

# 輕水爐에서의 Pu發熱寄與

## 電力的 1/3은 플루토늄

앞으로 新型轉換爐(ATR), 高速增殖爐(FBR), 輕水爐에서의 플루토늄利用(Plutermal) 등 플루토늄利用時代를 맞이함에 있어서 現在의 輕水爐에서 플루토늄의 寄與가 얼마나 될까? 다음은 일본원자력산업신문에 發表된 內容의 要約이다.

### 原子爐의 二面性認識

우라늄235와 우라늄238은 모두 中性子를 흡수하는데 특히 速度가 느린 中性子(熱中性子)일수록 잘 吸收하는 性質을 갖고 있다.

그러나 中性子를 흡수한 우라늄이 전부 核分裂하는 것은 아니다. 우라늄235가 中性子를 흡수하면 그 중에서 核分裂하는것은 약 85%이고 나머지 15%는 우라늄236이 된다.

한편 우라늄238(原子番號 92)은 中性子를 흡수하면 우라늄239가 되나 이것은 半減期가 23.5分으로  $\beta$ 崩壞하여 넵투늄239(원자번호 93)가 되며 다시 이것은 半減期 2.35日로  $\beta$ 붕괴해서 플루토늄239(원자번호 94)가 된다. 그외에 몇개의 中性子를 흡수하여 플루토늄240, 241, 242도 생긴다.

이 중에서 플루토늄239와 플루토늄241은 우라늄235와 같이 中性子를 흡수하여 核分裂을 일으키는 性質이 있으므로, 이와 같은 過程을 거쳐 天然의 우라늄238이 새로운 核燃料로 變換하게 된다.

플루토늄이라고 하면 輕水爐에서 나오는 使用後核燃料를 再處理하여 FBR, ATR, P-

luthermal 등에서의 混合酸化物(MOX) 燃料로 再利用하는 것을 먼저 생각하게 되나 輕水爐의 運轉中에서도 生成된 플루토늄이 中性子를 흡수하여 核分裂을 일으키게 되어 그 스스로도 發熱效果가 있다.

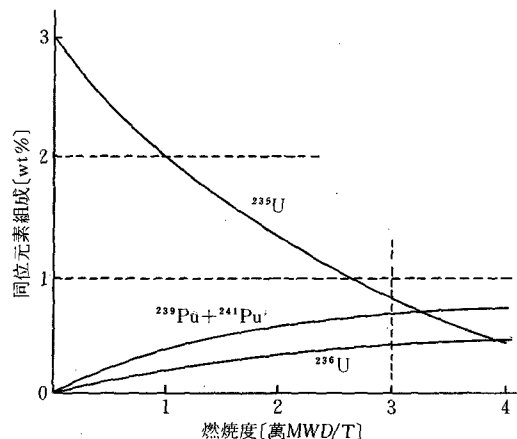
### 核燃料交換時에는 60%

그림 1에 標準인 例로서 平均濃縮度 3%重量(wt)%인 輕水爐核燃料의 同位元素組成의 燃燒變化를 나타내었다.

우라늄235는 原子爐를 運轉함에 따라(燃燒度의 增大에 따라) 核分裂하여 점점 減少해서 核燃料의 交換이 必要한 平均燃燒度 3만MWD/T인 核燃料에서는 우라늄235가 약 0.8%정도 核燃料中에 남아 있음을 알 수 있다.

따라서 이 使用後核燃料를 再處理하여 회

〈그림 1〉 核燃料中の 同位元素組成變化



수한 우라늄쪽이 천연우라늄보다 우라늄235의 농도가 높아서 有用하다.

한편 核分裂性인 플루토늄239와 241의 合計는 燃燒度와 함께 生成量이 증가하여 核燃料交換時의 平均燃燒度에서의 蓄積量은 약 0.6%에 달하게 된다. 이들 플루토늄은 確率論的으로 核分裂하여 發熱에 寄與하는 것 과 그대로 다음에 利用 되도록 남는 것으로 나누어진다.

또 核分裂하지 않는 우라늄236의 量도 점점 增加하여 核燃料交換時의 平均燃燒度에서 는 약 0.4%가 된다.

核分裂된 原子核의 數에 對해서 새로 생기는 核分裂性 原子核의 數와의 比를 轉換比 또는 增殖比라고 하며 1個의 核分裂性 物質이 붕괴하여 平均 1個以上の 核分裂性 物質이 再生되었을 경우를 增殖이라고 하고 1個以下일 경우를 轉換이라고 한다.

一般的인 原子爐型의 轉換·增殖比는 表 1과 같다. 輕水爐의 轉換比는 대체로 0.5~0.6이고 ATR이나 高溫가스爐는 輕水爐보다 轉換比가 높아서 우라늄의 潛在 에너지를 더욱 有効하게 利用할 수 있음을 알 수 있다.

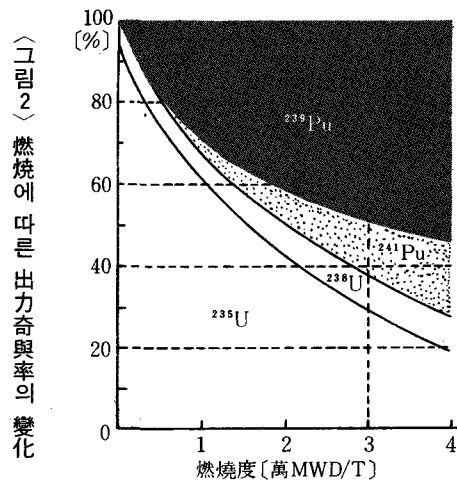
또 增殖比가 1.2以上인 FBR에서는 原子爐를 運轉하면 할 수록 처음의 必要量보다 많은 核分裂性 物質을 生産할 수 있어서 增設되는 FBR의 核燃料로 使用할 수 있다.

輕水爐에서의 各 元素들의 發熱寄與도를 그림 2에 나타내었다.

이 그림은 BWR 爐心에서 平均濃縮度 2.6%인 核燃料를 使用하였을 때의 것인데 運轉 初期에는 거의 대부분이 우라늄235의 核分裂에 의한 發熱이나 燃燒와 함께 減少하며 이와 대체하여 플루토늄239와 241의 寄與가 커져감을 알 수 있다.

〈表 1〉 原子爐型과 轉換·增殖比

爐 型	轉換·增殖比
輕 水 爐	0.5~0.6
新型轉換爐(重水爐)	~0.8
高 溫 가 스 爐	0.8~0.9
溶 融 塩 爐	~1.05
高 速 增 殖 爐	1.2~1.5



燃燒가 계속 進行되어 核燃料交換時의 平均燃燒 3萬MWD/T에 달하게 되면 우라늄보다 플루토늄쪽이 더 큰 比率를 占하게 되어 그 比率는 4:6 정도가 된다.

즉, 플루토늄의 發熱寄與를 燃燒 初期부터 核燃料交換 平均燃燒度까지를 통해서 고려하면 1/3 이상인 結果가 된다.

現在 開發이 推進되고 있는 新型의 PW-R(APWR)에서는 보다 더 長期사이클의 運轉을 目標로 하여 플루토늄을 爐心内에서 더욱 效率的으로 生産·燃燒시키기 위해서 종래의 出力制御棒 外에 水排除用制御棒의 채택이 예정되고 있다.

플루토늄의 發熱寄與는 앞으로 行하여 질 Pluthermal에서는 50%를 넘을 것이며, FBR에서는 80%以上이 될 것이다.