소로 하고 주기가 영광 3·4호기와 동일기종으로 적용 기술기준(Codes & Standard) 및 발전소 배치에 큰 변화가 없는 한, 한국전력기술(주)의 독자설계를 통하여 플랜트 종합설계를 무난히 수행할 것으로 판단된다.

기술자립이 95%에 달해 있음에도 불구하고, 영광 3·4호기와 유사한 영광 5·6호기를 건설함에 있어 금액 기준 약 15%의 해외기술 의존도는 객관적으로 높은 비율을 보이고 있다.

이는 기술능력 종합 및 연계업무 수행능력이 부족한 것으로 평가되고 있다.

다. 주기기 기기설계 및 제작

91년에 실시된 원전건설 기술자립 추진실적 평가 이후 한국중공업(주)는 원자로설비 및 터빈발전기 분야의 기술자립을 위해 그간 꾸준한 기술교육·연수 및 자문, 그리고 연구개발을 통하여 부단히 노력한 결과, 초기에 계획한 기술자립 목표를 거의 달성한



원전건설 기술자립 전문가평가 발표회(95. 12. 7. 한전)

것으로 평가되었다.

원전사업 전략상 수입이 불가피한 일부 제어 및 계측기기를 제외하고는 거의 모든 항목에 걸쳐서 제작공정 및 관련기술을 확보하였다고 평가되었으며, 특히 원자로 주기기 설비 및 터빈발전기 분야에 있어서 독자적인 설계능력을 나름대로 갖추게 된 것은 실로 고무적인 일이다.

91년 중간평가에서 언급된 사항들을 감안할 때 아래와 같은 최종 평가 의견들이 개진되었다.

① 설계부문

㉠ 그간 꾸준한 인력확보로 충분한 설계인력이 확보되었으며, 안정된 설계인력을 가지고 추후 원자로설비 및

터빈발전기의 설계 및 제작을 수행하는 데 어려움이 없을 것으로 판단된다.

㉡ 원자로설비 및 터빈발전기 설계를 위한 기술자료와 전산코드를 충분히 확보하였으며, 비제한·제한·상업용 등 각종 전산코드에 대한 꾸준한 기술훈련은 일반적인 설계적용능력을 갖추는 데 크게 도움이 되었다고 판단된다.

㉢ 설계개선에 대해서 꾸준히 노력함으로써 설계개선사항을 기록·문전화하여 독자 설계능력의 기반을 갖추게 되었다고 평가되었다.

㉣ 영광 3·4호기와 울진 3·4호기의 설계 및 제작경험을 통해서 유사 모델의 설계 및 제작을 위한 사업수행능

력은 충분하다고 사료되며, 타 모델에 대한 경험을 보다 적극적으로 쌓는다면, 추후 중국 및 동남아 시장진출을 위한 발판을 마련할 수 있을 것이다.

② 제작부문

㉠ 한국중공업(주)는 생산합리화 측면에서 꾸준히 제작공정의 개선을 추구해 왔으며, 추후 유사모델의 설계 및 제작을 위한 공정표준화 및 전산화가 많이 진전된 것으로 평가되었으며, 각종 개선사례와 문제해결 사례 등이 문건·자료화되어 체계적으로 보관·관리되고 있다고 사료된다.

이를 기반으로 모델의 변경에 따른 제작공정의 변화 등에 능동적으로 대처할 수 있는 적응능력을 함양하였다고 평가되었다.

㉡ 원자로설비 및 터빈발전기 제작과 관련해서는 꾸준히 연구개발 노력을 해왔으며, 기술연수교육과 기술자문을 통해서 제작상의 예로기술 타개와 공정개선을 이룩하여, 필요한 품질규격을 모두 확보한 것으로 평가되었다.

㉢ 검사기술은 원전사업상 가장 중요한 분야로서 3년간에 걸친 충분한 투자를 통하여 각종 검사기기를 구비하였으며, 원자로설비 및 터빈발전기 제작에 필요한 모든 검사기술을 확보하였다고 평가되며, 91년에 비해 검사에 필요한 시간을 대폭 단축시켰다.

검사와 관련하여 품질관리기술도 충분히 확보되었다고 평가되었다.

㉣ 91년 당시 기기구조물 중 유일

하게 제작되지 않았던 Reactor Internal과 CEDM은 그간 제작기술이 확보되어 시제품 제작이 거의 완료된 상태이다.

단 펌프류와 같이 공급물량이 작아 국내에서 경제성이 없는 경우는 추후에도 수입하는 것이 바람직하다고 사료된다.

㉤ 중간평가때 지적되었던 Rotor Balancing 설비를 포함한 Deep-hole Boring M/C 및 Honing M/C 같은 설비 등이 구비되었으며, 다양한 기종을 소화할 수 있도록 Rotor와 Bucket Wheel이 일체로 된 Monoblock Rotor를 한꺼번에 가공할 수 있는 대형선반도 구입하여 활용하고 있다.

㉥ 초기에 어려움이 있었던 Rotor 제품의 불량률 문제는 주조품질의 개선과 공정합리화를 통해서 거의 제로 불량률을 달성하였다.

㉦ Rotor 관련기술은 일반 대형 선박엔진 제작에도 응용하여 일반 대형 기계류 제작수준을 크게 향상시켰으며, 회사의 사업경쟁력에도 크게 기여하였다고 평가된다.

㉧ Instrumentation & Control 등은 한국중공업(주)가 기반기술 확보를 위해 자체노력을 계속하는 것이 바람직하다.

㉨ 원자로설비 및 터빈발전기 제작과 관련되어 개발된 부수기술로서 폭발확관 기술, 정밀 링 단조기술 등이 개발된 것은 고무적인 일로서, 더욱 발전시켜 타 사업분야에도 효율적

로 활용하여야 할 것이다.

③ 사업관리부문

한국중공업(주)는 그간의 원자로설비 및 터빈발전기 설계 및 제작사업을 통하여 관련업무 수행경험을 축적하였기 때문에, 관련 모델의 설계 및 제작에 있어서 독자적인 사업관리능력을 확보하였다고 평가된다.

나아가 타 모델에 대한 경험도 적극적으로 쌓아서 장래 기기설비 수출에 대한 발판을 마련하여야 할 것이다.

라. 원자로계통설계

① 핵설계

핵설계 업무는 공동설계를 통하여 목표를 달성하였으며 만족할 만한 수준으로 평가된다.

특히 원자로 열수력설계 및 분석, 임계도 분석 등 주요 핵설계 관련 계산, 결과물 작성업무는 독자수행이 가능하고, 각종 시운전지침서 작성은 충분한 해외훈련 참여 및 영광 3·4호기 시운전지원업무에 직접 참여하여 기술자립이 달성되었다고 판단된다.

그리고 대내외 연계업무 및 인허가 지원을 위한 설계지원체계 분야는 영광 3·4호기 기준으로는 만족할 만한 수준으로 보이나, 앞으로 규제요인이 변동할 경우 이에 대처할 수 있기 위해서는 설계결과물을 체계적으로 종합하고 조정할 수 있도록 절차서 개발 등이 필요하다고 판단된다.

특히 외부의 기술지원 필요분야로서는 Source Term, 부하추종운전 실현을 위한 기술개발분야, 새로운

Tech. Spec. 작성 등이 있다.

② 유체계통설계

유체계통 설계업무는 각 설계부서에 설계요건을 제공하는 상위설계 분야로, 폭넓은 경험과 고도의 전문성이 요구되는 매우 복잡하고 대내외 연계성이 강한 특성을 가진 분야로서, 습득한 기술을 토대로 올진 3·4호기 Charging Pump 설계변경 등 3건의 설계개선과 CVCS 설계요건을 작성하였다.

그러나 원자로 출력을 낮추는 과정에서의 계통 및 기기의 최적설계가 미흡하였다.

한편 타 설계분야와의 연계측면에 있어서, 영광 3·4호기 및 올진 3·4호기 사업을 통하여 연계업무 처리능력 및 인허가 지원능력을 향상시키고 있으나, 체계적인 기술축적을 위해서는 연계업무를 종합하고 관리할 수 있는 기술행정절차서·표준설계절차서 수립 등 근본적인 분야에서 취약하다고 판단된다.

기술지원이 필요한 분야로서는 EDG(Environmental Design Guide)의 작성, CVCS 시험 및 운전, 그리고 표준설계절차서 작성이 전반적으로 미진한 편이다.

③ 기계설계

각종 기계설계분야에서는 원자로 내부구조물 설계분석을 비롯하여 주요 설계에 대한 계산 및 목표를 달성하였으며, 만족할 만한 수준으로 평가된다.

안전성 입증시험(LVMP, CVAP)에 참여하여 설계원리를 습득하려고 노력하였으나 참여범위가 미흡하였다.

그리고 PZR Surge Line 변경 및 Stratification 시험을 주도함으로써 인허가능력을 향상시켰다.

외부 기술지원 필요분야로서는 종합 엔지니어링 지원, 최적화 설계, 공동설계 미참여 부분의 자체능력 강화로 알려지고 있다.

④ 안전해석

안전해석분야에는 원전연료 설계분야에서 해외훈련(KWUSA) 및 해석업무를 기수행한 경험을 기반으로 영광 3·4호기 원자로계통 설계업무에 참여함으로써 다른 설계분야에 비해 상대적으로 높은 능력을 보유한 것으로 평가된다.

공동설계업무와는 별도로 한국원자력연구소 책임하에 비상운전지침서를 작성하여 인허가 지원업무를 수행하였다.

그리고 A/E와의 연계업무 처리, 인허가 지원업무 분야는 해석 및 기술서류 작성분야와 마찬가지로 업무처리능력이 우수한 것으로 판단된다.

특별히 필요한 외부 기술지원 분야는 없는 것으로 평가된다.

⑤ 사업관리

사업관리에서 전산코드 활용을 통한 공정관리업무는 자체적 기술자립이 이룩된 것으로 평가된다.

문서관리분야에 대한 기술자립은

우수한 것으로 평가되나, A/E 및 기시설계와의 연계업무 지원분야는 지속적인 기술자립 노력이 필요한 것으로 판단된다.

시운전 관련 설계결과물 작성능력은 우수한 편이나 시운전 수행시 발생되는 각종 문제점 지원능력은 아직 취약한 것으로 판단된다.

마. 원전연료 설계 및 제조

① 기존 기술로 영광 3·4호기 원전연료를 제조하여 현재 사용하고 있어, 원래의 목표를 무난히 달성한 것으로 평가된다.

② 영광 3·4호기 원전연료 제조과정에 있어서 CE사 기술자문을 상당히 받은 것으로 평가되고 있고, 앞으로도 기술자문을 계속 받는다는 것으로 나타나고 있다.

이에 대한 보완이 필요할 것이다.

많은 운전경험을 통하여 제조상 있을 법도 한 여러가지 문제점을 발견하고 자체대응할 수 있는 능력을 개발하여 이 문제점들을 해결할 수 있어야 하며, 원전연료 공급 후에도 이에 뒤따르는 A/S(시운전 포함) 능력이 수반되어야 할 것이다.

③ 원전연료 집합체 제작을 위한 부품 Spacer-grid, Cladding, 가연성 독봉 등의 상당량을 수입에 의존하고 있다.

이들 부품들도 추후 경제성을 고려하여 국산화 여부를 재검토해야 할 것이다.

그리고 해외에서 도입되는 부품의

성능을 평가하는 능력의 확보가 필요하다.

④ 지난 91년 평가서에 영광 3·4호기 원전연료 설계에 관한 복제설계 기술력은 이미 확보되었다고 평가한 바 있다.

이 복제설계 기술력은 지난 4년 동안 설계경험 축적으로 상당한 향상을 보였다.

그러나 당시에 지적한 바 있는 사항에 대해서는 아직도 기술확보가 미흡한 것으로 평가된다.

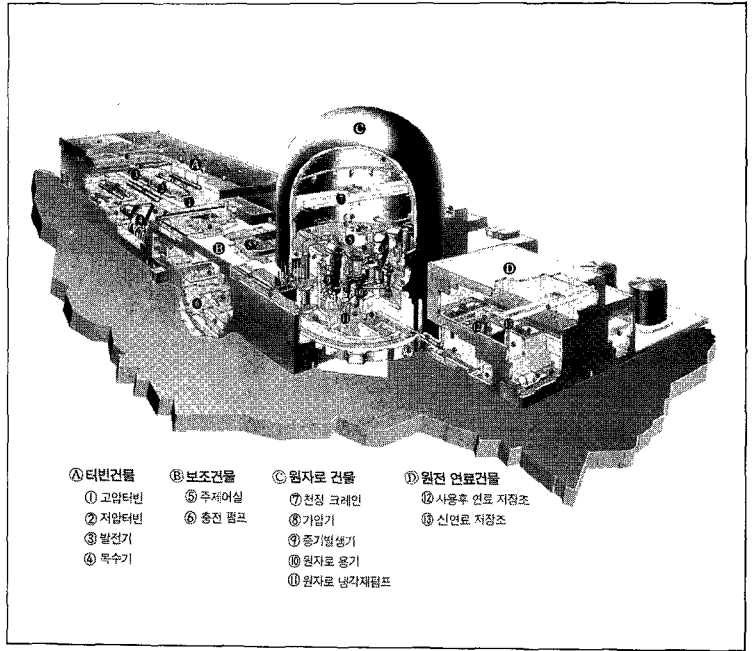
특히 그 분야는 전산시스템 개량 및 전산 입력자료 생산능력, As-built Analysis, 시운전 지원업무, 부적합사항 처리능력 등이다.

⑤ 설계·제조비용에 의한 평가결과는 아직 생산원가가 높은 것으로 나타났다. 영광 3·4호기 연료 및 초기노심 설계를 위한 해외 의존도는 비용면에서 매우 작은 것으로 나타나고 있다.

⑥ 영광 현지방문을 통한 기술자립도 측정에서는 발전소 운전중 발생하는 문제점들의 해결책을 CE사 기술원에 의해 풀어 나가고 있음을 알았다.

이는 아직도 원전연료 설계팀의 원자로 운전에 관한 지식 및 경험부족, Start-up Physics 시험을 지원해 줄 인력이 없고 또한 경험이 부족하기 때문이다.

그리고 현재 문서상으로는 문제점 해결방안의 최종확인을 CE측에서 하도록 되어 있는 제도상 결함도 있다



한국표준형원전 구조도

고 본다.

결국 발전소 운영요원의 원전연료 설계팀에 대한 신뢰도가 낮다는 것을 알았다.

⑦ 원전연료 제조팀에 의한 연료 취급기준을 제시할 능력이 없으므로, 연료를 제조는 하였으나 취급시 요건 및 주의사항 등에 대한 가이드라인을 제시할 능력은 없는 것으로 평가되었다.

2. 종합의견

각 분야별 평가결과를 토대로 다음과 같은 종합의견을 구성해 보았다.

가. 모든 분야에서 원래 목표로 설

정한 영광 3·4호기 Replication 건설을 위한 기술자립의 95%는 일반적으로 충분히 달성한 것으로 결론지었다.

이러한 평가결과는 각 기관이 작성한 자체평가보고서를 근거로 하였으며, 현장방문 및 실무자와의 접촉 및 면담에 바탕을 두고 있다.

그러나 구체적인 확인작업은 시간 및 인력부족 등으로 불가능하였다.

예를 들어서 전산코드 등의 이용 및 활용능력과 같은 분야에서 상세한 검토는 불가능하였다.

나. 이제는 단순 Replication 설계의 차원을 넘어서 자체 설계기술 개발

에 대한 계속적인 노력이 요구된다.

새로운 차원에서 자기기술에 대한 자신감이 필요하며, 특히 급속히 변화하는 인허가요건에 대응하는 능력이 강구되어야 할 것이다.

다. 원전의 설계 및 건설업무는 각 해당기관간의 연계활동이 매우 중요하므로, 각 기관간의 연계된 설계를 추진하는 능력이 보완되어야 할 것이다.

위에서 종합적으로 계통을 보고 시스템 차원에서 총괄할 능력이 있는 엔지니어의 개발이 필요하며, 이제는 계통별로 기술자립이 추진되는 것이 바람직하다.

다시 말해서 계통을 종합적으로 볼 수 있는 엔지니어의 부족으로 Up-stream쪽의 기술자립이 미흡하다.

라. 모든 분야에서 아직도 기술자립을 제대로 추진하기 위한 인력, 특히 고급인력 뿐만 아니라 Down-stream 쪽의 엔지니어도 매우 부족한 것으로 나타나고 있다.

이에 대한 보완이 시급하다.

그러나 효율적 인력운동을 위해 표준설계절차서의 작성이 시급하다는 것이 지적되었다.

특히 인력의 부서이동 및 이탈에 대응하고, 초급인력의 효율적 이용 등에 쓰일 수 있는 절차서의 완성이야말로 실제적인 기술자립으로 판단하고 있다.

그리고 현재까지 이미 달성한 기술자립을 퇴화시키는 현상이 발생해서

는 절대로 안될 것이다.

이러한 측면에서도 표준설계절차서는 절대적으로 필요하다고 보며 이를 위한 노력이 요구되고 있다.

마. 이제는 우리가 할 수 있는 것과 할 수 없는 것을 구체적으로 명확히 하고, 외국의 도움이 필요한 부분을 명확히 확정지어야 할 것이다.

그리고 모자란 부분을 어디서 어떻게 얻을 수 있는지 확실히 하고, 바람직한 것은 이러한 부족분야는 두 기관인 이상의 공급자를 확보하는 것이 필수적이다.

이는 기술의 종속적 의존도를 줄이기 위함이다.

바. 기술자립 그 자체보다는 효율성을 높이는 기술향상이 매우 중요하다고 지적되었다.

특히 기자재 공급분야에서 생산성을 높여서 효율적 제작과정을 모색해야 하며, 경제성이 없는 기자재는 과감히 무리한 국산화를 포기하고, 수입으로 대처하는 방안도 강구해야 한다.

사. 기자재 제작분야에서 특히 해석능력의 부족과 A/S 능력의 부족이 지적되었으며, 원전운영자가 필요한 인허가 목적의 안전해석 혹은 운전중 발생하는 트러블에 손쉽게 대응할 수 있는 능력의 개발이 필요하다고 지적되고 있다.

아. 종합사업관리를 위한 전문팀의 구성이 필요하다고 지적하고 있다.

우리 환경에 적합한 사업관리체제

의 결성이 시급하고, 일사불란한 사업관리를 위한 전문화가 절실하다고 본다.

3. 기술자립에 따른 효과

가. 타 원전에 비해 연료비 비중이 적은 원전의 기술자립으로 준국산 에너지원을 확보하게 되었고, 이에 따라 다시 닥칠지 모를 에너지파동에 대한 능동적 대처가 가능케 되었다.

나. 기술자립으로 우리 실정에 맞는 보다 안전한 발전소의 건설이 가능하며, 건설기술 및 운영기술을 제고시킬 수 있어 발전소의 안전성과 이용률 향상이 가능하다.

다. 자립 기술능력 확보로 한국표준형 원전건설 및 차세대원전 기술개발의 기반을 확보하게 되었다.

라. 기술의 성숙, 설계표준화 및 국내설비·인력의 사용으로 원전의 경제성 제고가 가능하다.

마. 국내업체 주도의 건설로 외화 유출방지 및 고용증대효과가 매우 클 것이다.

바. 특수기술분야인 첨단기술·내진해석·품질보증 등 고도의 기술은 국내 관련 산업체에 이전이 가능하므로, 국내 원자력 기술수준의 향상에 따른 타 산업으로의 파급효과로 산업수준의 선진화에 기여할 것이다.

사. 기술자립으로 중국·필리핀·베트남 등 동남아시아 원자력 후진국에 대한 원자력 플랜트의 해외수출기반을 확보하였다. ☞