



## 輕水爐의 改良과 課題

### 出力 160萬KW가 目標

#### ◇改良으로 性能大幅 向上

輕水爐의 改良標準化는 1970년을 전후해서 美國에서 시작되었는데, 日本에서는 우선 第1次 改良標準化에서 80萬kW級의 것을 중심으로 검토가 행해졌다. 日本의 경우 應力腐蝕龜裂 등 초기고장의 극복이 이 시기였고, 1980년을 전후해서 110萬kW級을 중심으로 第2次 標準化의 검토가 행해졌다. 현재는 이 第1次, 第2次 標準化에 의한 設計플랜트가 점차로 稼動에 들어가고 있으며, 또한 第1次, 第2次에 이어 1995년경부터 도입을 목표로 APWR, ABWR을 중심으로 하는 第3次 改良標準化의 검토가 행해지고 있다.

美國의 輕水爐 標準化는 최근 120萬kW級의 것이 運開토록 하고 있으며, 프랑스에서는 標準化된 것이 계획적으로 건설되고 있다.

최근 이십數年 동안에 원자력발전소의 출력은 20만kW 정도에서 130만kW 정도까지 확대되었으며 性能도 크게 개선되어 왔다.

#### ◇日本型 輕水爐

이와 같이 輕水爐의 개량에는 일본이 적극적으로 이므로 日本型 輕水爐의 設計仕様の 변천을 알아본다.

PWR의 경우, APWR에서는 燃料가 17×17에서 19×19로 대형화될 계획이며, BWR의 개선점으로는 먼저 플랜트의 制御에서 제어봉에 의한 제어 외에 再循環流量에 의한 제어도 병행토록 되어 있다. 燃料도 6×6, 7×7, 8×8로 변화되어 왔으며, 再循環系도 먼저 제트펌프가 채택

되었고 다시 ABWR에서는 인터널 펌프의 채택이 예정되고 있다. 格納容器도 ABWR에서는 鉄筋 콘크리트製가 고려되고 있다.

西獨에서는 安全系統에 대해 50%를 4系列로 하고 있으며, 2系列로 100% 대응할 수 있도록 한 것이 하나의 특징이라고 할 수 있다. 또 프랑스의 標準化플랜트 “N4” 시리즈에서는 터빈축도 상당히 개량되어 있는데, 高壓터빈과 低壓터빈의 사이에 中間터빈을 채택하고 있다.

#### ◇輕水爐의 高度化

작년 日本 通産省의 輕水爐技術高度化小委員會는 既存型 輕水爐의 高度化를 위해서

- ① 보다 高度의 신뢰성 및 경제성의 追求,
  - ② 플랜트의 長壽命化
  - ③ 보수성의 향상 및 作業線量の 저감,
  - ④ 運轉性的 향상,
  - ⑤ 폐기물 발생량의 저감 및 폐기물·사용후핵연료 저장기술의 향상,
  - ⑥ 원자로 해체기술의 확립,
  - ⑦ 立地의 다양화
- 등 7個 課題를 지적했다.

이중에서 「보다 高度의 신뢰성 및 경제성의 추구」에 대해서는 그 하나로 運轉사이클의 最適化, 定檢의 단축이 고려되고 있으며 標準的 定檢의 기간으로는 현재의 80일에서 60일 정도로 効率化해 갈 것을 기대하고 있다.

또한, 運轉期間에 대해서는 지금의 최대 11개월을 50% 연장시킨 15개월로 할 것도 고려하고 있다. 日本은 이와 같은 노력으로 時間稼動率

을 현재의 73%정도에서 오래된 爐에서 80%, 비교적 새로운 爐에서 85%정도 까지로 향상시키려고 한다.

다음에 「플랜트의 長壽命化」에 대해서는 예를 들면 대형 컴포넌트를 중도에서 교체하여 플랜트 전체의 長壽命화를 도모하는 것도 검토하기로 되어 있다. 또한 作業員의 피폭선량에 대해서는 현재 全 플랜트 평균 450人·rem/爐로 되어 있는 것을 2/3정도 저감하기로 되어 있으며, 작업환경 개선에 대해서는 低 코발트材의 채택도 고려되고 있다.

運轉性能向上에 대해서는 光多重傳送技術 등 첨단기술의 도입이 고려되고 있으며 또한 이점에 대해서는 電力系統에로의 대응으로 負荷追從性能의 향상도 고려되고 있다.

그리고 放射性廢棄物에 대해서는 지금까지 可燃性廢棄物의 저감은 상당히 진척되어 왔으므로 이제부터는 不燃性雜固體, 廢樹脂 등의 減容 등을 한층 더 추진하기로 되어 있다.

◇先端技術을 大幅導入

다음 世代型 輕水爐에 대해서는 아직 검토중에 있으므로 확실하지는 않으나, 2010년경부터 發電系統에 도입할 것을 가정해서 반드시 지금까지 輕水爐設計의 延長線上에서가 아닌 새로운 理想으로서의 어프로치를 행하기로 하고 있다. 高轉換爐, 目的多樣化爐, 콤팩트一體型爐, 패시브 安全型爐 등이 고려되고 있으나, 일본은 좀더 현실적으로 예를 들면 先端技術의 積極적 도입, 우라늄을 有效하게 利用하려고 한다.

그 하나는 150~160萬kW의 大型이 경제성이 좋으므로 이것을 하나의 焦點으로 進行되어 가고 있다. 또 高度自動運轉·管理·保修型 플랜트, 高度 Balance & Simple設計플랜트, 新立地條件適應型플랜트 등이 고려되고 있다.

海外 標準化 플랜트의 例

〈美 國〉 WH社의 SNUPPS : 3800MWt級 4 루프

PWR (原子力蒸氣供給 시스템을 RESAR-41,-414로 하여 標準化, 3425MWt級은 RESAR-3, -3S)

CE社의 SYSTEM80 : 3800MWt級 4RCP-2SG構成 PWR (CESSAR)

B & W社의 BABCOK-205 : 3800MWt級 4 루프 PWR (BSAR-205)

GE社의 BWR-6 : 3800MWt級 BWR (Nuclear Island는 GESSAR)

〈西 獨〉 KWU社의 1300MWe級 4루프 PWR (鋼製球形格納容器, 鍛造링 大型原子爐容器, 50%×4系列의 安全系統 採用 等)

〈프랑스〉 FRAMATOM社의 CP1, CP2 (900MWe級 3 루프 PWR), P4, P'4 (1300MWe級 4 루프 PWR), N4 (1400MWe級 4루프 PWR)

〈스웨덴〉 BWR-75 (1000MWe 級)

〈소 련〉 VVER-1000 (1000MWe級 PWR) 等

日本の 改良標準化計劃

▷ 第1次 改良標準化 (1975年~1977年): 設備利用率 約70%, 定檢日數 約85日, 作業放射線量 75% (從來 플랜트와의 比較) 레벨까지 向上.

▷ 第2次 改良標準化 (1978年~1980年): 設備利用率 約75%, 定檢日數 約70日, 作業放射線量 約50% (從來 플랜트와의 比較) 레벨까지 向上.

▷ 第3次 改良標準化 (1981年~1985年, 實施中): 信賴性, 稼動率, 運轉性, 立地効率 等の 向上, 從業員의 作業放射線量 低減, 리드타임의 短縮化, 等を 보다 더 推進하도록 改良標準化를 行한다. 機器·시스템은 물론 爐心을 포함한 原子爐本體에 이르기까지 自主 技術을 基本으로 하여, 國際 協調를 도모하면서 開發을 추진, 日本型 輕水爐를 確立한다. 具體的으로는 130kWe級의 ABWR 및 APWR을 開發한다.

新型輕水爐 (ABWR, APWR)의 特徵

▷ ABWR : 大容量, 인터날펌프, 新型制御棒驅動機構, 高性能燃料·爐心, 高壓4系統EC-CS, 콘크리트格納容器 등

▷ APWR : 大容量, 高性能燃料·大型爐心, 長사이클, 燃料有效利用, 日負荷追從運轉性能 向上, 新型蒸氣發生器 등