

중국 원자력산업과 서방 원전국의 협력

- 서방 원전국의 중국 원자력시장 진출 현황 -

세계 최대의 원자력 시장인 중국은 2020년까지 총발전 설비 용량 550,000MWe 중 20,000MWe을 원자력으로 구축할 계획을 갖고 있다. 이에 따라 서방 원전국들은 자국의 원자력 기술 수출을 위해 다각적으로 중국과의 협력 관계를 모색하고 있다. 우리 나라도 원전 운전원 훈련 용역과 NSSS 제작 등에 참여하고 있으며, 앞으로의 전망 또한 밝다. 중국 원자력 산업의 기간 조직과 서방 원전국의 중국 원자력 시장 진출 현황 등을 살펴본다. [이 글은 <NEI>지 98년 5월에 실린 것으로서, 각국의 원자력 진출 현황은 자국 원자력 업체의 책임자가 기고한 것이다. (편집자)]

86년 입찰을 통한 Framatome의 중국 원전 프로젝트의 참여는 프랑스 업체들에게 커다란 돌파구가 되었다.

그것은 서방 세계에 대한 중국의 잠재된 거대 시장의 개방을 나타내는 것이었다.

이러한 상황은 대야만(Daya Bay)

원전의 성공적인 건설과 운전으로 더욱 두드러졌으며, 프라마툼은 링아오(Ling Ao) 원전 프로젝트에 계속 참여하게 되었다.

그후 진산(Qinshan) 원전 III기(Phase III) 건설 계획에 따라 캐나다의 AECL이 2기의 CANDU로 원전 건설 프로젝트에 참여하게 되었다.

러시아는 중국과의 원전 입찰 수주를 위한 오랜 협상 끝에 드디어 중국 연운항(連云港: Lianyungang) 원전 건설에 참여하게 되었다.

중국에서 시행되고 있는 광범위한 개혁은 이들 내부의 원자력 프로그램의 개발과 함께 조율되고 있다.

특히 중국 정부는 다음과 같은 조건 아래에서 원전 건설을 위하여 외국의 공급 업체들과 협력을 유지해 나갈 것을 천명하였다.

- ① 입증된 신기술의 이용
- ② 중국 원전의 설계·제작·건설·운전 및 유지에 대한 중국 산업계의 자율권
- ③ 기술 자립을 위한 중국 산업계의 적극적인 참여
- ④ 원자력에서 생산된 전력은 화력

발전소에서 생산된 전력에 비해 경쟁력이 있을 것

중국 정부는 원전 건설이 중앙 정부의 최소한의 재정 지원으로 건설되어야 한다고 자주 언급하고 있다.

그들은 또한 단일 프로그램의 토대 안에서 이러한 원전들이 건설되기를 요망하였으므로, 현재 건설중인 원전의 경우처럼 기술의 분산을 피하려고 하고 있다.

중국 정부는 일반적으로 약 1,000 MWe급의 경수로를 선호하였다.

중국은 2020년까지 총발전 설비 용량 550,000MWe 중 20,000MWe을 원자력으로 대체할 것을 목표로 하고 있다.

이미 운전중이거나 건설중인 모든 원전의 총설비 용량이 약 9,000MWe이므로 이러한 목표를 달성하기 위해서는 오는 2000년부터 1,000MWe급 원전 2기를 매년 건설해야 한다.

중국의 원자력 산업 조직 개편

중국 원자력 산업 조직의 개혁은 주룽지 수상을 중심으로 진행되고 있다.

주룽지 수상은 덩샤오핑 밑에서 경제 문제를 담당했었으며, 기술 경험이 있는 사람들을 각료에 임명하였다.

개혁은 정부의 정책 기능을 통상 업무와 독립적인 규제 업무로부터 분리하 요구되었다.

중국 원자력 산업에서 제일 중요한 것은, 약 200개의 회사와 300,000명의 인력을 포함하여 국가의 원자력에 관한 전반 업무를 맡고 있는 중국핵공업총공사(CNNC)를 폐지시키고, 그 관련 업무를 새로운 기관을 신설하여 보다 더 발전시켜 나가는 것이다.

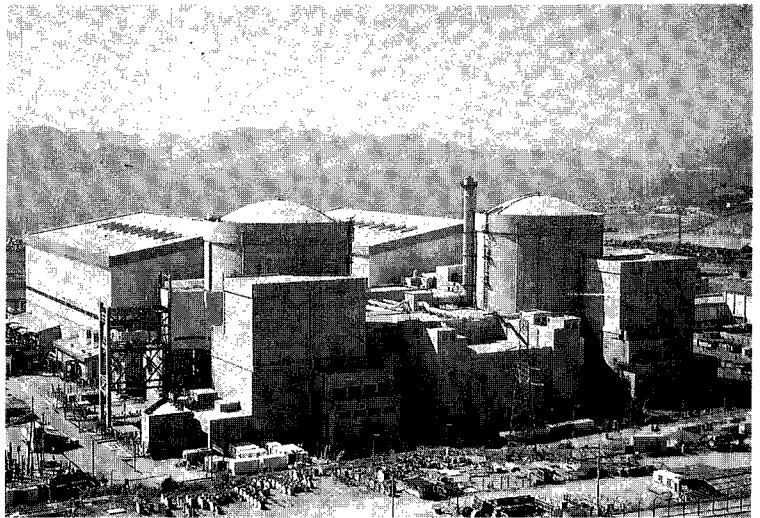
중국 원자력 산업은 우라늄 채광 및 연료 주기, 원전 설계, 건설 및 운전 등의 주요 분야로 분리될 것이다.

이러한 개혁은 미국과 유럽의 자유스러운 모델보다는 한국의 모델을 따를 것 같다.

새로운 개혁하에서 예전에 CNNC 산하였던 중국국가핵능기구(China Atomic Energy Authority : CAEA)는 리우지빈 장관 휘하의 보다 강력해진 새로운 국방과학기술공업위원회(Commission of Science, Technology and Industry for National Defence : COSTIND)의 산하가 될 것 같다.

CAEA는 국제 관계, 수출 정책 등의 정책 문제를 맡게 될 것이다.

이미 발표된 변화 가운데에서 다음의 CNNC 자회사들은 각기 독립성을 갖게 될 것이다 :



중국의 대아만 원전

- 구매를 관리할 중국핵공업공사(China Nuclear Energy Industry Corp. : CNEIC)
- 핵물질 전문 관리 기관인 중국보원(寶原)개발공사(China Rainbow International Corp. : CRIC)
- 중국 동위 원소공사(China Isotope Corp.)
- 알제리아와 파키스탄의 프로젝트를 담당할 Zhohyuan Foreign Engineering Corp.

이밖에 이미 설립된 Jinuan Uranium Corp.는 원전 연료를 담당하게 될 것이다.

프랑스의 중국 원자력시장 진출

97년 5월 프랑스 시라크 대통령의

중국 방문 기간중 양국 정상은 「원전 분야에 있어서의 협력 확대를 위한 공동 선언」에 서명하였다.

이 선언에 따라 EDF, Framatome 및 GEC Alsthom은 「중국 원자력 산업의 개발에 대한 기여」라는 제목의 백서를 발간하였다.

이 백서는 97년 12월 중국의 관련 행정 기관 및 산업체 대표들이 참석한 세미나에서 발표되었다.

프랑스측의 제안은 중국측의 요구 조건에 최대한 맞추어졌다.

여기에는 입증된 신기술을 대아만 및 링아오 원전과 같은 'CNP 1000' (1,000MWe급 중국형 경수로 원전) 건설을 위하여 제공할 뿐만 아니라, 최근 프랑스(Chooz B 및 Civaux)에서 건설되어 운전되고 있는 N4형 경수로 원전에서의 축적된 많은 진보

기술들을 모두 중국에 제공하여 현대화시키는 것을 포함하고 있다.

이러한 기술 개선은 주로 기기의 완전한 디지털화·전산화된 주조실(Main Control Room) 및 안정된 경제 조건하에서 연료 주기가 18개월 이상인 개량 AFA 3G 연료 집합체를 포함하고 있다.

프랑스는 대아만, 링아오 및 진산 II기 건설 프로젝트와 대아만 원전의 운전과 유지의 과정을 거쳐 이러한 방향에서 이미 시행되고 있는 노력에서부터 가능한 한 최대 한도까지 중국 원자력 산업의 기술 자립 개발을 지원하고 있다.

중국의 기술 연구소와 제조 업체들은 이미 대아만 원전에 깊이 관여 하였으며, 링아오 원전에서는 더 깊이 참여하게 될 것이고, Framatome, EDF 및 GEC Alsthom의 기술적 지원에서 많은 혜택을 얻고 있다.

Framatome은 CNP 1000형 후속기 6기에 대하여 이미 공급된 2기와 같은 유형의 원전으로 할 것을 제안하였다.

Framatome은 또한 링아오 원전 프로젝트에서 이미 협력하고 있는 회사인 Chengdu(Sichuan 지방)지역의 동방(東方)전력공사(DEC)와 공동출자 협정을 맺을 것을 제안하였다.

CNP 1000은 그 설계의 효율성, 프랑스 산업계에서의 이용 경험, 중국 산업계의 적극적인 참여 및 프랑스 산업계의 지원에서 얻어지는 혜택

때문에 그 경쟁력이 보장되고 있다.

이러한 경쟁력은 원전들이 계속적으로 건설됨으로써 더욱 향상될 것이다.

이와 같은 협력은 향후 모든 중국의 원전 건설 및 관련 기술의 완전 자립과 다음과 같은 이득을 기대하고 있다.

- 원전의 설계·제작·건설 및 운전 분야에 대한 프랑스의 기술 경험을 중국의 전력 회사 및 산업계에 전수하여 원전의 기술 자립 및 표준화를 통한 후속기 건설에의 기여
- 에너지원에서 원자력의 높은 점유율(97년말 현재 총발전량의 78%)을 갖고 있는 프랑스 정부 및 원자력 산업계의 지속적인 지원과 보장

미국의 중국 원자력 시장에 대한 전망

미국 회사들의 중국 원자력 산업에의 참여를 허용토록 한 미국 정부의 최근 결정은, 중·미 양국간의 관계를 증진시키는 데 이정표가 되고 있다.

이는 또한 웨스팅하우스(WH)와 같은 미국의 공급 업체뿐만 아니라 미국과 중국의 경제 및 원자력 산업 전반에 긍정적인 효과를 미치는 결정이었다.

경제의 기본적인 규칙은 경쟁의 효과와 혁신을 창출하는 것이다.

따라서 미국 회사들에 대한 국제적인 대규모의 원자력 산업 시장의 개방

은 원전의 건설과 운전에만 필요한 부품과 재료들의 제조 능력을 향상시키면서 기술과 제품 개발에 많은 투자를 하여 온 세계 모든 원자력 산업 관련 공급 업체들에게도 자극이 되었다.

다시 말하면, 미국 회사들에 대한 중국 시장 개방은 미국·유럽·남아메리카 및 기타 아시아에 있어서 운전중이거나 건설중인 원전에 긍정적인 영향을 크게 미칠 것으로 보인다.

확실히 중국은 원전 건설 공사의 수주 기회가 많은 나라이다.

따라서 과거에 미국의 면허 업체들이 프랑스·일본·스페인 및 다른 나라에서 시도했던 것처럼 미국과 중국 모두에 이익을 주는 방식으로 중국에서 비즈니스를 해야 할 것이다.

WH가 오랜 기간 동안 중국에서의 사업 성공을 실현화 시켰듯이, 중국 회사들로부터 건설 재료와 관련 부품들의 제조와 관련된 기술 이전 협정을 개발시키고 증진시켜나가야 한다.

중국에서의 원전 사업 참여를 위하여 미국은 신규 원전 건설 이상으로 중국의 원자력 시장들을 검토해야 할 필요가 있을 것이다.

중국 시장에 있어 현재 운전중인 원전 사업자들에게 보다 나은 서비스를 제공하기 위해 혁신적인 접근 방식을 적용해야 한다.

다행히도 WH는 이미 중국 시장에서 서비스와 장비 조달 부문에 있어서 굳건한 토대를 마련하였으며, 신규 원자력 시장 발굴과 병행하여 중국

시장과의 관계를 증대 및 향상시킬 계획이다.

WH는 직접 또는 인허가 인증 업체를 통하여 진산 원전 II기에 새로운 증기발생기(S/G)와 원자로 냉각재 펌프를 공급하고 있으며, 최근에는 중국에서 현재 운전중인 3개 원전에 대한 운전·보수 유지 서비스를 제공하기 위해 공동 출자 회사(Joint Venture Company)를 설립하였다.

미국 공급 업체에 대한 중국 시장의 개방은 비교적 짧은 원자력의 상업 운전 역사에 비추어 가장 활성화되고 있는 한 시기의 개막을 보여주고 있다.

이는 또한 원자력 산업을 강화시키고 나아가 세계 에너지계에 있어서 원자력의 역할을 장기간 확신해 주는 하나의 사건이라고도 할 수 있다.

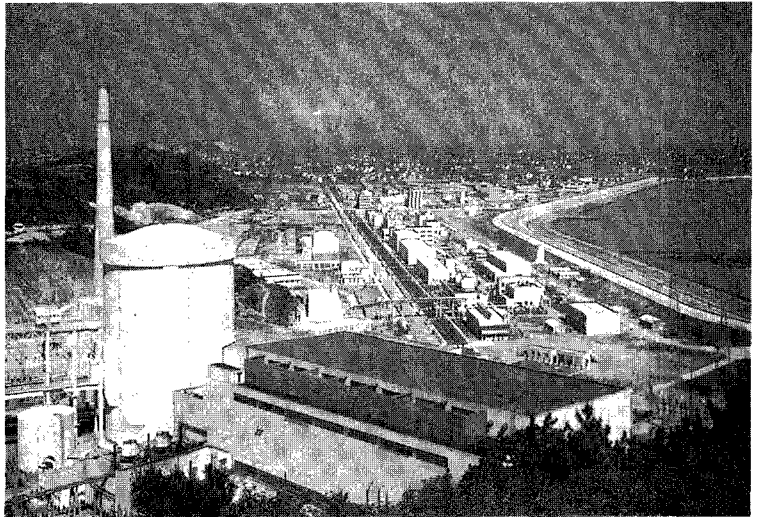
러시아의 중국 원전 수주 계약

최근 러시아는 중국과 원전 건설 수주 계약을 체결하였다.

연운항 프로젝트를 위하여 VVER-91(1,000MWe급)형의 원전 2기의 건설 계약이 강소(江蘇)원자력공사와 체결되었다.

이 발전소는 상하이 북쪽 약 250km 떨어진 강소 지역에 건설될 예정이다.

이 발전소는 원래 요령성(Liaoning) 지역의 부지에 건설될 계획이었으나 재정 문제로 96년에 건설 부지



중국의 진산 원전

가 변경되었다.

이러한 공사 수주는 러시아 기업들의 외국 시장으로의 진출과 러시아 원자력 산업의 새로운 발전을 위해 중요한 의미를 갖는다.

총계약 금액은 약 30억달러로 예상된다.

원자로는 Izhora Works 회사에 의해 생산될 것이다.

이 계약 또한 원전의 기술 이전을 포함하고 있다.

러시아의 TVEL사는 연료 공급 계약을 체결하였는데, 계약 금액은 1억 9,400만달러이며, 연료 공급은 2003년초에 진행될 예정이다.

중국의 전력회사, 연구소, 제작회사

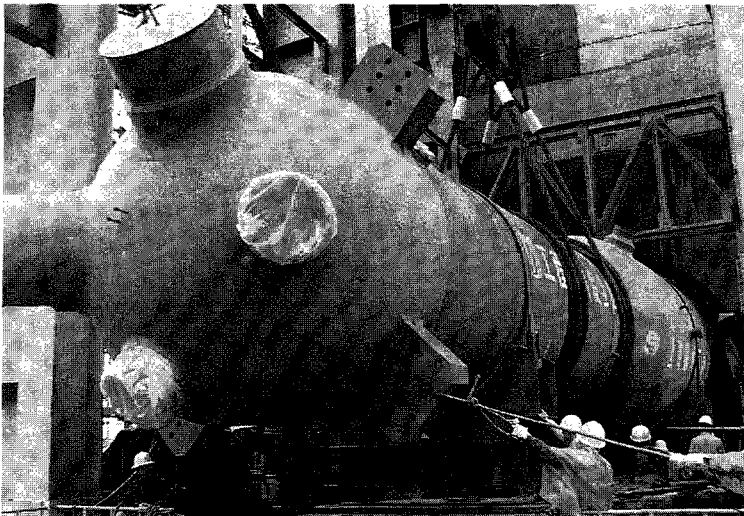
1. 전력 회사

가. 중국 광둥 원전 그룹

① 광둥 대아만 원전 : 1차 프로젝트는 중국 정부가 원자력 프로그램을 개방한 후에 시행되었으며, 2기의 경우로 원전은 광둥핵전합영유한공사(Guangdong Nuclear Power Joint Venture Co., Ltd. : GNPJVC)가 운영하고 있다.

② 링아오 원전 : 광둥 대아만 원전으로부터 약 1km 떨어진 곳에 위치해 있는 링아오 원전은 4기의 경우로 구성되어 있다.

그 중 2기는 공사 초기 단계에 있으며, 총투자비는 40억 달러이고 그 중 4억 달러는 중국국영개발은행(State Development Bank of China)에서 주식 참여 방식으로 제공되었으며, 2002년 7월과 2003년 3월에 각각 상업 운전을 할 예정이다.



진산 원전의 증기발생기 설치 작업

나. 진산핵전공사(Nuclear Power Qinshan Joint Venture Corp, Ltd. : NPQJVC)

① 진산 I기(Phase I) : 중국의 최초 원자력 프로젝트로서 중국이 자체 설계 한 300MWe 경수로이다.

② 진산 II기(Phase II) : 600MWe 급으로서 96년 6월 2일 운전 개시되었다.

건설비는 CNNC, East China Electric Power Development Co, 안휘성(安徽省), 강소성(江蘇省) 및 절강성(浙江省) 및 상해(上海)시에서 지원되었다.

③ 진산 III기(Phase III) : CANDU 로이며 캐나다의 AECL과 계약을 체결하였다.

다. 강소(江蘇)원자력공사
강소원자력공사는 연운항 원전의

건설과 운전을 위하여 97년 12월 8일 창설되었다.

주주는 CNNC, 강소전력공사(Jiangsu Electric Co.), Jiangsu International Trust & Investment Co. 및 중국 화동(華東)전력그룹(China Huadong Electric Group)이다.

연운항 원전의 제1기는 러시아와 계약 체결중에 있는 2기의 1,000MWe 급 VVER-91 건설이다.

첫 콘크리트 타설 공사는 99년 3/4분기에 시행할 예정이며, 각각 2004년과 2005년에 운전을 개시할 예정이다.

추가로 2기의 후속기가 Gaogongdao, Lianyun District, 연운항시, 강소성 등의 부지에 건설될 계획이다.

2. 원자력 연구 기관

가. 중국원자력연구소(China Institute of Atomic Energy: CIAE)

중국원자력연구소(CIAE)는 원자로 공학 연구, 설계, 시험 및 운전 등을 위한 대규모의 종합 기지이다.

CIAE의 주요 임무는 원자력 설비를 연구하고 설계할 뿐만 아니라 기타 관련 연구 개발을 수행하는 곳이다.

나. 상하이 핵공정연구설계원(Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute: SNERDI)

SNERDI는 파키스탄의 Chasma 원자력 프로젝트뿐만 아니라 진산 I기의 주요 설계 기관이다.

SNERDI는 또한 진산 III기의 기술적 지원과 BOP 건설 관리를 제공하고 있다.

종합 엔지니어링 기관으로서 그것은 모든 엔지니어링 설계, 입지 선정 및 환경 영향 평가, 원자로, NSSS 및 BOP 설계, 원자력 비표준화 설비 설계, 안전성 분석 보고서 준비, 원자로 시운전, 상업 운전 및 폐로 지원, 건설 감리, 계약 관리 등의 임무를 수행하고 있다.

다. 핵동력운영연구소(Research Institute of Nuclear Power Operation: RINPO)

무한(武漢)시에 있는 RINPO는 연구 개발 및 기타 서비스를 제공하는 9개의 부서로 구성되어 있다.

그 시설은 개량형 대규모 시험 장비와 연구 실험실을 포함하고 있다.

RINPO의 현재 분석 및 조사 프로그램은 다음과 같은 분야를 다루고 있다.

- ① 발전소 운전 및 모의 훈련(simulation) 기술
- ② 가동전 및 가동후 검사
- ③ 증기발전기의 설계 및 개발
- ④ 비원자력 적용 기술

라. 서남전력설계연구원 (South-west Electric Power Design Institute; SWEPDI)

전력부(Ministry of Electric Power) 산하 기구인 SWEPDI는 발전소, 송전 계통(transmission lines), 변전소(substation) 및 급송전(dispatching)을 포함한 모든 유형의 전력 관련 프로젝트에서 전력 계통의 기획(power system planning), 설계(engineering), 건설 및 관리를 수행하고 있다.

3. 제조 업체

가. 의빈(宜賓)핵연료제조창(Yibin Nuclear Fuel Element Plant)

의빈(Jian Zhong 화학공사(Chemical Corp.)의 자회사)은 진산 및 대야만 원전 및 기타 일부 연구로를 위한 초기 연료 노심 및 연료 재장전을 위한 유일한 핵연료 제조업체이다.

나. 동방(東方)전력집단공사 (Dongfang Electric Corp.; DEC)

중국 대기업의 하나인 DEC는 원전 설비 전문 제작 업체로서 화력 발전(thermal power)설비 시장의 약 1/3을 점유하고 있다.

DEC는 링아오 원전의 원전 설비 공급을 위한 하청 업체(subcontractor)로 선정되었다.

다. 동방(東方)증기터빈제작창 (Dongfang Steam Turbine Works)

대용량 발전소의 증기 터빈의 설계 및 제작과 링아오 원전을 위한 보조 설비의 공급 업체이다.

라. 동방(東方)보일러유한공사 (Dongfang Boiler(Group) Company, Ltd.; DBC)

경수로의 부품을 포함한 대용량 원전 보일러의 주요 제작 업체인 DBC는 링아오 원전용의 모든 원자로 계통을 제작하기 위해 Framatome과 협력 관계를 맺고 있다.

마. 동방(東方)전력기기유한공사 (Dongfang Electrical Machine Co., Ltd.; DFEM)

DFEM은 링아오 원전용 발전기를 제작하고 있다.

바. 소주(蘇州)밸브창(Suzhou Valve Factory : SUFA)

이 공장은 특수 밸브의 개발과 제작을 위한 중국 최대의 시설이다.

95년 SUFA는 경수로서서 사용되는 밸브의 설계와 제작에 대하여 국가핵안전국(National Nuclear Safety Administration : NNSA)으

로부터 인증을 얻었다.

SUFA밸브는 50여개 국가에 수출되고 있으며 ISO 9001의 인증도 얻었다.

사. Beijing CIAE-RIAR Radioisotope Tech. Co., Ltd.

중국원자력연구소(China Institute of Atomic Energy)와 러시아 원자로연구소(Russia Institute of Atomic Reactors: RIAR)간의 합작으로 설립된 회사로 연구 개발(R&D), RI 소스와 관련 기기의 생산 및 관리를 담당하고 있다.

이외에도 다음과 같은 기관들이 있다.

- 서안(西安)핵계장창(Xi'an Nuclear Instrument Factory)
- 북경(北京)핵계장창(Beijing Nuclear Instrument Factory)
- Sichuan Chemical Machinery Plant
- Sichuan Instrument Co., Ltd.

진산 III기 CANDU 프로젝트

진산 III기는 상하이로부터 남서쪽 약 125km인 절강성(浙江省)의 해염현(海鹽縣: Haiyan Country)에 위치하고 있으며, 728MWe급 CANDU 6 원자로 2기의 건설이 순조롭게 진행되고 있다.

지난 6월 8일에 첫 콘크리트 타설

이 이루어졌으며, 시기적으로도 공사 진행에 적절할 뿐만 아니라 앞으로도 공사를 위한 협력 관계가 잘 이루어 질 것으로 보인다.

1. 프로젝트 구조 및 업무 분담

AECL은 팀워크(Team Work)를 중히 여기고 있으므로 진산 프로젝트는 참여 팀의 이익이 보장되고 있다.

주요 참여 기관의 명단과 그들의 역할은 다음과 같다.

(프로젝트 참여 업체)

- Third Qinshan Nuclear Power Company Ltd.(TQNPC로 약칭)
- 소유자, BOP 건설 관리, 초기 운전
- China National Nuclear Corporation(CNNC)
- TQNPC의 소유자
- China Nuclear Energy Industry Corporation(CNEIC)
- TQNPC를 대신하여 원전 연료 및 중수 계약을 관리할 국제 무역 담당 기관
- 캐나다원자력공사(AECL)
- 프로젝트 관리자로 주계약자. NSSS 설계 및 제작, 연료 및 중수 공급
- Hitachi-Bechtel Consortium(AECL의 하청 업체)
- BOP 설계 및 장비 공급
- Nuclear Project Managers Canada Inc.(NPM) (AECL의

하청 업체)

- NSSS 제작 관리, 초기 운전 관리 및 NSSS 공급, 프로젝트 관리 서비스
- Canatom(AECL의 하청 업체)
- NSSS의 보조 설비 설계
- Hydro Quebec
- 발전소 관리 및 운전원 훈련 (AECL의 하청 업체)
- 한국전력공사(KEPCO)
- 운전원 훈련 (TQNPC의 하청 업체)
- 한중(HANJUNG) (AECL의 하청 업체)
- NPM의 관리하에 NSSS 제작
- Hua Xing Construction Company(NSSS 제작을 위한 하청 업체)
- China Nuclear Industry 22nd Construction Company
- TQNPC의 하청 업체로 BOP 토목 공사 담당
- China Nuclear Industry 23rd Construction Company
- NSSS 제작 하청 업체
- Zhejiang Thermal Power Construction Company
- TQNPC의 하청 업체로 BOP 설치 담당)

AECL은 전반적으로 Turnkey 방식에 대한 책임을 맡고 있다.

TQNPC와 중국의 지방 하청 업체들은 모든 원전의 활동에 있어서 주

요한 역할을 맡고 있다.

설계 작업과 원전 설비의 공급에 대해 AECL은 NSSS를, Hitachi-Bechtel은 BOP를 맡고 있다.

AECL과의 밀접한 협력 작업에서 TQNPC는 다음 사항을 수행한다.

- BOP 건설을 수행할 중국의 지방 하청 업체들의 관리
- 발전소의 초기 운전 및 중국에서의 인허가 절차에 대한 책임 업무 그리고 AECL의 업무 범위는 다음 사항과 같다.
- NSSS의 전 프로젝트의 관리 및 건설 관리
- NSSS에 대한 기술(engineering) 및 관련 장비 공급
- NSSS의 초기 운전에 대한 전반적인 관리, 감독 및 조언
- TQNPC의 핵심 관리, 운전 및 유지 인력에 대한 훈련
- 초기 장전을 위한 연료 및 중수의 공급

2. 프로젝트팀과의 연계

중국에 있어서 프로젝트 현장에서 의 업무 수행에 대한 주요 특징은, 원전 부지에서 AECL의 최신 기술과 프로젝트 관리, 컨트롤 시스템, 그리고 외국 전문가와 TQNPC 요원을 포함한 종합 프로젝트 관리팀의 이용이다.

AECL의 프로젝트 관리 시스템은 주요 참여 업체간에 종합 전자 데이터를 관리할 수 있고 상호 연락할 수 있게 한다.

또한 근거리 통신망(LAN)이 이미 현장 내에 구축되어 있다.

이것은 TQNPC, AECL 및 지방 건설 하청 업체간에 데이터를 전송하여 신속하게 연락할 수 있도록 해주고 있다.

3. 개량 시스템

진산 프로젝트를 위하여 캐나다와 중국 부지에 설치된 종합 CANDU 재료 관리 시스템(CMMS)은 프로젝트의 건설을 위한 모든 장비 및 재료의 검증과 편성을 포함한다.

CMMS 시스템은 정확한 재료 요건의 검증을 위하여 전부 3차원(3D) 컴퓨터 지원 및 설계 시스템(CADDS)으로 통합되어 있다.

신기술의 전자 서류와 도면의 저장과 관리 시스템 - 자산 정보 관리(AIM) - 또한 정보 컨트롤 관리 시스템(TRAK)과 함께 이용된다.

설계와 공정은 Primavera에 의해 수행된다.

AECL은 레벨 1, 2 프로젝트 스케줄을 세웠으며, 레벨 3을 세부적으로 발전시켜나가기 위해 하청 업체들을 지원하고 있다.

이러한 시스템은 컴퓨터로 연계되어 정보통신망(LAN)상에 올려져 있다.

그것들은 TQNPC, AECL 및 하청 업체들이 모두 동일한 정보를 갖고 작업을 관리하고 수행토록 데이터를 공유, 이용 및 제공하고 있다.



진산 원전 작업팀의 협의 모습

그리고 초기 설계 작업뿐만 아니라 아울러 발전소의 시각화 및 실질적인 작업 결과와 같은 이익을 제공하거나 중요한 유지 보수 기기로 이용되는데 사용되고 있는 3D CADD 시스템이 있다.

4. 공기 및 자원

프로젝트를 위한 비용은 캐나다의 수출개발공사(Export Development Corp : EDC), US - EXIM 은행(미국) 및 J - EXIM 은행(일본)에서 제공되고 있다.

발전소는 평균 이용률 85%로 수명 40년을 목표로 설계되었다.

진산 CANDU 프로젝트 공사 기간은 1호기는 72개월이고 2호기는 81개월이다.

5. 프로젝트 현황 및 진척 사항

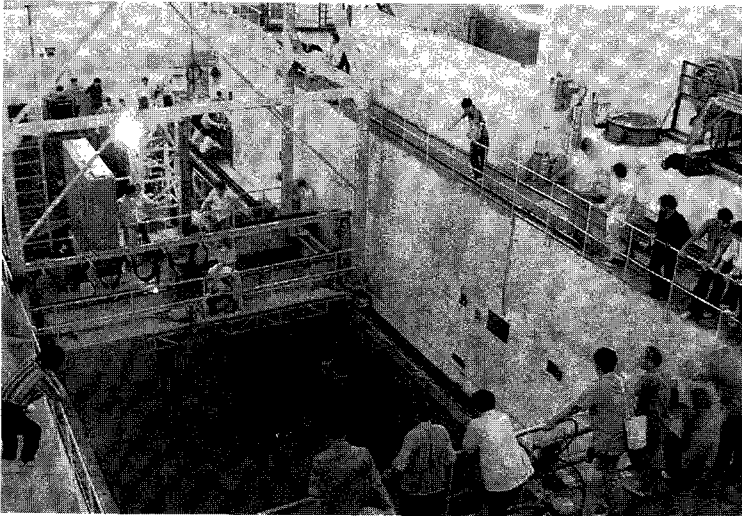
98년 3월말 현재 건설은 순조롭게 진행되고 있고, 주문한 많은 장비들이 설치되었으며, 원자로 하부와 지하 매설 파이프의 제작을 위해 원자로 부지와 같은 면적의 부지가 제공되었다.

AECL은 중국이 진산 원전 건설을 위하여 CANDU 기술을 선택한 것에 긍지를 갖고 있다.

이 프로젝트에 대한 협력으로서, 부지 내 원전 건설 프로그램을 지원하기 위해 정보와 재료를 제공하고 있다.

부지 조사는 완료되었으며 원자로 최초 콘크리트가 타설되었다.

그리고 현재의 작업은 최초 격납 건물 콘크리트 타설과 진산 III기 건설용 부지가 해안선을 따라 준비중이며



진산 원자력발전소 내부 모습

2003년에 완공을 목표로 하고 있다.

중국에서의 Framatome

Framatome은 중국에서 15년 동안이나 사업 활동을 하였다.

현재까지 중국의 원자력 산업계와 협력 관계에 있어서 가장 중요한 과제는 86년 대아만 원전을 위한 원자로 계통 공급 계약 체결과 95년 링아오 원전을 위한 계약 체결이었다.

Framatome은 또한 진산 원전 II기의 설계와 원전 연료 집합체 제조를 위하여 중국 산업계에 기술을 이전하였다.

이러한 프로젝트들은 중국 원자력 산업계와의 협력 관계를 증진시켰으며, 원전 유니트들의 설계·제작·건설·운전 및 유지 분야에서 중국의

기술 자립을 촉진시키고 있다.

1. 대아만 원전

대아만 프로젝트는 중국 남부와 홍콩에서의 전력 수요의 급격한 증가에 대처하기 위하여 90년도 초기에 시작되었다.

이 지방의 천연 자원(예를 들면 휘발유·가스·석탄) 부족과 급속한 산업 발전으로 인하여 원자력 발전이 바람직한 대체 에너지로 수용되었다.

중국 최초의 대용량 원자력 시설인 950MWe급의 대용량 경수로 원전의 건설을 위하여 86년 중국 정부는 Framatome에게 34기의 프랑스 원전과 유사한 경수로 원자로 계통 프로젝트를 맡겼고, EDF에는 주요 공급 업체 및 원전 사업자로서의 경험에 토대한 원전 운전원에 대한 기술

지원을 위탁하였다.

2차 계통 프로젝트는 영국의 GEC에게 맡겨졌다.

94년의 초기 운전 이후 대아만 원전은 안전, 비용 및 이용률에 있어서 매우 뛰어나게 운전되었다.

발전소의 건설은 현재 모두 중국인들에 의해 관리되고 있으며, 협력 파트너인 EDF는 훈련과 공동 작업을 통하여 그들의 경험을 전해주고 있다.

유지 분야에 있어서 Framatome은 93년 중국측 고객인 광동핵전합영유한공사(Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company : GNPJVC) 공동 업체와의 첫 계약 체결을 통하여 처음 계획된 4번의 운전 정지(유니트당 2번의 정지)를 포함한 그들의 기법(knowhow)과 기술을 전해주었다.

4개의 유니트를 포함하여 96년 말에 체결된 2번째 계약은, 중국이 자국의 관리 인력으로 원자로 용기 상부 덮개의 개폐와 같은 정교한 운전 능력 향상과 기타 관련된 다른 분야에서의 관리 운영 능력과 같은 기술 자립을 발전시켜 나갈 수 있도록 하였다.

2. 링아오 원전

대아만 원전 운영 사업체의 모기업인 중국 광동핵전집단유한공사(CGNPC)는 대아만 부근에 위치한 신규 링아오 원전 공급을 위하여 95년 Framatome, EDF 및 GEC Alsthom과 계약을 체결함으로써 다

시 한번 프랑스의 기술에 의존하였다.

계약에서 합의된 대로 Framatome, EDF 및 GEC Alsthom은 무상으로 중국측에게 프랑스 원전에서 수행되었던 기술을 전수하였다.

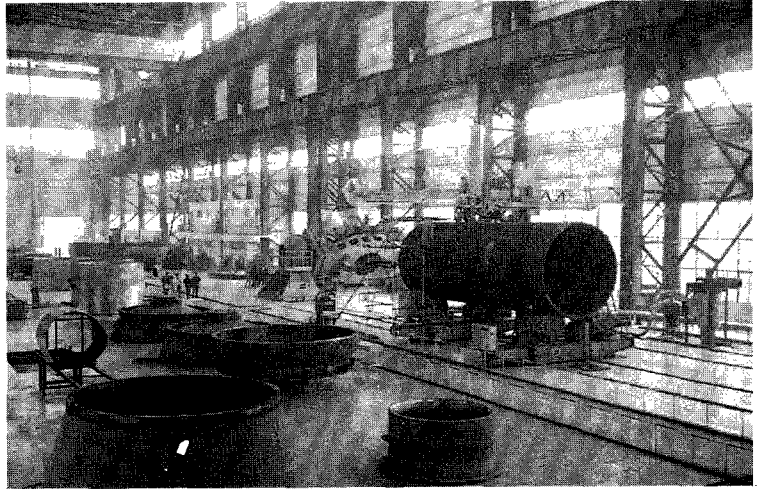
부지에서의 준비 작업은 95년에 시작되었고 최초 콘크리트 타설은 예정대로 97년 5월 15일에 수행되었다.

2기의 링아오 유닛은 각각 2002년과 2003년에 설치될 것이다.

유럽 회사들과 함께 대아만 프로젝트(특히 프로젝트 관리, 토목 공사 및 장비 설치, 그리고 초기 운전 및 산업 운전 등을 위한) 참여를 통하여, CGNPC는 다른 여러 중국의 연구 기관이나 회사들과 마찬가지로 프랑스로부터 전수된 기술 지원을 바탕으로 현재 링아오 프로젝트에서 수행할 수 있는 기술을 습득하였다.

링아오 원전 건설을 위하여 중국의 원자력 산업은 또한 다른 분야의 활동에도 참여하고 있는데, Framatome과 관련해서는 원자로 1차 계통의 가장 중요한 부품 제조 분야에 참여한 일이다.

예를 들면, Framatome은 다양한 원자력 관련 핵심 부품(boron 주입 탱크, 안전 주입 탱크, 증기발생기 및 가압기 등)을 제작하고 상하이 산업계(원자로 내부와 제어봉 운전 튜브를 위한 상하이 제일기계공작소 및 제어봉 운전기능을 위한 Xianfen)와의 관계를 발전시켜 나가기 위해 Sichuan지방에 위치한 동방전력공



중국 동방보일러유한공사(DBC)의 내부 전경

사(DEC)뿐만 아니라 추가적인 NSSS 설비 공급을 위하여 다른 중국 회사들과도 협력 관계를 체결하였다.

따라서 심도 깊은 기술 지원, 인력 훈련, 인허가(qualification), 제조 방법, 검사 등원전 사업의 초기에서 얻은 경험을 바탕으로 중국 원자력 산업은 앞으로 모든 원자력 프로젝트에 광범위하게 참여할 수 있을 것이다.

3. 핵연료 제조

Framatome이 설계 및 제작한 연료의 재장전(fuel reload)을 위해 설립된 Fragema와 중국핵공업총공사(CNNC) 및 의빈핵연료제조창(Fuel Factory)을 대행하는 CNEIC와 Sichuan 지방에 위치한 NPIC간에 91년 기술 이전 계약이 체결되었다.

따라서 95년 이후 의빈핵연료요소

창은 대아만 원전의 소요 연료 전량을 공급할 수 있게 되었다.

4. 원자로 계통 설계

Framatome의 모든 경수로 기술 이전을 위해 92년 EDF도 참여한 가운데 Framatome과 중국핵공업총공사(CNNC)간에 기술 이전 협정이 맺어졌다.

이 계약은 Framatome과 그 자회사에 의해 수행된 NSSS 설계 및 제조를 포함하고 있다.

첫 번째 적용은 프랑스의 경수로 기술을 이용하여 중국에 의해 건설 예정인 진산에서의 2기의 600MWe 원전이다.

Framatome과 EDF는 기본 및 세부 설계 단계에서 CNNC연구소, 북경원자력연구소(BINE) 및 NPIC에게 기술 지원을 할 예정이다. ☞