



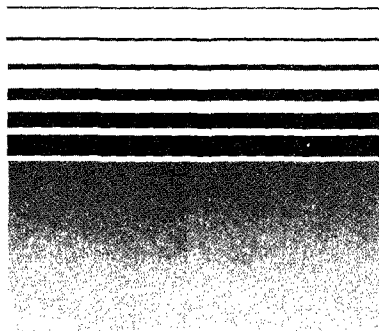
特輯

I. 中共 原子力産業의 近況

原子力의 平和利用을 위한 協力 希望/中共의 原電開發 現況과 展望/中共, 原子力發電을 擴大/廣東프로젝트의 概要/프라마툼社의 改良型 NSSS設備/GEC社의 터빈發電機 設備/廣東原電의 立地條件/EDF社의 教育訓練 支援狀況 / 國內技術 主導로 原電建設/核熱供給 施設地로 「치치하루」와 「蘭州」選定

II. 交代勤務者의 人的過失防止와 健康管理

交代勤務者들을 위한 健康管理法/交代勤務者의 人的過失과 生理的要因



原子力の 平和利用을 위한 協力 希望

— 第6次 太平洋沿岸國原子力會議 開會辭 —

王 淦 昌

(第6次 PBNC 名譽大會長)

우리는 매우 흥분감을 느끼면서 기쁨에 찬 마음으로 제 6차 태평양연안국원자력회의를 주관 개최하고 있습니다.

아름다운 초가를 날씨에 역사가悠久하고 장엄하고도 화려한 北京이라는 오래된 城에서 세계 각지로 부터 오신 원자력의 전문가, 동행하신 분들, 그리고 친구들을 환영할 수 있게 된 것을 우리는 대단히 영예롭고 마음속으로 부터 우러나는 기쁨을 느끼고 있습니다.

지금 저는 대회주최자로서 태평양연안지역과 歐洲로 부터 오신 각국의 전문가 및 대표 여러분들에게 열렬한 환영과 친절한 문안을 드리는 한편 이 기회를 통해서 제 6차 태평양연안국원자력회의의 준비를 위해 노력을 제공하고 도움을 주신 여러 친구들에게도 감사를 표하고자 합니다.

또한 이자리에서 나는 특히 국제원자력기구의 한스·브릭스선생이 본 회의에 대하여 염려해 주셨을 뿐만아니라, 다망하신 중에도 만리길을 멀다 않고 우리의 이번 회의에 참석해 주신데 대해 감사를 드립니다.

태평양연안국원자력회의는 1976년부터 오늘까지 이미 다섯번 회의를 했습니다. 이 회의의 취지는 이 지역내의 원자력 開發에 관한 의견을 교환하고 여러가지 문제에 대해 토론할 장소를 제공하며 태평양지역 원자력기술정보교환을 촉진하여 이 지역의 원자력의 개발과 전세계의 원

자력산업 발전에 이바지하는데 있습니다.

금번 회의에 참가한 국가들은 종전과 마찬가지로 태평양연안국가와 지역이 주가 되고, 국제원자력기구 및 구주(Europe)국가들로 부터의 대표들도 참가하고 있습니다. 대회를 위해서 여러차례에 걸친 SC(Steering Com.), TPC, OC(Organizing Committee)위원회와의 합동회의에서 이번 회의의 주제를 '90년대의 원자력開發 展望'이란 것으로 확정하였습니다.

회의를 위한 論文이 近140編 접수되었으며 토론될 과제들은: "원자력의 開發現況과 展望, 원자력발전소 建設과 運轉의 향상과 경험, 신형 원자로와 研究試驗用爐, 원자력 안전평가, 핵연료공급과 핵연료주기, 방사선 기술의 응용, 방사성폐기물의 관리 및 지역협력과 요원의 교육 훈련" 등입니다.

이러한 것들의 보고와 토론을 통해서 '90년대 원자력의 발전, 비전을 提示하는 것입니다.

다 아시다시피 에너지는 인류가 각종의 경제 활동을 하는데 있어서 원동력이 되는 것이며 생산력 開發에 중요한 標識인 것입니다.

지난 수천년동안 인류는 굳건히 자연과 싸워왔고, 새로운 획득을 위해서 분투해 왔습니다. 이를 위해 에너지를 개발하고 이용하는데 4차례의 큰 발전을 해 왔습니다. 즉, 불의 나타남과 蒸氣기계의 이용, 전기가 세상에 생기고 그리고 원자력의 개발이 그것입니다.

原子力の 개발과 이용은 인류문명 發展의 거대한 진보인 것입니다. 통계에 따르면 1986년 연말에 전세계에 운전중인 원자로 수가 397기이며 원자력에 의한 발전량은 총발전량의 16%만큼이 됐고, 1975년의 원자력 발전량은 총발전량의 겨우 1.5%였던 것이 1985년에는 벌써 15%에 달했고, 2000년대에 가서는 25% 정도가 될 것으로 예측되고 있습니다.

현재로서 원자력 발전량이 총발전량의 50%를 넘는 나라는 프랑스, 벨기에 등이 있는가 하면 더 많은 나라들과 지역에서는 전통적인 재래식 에너지를 대신하여 원자력발전을 주로 의지하게 될 것입니다.

지금의 원자력 발전소의 절대다수는 熱爐(熱中性子 Reactor)발전소이며, 加壓爐(PWR)와 沸騰水爐(BWR)가 주이고, 고속중식로(Fast Breeder)발전소도 이미 상업용 전력으로 공급원이 되고 있습니다. 예측한대로 21세기의 20, 30년대에 가서는 핵융합도 제어가능하여 제반기술의 어려움도 打破되리라고 믿습니다.

이와 같은 빠른속도로 발전된 것은 역사상 여타 에너지의 發展速度와는 비교가 안될 정도입니다. 이 한가지 사실만으로도 원자력이야말로 실질적이면서도 가장 유망한 새로운 에너지란 것이 충분히 증명된 것입니다.

에너지 문제는 전인류가 당면하고 있는 큰 문제입니다. 이 문제의 發展이 사회, 정치, 경제, 기술, 환경 등 要因과 밀접한 관계를 맺고 있습니다. 세계 원자력의 開發이 이상과 같은 요인으로 인해 그리 순조로운 것은 아니라고 봅니다. TMI와 소련 체르노빌 원전사고가 발생한 다음부터 “핵에너지의 개발은 아직도 더욱 발전할 여지가 있는가? 이의 比較優位는 과연 얼마나 큰 것인가?” 등이 벌써 찬, 반간에 격렬한 논쟁이 일고 있으며 이것이 또한 이번 회의를 통해서 많은 전문가들의 논문에 제기되기도 합니다. 보기로는 핵에너지가 세계에너지 發展과정 중에서 차지하는 위치와 역할에 대한 정확한 평

가가 모든 나라마다 에너지開發戰略과 직결되고 있는 문제로 되고 있습니다. 또한 이것이 세계 에너지開發의 총 추세에 영향을 줄 것입니다.

우리들은 이번 대회를 통해서 태평양연안국가 이외지역과 구주의 일부 국가들의 새로운 원자력 개발현황과 새로운 기술, 그리고 새로운 문제에 대해 더 많은 이해를 할 것으로 믿으며 핵에너지 기술발전상 최신 동향 및 추세에 대한층 더 이해하게 될 것입니다.

우리는 또한 이번 회의를 통해서 세계 각나라 원자력계 특히 태평양연안국과 지역의 원자력계 전문가들 및 일행들간에 원자력 평화적 이용의 경험을 상호 교류하고 開發計劃을 같이 의논함과 동시에 공동관심사를 논의하고 지역적 협력과 友誼 등 여러측면에서도 적극적인 촉진제가 될 것으로 믿고 있습니다. 우리는 세계각국이 평등互惠原則 아래 원자력 과학기술의 평화적 이용 領域안에서 광범한 협력을 진정으로 희망하고 있습니다.

이러한 협력은 세계각국 경제발전의 촉진제가 될 수 있을 뿐만 아니라 전세계의 원자력 평화적 이용과 原子力産業 發展으로 하여금 새로운 수준에 도달될 수 있게 하는 것입니다.

신사, 숙녀 여러분!

가을이란 사람을 매혹하는 계절입니다. 北京은 독특한 전통적인 건축의 역사적 名城입니다. 가을은 또한 유람 여행자들에게는 황금의 계절이기도 합니다. 여기 아름다운 경치야말로 여러분들을 매료시켜서 돌아가고 싶지 않게 할 것입니다. 여러분들께서는 전국에 깔려있는 石山大川과 유구한 문화, 역사적 古蹟들을 보시게 될 것입니다. 저는 진심으로 여러분들이 본 회의를 마친뒤 기쁜 여행을 갖게 될 것을 바라마지 않습니다. 틀림없이 여러분들께서는 추억에 남을 즐거운 시간을 보내게 될 것입니다.

끝으로 저는 제 6차 태평양연안국원자력회의가 원만하게 성공을 거둘 것을 기대하면서 여러분 모두에게 감사 드립니다.

中共의 原電開發 現況과 展望

本稿는 지난 9月 6日~11日까지 열린 第 6次 太平洋沿岸國原子力會議에서 發表된 내용을 要約整理한 것이다.

Peng Shilu (中共原子力工業部)

I. 中共의 에너지資源 開發에서 原子力 發電의 役割

中共의 未來식 에너지資源 중에서 水力資源은 세계 제 1위이고, 확인된 석탄매장량은 세계 제 3위이다. 그러나 중공은 人口가 많기 때문에 國民 1人當의 에너지資源量은 매우 낮다. 또한 이 에너지資源도 전국에 걸쳐 均등하게 分布되어 있는 것이 아니라 石炭매장량의 약 60%가 北部와 北西部 地域에 집중되어 있고 水力資源도 약 70%가 南西部 地域에 편재되어 있어서, 人口密度가 높고 産業이 開發된 海안지역과 北東部 地域에는 에너지資源이 극히 부족하다.

최근의 分析에 의하면 현재 中공의 1차에너지 消費分布에서 石炭이 약 70%를 占하고 있으며, 이 占有率은 현재로서도 매우 높은데, 石炭의 소비가 앞으로 더욱 늘어난다면 輸送問題와 環境오염이 더한층 심각해질 것이며, 더우기 化石資源의 매장량은 한정되어 있는 반면 國家經濟가 發展할수록 化學製品의 生産에 이들 資源의 所要量이 급속히 증가할 것이다. 따라서 中공의 長期에너지需要를 해결할 수 있는 戰略을 수립하기 위해서 체계적인 연구가 수행되었으며, 原子力發電이 가장 現實的인 해결책이라는 結論적으로 합의하였다.

이 展望에 의하면, 다음 세기 中반까지 原子力發電이 全體發電量의 20% 이상을 占할 것으

로 예측되므로 中공의 電力系統에서 중요한 役割을 담당할 것이다. 國家經濟가 開發됨에 따라 原子力發電은 앞으로 中공의 대부분의 地域에서 중요한 에너지源이 될 것이다. 이것은 변경될 수 없는 開發方向이다.

II. 中共의 原子力發電 開發政策

1970年代 初에 Zhou Enlai 前首相이 中공도 原子力發電을 開發하여야 한다고 제의하고, 秦山原電프로젝트를 승인하였다. 中共共產黨中央委員會와 國家評議會도 中공에서의 原子力發電 開發에 지대한 관심을 기울이고 있으며, 第7次 5個年 計劃에서는 原子力發電을 점진적으로 開發하며 이미 착수된 프로젝트에 대해서는 총력을 집중할 것이라고 되어 있다.

原子力發電 開發政策의 총괄적인 내용은 다음과 같다.

○당분간은 國家經濟 開發을 확고히 하고 현재 부족한 상태에 있는 에너지需要를 충족시키기 위하여 石炭화력발전소 건설에 전력을 기울이고, 가능한한 많은 水力資源을 개발하는 동시에 原子力發電을 점진적으로 적극적으로 개발하며 이미 착수한 先行프로젝트에 총력을 쏟는다.

○中공은 현재 세계의 先進技術을 도입하고 앞으로의 대규모 개발을 위한 초석을 닦는 단계

이므로 지금 건설하고 있는 原子力發電所는 發電이 目的이라기 보다는 技術의 습득이 主目的이다.

○中共은 原子力發電의 開發을 주로 國內의 研究開發 成果와 國產機器의 供給 및 核燃料의 國내조달에 의존키로 하고 外國 파트너와의 협력을 통한 自體開發 政策을 채택한다.

○中共의 原子力發電 開發은 安全 및 品質 우선 원칙을 고수한다.

Ⅲ. 中共의 原電開發 現況과 展望

原子力 科學技術의 水準과 原子力産業의 규모 및 자금조달능력을 토대로 작성된 國家經濟開發 計劃에 따른 2000년까지 中공의 原子力發電開發 計劃의 규모는 다음과 같다.

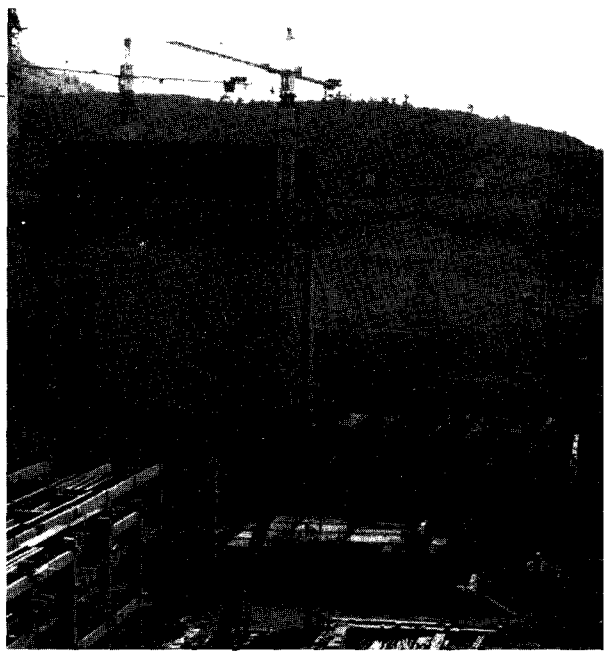
○PWR原子力發電所: 2000년까지의 設備容量은 약 10,000~12,000MWe, 5,000~7,000MWe는 系統에 併入, 약 5,000MWe는 建設中.

○低溫난방용원자로: 1990年代에 中공 북부 지역에 低溫지역난방용 實證原子力發電所를 건설할 계획으로 이 기술의 개발에 노력한다. 또한 금세기 말까지 需要가 증가하거나 조건이 유리해지면 그 이용을 확대한다.

○改良型 原子爐: 改良型 輕水爐, 高速增殖爐, 高溫가스냉각로, 핵융합, 핵분열 兼用爐의 研究開發에 전력 투구한다. 2000年 前까지 ALWR 技術을 原電建設에 반영시키며, 자금이 확보되면 50~100MWth의 實驗用 FBR을 건설한다. 또한 타당성 연구의 결과가 긍정적으로 나오면 小型實證HTGR을 건설한다.

A. 300MWe PWR인 秦山 1號機

秦山 1號機는 國內 設計로 현재 한창 건설이 진행되고 있다. 격납용기 내부크레인이 설치되었고, 금년내에 격납용기 강철셸이 완공될 것이다. 主機器의 설치는 1988년 봄부터 시작될 예정이다. 보조건물의 건설이 진행되고 있는데 2



▲秦山原電 建設現場

次系統의 설치 및 조립은 내년 여름부터 시작될 것이다.

建設팀은 지난 3년간의 노력과 훈련을 통해서 상당한 技術能力을 갖게 되었으며, 프로젝트 管理體制와 品質保證시스템도 갖추었다. 秦山原電의 1次的인 목표는 工程대로 높은 安全基準과 高度의 品質로 300MWe PWR 原子力發電所를 건설하는 것이다. 또한 建設에 참여하는 人員들은 이 프로젝트의 수행을 통해서 고도로 훈련될 것이며, 처음으로 設計와 建設을 직접 해 본 경험을 얻을 것이다.

B. 廣東原子力發電所

廣東原電은 外國業體와 設計 및 建設의 主契約를 맺은 中공과 香港의 合資프로젝트로서 900 MWe PWR 2基를 각각 1992年과 1993年에 완공시킬 예정이다. 부지정지작업이 완료되었으며, 금년 8월의 최초 콘크리트타설을 계기로 현장의 건설작업이 본격적으로 시작되었는데 모든 공사가 순조롭게 진행되고 있다. 계획대로 廣東原電이 建設, 運轉되면 Hainan과 香港지역의 開發에 크게 기여할 것이다.

c. 秦山原電프로젝트 2段階

國家評議會는 第7次 國家經濟開發 5年計

劃(1986年~1990年)에 포함되어 있는 秦山原電 프로젝트 2段階로 300MWe의 秦山 1號機에 이어 600MWe PWR 2基를 건설키로 결정하였다. 이 600MWe PWR 2基는 300MWe PWR 秦山 1號機의 건설에서 얻은 경험을 최대한 활용하고 거의 대부분 國產機器를 사용하여 外國 파트너와의 협력을 통해 自體開發로 건설할 방침이다. 이 2段階 秦山프로젝트의 設計, 建設에는 가능한한 많이 外國의 改善된 技術과 경험을 흡수 활용하여 600MWe PWR 原電建設에 대한 완전한 건설을 습득함으로써 獨自의으로 原電을 開發할 수 있는 능력을 배양할 것이다.

中共의 실정에 맞도록 標準化, 國產化, 量産化하여 原子力發電所를 建設할 수 있다면 原子力發電費를 低減시킬 수 있어 中共의 經濟開發을 더욱 촉진시킬 것이다. 이러한 計劃이 實現되면 1990年代 후반부터는 每2年에 1基가 運轉에 들어갈 수 있다. 600MWe PWR의 설계, 엔지니어링, 건설과정에서는 2000年 前까지 國産 1,000MWe PWR을 건설한다는 목표하에 1,000MWe급 PWR 原電에 대한 研究開發도 동시에 수행된다.

D. 난방용 原子爐

北東部, 北西部 및 北部地域에 위치한 도시의 지역난방열원으로 低溫난방용 原子爐가 고려된다. 東北部 地域에 있는 Qiqihar를 예로 들면, 지역난방공급시스템에 400MWth 低溫난방용 원자로를 설치한다면 약 300kt의 석탄 소비를 절약할 수 있어 수송문제의 완화와 환경오염의 감소 효과도 가져온다.

현재 北京核엔지니어링研究所(BINE)와 Qinhua大學의 原子力技術研究所(INET)가 低溫난방용 原子爐에 관한 研究와 設計作業을 수행하고 있다. 1990年代中에 北部地域의 적당한 도시에 처음으로 400MWth의 低溫난방용 원자로 1基 또는 2基를 건설할 예정으로 있으며, 그후 여기서 얻은 경험을 토대로 그 活用을 확대시킬

계획이다.

E. 改良型 原子爐의 研究開發

1. APWR原電의 研究開發

世界各國은 과거 30年間の 경험과 TMI 및 체르노빌事故의 교훈을 토대로 高度의 安全性과 信賴性을 충족시키고 經濟性을 向上시키기 위하여 더한층 안전특성이 있고, 建設工期의 短縮과 단순화된 계통 및 기기의 채택, 수명의 연장 등으로 코스트를 低減시키며 향상된 운전성능을 갖는 改良型 原子爐를 위해서 研究開發을 하고 있다. 中공에서는 標準化, 國產化를 달성하기 위해서 南西設計研究所가 APWR의 研究開發을 수행하고 있다. 中공은 外國의 改善된 경험을 받아들이기 위해서 國際協力과 技術情報의 교환에 주력할 것이며, 2000年 前까지 몇基의 APWR 原電을 建設·運轉할 계획이다.

2. 高速增殖爐

高速增殖爐는 核分裂性物質을 增殖시키는 고유의 기능으로 인해서 核燃料의 經濟的인 利用에 매우 중요하며, 또한 次世代의 原子爐로 開發될 것이 확실하므로 中공은 오래전부터 FBR의 연구에 지대한 관심을 기울여 왔으며, 많은 研究開發 成果가 이루어졌다. 次世代의 原子爐로서 FBR은 國家長期 原子力發電開發計劃에 포함되어 있다.

高速增殖爐技術은 고도로 정교한 기술을 요하며 研究開發費가 높고 또 프로젝트投資費도 높기 때문에 國際協力方式으로 研究開發을 수행하고 있다. 中공은 아직 FBR에 관한 연구가 기초단계이므로 세계의 尖端技術과 경험을 배우기 위해서 다방면의 國際協力에 노력하고 있으며, 2000년 전까지 50~100MWth의 實驗用 高速增殖爐를 건설한다는 목표하에 研究開發에 박차를 가하고 있다.

3. 高温가스冷却爐

中공에서의 高温가스冷却爐 研究는 1970年代부터 시작되었으며, 타당성 연구와 개념설계부

문에서 많은 기초연구 성과가 이루어졌다. 현재 “중공에서의 小型HTGR 開發利用에 관한 協力協定”이 HTR Union과 체결되었으며, 兩側은 그 첫단계로 1년간의 사전타당성연구를 시작하였다. 이 연구의 목적은 2000년 전까지 小型實證用 HTRG 建設에 대한 타당성을 확인하는 것이다.

4. 核融合 / 核分裂 兼用 原子爐

核融合技術에 관한 研究는 1958年 初에 시작되었으며, 그후 20개 이상의 中性子實驗施設이 설치되었다. 특히 中共 토카마크 1號機가 1985년에 稼動을 시작하였고, 電磁氣分野에서 괄목할만한 연구성과가 달성되었다.

현재 核融合에 관한 研究는 계속되고 있으며, 더우기 制御되는 核融合/核分裂 原子爐의 研究開發이 새로운 改良型原子爐 研究開發計劃에 포함되어 있다. 이 型의 原子爐를 研究開發하는데는 고도의 기술과 막대한 투자비가 소요되

므로 중공은 여러가지 형태의 국제협력을 도모하고 있다.

IV. 結 論

지난 30년 동안 중공은 原子力科學과 産業部門에서 加一層 原子力發電을 開發할 수 있는 확고한 기반을 구축하였다. 중공은 國內의 모든 原子力施設에 대한 安全 및 品質 우선 정책을 확보하기 위해서 1984년에 國立原子力安全行政廳(NNSA)을 설립, 원자력시설에 대한 감독과 규제활동을 수행하고 있다.

中共은 原子力の 平和利用政策을 고수하고 있으며, 체르노빌事故後 중공정부는 原子力發電의 開發政策은 변경되지 않는다고 발표하였다. 原子力發電은앞으로 급진적으로 開發되어 國家經濟와 에너지資源의 開發에서 그 역할이 점점 증대될 것이다.

中共, 原子力發電을 擴大

今世紀中에 1,200萬kW, FBR·HTGR開發도

9월 13일자 「人民日報」(해외판)의 보도에 의하면, 중공은 금세기말까지 전체규모로 1,000만~1,200만kW의 加壓水型(PWR) 원자력발전소를 건설한다고 보도하였다. 이러한 점으로 미루어 보아 '90년대 후기에는 1~2년마다 1기씩의 원자력발전소가 운전에 들어가게 된다.

核工業省의 彭士祿技師長은 9월 11일에 개막된 「제 6차 태평양 연안국원자력회의」에서 內外專門家에게 이와같은 계획을 공표했다.

彭技師長에 의하면, 현재 건설중인 중공의 독자적으로 설계·건설하는 30만kW의 秦山원자력발전소가 1990년에 운전을 개시하는 외에 外資를 이용하여 香港과 공동경영하는 外國의 綜合請負에 의한 廣東 大亞灣 원자력발전소 건설공

사도 본격적으로 시작되고 있으며, 2기의 90만kW 발전소는 각각 '92년과 '93년에 운전을 시작할 예정으로 되어 있다.

또 彭技師長에 의하면, '90년대에는 중공 북부지역에 熱供給實證爐가 완성될 예정이며, 금세기말에는 필요성과 가능성에 근거하여 그 응용과 보급이 고려된다고 하였다.

더욱 改良型 輕水爐, 高速增殖爐, 高溫가스 冷却爐, 하이브리드爐의 연구·개발도 크게 진전, 금세기말에는 改良된 輕水爐技術을 원자력발전소 건설에 응용하여 5만~10만kW의 高速增殖爐(FBR)實驗爐 1기를 완성시키고 조건이 허락한다면 小型의 高溫가스爐(HTGR) 實證爐 1기도 완성시킨다고 하였다.

中共 廣東原電의 建設概要

몇年간의 協商끝에 中共 / 香港간의 廣東原電 共同投資 / 運營會社인 廣東原子力合作會社(GNPJVC)는 2基의 900MWe級 PWR, 터빈發電機, 補助機器類의 供給과 訓練 및 技術移轉에 關한 契約을 프랑스의 Framatome, EdF 그리고 英國의 GEC社와 締結하였다. 1號機의 콘크리트打設이 8월에 始作되었으며 1, 2號機는 各各 1992, 1993년에 竣工될 豫定이다. 1, 2次系統의 設計에는 많은 新技術이 適用될 것이며 이 프로젝트는 中共/프랑스간의 매우 緊密한 協調下에 進行될 것이다. 다음은 Nuclear Engineering Int'l誌 9月號에 게재된 內容을 정리한 것이다.

廣東原電 프로젝트의 概要

中共 大亞灣의 原電建設은 現在 秦山에 建設中인 300MWe級の 國產PWR을 中心으로 한 既存의 民間用原子力프로그램의 一環이다. 그러나 이 프로젝트에서는 外國의 技術과 設備가 많이 使用될 것이다.

大亞灣에서의 原電敷地를 現位置로 選定한 것은 이곳이 中共의 主要에너지源에서 멀리 떨어져 있다는 것과 香港, Shenzhen과 같은 人口密度가 높은 消費地域과 近接해 있다는 등의 産業 및 經濟的인 理由에서이다.

이러한 地理的인 條件때문에 이 프로젝트를 위해서는 特別한 事業體가 必要했는데 이것이 廣東原子力合作會社(GNPJVC)로 나타났으며 中共이 75%, 香港이 나머지 25%(主로 China Light & Power社)를 出資하고 있다. 이러한 大型프로젝트(總工事費 25億弗)에서는 強力한 金融支援이 必要했다. 따라서 프랑스와 英國政府가 各各 110億프랑(18億弗)과 2億파운드(3億 2千萬弗)의 借款을 提供하였다.

借主가 Bank of China로 돼 있는 이 借款들은 償還期間이 2號機 引受後 7年後에 始作하여 15年 償還이며 金利는 OECD利率을 適用

하게 돼 있다.

또한 香港은 이 發電所 發電量의 70%를 購入하도록 約定돼 있다.

GNPJVC合作會社가 이 發電所의 所有주가 되며 따라서 이 프로젝트의 完結과 그後의 發電所運營에 대한 責任을 진다. 이 發電所의 運營은 中共의 原子力工業省과 香港의 CLP社의 支援을 받게 돼 있다.

購買者로서의 GNPJVC社는 原子力技術 特別히 設計, 建設, 設備, 燃料供給, 試運轉등에 關한 技術과 發電所運轉員에 대한 訓練 및 支援을 받는 過程에서 프랑스의 經驗과 노우하우를 傳

〈表〉 廣東原電 建設日程表

	1號機	2號機
LI 合意	86. 4. 7	86. 4. 7
建設承認	86. 10. 7	86. 10. 7
1次系統콘크리트打設 始作	87. 8.	88. 4.
등 引 揚	89. 9.	90. 5.
原子爐容器引渡(船積)	89. 12.	90. 8.
原子爐壓力容器水壓試驗始作	91. 7.	92. 3.
燃料裝填始作	92. 3.	92. 11.
系統併入	92. 7.	93. 4.
性能試驗完了	92. 10.	93. 7.

受받게 될 것이다. 이것은 프랑스에서 通用되고 있는 프랑스의 設計 및 安全에 關한 基準과 프랑스의 規制規定이 자주 適用되게 된다는 것을 意味한다. 프랑스의 Graveline 原電 5, 6 號機가 基準유니트가 된다. 技術移轉은 一元화된 實質的인 訓練프로그램外에 GNPJVC社와 EdF社의 技術部署間의 緊密한 協調下에 이루어진다.

發電所의 在來式 設備에 대해서는 이의 設計, 建設, 機器供給을 英國側에서 맡게 된다.

프로젝트管理機構

GNPJVC社는 이 프로젝트를 完璧하게 管理하기 위해 프로젝트管理機構를 設置하였으며 이 프로젝트에 參與하고 있는 當事者間에 業務가 重複되는 部分을 最少로 줄이기 위해 契約上에 限界를 지었다.

本契約을 準備하는 過程에서 敷地 整地 및 技術支援에 關해 GNPJVC社를 돕기 위한 豫備 契約이 맨 먼저 EdF社에 계약되었다.

其他의 用役을 위한 2次契約도 EdF社에 發注되었는데 이에는 다음과 같은 業務가 包含된다: 프로젝트의 技術的인 管理(엔지니어링과 現場業務), 1次系統과 BOP設備에 대한 土建工事 設計, 製作會社의 設計檢討와 모니터링, 許可取得業務, 試運轉, 人員訓練 등.

이러한 業務活動中의 一部는 GNPJVC社의 엔지니어들이 EDF社의 팀에 直接 參與하여 施行하게 된다.

프랑스의 Framatome社는 原子爐 建物, 1次系統의 補助機器 建物, 電氣設備 建物을 包含해 1次系統의 土建工事의 設計用役과 設備를 供給하게 되며, 또한 프로젝트와 關聯된 認許可業務와 同社에서 供給한 設備의 試運轉에도 參與하게 될 것이다. 此外에 Framatome社는 別途의 契約에 따라 燃料를 供給하게 될 것이다.

英國의 GEC社는 터빈室과 主變壓器를 包含한 2次系統에 대한 設計用役과 設備를 供給할



▲廣東原電敷地沿岸에 설치돼 있는 護岸用 콘크리트블록

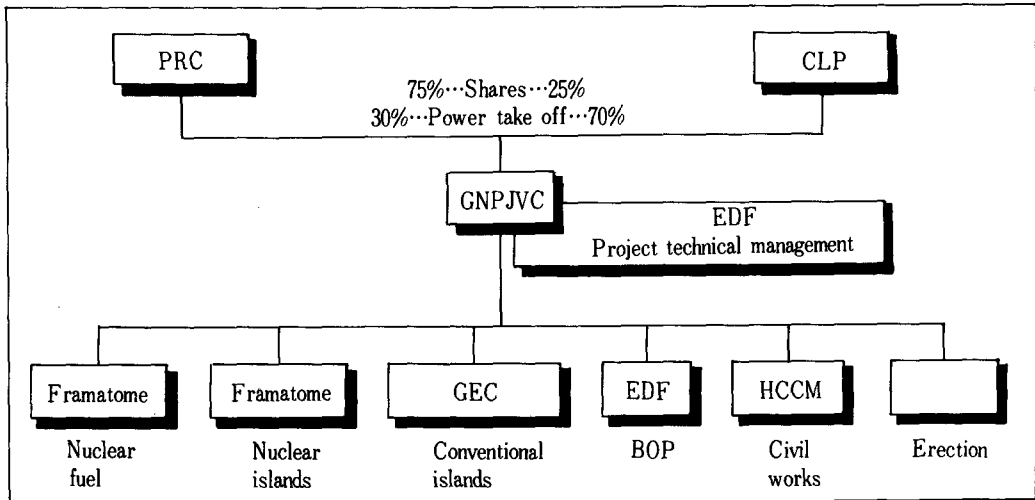
것이다. Framatome社와 마찬가지로 GEC社는 同社에서 供給한 設備의 試運轉에 參與할 것이다.

펌프場, 變電所 其他 建物内の BOP 設備는 GNPJVC社를 代身해 EdF社가 作成하고 管理하게 될 契約에 따라 供給될 것이다.

土建工事(港灣工事 포함)와 現場設置工事は EdF社에서 技術的으로 作成한 限定된 件數의 契約에 따라 遂行될 것이다. 이 契約들은 原子力分野에서 좋은 實績을 올린 會社들에게 發注될 것이지만 現場作業에는 中共會社들이 많이 參與하게 될 것이다.

1, 2次系統의 設置工事契約은 프랑스의 Campenon-Bernard社와 日本의 「마에다」社가 主導하는 合作業體에게 發注되었다. HCCM라고 불리는 이 合作業體에는 中共原子力省 傘下의 Hau Xing社와 China State Construction Engineering社의 子會社도 包含돼 있으며, 設置工事契約은 現在 入札階階에 있다.

이 契約管理機構는 GNPJVC社에서 設立한 프로젝트管理팀의 支援을 받으며 이 팀 內에서의 技術的인 管理는 中共·프랑스의 合同팀에 委任돼 있어 一部는 유럽에서, 一部는 中共에서 이루어진다. 이 팀의 主任務는 모든 契約의 設計



〈그림〉 GNPJVC社의 廣東原電프로젝트管理機構表

業務 및 供給品, 土建工事, 現場設置工事, 試運轉 등을 調整하고 點檢하는 것이며, 이러한 일을 하는데 있어서는 主契約者의 支援을 받게 돼 있다.

끝으로 大規模의 訓練이 프랑스와 中共 兩側에서 實施될 豫定이며 中共內에 몇台的 運轉員 訓練用 시뮬레이터를 갖춘 訓練센터가 設置될 것이다.

프로젝트 스케줄

프로젝트 스케줄은 工事承認에서 1號機의 性能試驗完了時까지 約 72個月이 所要되며, 2호機의 경우에는 土建工事·機器設置工事에서 8個月, 試運轉에서 9個月씩 各各 短縮된다.

프랑스方式에 따라 工事日程은 다음 4段階로 區分된다.

- 豫備工事 - 主로 整地 및 굴착工事이며 이 段階는 거의 끝나간다.
- 土建工事 - 이 段階는 建物基礎의 콘크리트 打設로부터 始作하여 建築工事が 完了되고 試運轉이 完了될 때까지이다.
- 電氣-機械設置工事 - 이 段階는 土建工事が 끝나기 훨씬 以前에 始作되며, 原子爐冷却材系統의 冷間試驗이 끝날 때까지는 完了돼 있지 않으면 안된다.
- 플랜트始動·試運轉段階 - 이 段階는 原子爐冷却材系統의 冷間試驗과 水壓試驗이 끝난 다음에 始作되며 性能試驗으로써 完了된다.

프라마통社의 改良型 NSSS 設備

廣東原電의 1次系統에 대한 프랑스內의 基準 플랜트는 1985년에 運轉에 들어간 Gravelines 原電 5, 6號機이지만 이 플랜트의 設計에는 Framatome社의 最近에 改良된 製品들이 包含돼 있다. 特히 프랑스의 4-루우프型을 본딴 新型蒸

氣發生器, 改良型燃料集合體, 原子爐冷却材 펌프 등이 使用된다.

프랑스의 安全·設計·建設에 關한 規定이 이 廣東原電에 適用된다. 이 規定들은 中共安全公社(NNSA)에서 發行한 中共의 規定과 아주 恰

似하다.

美國의 TMI 2號機 事故後에 프랑스安全當局의 要求條件을 充足시키기 위해 EdF와 Framatome 兩社는 主로 man-machine interface, 運轉節次, 原子爐爐心冷却모드, 安全設計仕様, 廢棄物處理施設, 計裝制御設備 등에 대한 廣範한 改善作業을 實施하였다. 이러한 改善努力에서 얻은 結論과 改善事項들이 廣東原電의 設計에 適用되었다.

原子爐建物は 内徑 37m, 높이 59.4m로 5.2bar(abs)의 内壓을 지탱할 수 있는 圓筒形의 프리스트레스 콘크리트格納容器로 되었다. 이 格納容器的 内壁은 매우 높은 氣密性을 維持하기 위해 6mm 두께의 鋼製 라이너로 内裝돼 있다.

格納容器内에는 1次系統設備를 支持하고 人員保護, 格納容器自體의 機械的인 保護, 潜在的인 内部飛散物에 대한 設計上의 安全性 등을 保障하는 鐵筋콘크리트 構造物이 設置돼 있다.

1次系統의 原子爐와 其他設備의 格納建物は 航空機衝突, 外部的인 爆發(300msec에 50mbar의 衝擊波), 極甚한 氣象條件(熱帶性 颶風과 飛散物을 同伴한 旋風 등)과 같은 外部的인 危害로부터 設備를 保護하도록 設計돼 있다. 또한 各格納建物の 높이는 外部的 洪水에 대해 念慮하지 않아도 될 程度로 높였다.

原子爐爐心

原子爐爐心은 157個의 幾何學的으로나 機械的으로 同一한 改良型燃料集合體(AFA)로 이루어져 있다. 各燃料集合體는 燃料棒, Guide Thimbles, Grids, 上下노즐로 構成돼 있는 17×17 正方形配列로 돼 있으며, 被覆材는 8個格子集合體와 지르칼로이-4로 돼있다. AFA 燃料棒과 플러그는 組立과 補修가 容易하도록 設計돼 있다.

53個의 Rod Cluster Control Assembly(RCCA)는 各各 multibranch star形의 spider assembly의

arm에 의해 上端에서 連結된 24個의 吸收棒으로 이루어져 있다.

原子爐運轉의 伸縮性을 높이기 위해 Framatome社에서는 프랑스의 3-루우프 플랜트를 위해 G-모드 運轉方式을 開發했다. G-모드 運轉方式에서는 2個의 制御棒그룹(各 그룹마다 RCCA 12個씩)은 制御棒 插入時의 爐心出力分布의 不安定을 最小로 防止하기 위해 보다 적게 吸收되는 灰色制御棒으로 돼있다. 또다른 制御棒그룹(RCCA 41個)은 普通的 銀·인듐·카드뮴合金을 吸收材로 使用하고 있는 黑色制御棒으로 돼있다.

G-모드 運轉方式을 使用함으로써 廣東原電은 다음과 같은 特性을 갖추게 된다.

- 日日負荷追從: 例를 들면 12時間동안 100%定格熱出力(RTO)으로 있다가 2%/分の 速度로 50%RTO로 低下시키고 다시 2%/分の 速度로 100%RTO까지 上昇시킬 수 있다.

- 必要하다면 5%/分の 上昇率로 全出力까지 急速히 復歸시킬 수 있다.

- RTO調整段階를 $\pm 10\%$ 로 할 수 있다.

- 電力系統周波數調整을 위한 負荷調整이 可能하다. 廣東原電은 RTO의 $\pm 8\%$ 範圍内에서 急速한 負荷調整이 可能하다. 이러한 機能을 갖추고 있기 때문에 터빈出力調整器에 의한 自動周波數 調整과 現在 프랑스에서 施行하고 있는 것과 같은 給電司令室의 指示에 따른 系統周波數의 遠隔調整이 可能하다.

原子爐壓力容器는 스테인레스鋼 라이너로 内裝된 Mn-Ni-Mo의 低合金鋼으로 돼있고, 壓力 172bar, 溫度 343℃로 設計돼 있으며, 内徑約 4m, 높이 13m以上이다.

蒸氣發生器는 55/19系列로 飽和蒸氣의 機械的인 乾燥方式에 의한 自然循環튜브型 蒸化器를 使用한다. 蒸化部分은 直徑 19mm의 U形 인코넬-690 튜브다발로 돼있고 乾燥部分은 2段階로 돼있어 처음에 튜브다발에서 나온 混合物이 16개의 旋回 Vane을 지난 다음 Chevron型乾燥器

로 이루어져 있는 2次分離器를 通過한다. 效率을 높이기 위해 여러가지 改善이 이루어진 이 蒸氣乾燥部分은 最近에 4-루우프의 프랑스 發電所에 適用되었다. 各 蒸氣發生器는 熱出力 969 MWt이며 出口노즐에서의 蒸氣壓力은 67.1bar, 最高濕度는 0.25%이다.

腐蝕防止를 위해 여러가지 措置가 取해졌다.

- 2次回路水内の 모든 揮發分處理.
- 우그러짐 (Denting)을 防止하기 위해 4葉狀

구멍이 있는 스테인레스支持板 使用.

• 粒子間應力腐蝕龜裂에 대한 強度를 높이기 위해 튜브材料에 Inconel 690使用.

• 1次側 應力腐蝕龜裂을 줄이기 위해 熱處理施行.

• 튜브시트의 全깊이로 튜브擴張 (補充擴張인 Kiss rolling 併行).

• 튜브시트에의 沈澱物附着 防止를 위해 여러가지 熱水力的인 改善施工.

〈表〉 프랑스의 900MWe 原電과 廣東原電과의 比較表

Characteristics	French 900MWe plants	Guangdong
Core		
Core thermal power, MWt	2775	2895
Total thermal power, MWt	2785	2905
Core inlet temperature, °C	286.6	292.4
Zero load temperature, °C	286.0	291.4
Core outlet temperature, °C	322.4	327.6
Fuel		
Type	Standard 17×17 Inconel 718	AFA
Grid material	Fixed	Zircaloy 4
Top & bottom nozzles		Replaceable
Steam generators		
Type	51B	55 / 19
Heat transfer area, m ²	4700	5430
Tube OD, mm	22.22	19.05
Tube material	Inconel 600	Inconel 690
Type of holes in tube support plates	Quatrefoil (Concave land)	Quatrefoil (flat land)
Secondary shell material	16MND 5 (type SA 553gr B cl. 1)	18MN D 5 (type SA 533gr B cl. 2)
Moisture separators (swirl vanes)	3 × φ 1420mm	16 × φ 500mm
Steam dryers (corrugated plates)	Rectangular assembly (two stages)	Hexagonal assembly (one stage)
Steam pressure at SG outlet, bar	57.8	67.1
Primary pumps		
Type	93D	100
Outlet nozzle	Tangential	Radial
Casing	Three welded parts	One spherical part
Diffuser	Welded on the casing	Axial easily removable
Seal size, in	7	8
Nominal flow, m ³ /h	22,700	23,790
Hydraulic head, m	78	97.2
Reactor internals		
RCCA guide tube support	Welded plate with ribs and stiffeners	"Inverted hat" configuration
Reactor protection system		
	Electromechanical relay circuitry	Solid-state technology
Safety injection system		
	-	Addition of a second hot leg high pressure injection line
Auxiliary feedwater system		
storage tank capacity, m ³	625	790
Steam generator blowdown system		
	-	Regenerative heat exchanger

原子爐冷却材펌프 1台當 電力消費 (高溫狀態에서)는 全水頭 97.2m에서 定格流量 23,790^m /h 일 때 6,680KW이다. 이 펌프도 역시 4-루우프형 프랑스發電所에서 좋은 實績을 올린 펌프이다. 이 펌프의 케이싱은 거의 球形이며 冷却材는 케이싱의 밑 部分을 通해 임펠러軸을 따라 揚水되어 放射形의 水平노즐을 通해 放出 된다 이 펌프는 높이 8.2m, 重量 100t以上으로 펌프 케이싱, 保温材, 래디알 펌프 베어링, 3個의 可調節 漏洩설, Spool Piece로 돼있는 Motor Pump軸카프링, 모터 (垂直型 6.6KV 籠型), 플라이·휠로 이루어져 있다.



▲廣東原電 1次系統의 기초공사

關聯된 情報의 表示機能을 갖추고 있다.

計裝制御系統

PWR의 2次系統에 대한 모든 一般的인 計裝制御시스템外에 廣東原電에는 프랑스의 TMI 事故後의 補完計劃에 따른 特殊한 시스템들이 包含돼 있다. 이러한 시스템으로는 爐心過冷 모니터링 시스템, 原子爐容器水位 모니터링 시스템 最近 프랑스에서 實施한 制御室 設備에 대한 人間 工學的인 研究結果를 適用한 改善된 시스템 등이 있다.

모든 一般的인 論理 및 아나로그制御시스템外에 電算化시스템은 다음과 같은 두가지 機能을 갖추고 있다.

- 集中화된 데이터處理시스템. 이 시스템은 데이터記錄, 可變數의 모니터링, 아나로그變數의 變動表示, 系統그래픽表示, 基本프로세스의 2次시스템을 위한 데이터 提供, 設備 履歷의 記錄, 所定の 原子力計算 등의 主要機能을 갖추고 있다.

- 安全盤. 安全動作狀態의 信號燈表示, 沸騰 余裕의 1次 故障原因 識別, 計算, 自動安全動作 狀態의 모니터링, 安全注入信號에 따라 正確한 節次를 選擇하도록 運轉員을 돕는 일, 爐心反應度, 爐心冷却, 原子爐冷却材의 熱除去, 原子爐冷却材의 量, 閉鎖設備의 安全性 등에 關해 安全과

補完的인 安全節次

廣東原電의 設計는 프랑스原電에서와 같이 單純한 故障의 基準를 適用하고 故障發生과 그 結果에 따라 内部故障를 分類할 수 있는 機能을 包含시킴으로써 傳統的인 「多重防禦」概念이 바탕이 되어 있다. 그러나 이러한 接近方式은 爐心の 性能低下와 放射性物質을 制限할 수 있는 最善의 方法을 講究함으로써 補完되었다.

따라서 廣東原電은 冷却水源과 이에 關聯된 設備, 蒸氣發生器에 대한 正常 및 補助給水, 發電所内外의 電力供給, 低壓安全注入 또는 閉鎖 設備의 스프레이 시스템 등 이들 모두가 喪失됐을 때에도 收拾할 수 있는 能力을 갖추고 있다.

設計基準事故를 超過하는 事故를 收拾하기 위한 方法으로 重大事故生後의 内部의 超過 壓力에 의해 復元이 不可能하게 閉鎖機能이 喪失되는 것을 豫防하기 위해 設計된 U5 라고 불리는 節次가 있다. 이 節次에는 모래(砂) 濾過器를 通해 制御되는 格納容器的 排氣設備가 包含된다.

排氣設備의 設計는 다음條件을 充足시켜야 한다. 正常的인 發電所運轉에 支障을 주지 않을 것, 從事員에게 높은 被曝線量의 危險性이 없도록 遠隔制御 또는 手動制御를 할 수 있을 것, 全

体的인 漏洩試驗實施後에 格納容器減壓 設備를 使用할 수 있을 것 등.

이 裝置는 各유니트別로 1個의 格納容器貫 通口, 隔離밸브들이 달려 있는 連結管, 1個의 遠隔調整減壓밸브를 갖추고 있다.

濾過設備는 두 유니트에 共通으로 使用된다.

이 設備는 1次系統의 補助機器 建物위에 있는 金屬탱크 속에 들어있는 格子板에 의해 支持 되고 있는 2個의 砂層으로 이루어져 있다. 濾過된 氣는 氣檢出器가 붙어 있는 굴뚝으로 連結된 파이프를 통해 나간다.

모래粒子的 크기와 氣通過 速度를 適當히 選擇함으로써 濾過效率를 10%以上 높일 수 있다.

廢棄物處理

廣東原電의 廢棄物處理設備는 大部分 1, 2號 機 共通으로 使用되며 이의 設計는 基準 플랜트 의 것과 恰似하다.

處理되어 周圍環境에 放出되기 前에 플랜트内部에서 發生한 모든 放射性廢棄物은 그 種類別로 收集되고 保管되며 이러한 廢棄物의 分類는 氣體, 液體, 固體 등의 物理的인 狀態와 化學的인 性狀 및 放射性의 準位에 따라 이루어진다.

放射性가스에 의해 若干 汚染된 空氣(空氣와 混合된 氣體廢棄物)는 沃素木炭吸收器에서 濾

過된 다음에 放出된다.

1次系統冷却材가스 除去 / 減壓탱크와 貯藏 탱크의 排氣에서 主로 發生하는 水素와 化合된 가스 廢棄物은 放射性 崩壞를 위해 6個의 탱크에 45~60日間 保管된 後에 放出된다.

液體廢棄物處理는 1次系統冷却材의 廢棄物 處理시스템에 의해 이루어지며 이 시스템은 原子爐冷却材를 氣除去 濾過器, 鑛物質除去 器를 통해 處理하고 蒸化器內的 礬素를 濃縮시킴으로써 礬素再循環사이클을 움직이게 된다.

이 外의 液體廢棄物은 그 化學成分과 放射能 成分에 따라 濾過器 鑛物質除去器, 蒸化器에 의해 處理된다. 이 液體廢棄物 處理시스템은 이와 類似한 프랑스의 發電所에서의 運轉經驗과 改善事項 特히 廢棄物의 分類와 處理시스템 運轉의 最適化와 關聯된 事項을 參考하였다.

氣體 및 液體廢棄物 共通의 液體 放出口인 1次系統굴뚝을 통해 直接放出되기 前에 모니터된다. 非正常的인 狀態(非正常的인 液體 廢棄物 發生, 廢棄物 處理시스템의 停止 등)下에서는 液體廢棄物은 放出하거나 處理하기 前에 貯藏탱크(500m³탱크 3個)로 보내진다.

前處理過程(濃縮, 樹脂處理, 濾過)을 거쳐나온 固體廢棄物은 콘크리트 軋슈울에 넣어진다.

플랜트全體에서 收集된 各種 低準位 放射性固體廢棄物은 固化處理되고 경우에 따라서는 金屬드럼 속에 채워진다.

GEC社의 터빈發電機設備

廣東原電의 2棟의 터빈室 建物이 各 原子爐 建物 南쪽에 位置하고 있다.

各 터빈室 建物의 南쪽에는 主變壓器와 補助變壓器가 있는 屋外變電所가 있다. 各 터빈室 建物의 西쪽에는 이 建物과 길이와 높이가 같은 15m 幅의 附屬建物이 붙어 있다. 이 建物內的 地下室에는 低壓(LP)給水加熱器와 펌프가 있

고 脫氣器가 28m높이에 있으며 中間높이에 配電盤, 스위치기어, 換氣設備 등이 있다.

各 터빈室은 幅 44m, 길이 98.1m, 가장 높 은 部分이 地下層으로 부터 45m가 된다. 터빈室 建物構造는 28m높이까지는 耐火災構造인 鉄筋콘크리트이고 그 위는 鉄骨構造로 돼있다. 이 建物에는 2臺의 185×30t 오버헤드·크레인 이

設置돼 있으며 이 2대를 함께 使用하면 最大 350t까지 引揚할 수 있어 發電機스테이터를 들어 올리는 데는 充分하다.

主플랜트와 蒸氣사이클

3000rpm의 直列複合型的 터빈發電機가 콘크리트 基礎위에 各터빈室의 길이 方向으로 設置돼 있으며 터빈室의 床面은 基礎로 부터 16m높이에 있다.

터빈은 出力의 約 30%를 내고 있는 1個의 複流高壓시린더와 나머지 出力을 均等하게 分割해서 내고 있는 3個의 複流 LP시린더로 構成돼 있다.

3個의 LP터빈 시린더 아래에는 各各 티타늄 튜브로 돼있는 貫流型復水器가 1台씩 달려 있으며 그 設計背壓은 冷却水溫度 23℃의 경우 75mbar이다.

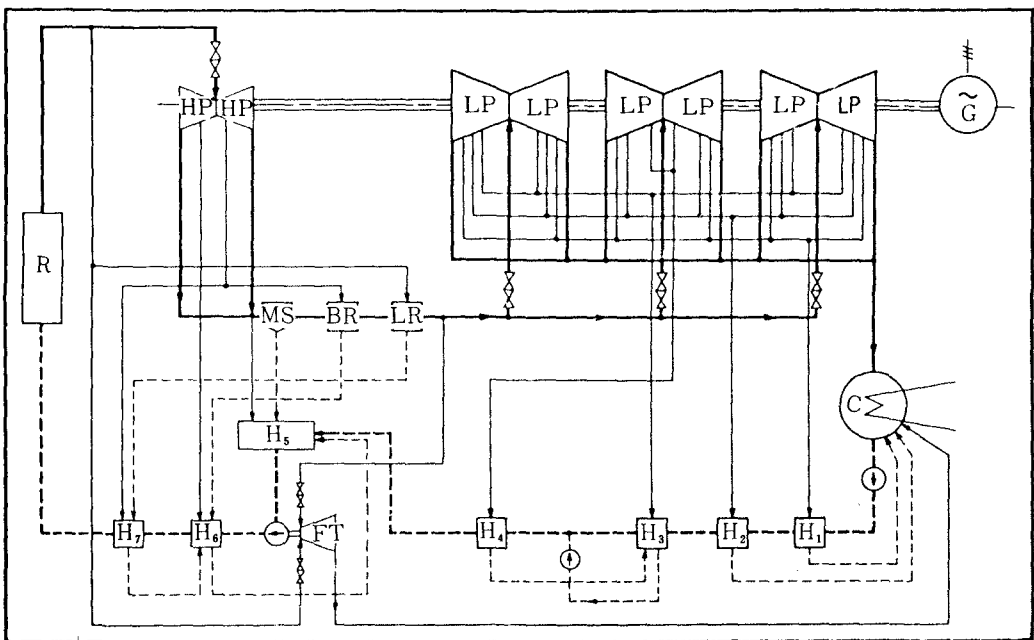
처음 2段階의 LP加熱은 3個의 復水器목과 連結돼 있는 2重加熱器에 의해 이루어진다. 또한 1, 3번 復水器의 목에는 容量50%의 給水펌프

프 驅動用 復水터빈 2대로부터 오는 排氣管이 連結돼 있으며 此外에 3個의 復水器 목에는 85%의 터빈 바이패스를 위한 蒸氣덤프 排氣管이 連結돼 있다. LP加熱의 第3, 第4段階는 附屬建物地下層에 있는 2群의 加熱器들에 의해 이루어진다. 모든 LP加熱器들은 오스티나이트 鋼管을 使用한 튜브/플레이트構造로 돼있다.

4번 LP 加熱器로 부터의 復水는 3번 加熱器로 내려가며 3번 加熱器를 通過한 復水는 펌프에 의해 主復水흐름과 合流된다. 2重加熱器 1, 2번으로 부터 오는 復水는 重力으로 復水器에 들어간다. 噴水型脫氣器는 높은 水質의 給水貯藏탱크와 함께 附屬建物內 28m높이에 位置한다.

3台的 50% 容量의 主給水 펌프中 2台는 常用펌프로 터빈室地下層에 있으며 復水터빈에 의해 驅動되고 이 터빈의 排氣는 主터빈 復水器 1, 3번으로 排出된다. 50%容量의 豫備給水펌프는 모터驅動型으로 附屬建物地下層에 있다.

HP 加熱器들은 2段으로 돼있으며 最終端 溫度 226℃의 給水를 보낸다. HP 加熱器들은 各



〈그림〉 廣東原電의 1, 2次 蒸氣回路圖

各 50%容量으로 2 列로 돼있으며 터빈의 前面에 놓여 있다. 이 加熱器들은 페라이트 스테인레스鋼管을 使用한 튜브/플레이트構造로 돼있다. 다른 모든 給水加熱器와 마찬가지로 이 HP 加熱器도 터빈室床面 높이에서 軸線 아래에 水平으로 設置되는데 이는 物流入의 危險性으로부터 터빈을 最大로 保護하기 위한 것이다. 7 번 加熱器로부터의 復水는 6 번 加熱器로 흘러내려가며 6 번 加熱器로부터 復水는 높은 位置의 脫氣器로 보내진다.

터빈室에서 가장 큰 壓力容器는 2 個의 濕分分離再熱器(MSR)이며 LP 터빈 軸線의 兩쪽에 같은 높이에 各各 하나씩 設置된다. HP 터빈에서 排出되는 濕한 蒸氣는 各 MSR의 접시모양의 끝에 있는 4 個의 入口를 통해 並列로 이 容器로 들어간다.

이 容器속에서 濕한 蒸氣는 Shell을 길이 方向으로 지난 다음 우선 蒸氣로부터 水分을 除去하기 위한 얇고 곱이 진 오스티나이트·스테인레스鋼板層을 通過하고 그 다음 乾燥된 蒸氣를 2 段階로 265.1℃까지 加熱하는 핀이 달린 페라이트 스테인레스鋼管의 2 個의 多발을 通過하게 된다.

첫번째 튜브 多발은 HP 軸線에 뚫어 놓은 抽氣孔으로부터 나오는 蒸氣를 減壓한 蒸氣로 加熱되고 두번째 튜브 多발은 高壓의 蒸氣를 그대로 使用해서 加熱한다. 2 個의 튜브 多발을 通過하면서 생긴 加熱蒸氣의 復水는 高壓 加熱器 6 번, 7 번으로 各各 보내지고 主사이클 蒸氣로부터 除去된 水分은 脫氣器로 보내진다.

乾燥되고 加熱된 蒸氣는 各 MSR의 맨 위에 있는 3 個의 連結口를 通過 排出되어 크로스오버 파이프를 通過 3 個의 LP 터빈 軸線에 보내진다.

3000rpm 適用

터빈發電機의 定格最大容量은 力率 0.85에서

983,8MWe이며 3000rpm의 全速運轉으로 設計 돼있다.

全速터빈發電機는 같은 容量의 半速機(1500rpm)에 比해 機械의 重量, 부피, 原價를 減일수 있는 長點 때문에 같은 條件下에서 容量을 더 늘릴수 있어 需要가 많다.

全速터빈發電機製作에 所要되는 材料의 數量과 工數로는 1500rpm機보다 훨씬 더 큰 容量의 尤니트를 만들수 있다.

大亞灣에 建設될 廣東發電所에서 3000rpm 尤니트를 使用하게 된 것은 다음 的 두가지 理由에서 이다. 첫째 低壓터빈 블레이드(특히 最終段)의 設計技術의 向上 즉, 3000rpm 터빈의 軸線 많은 蒸氣의 容積流量을 지금은 더 效率的으로 使用할 수 있게 됐다 는 것 外에 高出力에서 의 高速發電機로터의 機械的인 堅固性의 土台가 되는 發電機로터의 材料開發에 進展이 있었기 때문이다.

둘째 理由로는 比較的 따뜻한 南支那海의 海水로는 유럽에서는 常例가 돼 있는 아주 낮은 復水器壓力을 얻을 수 없어 全體的인 蒸氣의 容積流量이 아주 많아지지 않기 때문에 實際的으로 보다 小型의 3000rpm 터빈으로 效率的으로 處理할 수 있다는 것이다.

터 빈

터빈은 4 個의 스팀·체스트에 있는 HP 調整 밸브에 의해 絞縮制御된다. 이 스팀·체스트는 HP 軸線의 兩쪽에 2 個씩 設置된다. 各 스팀·체스트에는 水平으로 서로 對立되게 設置되는 스팀·밸브와 調整밸브 1 個씩을 가지고 있다. 壓力 66.7바, 溫度 282.5℃의 蒸氣는 HP 軸線의 上半部와 下半部에 各各 2 個씩 있는 入口를 通過 HP 軸線의 円周上에 連續的으로 마련된 入口 帶로 들어가며 各 入口로 들어가는 蒸氣는 各各 다른 스팀·체스트로부터 蒸氣를 받는다.

HP 軸線의 블레이드通路는 標準型인 GEC

의 低反動型의 「disc와 diaphragm」設計이며 兩 쪽으로 各各 5段으로 돼있다. 이에 대해서는 濕 蒸氣로 因한 侵蝕에 대해 모든 事前豫防策이 講 究되였다. 이는 터빈 실린더를 통해 蒸氣가 팽 창할 때 蒸氣濕度가 平均 10%以上 增加 한다는 것을 오랜 經驗을 통해 알고 있기 때문에 이러 한 豫防策이 必要하게 되는 것이다. 固定 블레 이드와 可動블레이드는 다 같이 高크로뮴·페라 이트合金鋼으로 돼 있으나 다이어램 挿入部와 실린더 케이싱은 低크로뮴合金鋼으로 돼 있으며 部分的으로 高크로뮴의 表面處理로 保護되어 있 다. 蒸氣의 排出는 單胴케이싱의 兩端에 케이싱 의 上, 下半部 兩쪽에 各各 2個씩 全部 8個의 連結口를 통해 HP실린더로 부터 排氣된다. 8 個의 파이프를 통해 팽창된 濕蒸氣는 2個의 L P터빈 실린더와 나란히 位置하고 있는 2個의 M SR容器로 보내진다.

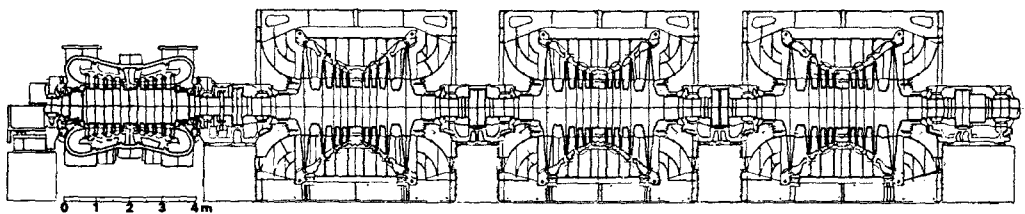
7.8바아, 265.1℃의 乾燥되고 再加熱된 蒸 氣는 6個의 크로스오버 파이프를 통해 3個의 LP터빈 실린더 上半部에 있는 2個의 入口에 보내진다. 이 6個의 크로스오버 파이프에는 各 各 1個의 인터세프터·밸브와 1個의 버터 플 라이型的 再熱스톱·밸브가 設置돼 있다. 이러 한 LP蒸氣의 入口條件은 標準型 GEC LD 66

LP터빈 실린더의 것과 恰似하며 이 型式의 LP 터빈 실린더는 火力發電所에서 再熱터빈을 위한 標準型 LP터빈 실린더로 使用되어 많은 運轉經 驗을 쌓은 것이다.

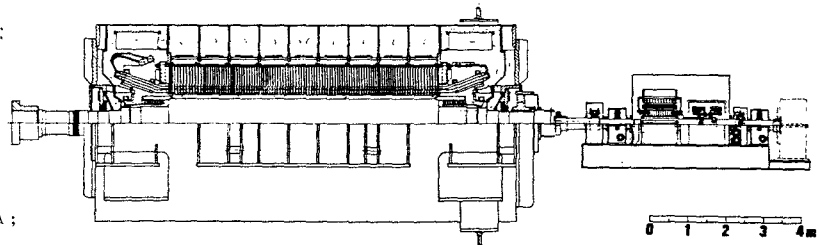
高出力濕蒸氣터빈 固有의 特性인 比較的 큰 蒸氣流量이 豫想되므로 이 標準型 LP실린더의 當初設計에서는 이를 考慮하였다. 特히 길이 945mm, 平均直径 2,635mm인 最終段블레이드는 크게 Camber져 있는 블레이트 root斷面을 갖 고 있으므로 아주 단단하고 強韌하며 커브진 root를 挿入固定하는 方法을 쓴다. 隣接한 블 레이드들을 직책形으로 連結시키고 있는 짧은 連結棒이 블레이드의 相對的인 動的 轉位를 防 止하기 위해 使用되나 이것은 遠心力으로 因해 비틀어진 블레이드를 復元시키는데 支障을 주지 않는다.

發 電 機

여기에 使用되는 2極發電機는 3000rpm 유니 트로써는 世界最大이며 定格容量 1157MVA이다 發電電壓은 26KV이고 短絡比는 0.5이다. 基本 設計上으로는 더 긴 로터를 使用하면 1200/13 00MWe로 容量을 늘릴 수 있도록 考慮돼 있다.



Longitudinal section of
the Guangdong turbine :
100MWe ; 3000rpm



Longitudinal section of
the generator : 1157MVA ;
3000rpm

〈그림〉 廣東原電 터빈/發電機 斷面圖

發電機로터는 直径 1275mm이며 로터의 Ni-Cr-Mo-V 合金鋼鍛造品과 엔드링의 18Mn-18Cr 오스티나이트合金鋼鍛造品の 強度와 品質은 이 改善된 設計의 機械的인 強度를 높여주는 效果를 가져온다.

로터의 스테이터 코어에는 여러개의 平行으로 나 있는 冷却水素가스 通路가 있어 6氣壓의 壓力으로 水素冷却되며 水素는 로터兩端에 設置

돼 있는 單段 팬에 의해 循環된다. 스테이터 卷線은 閉鎖回路로 돼있는 淡水에 의해 直接冷却된다.

勵磁機는 空冷, 回轉電機子, 回轉 다이오드로 되어 있는 브라쉬레쓰프이다. 勵磁制御는 電力系統安定器를 갖추고 있는 다이리스터制御 自動調整器에 의해 이루어진다.

廣東原電의 立地條件

廣東原電은 中共 南海岸 廣東州에 位置한다. 이 發電所現場은 Shenzhen市の 東部外廓地帶에 있으며 大亞灣의 西海岸線上的 작은 灣인 Dapeng Ao 灣을 南쪽으로 바라보는 位置에 있다.

이 現場은 山으로 둘러싸여 있고 原來의 이 場所의 높이는 海拔 35m 내지 67m이다. 海溢을 防止하기 위해 작은 山들을 깎아내려 海拔 約 6.5m 높이로 敷地를 造成했다.

發電所現場內와 周邊의 작은 山들은 가파르고 풀이나 덩불 또는 散在돼있는 숲으로 덮여져 있다. 이 곳은 人口가 稀薄한 시골이어서 常駐人口가 半徑 10km 地域內에서는 14,000名程度 되지만 5km內에는 2,842名, 3km內에는 99名밖에 되지 않는다. 이 人口도 大部分 海岸線에 따라 分散되고 있다. 가장 가까운 큰 都市로는 西南方 52km地點의 香港과 西方 45km地點의 Shenzhen市가 있다.

發電所立地條件

이 發電所 敷地는 變成帶에 屬하며 北쪽은 可視組織의 花崗岩으로 돼있고, 南쪽은 中期데본系의 推積岩으로 돼있다. 이 花崗石과 데본系 推積岩사이의 接觸地帶는 風化作用의 程度(Hornfels와 Hornfels化된 領域)에 따라 다르다.

1次系統은 新鮮하거나 또는 若干 風化된 Ho-

rnfels岩盤위에 設置되고 2次系統과 펌프場은 風化程度가 좀 다른 Hornfels岩盤위에 設置된다.

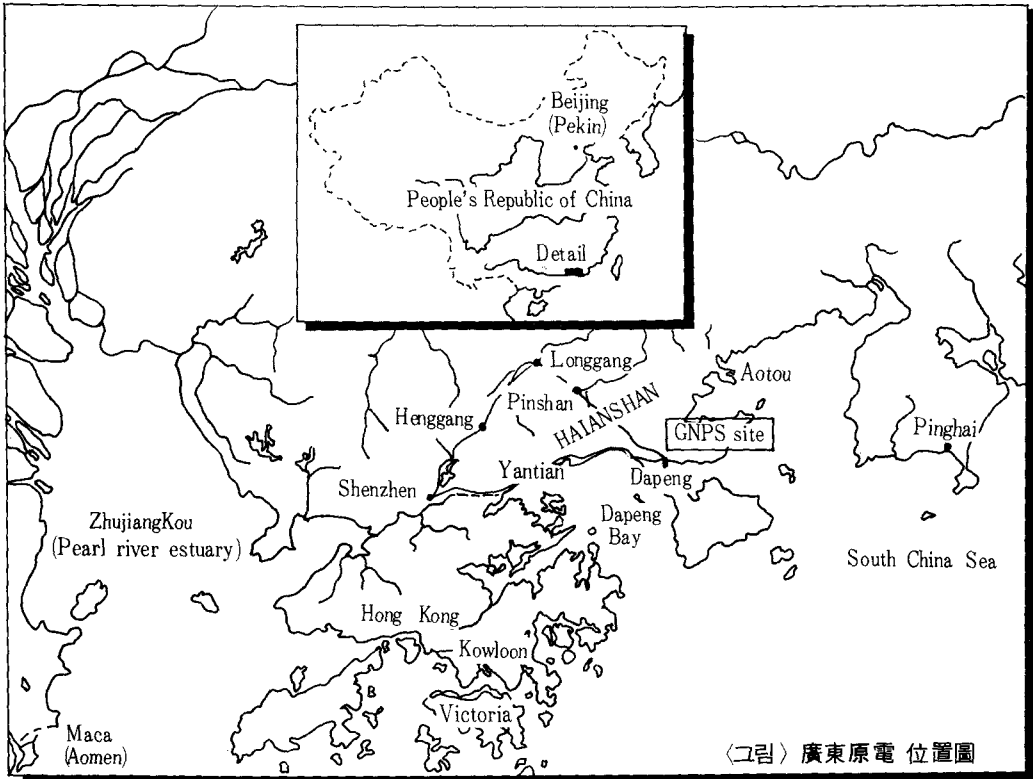
現場近處 沿岸의 海床은 얕고 推積相이다.

이 發電所는 中高位地震帶에 속하며 參考文獻에 따르면 西紀 288年에서 現在까지 現場周邊 半徑 300km 地域內에서 發生한 地震보다 規模가 約 3倍가까운 地震이 70回 發生했던 것으로 記錄되어 있다. 이러한 資料를 土台로 이 地域에 대한 地震計測學的인 研究를 實施한 結果 設計에 反映할 地震動變數를 誘導해낼수 있었다. 1次系統 地盤의 反應度스펙트럼은 美國原子力 規制委員會의 가이드라인 「1.60」項의 規定値를 適用했는데 이에 따르면 安全하게 플랜트를 停止시킬수 있는 地震의 範圍는 最大水平動加速度 0.2g로 되어 있다.

中共의 東部 및 南部海岸은 季節風의 影響을 받아 乾燥期와 濕潤期가 번갈아 일어난다.

寒冷하고 乾燥한 겨울季節風은 普通 11月에서 3月까지 繼續되며 시베리아로 부터 불어오는 北風이 가장 많다. 가장 추운 달은 1, 2月로 平均氣溫 15~16℃이며 가장 乾燥한 달은 12月과 1月이며 降雨量은 25~27mm이다.

여름은 雨季이며 거의 繼續의으로 덥고 濕氣가 많다. 年中 全降雨量의 約 80%가 이 期間에 내리며 特別히 熱帶性低氣壓, 地域的인 雷雨, 前線活動이 있는 동안에 일어난다. 平均年間降



〈그림〉 廣東原電 位置圖

雨量는 香港政廳觀象台基準으로 2225 mm 이지만
 地形에 따라 많이 다르다. 가장 더운 6月과 9
 月사이의 낮 平均氣溫은 27~28℃ 이고, 여름의
 季節風은 西南쪽과 南쪽으로부터 불어오며 거
 울의 季節風과 같이 繼續되는 것은 아니다.

優勢한 風向은 偏北風이며 東北과 東南方向사
 이에서 變化한다,

熱帶性低氣壓의 影響도 플랜트設計時 考慮되
 었는데 設計風速을 地上 10m 높이에서 62.8m/s
 로 잡았다. 토오네이도 회오리바람도 設計에서
 考慮되었다.

用水供給

이 現場은 Dajiang He江의 큰 溪谷과 이 江
 北쪽의 支流들과 Hai An 山脈과 Dakeng 半島의
 山脈을 사이에 두고 가로막혀 있다. 現場北方
 約 3km地點에 있는 Paiya山(標高 約 700m)으
 로 부터 작은 山들의 溪谷물이 흐른다. Dakeng

江의 댐 하나가 必要한 맑은 물을 供給하기 위
 해 建設되었다.

冷却水系統은 海水를 利用한다. 이 現場은 그
 령게 깊지않은(現場 前面 海岸에서 約 700m 떨
 어진 곳에서 水深 10m) 包圍灣인 Depeng Ao
 灣에 面해 있다. 干滿의 差는 작으며(約 2m)
 潮流流速도 낮다(10~20cm/s). 海水의 年平
 均溫度는 28~35℃로 높은 편이다.

플랜트概要

海岸에 位置한 프랑스 EdF 社의 原子力플랜
 트들과 마찬가지로 한 共用建物內에 海水펌프場
 이 있어 基本的인 作業用水펌프(유닛당 4台)
 와 循環水펌프(유닛당 2台)가 이곳에 設置
 돼 있으며 모든 取水는 共用의 스크리닝·드림
 을 통해 濾過된다.

그러나 廣東原電은 다른 플랜트들과 떨어져
 있기 때문에 프랑스에서는 몇個 플랜트들이 共

同使用하는 施設을 現場內에나 近處에 別途로 지어야 한다. 이러한 施設物로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 폴스코프 시뮬레이터를 具備하게 될 訓練 센터
 - 放射性廢棄物貯藏드럼 製作을 위한 콘크리트 드럼製作工場建物
 - 固體放射性廢棄物의 長期貯藏施設
- 이러한 特殊狀況과는 다르게 補助施設은 이 合作會社의 必要에 의해 配置된 것이기는 하지

만 프랑스原電의 것과 恰似하다. 그러나 플랜트 本體의 配置, 特히 1次系統은 基準플랜트와 똑 같다.

이 플랜트에서 生産되는 電力은 2 個의 送電線路를 통해 供給된다. 하나는 500kV의 送電電壓으로 廣東地方의 電力系統에 보내지며 또 하나는 400kV로 九龍(香港)地域 電力系統에 보내진다. 補助電力은 220 kV의 補助電力系統으로 부터 供給된다. 系統周波數는 50Hz이다.

EDF社의 教育訓練 支援狀況

지난 1983年 5月 4日 프랑스와 中공 政府는 中공 原子力發電所 프로그램 수행과 相關한 각서에 서명하였다. 이 각서에서 兩國은 전반적인 엔지니어링分野에서의 相互協力과 中공이 독자적으로 原子力發電所를 建設·運轉할 수 있도록 必要한 技術을 프랑스가 中공에 移轉하는데 합의하였다.

그 첫段階로 廣東프로젝트에 대한 協力이 제의되었으며, 1986年에 廣東原子力合作會社(GNPJVC)는 프랑스內 모든 原子力發電所의 所有主이고 A/E와 프로젝트管理會社이며 運轉者인

프랑스電力廳(EDF)과 廣東프로젝트 서비스契約를 체결하였다.

노·하우技術에 대한 전수는 여러 方面에서 이루어질 것이다.

— 教育訓練

— 中공과 유럽에서의 統合技術管理팀 運營

— 유럽에서 EDF가 수행하는 엔지니어링, 設計 및 지원업무에 GNPJVC人員의 참여

— GNPJVC의 活動을 지원하기 위해 EDF의 專門家를 파견·배치

(表) 프랑스에서 教育訓練을 받은 GNPJVC 要員의 數

	Man-weeks	Number of trainees
Construction personnel	343	7
Start-up personnel	1180	20
Power station personnel	4393	70
Training centre personnel	344	6
In-service inspection personnel	180	3
Quality control personnel	307	7
Total	6747	113

教育訓練

EDF는 GNPJVC에게 광범한 教育훈련서비스를 제공하고 있다.

— 組織構成上的 지원

— 核心要員들에 대한 프랑스로의 파견 교육과 해당 업무의 정의, 所要人力의 需給, 各 教育훈련프로그램 및 日程의 확립

— 中공에 設置될 教育訓練設備에 대한 엔지니어링서비스. 이 서비스에는 프로그램의 정의와 教育훈련용 기재를 위한 技術 및 人力의 開發이 포함되어 있다. GNPJVC와 協力하여 訓練센터를 設計, 구매, 건설하며 또한 시뮬레이

터와 같은 교육훈련용 施設의 기본설계, 구매에
는 GNPJVC가 참여한다.

EDF는 設計, 建設 및 運轉要員에 대한 교육
훈련과정을 작성하였는데, 여기에는 GNPJVC
要員들에게 必要하다고 생각되는 프랑스의 經
驗이 반영되었다. 각 교육훈련과정은 이론교육
과 실습이 교대로 시행된다.

組 織

各 교육훈련프로그램에 대해서는 교육훈련 전
반을 조직하고 통제하는 전담팀이 있다. 이 팀
은 프로젝트책임자와 個人別 교사로 이루어지
는데, 특히 교육의 목적에 따라 적합한 파트너
를 결정하여 교육의 全과정동안 교육생과 밀접
한 관계를 유지하면서 相互協力토록 한다.

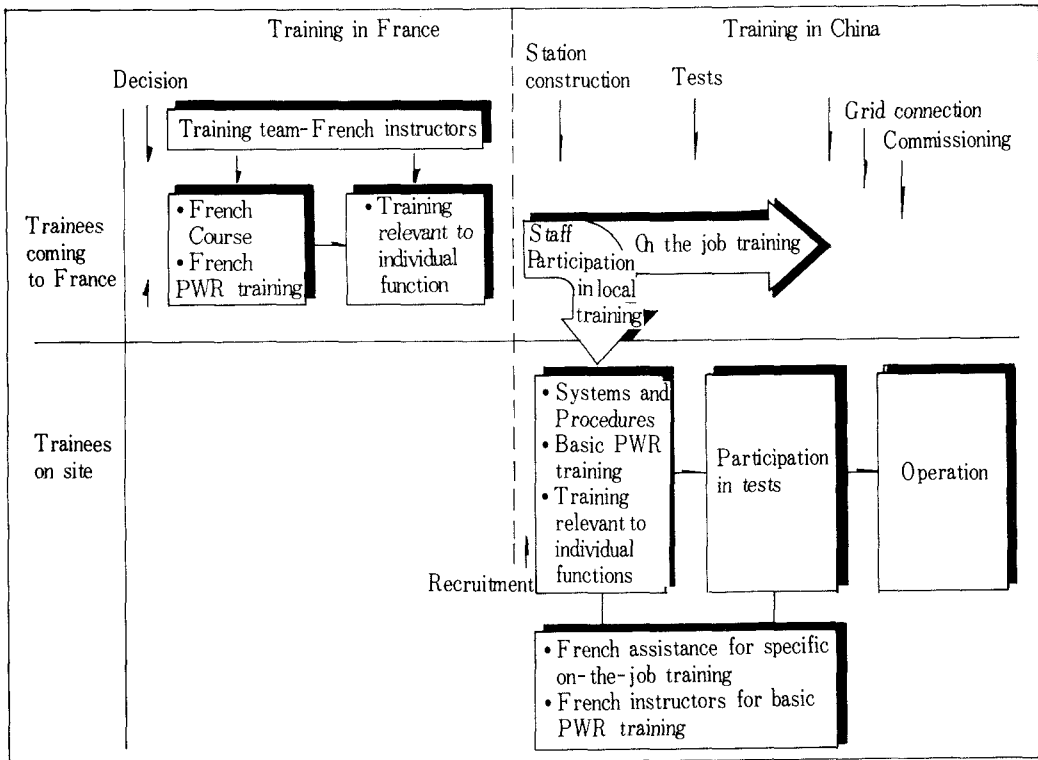
프랑스內에서 실시되는 교육훈련은 公式的인
것과 非公式的인 것 두가지로 분류할 수 있다.

公式的인 教育訓練

公式的인 교육훈련은 總論과 전공과목에 대한
이론을 배우는 集團教育이다. 이러한 교육훈련
은 單一 프로젝트에 대한 훈련요원을 대상으로
하여 EDF에 의해서 특별히 구성되거나 또는
CEN, 프랑스 용접연구소 및 製造業體(Framatome,
GEC, Bailey, Thomson) 등으로 이루어
진 특별조직에 위탁하여 여러 프로젝트의 人員
을 교육한다.

교육훈련의 목적은 EDF 또는 관련 외부기관
과 협의하여 정해지며, 교육훈련의 성과는 인
터뷰와 試驗 등에 의해서 자주 평가된다.

EDF는 훈련요원들이 교육을 받은 후에 담당
할 업무와 관련하여 특별과정도 開設하는데, 이
과정에서는 GNPJVC 人員과 다른 기관의 人員
이 그룹을 이루기도 한다. 廣東原電 機資材의
설계상 특성은 이 특별과정에 포함되어 있다.



(그림) 廣東프로젝트를 위한 EDF의 教育訓練 프로그램

非公式的인 教育訓練

非公式的인 교육훈련은 그 분야에 정통한 프랑스인 전문가(카운터 파트너)에 의해서 現場에서 개별지도로 수행된다. 이 개인지도방식에 의한 훈련은 原子力發電技術의 기초이론지식을 습득한 후에 실시된다.

兩國間의 電力生産組織과 構造의 상이로 인해서 실제 업무수행에서 차이를 야기시킬 수 있다. 그러나 作業환경중에서 EDF직원에게서 습득한 실습경험은 훈련요원들의 직무수행 능력을 향상시킬 수 있다. 훈련요원들은 경험이 많은 전문가에게서 보고 배움으로써 카운터파트너로부터 기술상, 이론상, 조직상의 核心을 전수받아 그들이 당면하는 상황에 대처할 수 있도록 할 것이다.

훈련요원들은 카운터파트너의 감독하에 정상적인 운전조작을 실제로 행함으로써 절차서에 익숙해지고 능력을 배양시킬 수 있다. 훈련요원들은 運轉에 참가하여 의견을 교환하면서 배우는 것이다.

個人指導方式에 의한 教育訓練

프랑스에서 실시되는 교육훈련의 대부분은 개인지도방식에 의한 교육훈련이다. 이 방식에서는 훈련요원과 프랑스인 카운터파트너사이에 원활한 의사소통이 요구되며 프랑스어로 쓰인 문서로 배워야 한다. 따라서 훈련요원들은 EDF 發電所內에서 유일하게 사용되고 있는 프랑스어를 읽고, 말하고, 쓸 수 있어야 한다.

초기에는 이러한 핸디캡이 가끔 문제가 되었으나, 전체적인 결과는 매우 성과가 좋았으며 또한 현재 프랑스에서 교육을 받고 있는 중공인 훈련요원들은 큰 문제없이 이 요구사항을 성공적으로 충족시키고 있다.

GNPJVC의 엔지니어들이 중공과 유럽에서 技術管理를 담당하는 統合팀에 배치되어 있다.

그들은 이 팀에 배속되어 있는 EDF의 엔지니어들과 함께 作業을 수행한다. 이 EDF의 엔지니어들은 原子力發電分野에서 자격있고 경험이 많으며 또한 그들의 지식과 경험을 GNPJVC 要員들에게 전수시킬 수 있는 능력을 갖춘 기술자들로 선발되었다.

이 統合팀의 각 要員들은 그들이 EDF직원이든 GNPJVC직원이든 각자에게 할당된 업무에 대해 책임을 지고 있다.

GNPJVC 엔지니어들은 EDF의 각 부서나 또는 廣東프로젝트契約을 수행하는 하도급 회사에 배치되어 있는데, 그들은 배속된 부서의 업무에 적극적으로 참여하고 있다. 이와 같은 참여는 약 900人·月이 될 것인데 주로 1次系統, 2次系統 및 보조시설에 대한 상세설계검토분야이며, 安全分析報告書와 환경영향보고서도 포함된다. 그밖에 컴퓨터 베이스에 의한 工程管理과 문서관리 및 海水構造物의 설계에도 참여할 것이다.

EDF의 支援

EDF가 책임을 지고 있지 않은 분야에 대해서도 한정된 人員의 EDF전문가가 배치되어 프랑스의 原子力프로그램을 수행하면서 얻은 그들의 경험을 토대로 GNPJVC 要員들에게 조언을 하고 있다.

이러한 지원은 중공과 유럽에서 이루어지고 있는데 그 분야는 品質保證, 중공측의 코스트관리, 훈련센터의 운영, 발전소의 운전 및 보수 유지 등이다. 그러나 훈련센터의 운영과 發電所의 운전 및 보수유지에 대한 지원활동은 GNPJVC 要員들이 가능하면 빨리 완전히 그 업무를 전담하는 것이 중요하므로 그 기간과 量에 있어서 매우 제한하고 있다.

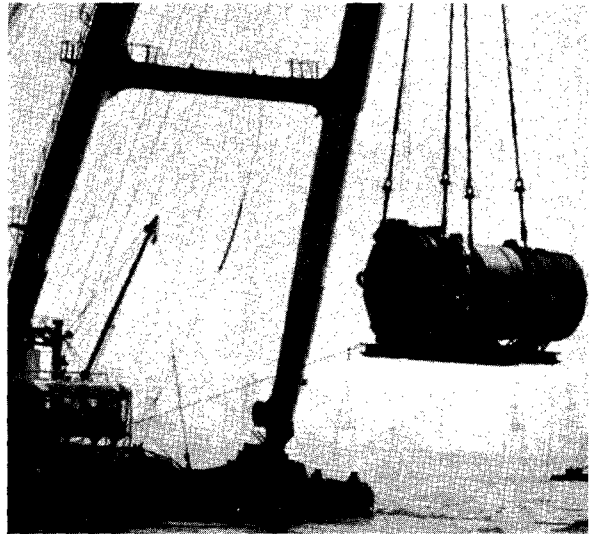
이 분야에서의 지원은 약 600人·月이 될 것이다.

國內技術 主導로 原電建設

中共은 18個月 前까지만 해도 受注가 없는 유럽과 美國內의 核蒸氣供給系統 製造業體들에게 큰 시장을 제공할 것으로 희망에 부풀게 하였으나 실망을 안겨 주었다. 즉, 그때까지 지연되고 있던 Daya만에 936MWe PWR 2基를 홍콩과 공동프로젝트로 건설하는데 대한 협상의향서(LI) 발급이 이루어졌으며, 上海에서 서쪽으로 약 37마일 떨어진 Sunan에 2,000MWe의 發電所 建設에 대한 KWU와의 상담이 진전을 보였고, 上海부근의 秦山에 900MWe 原子爐와 Liaoning省 북동부에 1,800MWe 發電所 建設에 대한 제안을 外國業體들이 검토하고 있었는데 이것들은 지역난방발전소와 HTGR을 건설한다는 計劃이었다.

중공정부는 늘어나는 電力供給의 부족량을 보충하기 위해서는 2000년까지 주로 수입에 의해서 10GWe 以上の 原子力發電設備容量이 建設되어야 한다고 판단하고 美國, 日本, 英國, 프랑스, 서독, 브라질, 벨기에, 아르헨티나 등 8個國과 兩國間 原子力協定을 체결하였다.

현재 Daya만에 建設되고 있는 廣東原電이 外國業體가 供給하여 완공하는 프로젝트의 처음이자 마지막 原子力發電所가 될 것으로 보인다. 즉, 原電開發計劃에서 과감한 방향전환을 시도하여 수입은 核心 部品과 기술이전에만 국한시키고 自國의 技術에 더욱 의존하기로 하였다. 이 같은 정책변경은 수입을 기반으로 한 대규모 原子力計劃의 타당성과 경제성에 대해서 미심쩍어 하던 政府내 人士가 집권을 함으로써 이루어졌다. 原子力프로그램의 책임이 수입을 두둔하던



▲300MWe級 秦山原電用 壓力容器的 하역작업

水資源電力部에서 自國의 技術을 信賴하는 原子力工業部로 이전되었는데, 原子力工業部는 이미 잠수함기술을 기반으로 上海근처 秦山에 300MWe PWR 建設에 착수하고 있었다.

이와 같은 변화의 주된 이유는 수입 발전소의 높은 초기 투자비용이 한정된 외화조달에 큰 부담이 되며, 또한 수입 원자력발전소는 國內産 석탄을 연료로 하는 화력발전소와 경쟁력이 없다고 인식하였기 때문이다. 그밖에 運營經驗의 결핍, 고도로 숙련된 人力의 부족, 安全規制 및 認許可에 따른 문제점, 反核感情에 대한 대처방안 등에 대해서도 의구심이 있었다.

1986年 9月 최종 체결된 廣東契約에 따라 Framatome社가 1次系統(9억달러)을 공급하고, GEC가 터빈·발전기(2억7,500만달러)를, EDF

가 A/E와 콘설턴트用役(1억6,500만달러)을 담당하며 중공, 일본, 프랑스의 콘소시움이 土木工事(약 1억3,500만달러)를 수행토록 선정됐다. 또한 차관협정도 중공은행과 7개 프랑스 은행 및 10개 영국은행 사이에 체결되었다. 이 原電은 1992年末과 1993년에 각각 운전에 들어갈 예정이다.

한편 原子力工業部는 秦山原電의 建設을 착실하게 진전시키고 있다. 소수의 부품만을 수입하여 300MWe 原子爐를 완공시키겠다는 최초의 의도는 잠수함용 原子爐를 高度化하는데 어려움에 부딪혀 무산되었으며, 內資 및 外資 건설비

의 폭등에도 불구하고 이 프로젝트는 순조롭게 건설이 진행되고 있어서 원래 예정인 1989년에서 크게 지연되지 않고 완공될 것이라고 한다.

이 프로젝트에 部品과 用役을 공급하는 外國業體로는 일본의 Mitsubishi가 原子爐容器 및 核 납용기의 클로우저, 스웨덴의 Sandvik이 증기발생기의 튜브, 서독의 KSB가 주냉각재펌프, 스위스의 Sulzer가 증기격리밸브, 터빈 바이패스 밸브 및 제어계통, 이탈리아의 Pirelli가 케이블 등을 공급하며 서독과 일본이 교육훈련계약을 수주하였다.

核熱供給施設地로 「치치하루」와 「蘭州」選定

중공 최초의 원자력열공급시설의 건설지로 동북의 치치하루와 서북의 蘭州가 선택되어, 현재 兩市에서 공사설계의 준비작업이 진행되고 있다.

大中都市에 이런 시설을 건설하고, 보일러대신에 원자력을 이용하기 위한 타당성 연구보고도 얼마전에 심사를 통과했다. 중공에서는 원자력열공급은 장래성이 있다는 점, 관계부문이 연구설계한 열공급원자로는 기술적으로 진보되어 있으며 안전성·신뢰성이 있다는 점에서, 이 계획은 실행가능함이 확인되었다.

「人民日報」는 이에 대해 다음과 같이 전하고 있다.

중공은 1985년부터 원자력시설의 설계·제조의 경험총괄을 바탕으로 현대의 원자력 열공급의 선진기술을 도입했다. 그리고 核(원자력)工業省 第2設計院이 스웨덴과의 협력으로 원자력열공급시설의 熱源으로서 고유의 안전성을 갖는 加壓水型의 低溫原子爐를 설계했다. 이것은 현재 가장 안전하고 가장 장래성이 있는 新型原子爐로 되어 있다.

이 원자로는 그 자신이 갖는 熱工學, 水工學의 인 안전성에 의해 여러가지 사고중 운전원이 개입하지 않아도 안전하고 확실하게 爐를 정지시키고 동시에 餘熱을 밖으로 내보내 열공급시설의 안전을 확보할 수 있다.

따라서 보일러 대신에 大中都市의 교외에 이 시설을 건설하여 給熱暖房이나 공업용 증기의 문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 더욱 熱파라미터를 높여서 전기·열공급발전소나 원자력 발전소로 발전시킬 수 있다.

출력 40만kW의 열공급원자로는 千台 가까운 보일러를 代替하고 인구 50~60만명의 도시난방 문제를 해결, 연간 50만톤의 原炭을 절약하고, 화차 1만대의 철도수송을 줄일 수 있다.

열공급시설에는 저탄장이나 재를 둘 곳도 필요치 않을 뿐 아니라 분진, 재, 이산화유황, 질소산화물 등의 오염물질도 내보내지 않아 환경오염의 문제를 근본적으로 해결할 수 있다. 현재 많은 도시로 부터 원자력 열공급시설 건설의 요망이 나오고 있으나 건설자금문제가 있기 때문에 단기간에 널리 보급시킬 수는 없다.