

프랑스原子力計劃과 國際協力

The French Nuclear Program &
International Cooperation

— Anaré V Giraud (프랑스原子力委員會議長) —

프랑스原子力計劃과 國際協力

- Anaré V Giraud (프랑스原子力委員會議長) -

1. 原子力에너지 : 世界의 必要性

世界의 에너지 展望에 對한 많은 研究論文이 지난해 동안 發表되었으며 이것은 學者들에 따라 意見의 差異는 있지만 그 傾向은 分明히 一致되고 있습니다. 即 1975年度에 比較하여 2000年度에는 原敎需要가 적어도 그 2倍인 9500MTOE로 推산되며 이 時點에서는 그림 1에서 보듯이 美國과 先進工業國 그리고 其他 第3國의 所要量이 비슷하게 3等分 되리라 豫想됩니다. 그러나 이 豫想은 다음 두가지 理由때문에 最小值를 나타낸것에 不過할뿐입니다.

첫째, 에너지 成長率을 1955年~1973年동안의 年平均 5.2%에서 1974年~1999年동안에는 3.3%로 낮추어 假定하였다는 點입니다. 그러나 이것은 先進工業國들의 相當한 努力을 通하여서만이 이루어질것입니다. 또한 이것은 非共產國들의 2000年度의 豫想에너지 消費를 이때까지의 歷史的趨勢에 依한 豫想所要量의 $\frac{2}{3}$ 에 不過한 數值로 推定한것임으로 이것을 保障하기란 매우 힘든 일이겠습니다.

둘째 第3國에 있어서 學者들마다 서로 다른 見解를 나타냈다는 點입니다.

即 그들은 2000年度의 所要를 2000에서 3000MTOE로 豫想하였으나 Leontieff에 依하면 開發國과 第3國과의 現在의 不均衡을 $\frac{1}{12}$ 에서 $\frac{1}{7}$ 로 좁히기 爲해서는 5000MTOE가 所要될것이라 豫

想한바에 따라서 第3國의 2500MTOE는 最少值이지 結局 未開發問題
를 解決할수있는 充分值는 되지 못하는 것입니다.

一致된 豫想에 依하면 앞으로 에너지 供給의 構造는 다음과 같
이 달라질것이라 보아집니다. 即 石油는 55%에서 45%로 減少
되며 水力은 現在의 狀態(6~7%)로 維持되고 새로운 代替에너
지가 約間 充足될것이며(3~5%)나머지 45%는 石炭과 가스
그리고 原子力으로 充當될것이라는 見解입니다.

그런데 이것은 果然 現實性이 있다고 볼수 있겠습니까?

埋藏된 것이 確認된 採掘可能한 石炭으로 現在의 年 12億屯代身
22億屯까지 供給할수는 있지만 이것은 不可能한것도 아닌 反面 그
렇게 쉬운것도 아닙니다.

石油의 境遇는 더욱 困難합니다. 비록 埋藏地는 얼마 되지 않
지만 이때까지 供給의 主流를 이루어 왔으며 1960年과 1973年
사이에 世界의 經濟成長에 主要役割을 担当해 왔읍니다.

그림 2는 現在부터 2000年度까지의 各各 다른 石油消費 豫想值
를 나타낸것입니다. 不確實한量은 斜線에 依해 表示되었읍니다.

地表研究로부터 나타난 2個의 曲線은 生産可能量을 나타냅니다.
曲線 P 1은 最大生産可能量을 나타내며 曲線 P 2는 새로운 埋藏地의
生産에 基礎를 둔 매우 妥當하게 現實化한 값입니다.

假定에 關係없이 1985年에서 2000年사이의 石油資源不足은 分
명한 危險입니다. 仔細한 資源生産의 分析에 依하면 1985年頃에
는 石油危機의 可能性을 充分히 確認할수 있으며 그것은 무서운

結果를 招來할것입니다.

即 1985年度에 全消費의 約 40%를 차지할 美國과 其他 다른 나라들과의 政策的 摩擦을 招來할것이라는것을 우리는 쉽게 想像할 수 있으며 또한 石油가 絶對적으로 必要한 工業國이든 石油가 開發에 必要한 絶對적인 要素로 要求되는 開發國이든 間에 石油의 不足에 依한 社会的 經濟的 結果를 豫測할수도있습니다.

따라서 最惡의 境遇가 恒常 發生하는것은 아닐지라도 다른 分野의 에너지 開發은 必然的이며 2000年度에 있어서 原子力發電量은 MIT에 依해 豫見된 1500MTOE는 確實히 낮은 假定值이며 增加되어야만 하는 量입니다.

(實除로는 2000 ~ 2500MTOE로 豫想)

大部分의 石油를 輸入에 依存하고있는 工業國들 中에는 日本과 프랑스도있다 中에서 이것은 더욱 深刻한 問題인것입니다.

2. 프랑스의 에너지政策

1976年度에 프랑스는 175MTOE를 消費한 反面 國內生産量은 단지 40MTOE에 不過하였습니다. (石炭 18, 石油 1.5, 가스 6.5, 水力 11, 原子力 3) 그러므로 프랑스는 77%를 輸入에 依存하고 있습니다. 이 不均衡은 우리의 에너지資源不足에 依한것이며 이것은 다음表에 依해 確實히 알수있습니다.

M T O E	(a) 確認埋藏量	(b) 1976年消費量	年數 $\frac{(a)}{(b)}$
石 炭	300	32	9
가 스	132	19	7
石 油	9	109	0
全体化石燃料	541	160	3.4

여기에서 水力發電의 增加可能性은 每年 5MTOE로 除限된다는데 留意하십시오. 그러므로 우리에게는 에너지 供給의 主要問題입니다.

다음表에서 確實히 알수 있드시 日本도 그狀況은 類似합니다.

M T O E	(a) 確認埋藏量	(b) 1976年消費量	年數 $\frac{(a)}{(b)}$
石 炭	1,020	54	19
가 스	10	8	1
石 油	3	196	0
全体化石燃料	1,033	258	4

1955년부터 1976年사이에 프랑스에 너지 資源의 海外依存度는 36%에서 77%로 增加하였습니다. 따라서 우리는 危險段階에 到達했으며 收支의 不均衡을 나타내고 있습니다. (現在 石油에 支払되는 總金額은 總國內生産의 3% 以上을 차지함)

가장 豊富한 國內化石資源으로 石炭이 있기는 하지만 이것의 生産增大는 社會問題를 일으킬것입니다. 即 이것은 비싼 에너지를

供給 할뿐 資源難解決에 아무런 도움도 되지 못할 것이며 埋藏量만 枯渴시킬것입니다.

그러나 프랑스는 約 10万吨의 우라늄 埋藏을 保有하고 있습니다. 이러한 埋藏量이 豊富한것은 아니지만 LWR에 使用되며 北海 石油埋藏量의 $\frac{1}{3}$ 即 約 800MTOE에 相当하는 것입니다. 增殖炉의 使用으로는 이 우라늄으로 5000MTOE를 生産할수있으며 中東 石油埋藏量의 全体와 같은 값이 될수 있습니다.

世界는 이와같이 原子力 에너지의 必要가 絶對的이며 프랑스의 에너지 政策의 選擇도 따라서 分明해 집니다. 프랑스는 1938年 以來로 原子力開發에 活氣를 띄웠으며 1973年 石油波動으로 政府는 原子力計劃을 急進展시켜 向後 10年동안 每年 5000MWE의 原子力發電容量을 即 最少限 每年 5基의 原子力發電所建設을 推進하기로 決定하였습니다. (그림 3)

우라늄不足을 克服하기 爲하여서는 高速增殖炉使用에 對한 決定과 長期電源開發計劃을 比較檢討하는것이 必要하게 되었습니다. Phe'nex 高速增殖炉가 이제 막滿足스런 稼動을 始作하였습니다.

1977年에 1200MWe級 原型炉인 Supper Phe'nex 高速炉의 基礎가 무너지 關係로 增殖炉의 商業稼動이 1990年까지 可能하도록 再設計된것입니다. (그림 4 및 5)

3. 目的에 呼応할수있는 産業政策

이러한 目的에 呼応할수 있도록 우리의 原子力建設産業은 組織化 되어야만 하였습니다. 最初의 熱中性子炉로 LWR를 選択하였으며 檢討를 마친後 PWR로 規格化 시켰습니다.

1958年 以來로 FRAMATOME은 Westinghouse와 技術提携를 맺었습니다.

原子力開發의 推進을 決定한 以來로 Creusot Loire는 Framatome에 設備投資에 對한 財政的支援을 行하여 Chalon에 sur Sao'ne工場建設을 이룩했습니다. 여기서 每年 24基의 Steam Generator와 8基의 Reactor Vessel을 生産할수 있게 되었으며 한便 Alsthom-Atlautique에서는 터빈을 供給할수있는 設備를 갖추었습니다.

이것으로 每年 8基의 900MWe級 또는 6基의 1300MWe級을 製作할수 있으며 Framatome은 每年 2基를 輸出 할수있게 되었습니다.

한便 原子力發電所의 建設을 計劃에 依해 遂行할수있는 適當한 팀의 創設과 効果的인 品質保證팀의 構成도 重要한 問題가 되었습니다.

오늘날 우리가 豫見할수 있드시 設計上 그리고 安全性問題에 있어서의 變化에도 不拘하고 이 意慾的인 計劃은 6個月 以上 遲延되지 않을것으로 봅니다.

똑같이 重要한것은 研究開發팀외에 建設팀에게도 있습니다. 처음

Know - Why에다 Know - how를 더하고 다음으로, 製品의 技術開發을 期하여야 하겠습니다.

오늘날 NSSS는 完全한 技術의 마지막 頂點은 아닙니다. 供給者인 Framatome과 電力会社인 EDF가 研究開發機構인 CEA 사이의 緊密한 協助가 바람직한것으로 봅니다. 따라서 政府는 CEA가 Framatome의 株式을 所持할수있도록 決定하였습니다. 이것으로 研究팀과 建設팀과의 隔差를 줄일수있으며 各種의 協議도 이루어질 수 있게 되었습니다. (그림 6)

더우기 最近에는 NOVATOME이라는 또다른 会社가 CEA와 提携하여 FBR 및 또다른 新型開發爐에 對한 建設 및 市場調査를 爲하여 設定 되었습니다.

이것은 Super - Phoenix와 契約을 맺고 있기는 하지만 우리의 高速增殖爐에 對한 開發은 汎世界的으로 推進되고있습니다.

即 프랑스, 독일, 이태리, 벨기에, 네덜란드 등이 그들의 開發計劃을 함께 하기로 同意한 것입니다. 우리가 實除로 에너지不足으로부터 벗어나기를 願한다면 우리는 原子力에너지의 範圍를 넓혀야합니다. 이것이 CEA가 낮은 容量의 (100-150Mwe) 潛水盤爐의 開發에 着手한 理由입니다. 이러한 原子爐는 表面推進力을 나타내기에 適合하며 日本의 IHI社와 이分野의 技術提携로 補強 되었습니다.

CEA는 또 다른 基幹産業 Group인 Alstom Atlantique의 파트너인 同時에 技術提携先입니다.

에너지市場 그自体는 (Aeat Market) 또다른 可能한 技術伸張이며 한편으로는 未來의 原子炉 即 地域에너지를 爲하여 獨特하게 設計된 새로운 System 創案에 있어서의 設計作業을 刺躰시켰읍니다.

4. 主要特性 : 核燃料周期

NSSS가 實際로 稼動되면 稼動期間의 20年~25年동안은 核燃料의 供給이 保障되도록 하는것이 重要합니다.

(1) 우라늄鉍

原子力 에너지의 初期때부터 프랑스는 우라늄供給의 確保에 慎重을 期하였읍니다. 全國土가 広範圍하게 우라늄을 期待하였읍니다. La Crouzille 鉍山이 1948年 発見되기는 하였지만 國內 및 國外에서 프랑스뿐만 아니라 外國電力会社를 爲하여 運營되는 프랑스 우라늄 産業을 確立하는것이 將次の 에너지需要觀點에서 보아 바람직한것으로 考慮되었읍니다. 現在로는 大略 5000 屯을 處理하고 있습니다.

(2) 同位元素 分離

低濃縮 우라늄 使用 原子炉에 依한 電力供給을 決定한 1969年以來로 우리의 Know - how를 開發시키는것이 더욱 必要的이 되었읍니다.

이러한 形態의 原子炉는 다른것에 比해 優越性이 있을뿐만 아니라 未來에는 濃縮우라늄도 同位元素分離에 關한 研究를 指導해 왔

입니다. 이것은 프랑스, 이태리, 스페인, 벨기에, 이란 등이 共同協
議한 Eurodif 計劃에서 招來되어 yom Kippur 戰爭에 依해 促進
決定되었습니다. 우리의 濃縮工場은 1978年 生産開始할것이며
1981年 그容量이 10.8MSWU 로 豫想되고 있습니다.

(3) 再處理

放射能廢棄燃料을 永遠히 貯藏시킨다는 生覺은 大端히 일찍부
터 알려져 왔습니다. 燃料은 原子炉心内에서 制限된 領域에서 만이
지탱(支撐)될수 있도록 設計되어 있으므로 一但 그것이 炉心에서
부터 벗어나면 그들의 本來의 모습은 오래동안 維持될수는 없습니
다. 金屬燃料은 Pool 貯藏庫에 있는 境邁 特別히 부서지기쉽고
대단히 빨리 허물어지기 쉽습니다.

酸化燃料은 若干 더 단단하기는 하지만 亦量 強度는 좋지 못하
며 더구나 取扱하기에 힘이 듭니다. 容器에 保管시켜야하는 5 m
以上되는 길이의 燃料集合體는 地下에 貯藏시키는것이 거의 不可能
합니다. 이러한 放射能을 가진 PWR 燃料은 核分裂生成物 14 kg
以上の 플로토늄에 該當됩니다.

이러한 生態學的 安定性 考慮때문에 再處理가 必然的이어야만 하
게 되었으며 世界의 資源管理가 더욱 바람직하게 行하여지게끔 되
었습니다.

우리의 計劃 처음부터 우리는 프로토늄의 分離에 積極的인 関心
을 가졌었습니다.

一但 再處理技術이 發達되면 燃燒가 적게된 MAGNOX 燃料의 再

処理도 相對的으로 쉬운 作業이 될것입니다.

暫進的으로 燃燒率을 높임으로서 技術進歩에 迫軍을 可하게 되었읍니다. 이러한 經驗은 우리가 높은 放射能을 띤 LWR 酸化燃料을 再處理해야하는 復雜한 問題를 取扱할때 매우 重要한것입니다.

再處理作業을 提供하고있는 但 2個國만이 天然 우라늄, Graphite, Gas 炉로 그들의 原子力産業을 始作하였다는것이 暴路되고 있습니다.

(그림 7) (写真: La Hague) (写真: Eurodif)

5. 國際的現況

어떠한 國家에서든 어떠한 原子力政策도 國際的協力없이 는 이루어질수없읍니다.

世界는 앞으로 深刻한 에너지危機를 맞이하게될 危脅에 處해 있습니다.

石油및石炭의 供給은 國際市場에 依하여 決定되어집니다. 따라서 아무도 國際的으로 에너지問題를 解決할수는 없읍니다.

万若 世界가 深刻한 政策問題와 어쩌면 戰爭까지도 惹起시킬지모를 이러한 에너지 不足現狀을 벗어나기를 願한다면 原子力問題는 當然히 國際的으로 다루어야만 합니다. 그러나 한 나라에서 다른 나라로 核物質과 施設 或은 知識까지도 그것의 交流는 最近 主要外交的問題가 되고있읍니다. 따라서 若干의 制裁가 決定되어졌으며 또다른 方案들이 여기 저기서 主唱되고 있습니다.

그것은 核拡散의 防止가 主要目的인것입니다. 要約하면 原子力에

너지의 平和的利用은 必須不可欠이며 그것은 國際的協力과 交渉을 通하여서만이 展開될 수있으며 核擴散은 또한 國際的協力과 交渉을 通하여 期必코 막아야만 되겠습니다.

우리는 이矛盾을 어떻게 막아야되겠습니까?

問題는 어렵습니다. 그러나 그것은 모든 政府와 關係者가 核擴散을 막고 原子力의 平和的利用을 擴張할수있는 法則을 決定하기爲한 조심스러운 協商을 기다리고 있습니다. 核武器製作에 使用될수 있는 物質은 高濃縮우라늄과 高濃縮플로토늄입니다.

多幸히 이것은 原子力 에너지의 平和的利用의 結果로는 나타나지 않습니다.

結果的으로 이 두 活動을 分離시키기 爲하여는 技術的 解決과 適切한 國際機構의 組織化와 政策的協商을 通함으로 이루어질수 있다고 믿는바입니다.

(1) 技術的 解決方案

平和的利用에 對한 活動을 軍事的使用으로 自然스럽게 轉換시킬 수가 없다면 이러한 平和的 利用活動을 制限할 必要는 없는 것입니다. 그리고 万若 그것이 經濟的이라면 技術의 어떤 段階에서의 그 有用性으로 말미암아 核擴散이 아닌 技術段階에서의 國際的交流는 不必要하게 될것입니다. 우라늄濃縮에 있어서 우리는 經濟的으로 利潤이 있는 適切한 容量(1~3 MSWU)을 갖인 工場을 세울수있는 化學的 工程을 알고는 있지만 아직도 高濃縮우라늄을 製作할수는 없습니다. 우리는 至今 다른나라와의 協力으로 試驗段階로 50,000

SWU 를稼動시키고 있습니다.

再處理에 있어서는 플루토늄의生成이 分明히核拡散을 시키지 않는 原子力國家에서 開發되어진 傳統的인 Purex法을 使用할 必要는 없습니다. 即 플루토늄을 生産할수없게 하는 方法이 있습니다. 그것은 推拙過程中이나 酸化燃料로 變化시킨後 그리고 再處理工程을 끝내기 前에 플루토늄을 使用못하게 하는 方法이었습니다.

Civex工程이 最近 美国, 英国 技術者들에 依해 紹介되고있으나 이것역시 核拡散規制技術의 變形입니다. 우리는 이러한 問題를 担当하고있는 INFCE가 適切な 核拡散規制技術을 公布하기를 苦待합니다.

原子炉의 形態에 따른 技術的選擇도 原子炉가운데 PWR이 核分裂物質의 變遷에 덜 敏感합니다. 한편 이것은 炉内に 어떤것을 伸込하거나 除去시킬때 덩개가 除去되어야만 하며 이것은 쉬운 問題가 아니며 오랫동안 炉를 停止시킬 必要가 있습니다. 따라서 CANDU나 MAGNOX 炉가 繼續的인 燃料荷役作業으로 軍事的 目的에 使用할수있는 品位의 플루토늄을 製作할수있는데 反해 PWR은 그自體로 理想的인 安全保護가 되어있습니다.

增殖炉는 完全한 炉 停止後 不繼續的인 燃料荷役作業을 行하는 PWR과 비슷한 特性을 가지고 있습니다. 增殖炉의 拡散問題는 그 燃料가 새것이든 使用한것이든 그 安全保護가 必須的으로 要求됩니다. 더구나 플루토늄은 그最初 稼動時부터 包含되어야함으로 先進工業國들이 얼마간 保留해야할 技術로 보여집니다.

(2) 國際機構의 組織化

가능한 核拡散規制技術의 選擇과 아울러 國際的 團體가 이 莫
強한 技術의 補給을 減少시킬수있도록 스스로 그 組織化에 努力을
기울여야 할것입니다. 例를 들면 1976年까지는 專門家의 大部分
이 再處理는 必要하다고 異口同聲으로 同意하였읍니다만은 지금도
역시 再巡環時 核分裂生成物과 플로토늄을 熱中性子로나 高速中性子
爐에서 防閉할수없다면 繼續하여 그것은 最善의 方法으로 여기고
있읍니다. 한나라가 어디서든 再處理된 燃料를 가질수없다면 어떻
게 되겠읍니까? 그렇다면 國內自體의 再處理工場을 세우려고 努力
할것입니다. 그리고 다른 나라로부터 받은 再處理 Know-how가
有用하지 않다면 어떻게 되겠읍니까?

그렇다면 얼마간 制裁를 받더라도 스스로 再處理技術을 開發하려
고 努力할것입니다. 이렇게되면 再處理에 對한 禁止措置는 오히려
再處理技術의 擴大補給을 招來할것입니다. 이 보기는 國際的 努力問題
가 重要한 原子力産業의 一部라는것을 보여줍니다. 많은 나라에서
原子力에너지는 비록 軍事的目的이 없을지라도 絶對적으로 必要하며
그들中 大部分은 供給의 安定을 期하도록 努力할것입니다. 同時에
그들은 自身이 國際的 供給에 依存하고 있다는 느낌을 받지않도록
매우 자주 國內的으로 解決하려고 努力할것입니다.

따라서 擴散의 危脅을 減少시키는 한 方法으로 믿을수있는 國際
的 供給을 促進시키는것이 重要합니다. 여기서 "믿을수있는"이라는
말은 여러가지 意味을 가집니다. 그것은 充分한 容量이 適切한

期間内に 세워져야 하며 消費者가 믿을수있어야만 한다는것입니다. 또한 그것은 各種의 方法을 通하여 (競争, 會計監査, 權利分配等) 그들이 支払하는 價格이 公正하다는 生覺을 가지게끔 하는것을 意味합니다. 以上の 考慮는 天然우라늄 生産을 開發하기 爲하여 또한 適切한 技術과 適切한 安全措置를 行하면서 適當한 場所에서 濃縮 및 再處理를 할수있게끔 提案된것입니다. 따라서 이러한 工場은 몇個면 充分하리라고 봅니다.

(3) 政治的 協商

위 提案을 完成시키고 補充시키기 爲해 國際的協力과 對策이 行해져 왔으며 앞으로 必要한것입니다. 國際的 安全規制가 가장 잘 알려진 그 보기입니다. 그것은 더욱더 補完될수있으며 規制者는 그 Know - how에 接近할수있는 關心을 가져야 하겠읍니다.

앞에서 言及하였드시 技術交流의 制限措置는 어떤 다른 國際的協力으로 補償되어야 합니다.

剩餘플로토늄은 原子爐에서 消滅될때까지 貯藏시키는 것이 國際的 管理에 適合한것처럼 여겨지며 그것의 運送도 高濃縮우라늄의 運送처럼 國際的法規의 制約을 받아야만 되겠읍니다. 例를들면 再處理 工場 및 貯藏倉庫와 原子爐사이의 國際的 運送은 단지 燃料製作을 爲한 混合酸化物만이 取扱되어야만 하겠으며 또한 燃料 그 自体만이 可能하도록 規制되어야만 하겠읍니다.

우리는 恒常 原子力에너지가 世界平和에 이바지하고 있다는것을 念頭에 두어야 하겠읍니다. 卽 모든 國家는 各國의 名譽를 維持

하면서 그 에너지 政策을 規定지을 權利가 있습니다.

그리고 万若 除限措置가 決定된다면 核分裂物質과 Know - how, 科学과 知識等의 交流가 몇몇國家에만 局限될 수도 없습니다. 이러한 原則을 받아들이지 않는 어떠한 擴散禁止政策도 早晚間 失敗로 끝날것이기 때문입니다. 反面 擴散禁止政策의 폭넓은 受諾은 進歩된 技術과 適切한 産業 및 商業的인 供給組織과 그리고 核擴散의 危險이 減少되는동안 原子力에너지를 擴張可能케하는 法則을 받아들이는것과를 競合하는 賢明한 國際的協力을 通하여 이루어질 수 있는 것입니다.