

# 新型原子爐의 開發과 對策



鄭 汶 奎

(에너지研 新型原子爐部長)

新型爐라고 하면 廣義로는 高速增殖爐, 新型轉換爐, 多目的高溫가스爐等을 모두 包含하지만 在來式原子爐와 가장 明確하게 區分된다는 뜻에서 高速增殖爐와 核融合爐를 여기서는 新型爐라 말하고 있다.

高速增殖爐는 現在 商用化一步直前に 있고 核融合爐는 21世紀初葉에 實用化될 것으로 展望되고 있어 實用化時期에는 多少의 差異가 있으나 모두 未來의 原子爐이며 따라서 아직 未決이 技術事項이 尙存하여 더욱 研究意慾을 깊게하는 分野이기도 하다.

그런데 高速增殖爐와 核融合爐는 다같이 新型原子爐이기는 하나 그 動作原理는 서로가 完全히 다르다.

高速增殖爐는 在來式原子爐에서와 같이 核分裂을 利用하는 것이어서, 비록 未來의 原子爐이기는 하나 在來式原子爐의 延長線上에 있으며 이와는 달리 核融合爐는 이름 그대로와 같이 核分裂과는 正反對인 核融合現象을 利用하고 있다.

따라서 이 두 種類에 對해서는 個別的으로 說明함이 좋겠다.

## (1) 高速增殖爐 開發

高速增殖爐는 高速中性子에 의한 核分裂로 에너지를 發生케하며 消耗한 核燃料보다 많은 核燃料을 再生産 즉 增殖시켜주는 效率높은 原子爐이다.

在來式原子爐와 比較 說明하자면 大略 다음과 같다. 在來式熱中性子爐에서는 核燃料利用效率이 1%未滿이며 發生한 熱의 電力으로의 變換效率 또한 30%이다. 뿐만 아니라 原子爐出口溫度가 300℃ 内外이어서 燃料의 高效率化라는 우리의 念願과는 거리가 멀다. 最新火力發電所가 40% 内外의 熱電力變換效率을 지니고 있다는 事實만 보아도 在來式原子爐는 效率이 낮다는 것을 알 수가 있다.

이러한 低效率은 輕水·重水를 冷却材·減速材로 使用한다는데 그 原因이 있다. 그러나 濃縮度 15% 内外의 核燃料을 使用하면 減速過程이 不必要하며 冷却材로 液體金屬나트륨을 使用하면 原子爐出口溫度 500℃ 内外, 熱·電力變換效率 40% 以上の 發電用原子爐를 建設할 수가 있다.

核燃料利用效率 또한 70%가 될 뿐아니라 新規로 所要되는 核燃料로 輕水爐用 核燃料의 濃縮過程에서 廢棄된 減損우라늄으로 充當할 수 있게 되어 우리나라와 같이 非에너지 資源國이면서 에너지의 準自立化가 切實한 나라에게는 가장 適切한 에너지源이라 하겠다.

高速增殖爐는 1944年 美國의 Argonne 國立研究所(ANL)에서 研究開發되기 始作하였고, 1946년에는 플루토늄을 核燃料로 하고 水銀을 冷却材로 하는 世界最初의 液體金屬 冷却高速爐 Clementine 의 建設·運轉이 實現되었다.

1953년에는 역시 ANL 이 主導한 Nak冷却의

高速發電所 EBR-1 (200 Kwe)이 成功的으로 建設되어 高速增殖爐의 實現可能性이 立證되었다.

美國 뿐만 아니라 英國, 蘇聯, 佛蘭西 등도 거의 같은 時期에 高速爐開發에 많은 進展을 보았는데 開發初期의 共通點은 大部分이 高濃縮金屬燃料로 構成된 小型爐心이라는 點이다.

그러나 漸次 低濃縮燃料를 使用한 大型爐心으로서 (Pu-U) 酸化物을 核燃料로 使用한 爐型으로 바뀌어 現在에 이르고 있다.

이러한 高速增殖爐의 原型爐로서는 英國의 P-FR, 佛蘭西의 PHENIX, 蘇聯의 BN-350 등이 이미 建設, 稼動되고 있으며, 西獨의 SNR-300, 日本의 MONJU, 美國의 CRBR 등이 建設되고 있다.

특히 佛蘭西는 PHENIX의 成功을 土臺로 1200 MWe 의 商用實證高速增殖爐인 SUPER-PHENIX를 1983年 完工目標로 建設하고 있어 注目を 끌고 있다.

原子爐建設에 따른 初期投資費의 減少를 꾀하고 安全性問題도 解決하려는 여러 研究가 아직도 進行되고 있는데 (Pu-U)炭化物 或은 窒化物核燃料의 使用도, 바로 그런 努力의 한 例이다.

한편 核擴散의 危險性을 줄이기 위해 (Pu-U)核燃料週期 代身 U-233- Th 核燃料週期를 使用하는 方案도 研究되고 있다.

韓國에너지研究所에서는 1990年代에는 必須的으로 우리나라에 高速增殖爐가 導入될 것으로 보고, 1970年代 中葉부터 高速爐技術追跡을 始作하여, 1976년에는 小型高速爐心の 設計·解析에 適合한 計算體制와 群定數 Set를 評價完了하고 이어 77년에는 ABBN型 群定數Set와 CITATION 擴散코-드를 써서 日本의 高速實驗爐 JOYO의 臨界計算을 遂行하여 原設計資料와 比較하였다.

1979년부터는 佛蘭西의 SUPER-PHENIX를 主對象으로 한 大型高速增殖火爐 設計資料의 蒐集 및 評價를 遂行하고 있으며, 이에 더하여 高速增殖爐의 主要 設計概念인 Tank型 및 Loop型 高速增殖爐를 對象으로 爐型評價도 아울러 遂行하고 있다.

앞으로 Doppler 效果, Na-void 反應度係數, 制御棒價値 및 干涉效果等에 對한 研究도 進行시킴으로서 大型實用爐 高速爐心の 平衡爐心 研究에 完璧을 期할 豫定이며 이러한 研究遂行에 必須的인 核資料 및 群定數를 完備하고 ANL 1250 벤치마 - 크爐心 評價로 爐心核設計能力을 一層 培養해 나갈 豫定이다.

20% 濃縮우라늄 高速增殖爐心の 核·熱設計, 臨界實驗裝置의 建造·利用을 통한 高速爐 物理實驗을 計劃하고 있으며, 液體 나트륨 特性 研究를 위한 나트륨 反應裝置도 建設·利用함으로서 1990年代까지는 完璧한 液體 金屬冷却增殖爐의 核熱特性研究體制를 具備하여 核熱設計를 自力 遂行하고 安全性 評價基準와 標準安全性 評價計劃作成에 必要한 各種 反應度係數, 動特性數値, 出力 및 溫度分布等 諸技術資料를 提供할 수 있도록 할 豫定이다.

이렇게 하므로서 液體金屬冷却高速增殖爐 1號機의 導入·實用化를 圓滑히 하고 2號機以後의 高速爐 國產化事業을 成功裡에 定着시킬 것이다.

現在 高速增殖爐 研究는 高速爐研究室의 主導下에 進行되고 있으나 아직 우리나라에서의 開發歷史가 짧아 充分한 研究人力을 갖추고 있지 못하다. 不遠間 닥쳐올 高速爐時代에 對備해 着實한 技術人力養成 또한 火急한 問題임을 熟知해야 할 것이다.

## (2) 核融合爐 開發

에너지源으로서의 制御核融合의 原理를 簡單히 要約하자면 다음과 같다. 즉 가장 가벼운 原子인 水素原子(嚴密히 말하자면 重水素나 三重水素)를 原子核과 電子가 完全히 分離하게 되는 프라즈마 狀態까지 加熱함과 同時에, 이들 核과 電子들이 흩어지지 않도록 一定한 場所에 密閉시킴으로서, 프라즈마의 溫度와 密度를 核끼리의 融合反應이 持續的으로 일어날 수 있는 水準까지 높여주면 外部로부터 에너지의 注入없이 燃料自身이 放出하는 에너지로 燃燒가 始作되는 自己點火條件이 實現된다.

나머지는 이를 安定하게 持續시키기 위한 여러 機能, 말하자면 燃料注入, 에너지引出, 中性子線遮幣, 트리튬回收, 其他 여러 爐工學의 技術을 開發함으로써 核融合爐實用化를 위한 基礎가 確立되는 것이다.

이러한 着想 아래 核融合研究은 過去 20年間 美國, 蘇聯, 英國, 日本 등을 中心으로 意慾의 으로 推進되어 왔으나 豫想外로 여러 難關에 봉착하여 한때는 原理的으로 爐로서 成立할 수 있는지 조차 疑心할 程度였다.

우선 達成해야 할 溫度條件이 1億度以上이라는 既存技術과는 너무나 거리가 먼 極限條件이라는 것이 첫째 難點이며, 激甚한 運動을 하는 粒子의 集團인 1億度 溫度의 프리즈마를 一定場所에 密閉시켜야만 하는 相反되는 要請을 同時에 滿足시키지 않을 수 없는 것이 어려움의 本質인 것이다.

이와 같은 難題를 解決하기 위한 方案으로 研究된 것은

- ① 磁場密閉方式
- ② 慣性密閉方式

으로 불리우는 두 方式으로 大別된다.

前者를 프리즈마의 各粒子가 지닌 電氣의 特性을 巧妙히 利用하여 加熱과 密閉라는 두 課題를 達成시키는 方式으로서 10餘年前부터 많이 研究되어 왔는데 그 가운데에서도 利用하는 方式으로서, 레이저光을 매우 작은 固體水素球에 쬐이면 急速히 그 表面이 加熱됨으로서 内部壓縮을 일으키게 하여 加熱과 密閉를 同時에 達成하려는 方法이다.

토카마크方式 못지 않게 研究가 進行되어 왔으나 最近에와서는 磁場密閉方式에 보다 期待를 거는 추세이다.

世界 各國이 核融合爐開發에 가장 力點을 두고있는 理由는 두말할 것도 없이 核融合爐에서

의 主要燃料인 重水素가 海水라는 莫大한 資源으로부터 比較的 低廉하게 生産될 수 있어 에너지의 根源의 資源의 枯渴에 直面하지 않는다는 點이며 둘째理由는 放射能放出이 극히 적다는 事實이고 셋째理由는 高溫푸라즈마는 쉽게 冷却되어 在來式原子爐에서와 같이 暴走의 念慮가 없다는 點이다.

核融合은 이처럼 에너지源으로서 많은 利點을 지니고 있으며 말하자면 人類에게는 가장 有力한 窮極의 인 에너지源으로 간주되고 있다.

核融合研究의 現段階은 大局의 인 見地에서 判斷한다면 基礎的研究段階로부터 工學研究段階로의 移行過程에 있다고 생각된다.

따라서 우리로서도 이제는 技術追跡에 臨할時機에 왔다고 判斷되어 1979년부터 核融合妥當性調查를 遂行하여왔고 1980년부터는 세타핀 裝置의 製作, 研究用 토카마크의 設計, 研究에 着手하였다.

第一段階 目標은 1986년까지는 푸라즈마 斷技術을 確立하는 일이며 이에 必須的으로 所要되는 푸라즈마源으로서 研究用토카마크, 푸라즈마 포-카스, Q-machine 등 中心的인 實驗施設 등을 自力으로 設計·建造할 計劃이다.

한편 核融合爐의 여러 設計資料의 實測에 必要한 強力 D-T 中性子源도 아울러 開發하기 始作하였으며 1980年度에는 이미 이에 使用될 Duoplasmatron ion 源(20mA級)을 設計·製作하였고 81年度에는 加速管設置를 進行시키고 있다.

第二段階는 核融合爐工學研究를 主流로 하여 이 期間中에 核融合爐의 設計技術을 土着化시킬 計劃이다. 이러한 一聯의 開發研究가 成就되면 今世紀末에는 臨昇核融合爐의 自力設計建造는 無難히 達成될 것으로 豫見된다.