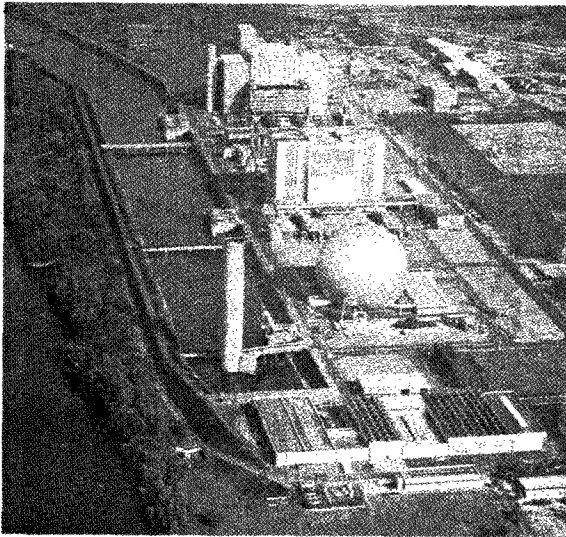


# KWU 自然循環式 小型爐를 開發

몬테비데오 會議에서 發表



세계의 原子爐메이커의  
— 눈이 쏠린 3日間

中小型爐는 南美 우루과이의 몬테비데오에서 지난 5月 12日부터 15日까지 열린「라틴 아메리카에 있어서 中小型爐의 必要性에 關한 會議」를 契機로 一躍 浮上하였다. 라틴 아메리카에서 9個國, 原子力 先進國 6個國이 參加한 同 會議에는 美國, 프랑스, 西獨 등에서 具體的인 發表가 있었는데 本紙에서는 西獨의 KWU社가 發表한 自然循環式 小型爐에 對해서 紹介한다.

石油 需要는 날로 增加하며, 埋藏量은 점점 枯渴되고 있는 것을 생각하면 이 重要な 燃料 代替에 對한 要求가, 特히 電力 및 프로세스 蒸氣生産 分野가 世界的으로 強하게 일어나고 있다. 모든 나라는 自國의 經濟에 미루어 現實性 있는 石油의 모든 代替品에 對해서 徹底히 檢討하여 볼 必要가 있다. 人口의 增加, 工業과 農業의 發達, 電氣와 프로세스 스팀의 消費增加 結果, 需要를 充足시키기에 必要한 石油와 石炭의 量은 大幅 增大할 것이다.

이 代替案의 하나로서 電力 및 프로세스 스팀等의 生産에 原子力을 利用하는 것은 잘 알려진 일이다. 다시말하면, 飲料水의 需要가 增加한다고 予想되면 이 需要는 海水의 脫鹽으로 充足시킬 必要가 있다.

從來, 原子力發電所의 重要的 메이커는 그 發電所의 設計를 모든 에너지需要가 포함된 가장 작은 그릿드·사이즈에 맞춰왔다. 그러나, 化石燃料 發電所의 에너지 價格이 계속 上昇하기 때문에 크라프트벨크 유니온(KWU)社는 小規模 原子力發電所 問題에 สนใจ가 되었다.

原子力發電所의 경우 發電所의 規模에 關係없이 一定한 코스트의 비율이 크다. 따라서 經濟的인 小規模 原子力發電 概念으로의 接近은 全體의 시스템을 簡單化하여, 災害의 可能性을 적게하고 그것에 依한 安全에 關한 要求를 줄일뿐만 아니라 工學的인 安全對策을 簡單히 하는 것이다. 새로운 概念은 이미 經驗을 쌓고있는 PWR(加壓水型爐)과 BWR(沸騰水型爐)의 技術을 基礎로 開發했다.

이런 2種類 爐시스템의 좋은 點을 選擇하여 작지만 原子爐의 運轉原理에 關해서는 爐시스템의 運轉壓力가 낮으며 設計를 簡單

히 할 수 있는것은 BWR쪽이 좋다고 判斷하였다.

選擇된 시스템에 對해서 考慮하여야 할 主項目은

① 保安의 必要度가 낮고 ② 運轉이 簡單하며, ③ 稼動率이 높고 ④ 建設費가 싸다는 點이다.

### 簡單한 運轉으로 高稼動率

PWR은 放射性 物質이 非放射性的의 물, 蒸氣사이클에서 完全히 分離되는 利點이 있다. 그러나 BWR시스템은 물, 蒸氣사이클에 化石燃料發電所 以上の 複雜한 機器를 必要로 하지 않는다. 그래서 自然循環으로 全出力의 40%까지 運轉한 大型 BWR의 經驗을 基礎로 1次 冷却材 循環펌프를 使用하지 않고 2重사이클 시스템이 採用되었다. 2重사이클 시스템의 BWR은 PWR과 BWR의 基本技術에 比해서 詳細設計가 大幅的으로 簡單하게 되어있다. 選擇된 基本 概念에 關해서는 熱出力 65萬kW(電氣出力 約 20萬 kW)의 自然循環의 BWR에 對해서 檢討되어 詳細한 技術作業이 開始되고 있다.

### 設計 全體의 特徵

電氣出力 20萬kW의 BWR의 設計의 主要 特徵은 다음과 같다.

△ 原子爐壓力容器 속에서 冷却材가 自然循環하는 2重 사이클型 BWR에서는 蒸氣發生器에서의 復水도 自然히 壓力容器로 흐른다.

△ 標準型 BWR에 比해서 爐心의 出力密度는 約 50%이다.

△ 모터 驅動 때 機器 使用은 가장 적다.

△ 再循環 펌프의 使用을 멈추고 緊急 爐心 冷却 시스템을 利用한다. 緊急 稼動 裝置는 不要하다.

△ 標準型 BWR 設計와 달라서 制御 棒은 위에서 壓力 容器內에 들어가도록 되어 있어 重力을 利用하여 急激한 停止가 可能하다. 이 設計에 依해 原子 爐 壓力 容器 基底部의 노즐 貫通部를 없이 할 수 있다.

△ 壓力 制御 시스템은 獨立한 外部 서브렛션·챔버를 갖는 컨테이너트 속에 原子 爐 壓力 容器가 있어, 放射能의 放出을 막고 있다. 冷却系의 파이프도 서브렛션·챔버와 連結되어 있어, 事故 때 放出 蒸氣가 確實히 復水하도록 되어 있다.

△ 蒸氣 發生 器는 컨테이너트 밖에 設置되어 있어, 連結 파이프에 차해서 벨브로 分離할 수 있도록 되어 있다.

△ 이 작은 컨테이너트는 工場에서 製作할 수 있는 自己 支持型 鋼製 탱크이다. 完成한 容器를 輸送할 수 있어 現場에서 組立費가 싸게 된다.

△ 原子 爐의 出力 制御 棒은 通常 爐心의 밖에서 빼게 되어 있어 特殊한 目的에만 使用된다.

## 爐 心

△ 터빈 트립의 경우, 蒸氣는 터빈·바이패스 裝置를 使用하여 復水할 수 있다.

△ 原子力 發電所의 熱源인 爐心은 모두 같은 設計의 368 體의 實證된 BWR 型 燃料 集 合體와, 그 타입의 爐의 特色인 十字型의 制 禦 棒 89 體로 構成되고 있다. 물은 減速材로 서도 使用되지만, 熱除去를 爲해서 왼쪽으

로 向해서 爐心을 通過한다. 그리고 爐心셀은 四角 断面을 가진 4 個의 燃料 集 合體와 中心에 있는 制御 棒으로 構成되어 있다. 爐心은 한개의 中央 爐心셀의 주위에 爐心셀을 對稱적으로 配置한 結果, 圓柱에 가까운 모양이다. 爐心 計裝 및 中性子源 檢出器를 가진 렌스는 爐心셀 사이에 붙여져 있다.

制御 棒은 위에서 爐心에 넣어지며 原子 爐의 緊急 停止 用으로 使用되는 外에 運轉 사이클의 燃燒度 補正 技能을 갖고 있다. 사이클을 始作할 때에는 制御 棒의 約  $\frac{1}{7}$  이 完全히 爐心에 들어가 있다. 燃燒가 進行됨에 따라 制御 棒은 1 體씩 完全히 빠져서 사이클의 끝에는 制御 棒은 모두 빠진 狀態가 된다. 따라서 制御 棒의 1 本, 1 本은 完全히 들어가 있던가, 完全히 빠져있던가 어느 한 쪽이다.

爐의 出力은 原子 爐 壓力 容器속의 壓力과 水位 變化에 依해 制御되고 있다. 急激한 出力 低下가 必要한 경우에는 餘分의 蒸氣가 바이패스 裝置를 통해서 直接 復水 器에 들어간다. 出力을 40% 以下로 運轉하는 경우는 制御 棒을 使用하는 制御 調整이 必要하게 된다. 制御 棒은 爐心 그릿드板에서 各各 上部와 下部가 保持되고 있다. 冷却水는 各 燃料 集 合體의 추위의 燃料 罐 및 爐心을 감싸고 있는 爐心 슈라운드板 사이를 지나면서 흐른다.

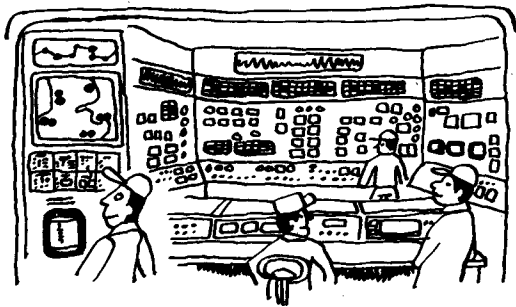
燃料과의 閔聯으로서, 出力 密度는 標準 BWR의 경우 約 半程度이다. 따라서 燃料 交換의 사이클이 1 年이 지나고 2 年으로 늘어난다. 濃縮度가 다른 種을 使用하므로 可能한 限 均一 軸方向 出力 密度의 分布가 初裝填 爐心 때부터 얻어진다. 게다가 被覆材 料로서 지르코늄 合金의 지르카로이 4 를 사용하므로 平均 約 38,000MWD/톤 우라늄의

最終爐心 燃燒도가 達成된다.

### 原子爐冷却 시스템

BWR의 冷却材는 PWR과 달라서 爐心을 通過할 때 모양이 바뀐다. 다시말하면, 冷却材의 一部는 이미 壓力容器 속에서 氣化한다. 壓力容器 内部의 熱力學 및 構造設計에 依해 氣化하지 않은 물은 自然循環에 依해 循環할 뿐이다.

原子力壓力容器를 나온 蒸氣는 蒸氣管을 통해서 蒸氣·蒸氣熱交換器에 넣어 거기서 그 熱에너지를 2次系에 傳한다. 더우기 一次 冷却材는 途中에서 復水하며 컴퍼넌트의 形狀에서 閉鎖루프 속에서 重力만의 作用에 依해 原子爐 壓力容器에 들어가는 것으로 循環컴프를 必要로 하지 않는다.



標準型의 發電所와 比較하면 이 概念은 計裝, 制御機器, 補助시스템의 數가 大幅 줄어든다. 그뿐만 아니라 保守, 試驗, 檢査, 修理, 補助發電에 必要한 機器도 작게 된다.

蒸氣·蒸氣熱交換器로 터빈系(2次系) 에서 放射性 1次系을 分離함에 따라, 2次系 蒸氣를 特別한 處理를 하지않고 프로세스 스팀으로서 利用할 수 있다.

原子爐壓力容器, 配管및 蒸氣·蒸氣熱交換器는 腐蝕에 견디기 爲해서 承認된 微 粒子 鋼合金으로 製作되고 있다. 또 1次冷 却材와 接하고 있는 모든 컴퍼넌트는 두께 가 6~8mm의 오스테나이트鋼으로 被覆되 고 있다.

### 原子爐 冷却컴퍼넌트

물의 自然循環 原理및 爐心の 低出力密度 的 採用에도 불구하고 原子爐壓力容器는 標 準BWR의 크기의 반밖에 안된다.

노즐은 모두 爐心の 上端에 設置되어 있 어서 爐心은 配管破斷時에도 항상 冠水하도 록 되어있다. 本質적으로 安全을 確保하기 爲해서, 規定出力時에 있어서 爐心の 上端 과 平常時의 爐心水位間의 거리는 比較의 크게되어 있다.

蒸氣·蒸氣熱交換器는 直線튜브型이 使用 되고 있다. 一次系 蒸氣는 交換器의 上部에 있는 노즐을 통해서 加熱部에 들어가 튜브 의 外側을 따라 아래 쪽으로 흘러 途中에서 復水한다. 復水는 下部 튜브·시트위에 있는 壓力셀의 側面에 付設되어 있는 노즐을 通 하여 加熱部에서 排出된다. 給水는 上部 튜브·시트 위에서 蒸氣·蒸氣熱交換器에 供給된다. 그것은 分配프레나움에 흐르게되며 거기에서 加熱部の 튜브를 울리며 氣化한다 其 結果, 만들어진 蒸氣·물의 混合物은 上部 튜브·시트 위에 있는 氣水分離器와 蒸氣乾燥器속에서 最高 殘留溫度 0.3% (重 量比)까지 乾燥된다. 主蒸氣는 中央에 있는 蒸氣出口노즐을 통해서 蒸氣·蒸氣熱交換器 에서 나온다.

모든 KWU社製 原子力發電所와 같은 모

양으로 加熱튜브는 耐腐蝕성이 있는 材料인 인코로이 800으로 製作되고 있다.

### 經濟的 側面

코스트面에서의 利点은 가장 重要的 基本 概念으로 나타난 原子爐와 이미 좋은 實績을 갖고있는 實證된 컴퍼넌트 시스템을 使用하여 爐心속의 密度를 낮추며, 重要的 컴퍼넌트를 比較的 크게 할 수 있는 利点이 있다. 그러나 이런 種類의 프랜트 資本費는 現在의 標準輕水爐의 그것보다 작다. 게다가 從來와 다른 建設方法에 依해 코스트를 절감할 수 있다.

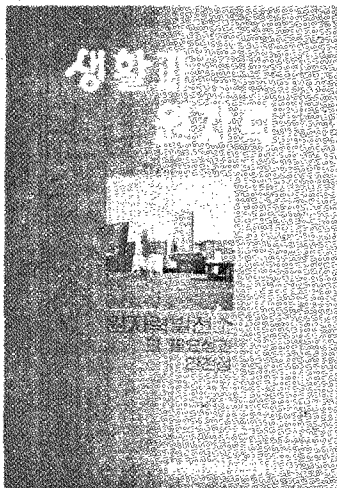
또 建設코스트중 重要的 部分을 차지하는 建設期間도 프랜트全体를 工場에서 製作하여 海上輸送에 依해 사이트까지 運搬한다면 大幅 縮아진다. 이와같은 原子力發電所는

무게 約83톤, 크기는 160m×45m이다.

사이트는 大部分이 바다 또는 강에 接하고 있어 湖岸바닥을 파고 프랜트 全体를 바다 또는 강에서 直接 設置할 수 있도록 留意하여야 한다. 그리고 이미 完成되어있는 冷却水 取水·排水 構造를 接續하여 水路를 完成한다. 이것은 現代의 發電所 建設技術과 造船技術로 充分히 可能하다. 投資의 觀點에서는 높지만, 運轉費가 싼 原子力 發電所의 全体로서의 利点은 오늘날 이제 一般的으로 實施되고 있는 베이스·로드發電所로서 運轉할 수 있도록 한다. 短時間의 피크需要는 運轉費가 높은 石油火力 發電所に 對應할 수 있다. 石油의 大幅的인 油價引上에 比해서 原子力이 코스트面에서 有利하며 石油에 對한 國內 需要가 減少하도록 함에 따라 原子力의 採用은 經濟的으로 有利한 方法이다. ■

## 국민홍보용 소책자 발행

- 당회의의 한전용역사업으로



당회의는 원자력발전소의 필요성과 안전성에 관한 대 국민홍보용 책자를 발행 하였다. 한국전력(주)의 용역사업의 하나로 제작완료한 원색 16면으로 된 동 소책자의 주요내용은 1. 생활과 전기

2. 원자력의 평화이용
3. 왜 원자력 발전이 필요한가
4. 원자력발전의 안전성
5. 원자력의 개발 상황
6. 지역 사회와 원자력

등으로 구성하여 원자력의 일상생활 이용과 특히 원자력발전소의 필요성과 안전성에 관하여 알기 쉽게 짜여져 있다.