

## 소련과 中共의 原子力事情

### 1. 소련의 原子力에너지

소련에는 長期에너지計劃이 수립되어 있는데 그중에서 중요한 문제의 하나가 國內에너지밸런스의 구조개선, 특히 燃料에서 석유의 比率을 줄이는 것으로서 이 문제의 해결에 重要한 역할을 하는 것이 原子力에너지이다.

현재의 5 個年計劃(1981~1985年)의 最初 3 年間に 稼動된 原子力發電所의 총출력은 약 850 만kW가 된다(前期 5 個年計劃동안에 稼動을 시작한 원자력발전소의 총출력은 5년동안에 900 만kW). 가까운 장래에 Kalanin, Zaporozhe, South Ukrainian, Belakhov, Smolensk 등의 發電所에서는 出力 100만kW급의 新型 發電機가 稼動하게 되며 또 Kola 原子力發電所에서는 出力 44만kW의 發電유니트가 운전을 시작할 예정이다.

현재 소련에는 전체 23基의 原子力發電所가 稼動 또는 建設되고 있으며 出力合計는 9,000 만kW를 초과한다.

#### (1) 原子力에너지의 技術

소련의 原子力에너지界에서는 發電機의 出力, 나아가서 發電所 全體의 出力을 증대시켜나갈 방침이다. 그렇게 함으로서 原子力發電所의 建設費, 發電原價를 내릴 수 있다. 앞으로는 주로 出力 100~150 萬kW의 發電機를 갖는 400~600 萬kW의 原子力發電所를 建設해 나갈 예정이다.

현재 原子力에너지는 두가지 型의 原子爐에서 얻고 있다. 즉, 輕水型動力爐와 減速材에 흑연, 냉각재에 물을 사용하는 黑鉛減速채널型爐이다. 흑연감속채널형爐는 소련이 처음으로 開

發한 것으로 이 型의 세계 최초의 原子力發電所는 1954年 Obninsk市에서 運轉을 시작하였다.

흑연감속채널형爐의 중요한 장점은 核燃料의 교환을 原子爐 操業中에 실시하는 것이다. Leningrad, Chernobyl 등의 發電所에서는 出力 100 萬kW급의 흑연감속채널형爐를 設비한 發電機가 가동되고 있으며 이들 發電機는 현재 建設되고 있는 一련의 原子力發電所에 對해 標準的인 것으로 생각되고 있으나 100萬kW가 이들 장치의 한계는 아니다. Ignalino 發電所에서는 현재 150萬kW의 흑연감속채널형爐가 加동되고 있다.

輕水型動力爐開發의 獨특한 실험기지가 되고 있는 곳은 Novo-Voronezh 原子力發電所이다. 이 發電所 發電機의 出力은 21萬kW, 36萬5 千kW, 44萬kW로 점점 증가되었으 며 1980年에 처음으로 100萬kW의 發電機가 加동되었 다. 輕水型 動力爐의 장점은 原子爐 建設時 特 別한 기계제 작기지를 設치할 必要가 있기는 하지만 工場에서 大部分을 生産할 수 있고 小 型이며 原子力 發電所를 設置할 때 노동력을 그다지 많이 必要로 하지 않는 점이다.

소련에서는 出力 100萬kW의 輕水型動力爐의 量産이 시작되었다. 原子力機械製作工場 Atomash에서는 輕水型動力爐를 年 8 基 生産할 예정이다.

#### (2) 高速增殖爐

현재 原子力에너지를 발생시키는 裝置로는 우라늄235를 核燃料로 하는 熱中性子原子爐가 주로 사용되고 있는데 우라늄235는 天然우라늄

중에 불과 0.7%밖에 포함되어 있지 않다. 그래서 우라늄의 나머지 성분인 우라늄238을 고속증殖爐를 利用해서 核燃料로 使用하는 것이 重要하다.

고속증殖爐가 稼動을 시작한 것은 1950年代였으나 현재 그 數는 全世界의으로 그다지 많지 않다. 長期間 信賴되는 성능을 갖는 고속증殖爐를 건설하는데는 매우 어려운 문제가 많다. 그래서 고속증殖爐의 量産을 開發하는 期限이 1980年代初에서 1990年代로 연기되었다.

소련은 Shevchenko 原子力發電所에서 出力 35만kW의 고속증殖爐를 稼動하고 있다. 이 發電所는 電力뿐만 아니라 脱塩裝置用 熱도 供給하고 있으며 (Shevchenko 市の 주변에는 淡水가 거의 없으므로 海水를 脱塩하여야 한다) 또한 우랄의 Beloyarsk 發電所에서는 60만kW의 고속증殖爐가 가동되고 있다.

현재 소련은 出力 80만kW의 改良型 고속증殖爐의 開發에 착수하고 있는데 이 爐가 앞으로 原子力發電爐로서 量産되게 될 것이며 出力이 더욱 높은 고속증殖爐의 설계도 行해지고 있다.

### (3) 熱도 供給하는 原子力

原子力에너지는 電力뿐만 아니라 熱을 生産하는데도 使用할 수 있다. 人口 40만명의 도시인 경우 出力 100만kW의 原子力熱供給스테이션이 1基있으면 충분하다. 이와같은 熱供給스테이션의 第1號機가 建設되고 있으며 熱과 電力을 공급하는 原子力熱供給發電所도 建設되고 있는데 그 出力은 200만kW이다.

이 熱供給스테이션과 原子力熱供給發電所가 稼動을 시작하면 보일러에서 연소되는 대량의 有機燃料를 절약할 수 있게 될 것이며 原子力熱供給스테이션은 방사능오염이라는 관점에서 매우 安全하기 때문에 大都市의 근교에도 設置할 수 있다.

### (4) 安全性 保障

原子力發電所도 다른 工場들과 마찬가지로 환

경에 영향을 미치나 火力發電所와 비교하면 그 영향은 극히 적다고 할 수 있다.

原子力發電所의 出力 增大와 더불어 위험성도 높아질 것 같으나 적절한 예방조치를 취함으로써 原子力에너지의 安全한 發展을 추구할 수 있다. 그것은 高性能 機械의 製造와 設置, 가동상태의 定期檢査, 發電所의 精確한 操業, 高効率의 信賴性이 있는 방어장치의 설치 등에 의해서 달성되고 있다.

소련에서는 原子力發電所의 설계, 建設, 조업에서 적절하게 기준과 규칙이 준수되고 있는가를 집중적으로 監視하고 있다. 以前에는 이와같은 감시를 몇군데의 團體가 하고 있었으나 原子力發電所가 급속하게 發展하고 發電所網이 확대되어 發電所의 數와 총출력이 증대한다는 조건하에서는 全權을 가진 하나의 기구에 감시기능을 집중시킬 必要가 생겨서 1983년에 國家原子力發電安全委員會가 設置되었다.

또한 原子力發電所는 고장시를 포함해서 모든 작업상황에서 安全해야 하며 이 目的을 위해서 소련의 原子力發電所計劃에서는 특별한 措置가 취해지고 있다.

## 2. 中共의 原子力事情

### (1) 中共의 에너지情勢

1964年 10月 16日 獨力으로 原爆의 開發에 성공하고 이어서 1967년에 水爆實驗도 수행한 中共이 國內의 原子力發電建設을 처음으로 指向한 것은 1970年이라고 한다.

同年 2月 8日 當時 周恩來首相이 中共 최대의 工業都市인 上海近郊에 原子力發電所를 建設하라고 지시하였는데 이것이 오늘날의 秦山 原子力發電所로서 設計 및 建設을 담당하는 上海地區의 관계자가 728프로젝트라고 하는 것도 이와같은 경위에 의한다.

中共의 近代化目標은 國民總生産을 1980年の 7,100億元에서 2000년에는 2兆 9,000億元으로

4 배정도 확대하는 것인데 이 目標을 달성하기 위해서는 에너지의 생산도 이 기간동안에 2 배로 할 必要가 있다.

1980年의 에너지生産은 石炭換算 6억3,000만 톤이었으므로 2000年에는 적어도 12억톤이상의 생산이 필요하게 된다. 中共에는 방대한 석탄 자원과 수력자원이 있다. 石油資源은 겨우 開發의 시작단계에 불과하지만 1982年의 石油生産量은 약 1억톤, 천연가스 약 120억m<sup>3</sup>이므로 開發이 진행되면 더욱 증대될 것으로 보인다.

表 1에 석탄매장량과 包藏水力, 表 2에 石炭産出量, 表 3에 石油, 天然가스生産量, 表 4에 에너지生産量 및 구성실적과 2000年의 展望을

〈表 1〉 中共의 石炭埋藏量과 包藏水力

	合計埋藏量
石炭埋藏量	1,500 × 10 <sup>9</sup> 톤
石炭確認埋藏量	640 × 10 <sup>9</sup> 톤
理論上的 包藏水力	5,900 × 10 <sup>9</sup> kWh/年
利用可能한包藏水力	2,550 × 10 <sup>9</sup> kWh/年

〈表 2〉 中共의 石炭産出量(1949年~1982年)

(100萬噸)

年	1949	1952	1957	1965	1975	1977	1978	1979	1980	1981	1982
生産量	32	66	131	232	482	560	618	635	620	620	666

〈表 3〉 中共의 石油, 天然가스 生産量

年	原油(單位: 1,000 噸)	天然가스(單位: 1億m <sup>3</sup> )
1949	120	0.07
1952	440	0.08
1957	1,460	0.7
1965	11,310	11
1975	77,060	88.5
1977	93,640	121.2
1978	104,050	137.3
1979	106,150	145.1
1980	105,950	142.7
1981	101,220	127.4
1982	102,120	119.3

나타내었다.

이 表에서 알 수 있듯이 에너지소비에서 占하는 석탄의 비율이 높아 현재 약 73%를 占한다. 한편 開發이 가능한 水力資源은 3억7,800만kW로 年間電力生産量으로 환산하면 약 1兆 9,200억kWh에 상당할 것으로 보고 있으나 1982年의 水力發電量은 불과 720억kWh에 불과하였다.

中共은 방대한 석탄자원과 수력자원을 갖고 있으나 문제는 이들 에너지資源의 分布가 偏在하고 있는데 있다. 석탄자원의 약 60%는 山西省 등 北部地域에 집중하고 있으며 水力資源은 西部地域에 주로 존재한다.

그런데 中共의 3大工業地域은 上海地區, 廣東地區, 東北地區로서 석탄자원이나 수력자원에서 멀리 떨어져 있어서 석탄은 수송에 문제가 있고 수력은 주위환경개발과 長距離送電에 문제가 있어서 工業地域으로의 에너지供給, 특히 電力供給에 차질이 생긴다.

예를 들면 南東沿岸地域의 4省 1都市의 人口는 全人口의 20%를 占하며 農工生産은 全國의 28%를 占하고 있다. 이에 대해 석탄매장량은 1%미만이고 水力資源은 2.7%에 불과하다.

中共 全体의 農工生産을 20年동안에 4 배로 증대시키기 위해서는 上海地區의 경제수준을 현재의 6배로 높여야 한다고 한다. 이와같은 中共의 에너지자원편재 문제를 해결하는 최선 또는 유일한 방법은 原子力開發이라는 사고방식이 급속히 강해진때는 이러한 배경이 있다.

따라서 中共이 현재 추진하려고 하는 原子力

〈表 4〉 中共의 에너지生産量과 構成

年	總生産量 (10 <sup>9</sup> 石炭換算噸)	比 率 (%)				
		石炭	石油	天然가스	水力	原子力
1952	48.7	96.8	1.3	-	1.9	-
1962	171.7	91.5	4.7	0.9	2.9	-
1970	309.1	81.8	13.9	1.2	3.1	-
1980	637.2	69.4	23.8	3.0	3.8	-
2000	1,200					1.3

開發計劃은 단순히 에너지의 다양화를 도모한다는 관점에서 뿐만 아니라 工業地域에로의 電力供給을 어떻게 증대시킬 것인가 하는 절실한 要求에서 出發하고 있다고 보아야 할 것이다.

(2) 中共의 原子力發電플랜트

현재 中共의 原子力發電計劃에는 秦山原子力發電所建設計劃 外에도 다음과 같은 것이 있다.

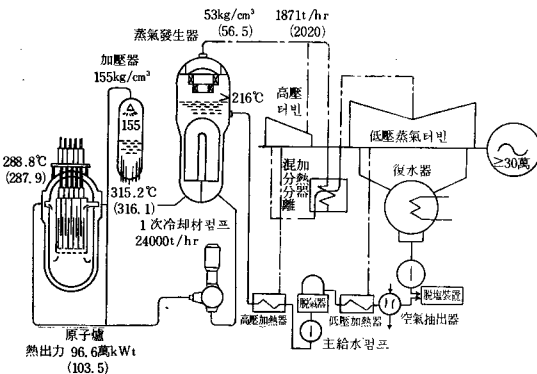
① 秦山(728) 프로젝트: 自主設計에 의한 PWR(電氣出力 30만kW) 發電所. 初期裝填 爐心燃料의 농축도는 2.4%, 2.7% 및 3%의 UO<sub>2</sub>. 냉각재압력 155kg/cm<sup>2</sup>, 出口溫度 302°C, 流量 24,000 t/h. 2루프方式. 設計는 Conservative 이나, 美國 WH의 것에 가까우며 일부 西獨의 KWU 設計와 닮은 점도 있다.

또 장래에는 出力을 10% 증가시킬 것도 고려하고 있다. 한가지 특징은 비교적 小型임에도 불구하고 格納容器에 鋼製가 아니라 Prestressed Concrete를 채택하고 있는 점이다. 그림1에 플로우차트, 그림2와 그림3에 原子爐裝置의 斷面을 나타내었다.

② 廣東프로젝트: 廣東省과 홍콩의 경계지구에 建設豫定. 電氣出力 90만kW PWR 2基. 이發電所의 Feasibility Report는 이미 중공정부의 승인을 받았다.

③ 華東프로젝트: 上海 주변 工業地區에로의 電力供給源으로서 電氣出力 90만kW PWR 2基

〈그림 1〉 發電플랜트의 플로우차트 (괄호內는 增強狀態의 數字)



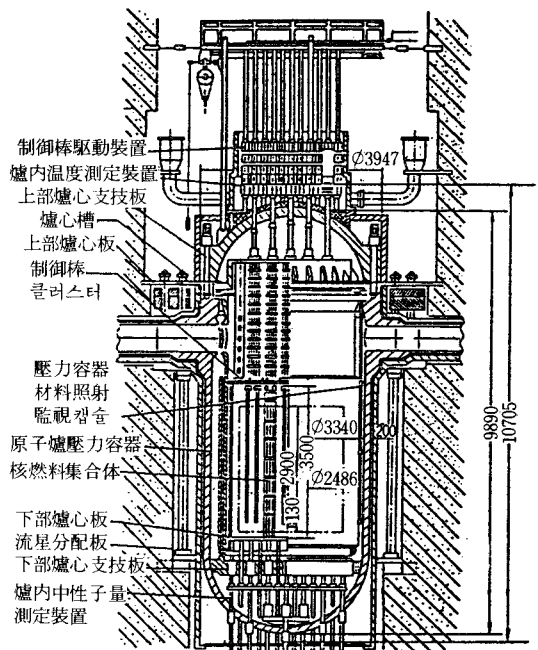
의 發電所建設計劃. 이미 政府의 결정을 받아 준비작업중이다. 사이트는 미발표이나 浙江省의 沿岸地區로 예상된다.

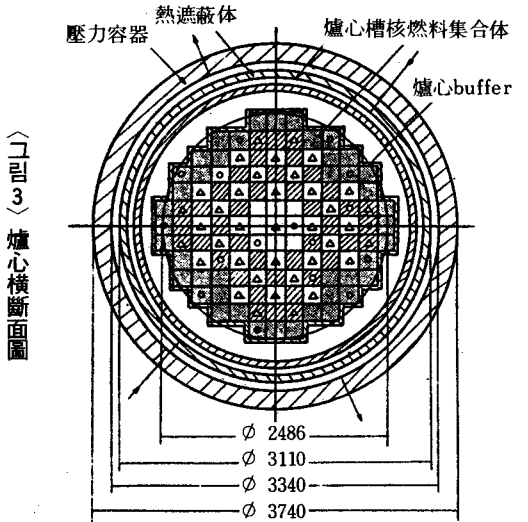
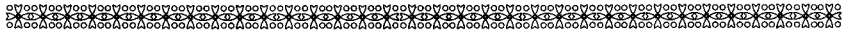
④ 東北프로젝트: 上海, 廣東에 이은 工業地區인 東北地區에 설치를 계획하고 있으나 규모 및 사이트는 아직 정식으로 결정은 되지 않고 있다. 아마 90만kW 2基 PWR로서 遼寧省부근이 될 것 같다.

⑤ 金山프로젝트: 中共이 計劃하고 있는 또 하나의 프로젝트에 熱併合型爐의 開發이 있다. 이 프로젝트의 목적은 上海近郊의 金山工業地區(그림4)에 있는 석유화학콤비나트에 증기 및 전력을 공급하는 것이며 熱出力 45만kW(電氣換算 12.5만kW) PWR 2基로 구성된다. 各各 16kg/cm<sup>2</sup> 이상의 포화증기 500t/h를 공급함과 함께 2.6만kW를 發電하는데 이미 四川省 樂山에 있는 西南原子爐工學研究設計院에서 개념설계를 끝냈다고 한다.

이상이 현재 中共에서 추진되고 있는 프로젝트의 概要인데 이들중 秦山發電所에 대해서는

〈그림 2〉 原子爐裝置縱斷面圖





- I區核燃料集集体 41    ⊠ 制御棒클러스터 37
- II區核燃料集集体 40    ⊞ 中性子計測器 30
- III區核燃料集集体 40    □ 核燃料集集体出口水温計測點41

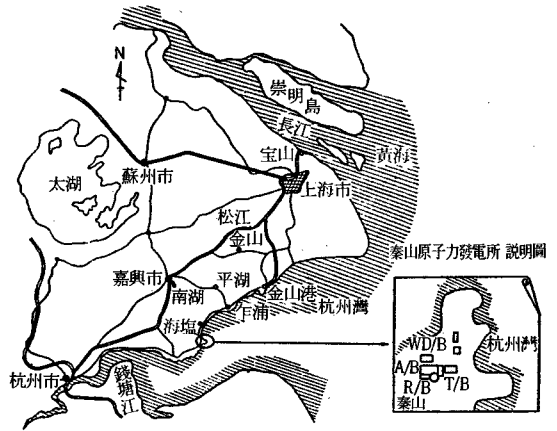
1983年 6月부터 上海의 南西 126km, 杭州의 東 92km의 杭州灣北岸에 있는 秦山에 토목공사를 시작하였으며 건설자재, 設備機器의 제조, 조달에 들어갔다.

당초 中共側은 모두 國産으로 憵당할 생각이었으나 정부가 결정한 運開目標가 1988年이었고 설비기기류의 現地納入은 1986年末이라는 타이탄한 스케줄때문에 설비기기의 일부는 海外에서 수입하는 방침으로 전환하였다.

그 主된 것은 壓力容器, 主순환펌프, 증기발생기細管, 中性子檢出裝置, 콘덴서用 티탄 튜브 등이다. 中共原子力發電開發의 長期目標은 2000년까지 1,000만kW이다. 앞으로 이 목표를 달성하기 위해서는 아직도 상당수의 프로젝트가 必要하다.

秦山發電所에 대해서는 이미 2號爐(電氣出力 60만kW)의 예정이 수립되어 있으나 앞으로의 方向은 導入原子力發電技術의 國産化를 급히 서두름과 동시에 自主開發原子爐의 규모를 30만 kW 유닛에서 60만kW, 90만kW, 120만kW로 증가시킬 것을 고려하고 있다. 四川省의 西南

〈그림 4〉 秦山原子力發電所地圖



原子爐工學研究設計院에서는 秦山 2號爐用 60만kW유닛의 設計를 시작하였다고 한다.

中共의 原子力發電프로젝트 추진방법에는 다음의 세가지方式이 있다.

첫째는 지방정부가 主가 되고 중앙정부가 협력하는 것, 두번째는 중앙정부가 主가 되고 지방정부가 協力하는 것, 세번째는 중앙정부가 모두 실시하는 것 등이다.

또 중앙정부내에서의 협력체제로는 原子爐 및 1次系統, 核燃料:核工學部, 2次系統(터빈·발전기):水利電力部, 機械關係:機械工業部, 티탄 등 금속재료:冶金工業部 등이며 이들 4部全般에 걸친 조정은 國家計劃委員會가 행하고 原子爐시스템의 안전규제는 核工學部와 별도의 國家科學技術委員會가 담당한다.

(3) 中共의 IAEA 加盟

1983年10月의 國際原子力機構 (IAEA) 總會에서 中共의 加盟提案이 승인되어 中共은 1984年 1月부터 正式으로 IAEA의 加盟國으로 활동을 시작하였다.

加盟에 있어서 中共代表는 설명을 통하여 中共은 IAEA憲章의 모든 조항을 성실하게 준수하겠다고 하였다.

中共이 앞으로 IAEA의 一員으로서 어떤 형태로 기여할 것인지는 아직 확실하지 않으나 原

子力平和利用을 위한 國際시스템에 참가한 이상 종래의 고립되었던 방향에서 各國과의 사이에 여러가지의 협력관계를 추구할 것이 기대된다.

이와같은 방향전환이 秦山原子力發電所 프로젝트의 수행이라는 큰 目標에 기인하는 점이 많다고 하면 秦山프로젝트에 대한 外國의 적극적인 협력은 中共이 앞으로 더욱 國際的平和利用의 조직속에 참여하는 하나의 중요한 동기가 될 것이다.

中共이 여러 國際會議에서 原子力發電計劃과

목표를 표명한 후 美國, 英國, 프랑스, 서독 및 日本 등은 급속하게 中共에 어프로치하여 적극적인 협의를 벌이고 있다.

현재 中共側에서는 IAEA의 保障措置 그 자체가 아직 구체적으로 이해되고 있지는 않은 것 같은데 美國, 英國, 프랑스, 소련 등과 적용의 실제에 대한 이해가 진행되면 國際協力에 의해서 얻어지는 實利를 고려하여 적어도 소련정도의 보장조치를 받아들일 가능성이 가까운 장래에 있을 것으로 기대되고 있다.

(資料：原子力工業6月號)

## 第2世代의 美國增殖爐計劃

### 本質的인 安全性과 經濟性 要求

美國 에너지省(DOE)의 第2世代 高速增殖爐(FBR)의 設計研究豫算 1,500만달러 획득을 둘러싸고 GE社와 WH社는 각각 新型FBR의 概念을 發表했다. DOE는 新型FBR에 本質的인 安全性을 要求하는 외에 높은 經濟性을 또한 要求하고 있다.

#### GE社의 新型FBR 概念

GE社의 新型FBR概念은 모듈原子爐(MRP)라고 불리어지며 1基當의 出力이 11만KW인 原子爐모듈 3基를 하나의 증기발생기건물과 터빈 건물에 接續시켜 합계 33만KW를 하나의 發電 유닛으로 하려는 것이다.

MRP와 主된 機器는 모두 공장에서 생산되어, MRP는 工場에서 철도로 수송된 후 그림2처럼 트레일러로 견인되어 사이트에 설치된다.

GE社에 의하면 이 플랜트의 특징은

① 原子爐를 본질적으로 安全한 것으로 하였고 기 때문에 “原子力級”의 精度가 필요한 부분을

줄일 수가 있어서 建設코스트를 削減,

② 開發코스트가 수백만달러로 된다 등이다.

MRP의 크기는 높이가 18m, 직경이 6m이다. 그림1에서 보는 바와 같이 原子爐容器내에 직경, 높이가 109cm인 爐心이 위치하고 原子爐容

