

프랑스의 輕水爐技術 改良

- 原子力開發政策 및 標準化 原子爐 -

R. 카알

〈프랑스電力廳 副總裁〉

I. 序論

1970年初 原子爐 爐型을 둘러싼 國際的 論議의 影響을 받아 多少 쓰라린 經驗을 치룬 다음 프랑스가 決斷으로 自國의 原子爐型을 PWR로 決定하고 PWR技術開發에 着手했었던 것은 周知의事實이다. PWR技術은 그 以後로 모든 프랑스 原子力發電所의 設計, 建設에 採擇돼 왔으며 수퍼피닉스 및 高速增殖爐만이例外 爐型으로 現在 90萬KW 유니트 38基(이 중 32基는 發電中)와 130萬KW 유니트 20基(이 중 5基는 發電中)가 發注되었다.

지금까지 이 綜合的인 原子力發電計劃이 成功을 거두어 온 것은 플랜트 標準化에 焦點을 맞춘 프랑스 原子力產業의 熟練된 技術과 能力의 結果에 힘입은 바가 크다.

이와 같이 各種要件을 충족할 수 있었던 것은 標準化原子爐 爐型(90萬에서 130萬KW로, 現在에는 140萬KW)과 原子爐시리즈政策의 덕택이다.

이 計劃의 技術的인 成功에 대해서는 特別히 詳細하게 說明을 더 할 필요가 없다. 이미 프랑스 國內만이 아니고 널리 外國에서도 認定하고 있는 사실이다. 그러나 이들 90萬KW의 現在 運轉中인

모든 플랜트(32基)에 관해서는 平均에너지 利用率*이 1985年時點에서 83%였지만 發電全體에서 占하는 原子力部分은 70%를 초과하고 있었던 점에 留意할 필요가 있다.

물론 우리들은 앞으로도 몇 가지 分野에서 既存發電所의 性能改善를 위해 더욱 前進할 計劃이다.

또한 이와 같은 目標達成에 努력을 傾注함과 동시에 우리들은 經驗의 피드백에서 얻은 教訓과 새로운 原子爐 爐型, 즉 N₄(140萬KW)의 設計段階에서 행해진 技術革新중에서 많은 것을 도입해 왔지만 앞으로도 이와 같은 改良으로 將來 있음직한 發電所相을 追究해 나가려고 한다.

따라서 本稿의 나머지 部分에서는 世界各國에서 개발된 改良型 原子爐에 의한 發電의 一部分이 될 將來의 發電所의 各種 모델, 특히 N₄모델을 中心으로 說明하고자 한다. 우선 이 問題에 관한 우리들의 方침에 따라 經驗의 피드백을 위해 세워진 組織構成에 대해 그概略을 檢討해 보기로 한다.

* Kd에너지利用率 = 正味利用可能出力相當의 正味에너지 / 期間中繼續될 것으로豫想되는 最高正味出力相當의 正味에너지

II. 經驗의 피드백

經驗의 피드백은 原子力發電所의 安全性, 信賴性과 利用率 面에서 改良方法을 提供한다.

프랑스에서는 이러한 經驗의 피드백에서 얻어지는 利點을 충분히 利用하고 있는데 이것은 프랑스가 다음 세 가지 點에서 매우 有利하기 때문이다.

- 幅範圍하고 標準化된 原子力計劃이 確立되어 있다는 點.

- 唯一한 電力社會(EDF)를 갖고 있다는 點.

- 強力한 原子力產業體가 核蒸氣供給設備의 製造社(Framatome社)와 터빈發電機 製造社(Alsthom社)로 分掌돼 있다는 點 또한 많은

能力있는 中小企業이 있다는 點.

이 經驗의 피드백은 첫번째 發電所에서 發生하는 各種業務의 体계적인 記錄化가 根幹으로 韶 있다(이것은 그 後 擴大되어 現在는 外國에서 發生한 事件에 관한 情報도 包含하게 되었다).

다음에 各種事件은 다음 두 가지 事項으로 區分, 分析된다.

- 發電所의 地域的인 事項.

- 包括的인 타입의 事件과 安全性의 觀點에서 重大하다고 생각되는 事件에 대해서는 國家의 事項.

調查의 段階는 系統的인 分析과 分類法에 따라 選定된 主題에 관한 것에서 부터 시작한다.

安全性을 포함한 改善 또는 包括的인 改造에 관한 予備的 調查는 相應한 改造에着手할 것인지 意思決定을 하는데 있어 도움이 된다.

該當 시스템, 建物 또는 機器類의 初期設計 担當部署가 상세한 設計研究에 차수한다.

시스템 全體는 다음 項目이 基本으로 되어있

- 運轉開始 前後에 발생하는 各種事件의 分析과 分類 또한 對應措置에 관한 多重學術의 作業그룹.

- 各種事件을 기록하기 위한 데이타處理用 裝

備와 集中化된 파일, 각 프로젝트에 관한 指示事項의 폴로·업, 精密調査 전부에 대한 管理와 사이트別 베이스에 임각한 改造工事의 施工.

- 標準化된 節次, 특히 각 프로젝트의 實施를 폴로·업하기 위한 각종 절차.

調查와 改造는 標準化를 壞치지 않는 동시에 完璧主義에 빠지지 않는다는 두 가지 目標에 合致되도록 調整되어 있다. 改造는 어느 것이든 大多數의 유니트(90萬KW 34基와 130萬KW 20基)에 實施하지 않으면 안된다는 사실은 改造에 대해서는 매우 慎重한 어프로치가 필요하며 또한 意思決定에 있어서는 嚴格한 規律이 필요하다는 것을 뜻한다.

III. N₄型 原子爐

N₄型 原子爐 設計가 始作된 것은 1978年末의 일이지만 建設이 始作된 것은 1984年에 들어서 부터이다. 따라서 이 爐型은 말하자면 1990年代의 原子爐이다.

이 新世代 PWR의 設計目標는 基本적으로는 다음과 같다.

- 100% 프랑스技術을 적용한 爐型의 開發.

- 經驗의 피드백에서 必要性이 實證된 開發事項, 특히 TMI事故에서 얻은 經驗에 의해 實證된 事項의 設計段階에서의 反映.

- 安全性에 관한 新要件의 導入.

- 運轉條件, 특히 被曝線量低減에 대한 改善.

- 技術的, 經濟的 性能의 改良.

이들 要因은 모두 지금까지의 爐型의 實質的인 改良 또는 革新과 聯關되는 것으로 볼 수 있지만 本稿에서는 이중에서 가장 重要하다고 생각되는 것만을 골라 자세하게 論하고자 한다.

計裝 및 制御—制御室

TMI事故에서 얻은 教訓中에서 가장 重要한 意

改良型炉 Project(任様明細)

任 様	N4	SP 90	CONVOY	APWR
炉型	1,400 PWR	1,300 Spectrum Shift PWR 3,823 MWth (4,200으로 증대?)	1,300 PWR 3,765 MWth	1,300 PWR 3,926 MWth
原子炉熱出力	4,270 MWth, Condition R 4,056 MWth, Condition S			
正味電気出力	1,460 MWe	1,350 MWe	1,285 MWe	1,350 MWe
Loop 数	4	4	4	—
燃料	17×17	19×19	18×18	8×8
燃料集合体의 数	205	193	193	872
燃料길이	4,267mm	3,900 mm	3,900 mm	—
燃料重量	125t	120t	103.5t	—
平均線型出力発生率	179.2 W/cm	166 W/cm	164 W/cm	—
平均燃焼度	36,000 MW 日/t	39,000 MW 日/t	35,000 MW 日/t	33,900 ~ 39,600 MW 日/t
濃縮度	1.8/2.4/3.1%	3 Zones(3.2%等距離)	1.9/2.5/3.2%	2 Zones(軸方向)
制御棒	73	97	61	205
Spectrum Shift	無	88 水転換棒	無	無
中性子反射体	無	有	無	無
加压器一量	59.7m³	?	65m³	—
原子炉容器				
内径	4,486 mm	5,000mm	5,000 mm	7,000 mm
内圧	155 Bar	157 Bar	157 Bar	73.1 Bar
入口/出口温度	292.2/329.5°C	292.2/327.3°C	291.3/326.1°C	給水 215.5°C
原子炉冷却材 Pump	24,500m³/時			10内部再循環 Pump
蒸気発生器	軸方向Economizer 有	Economizer 無	Economizer 無	—
加熱表面面積	7,300m²	6,040m²	5,400m²	—
Tube 材	Inconel 690	Inconel 690	Incolloy 800	—
Tube Pitch	Triangular	Triangular		
水/蒸気回路				
蒸気出力	2.403 kg/秒	—	2.055 kg/秒	2.122 kg/秒
SG 出口蒸気圧	73.3 Bar	—	64.5 Bar	73.1 Bar
蒸気温度	286.7°C	—	280.3°C	?

味를 갖는 것의 하나가 Man-Machine Interface에서의 改善策이었다. 지금까지 이미 130萬 KW 플랜트에 대해서는 이 면에서 매우 큰努力

을 傾注해 왔고 또한 90萬KW 플랜트에 대해서는 몇가지 Back Fitting이 講究돼 있다. 그러나 EDF는 N₄에 있어서는 더욱 改善策을 反映토록

任 樣	N 4	SP 90	CONVOY	APWR
Turbine 速度	1 HP Cylinder 3 LP Cylinder 1,500 rpm	1 HP Cylinder 3 LP Cylinder	1 HP Cylinder 3 LP Cylinder 1,500 rpm	1 HP Cylinder 3 LP Cylinder
Condenser Tube(Soft 水側)	Z2 CT 18		3 Cr Ni Mo N17 135	
格納容器	2重壁格納容器 外側:強化 Concrete 内側:Pre-stressed Concrete, 通常 Slab	球形格納容器— Liner付一または 2次強化 Concrete 格納容器付一または Steel製 内部格納容 器 및 外部強化 Concrete格納容器付 Single Slab Line 깊이 25m	2重 球形格納容器 内側:Steel Sheet 外側:強化 Concrete	Liner付 円筒形強化 Concrete 製 格納容器
運 転	狀況에 의한 制御	—	事象에 의한 制御	—
計裝・制御	計劃可能한 自己 Test式 Controller	—	計劃可能한 自己 Test式 Controller	—
制御室	全般的으로 電算化 —Data Display —運転制御 —VDU에 関한 相互作用式 Display로부터의 警報	—	在来方式 VDU에 関한 最重要 Data Display付	—
放射線被曝	現在年間 250 Man· Rem 目標年間 150 Man· Rem	年間 100 Man· Rem 以下	年間 50~100 Man· Rem(目標)	年間 180 Man· Rem

決定했다.

1982年 EDF는 制御室을 새로 설계, 수정함으로서 正常時, 異常時, 事故時 및 事故發生 등의各狀況下에서의 PWR유니트의 運轉條件를 개선할 目的으로 一聯의 調査에 착수했다.

- o) 改善計劃은 다음 事項을 포함하고 있다.
 - 광범위한 制御施設 및 데이터 施設의 統合.
 - 運轉員이 쉽게 이용할 수 있는 關聯데이터를 提供하는 高性能 데이터處理시스템
 - 運轉, 補修, 定期點檢 相互間의 적절한 調

整。

이와 같은 目標達成을 위해서는 데이터處理施設을 大幅의으로 활용하는 것이 필요하지만 一次의으로 解決策을 분석한 結果, 모든 狀況下에서 오로지 電算化된 制御콘트롤러를施設과 데이터施設에 의해 制御되는 콘트롤·룸을 採用하기로 결정했다. 在來型의 制御機器類는 緊急時의 制御(緊急時의 셧·다운 등)와 主要 파라미터를 포함한 情報提供에 한정하게 될 것이다.

따라서 콘트롤·룸에 採用된 包括的인 構成은

다음과 같이 되어 있다.

- 同一한 綜合目的을 갖는 2 個의 制御스테이션. 이 스테이션으로 부터 所定場所에 위치한 運轉員 2 人에 의해 모든 狀況에 對抗하는 制御機能이 수행된다. 運轉員中 한 사람은 正常狀態 또는 다른 事務에 의해 妨害되지 않는 狀態에 있도록 配慮가 필요하다. 運轉員前面에 놓인 可視表示 유니트 3 面에 의해 運轉員은 다음 事項이 可能해진다.
- ① 中央發電플랜트 制御시스템의 狀態 및 主要한 物理的 파라미터의 隨時 檢出.
- ② 發電裝置의 制御.
- ③ 유니트의 現況 및 시스템에 制御順序의 選定
 - 上記한 2 個 스테이션과 同一要領의 補助스테이션 1 個; 이 스테이션은 “觀測스텐이션”으로 알려져 있는데 이 스테이션에 의해 運轉員以外의 利用者(發電所에 常駐勤務하고 있는 保安要員 및 保健物理要員, 交替要員, 運轉技士 등)가 運轉員이 接近할 수 있는 것과 같은 情報에 接近하는 것이 可能해진다. 但, 制御裝置로의 接近은 認定되지 않는다.
 - 大型 固定模擬보드 1 個; 盤上에는 매우 單純化된 樣式으로 유니트의 主回路가 主파라미터와 함께 表示돼 있다.
 - 印刷設備; 데이터處理施設 全體에 故障이 發生했을 境遇에는 在來型의 制御施設과 데이터 表示裝置를 구비한 補助판넬이 提供된다. 콘트로·룸에 근접한 방에는 運轉要員, 點檢要員, 補修要員을 위한, 또한 非常事態 發生時의 專用스테이션이 設置되어 있다. 多種送信의 화이버에 의한 通信네트워크에 의해 從來의 플랜트에 비해 必要한 케이블 數量은大幅的으로 減少해졌다.

主要콤포넌트의 改良

- 1) 새로운 蒸氣發生器가 프라마톰에 의해 개발

됐는데 이 蒸氣發生器는 지금까지의 것에 비해 다음과 같은 點에서 우수하다고 할 수 있다.

- 투브에 새合金(인코넬 690)이 使用되고 있는 點; 이것은 이 合金이 갖고 있는 니켈 및 코발트의 放出率이 낮다고 하는 特性에 의해 耐蝕性을 향상시킴과 동시에 補修作業期間中 運轉員의 放射線被曝을 低減시키고자 한 것이다.
- 에코노마이서의 效率性을 높이기 위해 獨創的인 設計가 되어 있다는 點.
- 濕分分離器가 콤팩트하게 만들어져 있다는 點.
- 훨씬 더 콤팩트한 構成과 더 廣域 傳熱領域을 제공하는 3 方向 畫方方式의 투브를 사용하고 있다는 點.
- 補修가 보다 용이하게 행해짐과 同時에 被曝低減이 달성되도록 여러가지 配慮를 했다는 點.

이러한 要因들은 모두 蒸氣發生器의 性能向上(蒸氣壓이 72氣壓에서 73.3氣壓으로 增加) 및 容積과 重量의 低減을 가져 왔다.

2) 爐心의 分野에 한해서는 특히 主意해야 할 3要素에 대해 言及해 두고자 한다.

- 지르칼로이 4 그리드 및 分離可能 펀을 가진 新改良型 核燃料集合體의 採用. 放出燃燒度의 目標值는 45,000 MW·日/t이다.
- 出力增加와 關聯해서 核燃料다발數를 193個에서 205個로 增加시켰다.
- 爐心容器의 直徑을 約 10cm 增大시킨다. 容氣는 中空 인고트로 製作된다.

3) 다음 要素를 고려한 原子爐 冷却펌프의 再設計.

- 水力學的 改良.
- 샤프트의 振動 改善 및 팩킹의 抵抗性 向上 및 效率性의 改善(+ 2%).

4) 터빈

新型 Arabelle 터빈이 Alsthom社에 의해 特別

히 開發되었다.

이 터빈은 130萬KW級 플랜트用 터빈보다 優秀함(길이 및 重量에서 각각 10%, 15%減少)과 同時に 高效率性(+ 1%)과 出力增加面에서 有利하다.

技術的 改善의 主된 것은 다음과 같다.

- 터빈은 임펠스型이다. 이에 反해 130萬KW 系列의 터빈은 “리악순”型이다.
- 單一 HP실린더 대신에 單一 HP-MP 실린더方式을 採擇했다. 이렇게 함으로서 LP실린더 3基의 크기 缩少 및 실린더의 스테이지數 減少가 가능하게 되었다.
- 高性能의 2段式 濕分分離器—再加熱氣의 選擇.
- シャフト의 機構的 性能 向上.

現在 Alsthom社에 의해 100~150萬KWe級의 高性能 Arabelle型의 開發이 진행되고 있다.

運轉條件의 改善

運轉의 各 條件에 관해서는 現在 몇 가지 方法에 따라 改善策이 진행중이다.

• 새로운 補修用 機器의 開發 :

-迅速하게 設置可能한 蒸氣發生器 Water Box 덮개板 및 蒸氣發生器用 맨홀의 擴張(450mm),

-SG 洗滌機器(Slurry洗淨),

-固定式 및 移動式 供用 稼動中 檢查機器,
-새로운 原子爐 스타트 볼트 조임機 등.

• 運轉員의 放射線被曝 減少

-Cold淨化 펌프의 使用(Man+Rem Inventory 6% 低減),

-低放射化 生物放出率 機器類의 選擇(SG 특 브用 인코넬 690, 燃料用 지르칼로이 4),

-表面狀態의 改良(풀·코팅-SG Water Box),

-建物設計 및 設置方法의 改善,

-高性能器具 및 로보트의 開發에 의한 補修

諸條件의 改善 등.

技術的 性能의 向上

90萬KW級 플랜트는 원래 基底負荷條件下에서 運轉할 目的으로 設計된 것이다.

이 等級의 플랜트는 吸收率이 높은 “블랙” 制御棒에 의한 制御를 하고 있었다. 承認된 아주 限定了範圍內에서 軸方向出力分布를 維持한다는 것은 다분히 運營遂行에 制約을 주었으리라고 생각된다(小規模出力變動上昇).

Framatome社에서 開發한 “高度의 運營可能性이 있는 制御裝置”(IMD)는 吸收率이 比較的 낮은 그레이 制御棒을 使用하는 制御 모드이다. 이 裝置에 의해 制御能力이 複선 改善되게 되었다. 이러한 事實은 發電分野에서 널리 實證되고 있다.

N₄型 原子爐의 경우, 制御面에서의 改善은 “DMAX”라고 알려진 新しい 시스템을 利用해서 進行되고 있다. 이 시스템은 豫想되는 負荷變動에 대해서 每分當 最大出力의 5%까지의 自動追從을 可能하게 하는 것이다.

N₄모델은 다음 두가지 運轉條件의 어느 것에서도 運轉可能하도록 設計되어 있다.

• 主로 周波數制御만에 의한 定常條件(最高 P=427萬KWth).

• 30~100%出力에 대한 負荷追從 및 遠隔周波數制御(最高 P=405.6萬 KWth).

運轉員은 第 1의 運轉條件에서 第 2의 條件에 의한 運轉으로의 轉換을 制御室에서 하는 것이 可能하다. 두 運轉條件相互間에는 最高 48時間에 이르는 安定化 期間을 둘 必要가 있다고 생각된다.

電氣出力의 增大

電氣出力의 增加는 P' 4 유니트에 비하면 9%에서 14%로 變動하지만 이것은 運轉條件의 차이에 의한 것이다. 이 出力增加는 그 대부분이 爐

心出力의 增加(193個에서 205個로 核燃料다발의 증가) 및 正常條件下에서의 마진의 減少로 인한 것이다. 나머지 3% 程度는 보일러·콤포넌트 部門(蒸氣發生, 原子爐 冷却펌프) 및 2次系統部門(터빈, 드라이어)의 效率性 向上이 原因으로 되어 있다.

工學的인 設備

N₄의 設計作業은 매우 容量이 큰 컴퓨터의 設計裝備(例를 들면, 土木工學全段 및 프로젝트의 3차원 데이터 모델)와 高度로 改良된 컴퓨터 코드(例를 들면, 1次系統 配管의 破斷 및 其他 事故 推移狀況計算을 위해 EDF-CEA-Framatomé 社가 共同開發한 Cathare 改良型 安全性 코드) 등과의 組合을 利用해서 행해지고 있다.

安 全 性

N₄型 原子爐의 設計는 지금까지 90萬 및 130萬KW 系列에서 繼續的으로 實施되어 왔던가 또는 피이드·백되어 왔던 各種 安全規則을 基盤으로 하고 있다. 즉,

- 設計베이스 事故에 대하여 要求되는 各種 시스템에 適用된 單一故障基準.
- 使用頻度가 높던지 또는 永久의으로 使用되는 各種 시스템의 콤포넌트에 대한 여유分 追加. 例를 들면, 補助給水 또는 콤포넌트의 冷却 등.
- 重要 시스템機能 完全喪失時(플랜트의 停電, 콜드·씽크 喪失, 蒸氣發生器 給水 完全喪失, 高度 安全인젝션 喪失)에 要請되는 特別한 節次.
- 爐心溶融 등 요오드 및 세슘의 放出을 制御해야 할 重大事故時에 要請되는 特別한 節次.
- 오프·사이트 緊急時 計劃.

이 外에 蒸氣發生器 투브의 全般的인 破損에 관해서는 이러한 種類와 事件이 美國 및 유럽의 몇 個 플랜트에서 經驗되고 있는 것을 考慮에 넣어

이것을 第 3 카테고리의 事件으로 구분하고 있다.

맨·머신의 인터페이스의 改善에 관해서는 이미 言及한 대로이다.

이와 같은 事情으로 보아 N₄設計의 基本이 되는 프랑스의 코드(RCC's) 및 安全規則은 TMI에서 얻은 教訓만이 아니고 프랑스 國內外 플랜트에서 얻은 各種 經驗의 피이드·백을 考慮한 一貫性 있는 調和된 措置이다.

N₄의 現狀

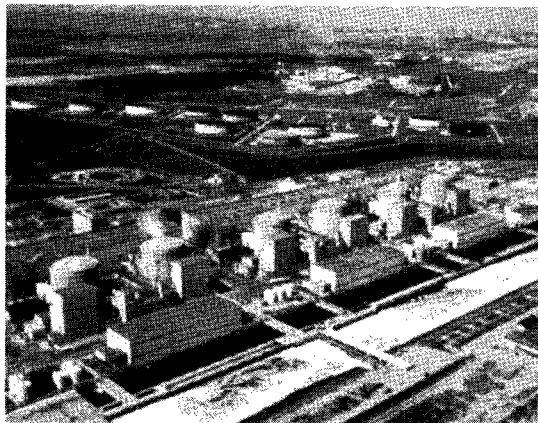
豫備의인 調査는 1982年에 完了되었고, 基本의인 安全性의 옵션은 1983年 가을에 承認되었다. Chooz B1 유니트 1號機의 最初 콘크리트 打設은 1984年에 施行되었다. 主要 콤포넌트(壓力容器, 蒸氣發生器)의 現地搬入은 1988年初 豫定이며, 商業運轉은 1991年에 開始할 豫定이다(이 改良의 1號機 建設에는 7個月의 餘裕를 두고 있다).

이 N₄製品은 충분히 競爭可能하고(130萬KW 規模의 유니트에 관해서는 設置KW當 코스트로 5%의 減額), 獨創의인 技術을 적용한 改良型의 原子爐라고 할 수 있다. 이 N₄는 設計段階에서부터 프랑스의 PWR 建設 및 運轉을 通해 얻은 광범위한 各種 經驗을 많이 適用하고 있으며 이와 같은 事情으로 미루어 N₄는 現在 建設中 또는 計劃中인 가장 發展된 PWR과 比肩할 수 있는 것이다.

IV. 2000年代를 指向한 計劃立案

N₄모델은 1990年代 전반에 걸쳐 EDF의 需要에 응할 수 있는 爐型으로 期待되고 있다. 그러나 次後 10年의 後半部分 및 21世紀初에는 새로운 여러가지 要件이 나타날 可能性이 있으며 이 때문에 이 要件들을 究明하기 위해 이미 一聯의 예비적인 調査가 진행되고 있다.

이 調査에서는 다음 세가지 領域이 關聯되어 있다.



(世界最大規模인 Grevelines原電 (1,000 MW × 6))

1) 生産システム의 必要

프랑스의 電力生産은 90% 가까이가 原子力으로 이루어져 있으며 나머지 10%가 現在로서는 主로 水力에 의존하고 있어 化石燃料가 發電에 기여하는 部分은 매우 미흡한 것이다. 負荷追從을 위한 各種要件의 分析 및 플랜트停止期間中の 伸縮性의 必要性에 대한 分析이 要請된다.

2) 核燃料사이클

西紀2000年 時點에서 稼動狀態에 있는 原子爐는 그 후에도 30년 내지 40年間은 繼續 運轉될 것으로 예상된다. 이 時期에 核燃料사이클에 變革을 가져올 可能性이 있는 세 가지 重要事項을 생각할 수 있지만 이것들은 增殖爐의 出現, 改良된 同位元素 分離過程의 最大利用 및 改良된 再處理過程이다.

原子爐供給用 天然우라늄의 코스트 또는 플루토늄의 需要가 增加한다고 하면 스펙트럼에 의한 低減速爐도 關心을 불러일으키는 原子力으로서 脚光을 받게 될 것이다. 그러나 反面에 主力點은 역시 資本 코스트의 低減面에 놓인다고 생각된다.

3) 技術的인 面에서의 改良

몇個 分野에서 行하게 될 改良이 다분히 今後의 設計에 影響을 주게 될 것으로豫想되는데 이 것들은 다음과 같은 事項들이다.

- 材料分野 및 热水力學에서의 研究開發이 進涉됨에 따라 1次系統의 設備에 대한 理解度가 깊어질 것은 確實하며 또한 原子力蒸氣供給系統을 N₄型 爐의 設計에서와 같은 程度의 安全레벨을 維持한 狀態에서 簡素化할 수 있을 것으로 생각된다.

- ロボット工學 및 온·라인에 의한 最新시스템이 開發됨에 따라 將來의 爐의 補修能力도 改良될 것으로 期待된다.

- 制御 및 光화이바 등 計裝面 및 專門시스템에서의 技術的開發은 반드시 콘트롤·시스템의 改良으로 延長될 것이 틀림없을 것으로 여겨진다.

또한 21世紀 初에 새로이 플랜트의 建設이 必要하게 될지는 現在 運轉中인 플랜트가 負荷追從能力 및 現在 플랜트의 壽命에 따라 크게 左右될 것이다. 결국에는 이들 플랜트는 技術的理由 또 한 經濟的理由로豫想대로 廢退해 갈 것인지 가볍게 미리 斷定할 수는 없지만 何如間 이와 같은 配慮는 반드시 해두지 않으면 안될 것이다.

EDF, Framatome, CEA는 모두 이들 여러가지 分野의 業務를 分擔해 왔고 그豫備의인 結論이 1988年에는 나을豫定이다.

V. 結論

過去 10年間 프랑스는 輕水爐 開發面에서 크게 躍進해 왔는데 이것은 EDF를 비롯해 메이커, CEA 등 關聯機關의 活動을 證明하는 것이다.

다행히 現在 稼動中인 90萬 및 130萬KW 規模의 유니트에서는 成功을 거두었지만, 앞으로 進展의 餘地가 남아있는 N₄改良型 爐야말로 바로 90年代의 開發을 向한 소위 다음段階의 原子爐이다.

西紀2000年의 時點에서 運轉을豫想하는 將來의 爐의 具體的인 要件를 判別하기 위해서 現在 벌써 그豫備의인 調査研究가 進行中이다.