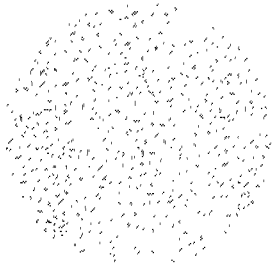


核燃料의 國産化와 技術自立

Localization for Nuclear Fuel Fabrication and It's Technology



李 宜 謙
韓國核燃料(株) 理事

1. 核燃料의 利點

70年代에 접어 들면서 原子力 時代가 本格的으로 展開되었다고 해도 지나친 말은 아니다. 核燃料는 다른 에너지 資源과 달라 그 用途가 주로 發電용으로 限定된다고 볼 수 있다.

核燃料 國産化를 言及하기 前に 우선 核燃料가 지닌 特性, 다시 말해서 化石燃料과 크게 다른 點을 살펴본다.

첫째, 核燃料는 우라늄 核이 두 조각으로 갈라질 때 莫大한 熱이 發生 되는데 이 現象을 核分裂이라고 한다. 이러한 核分裂이 순간적으로 一時에 일어나면 原子爆彈이 되고 人爲的으로 反應을 調整하면 原子爐가 되어 값진 電力을 生産하게 된다.

둘째, 約3%로 濃縮된 低濃縮 우라늄 1屯은 石炭 10萬屯이나 B.C油 約 7萬屯에 대응한 에너지를 放出하기 때문에 極度로 濃集된 에너지이며 따라서 輸送·貯藏上에 큰 利點이 있다. 예를 들어 石炭을 美國이나 阿洲로부터 海上 輸送하는 경우 선박 크기에 따라 다르지만 屯當 10弗以上の 輸送費 負擔이 되어 輸出價의 20%를 차지 하는 반면 우라늄은 파운드當 0.5弗以下の 輸送費로서 輸出價의 1% 未滿을 차지 할 뿐이다.

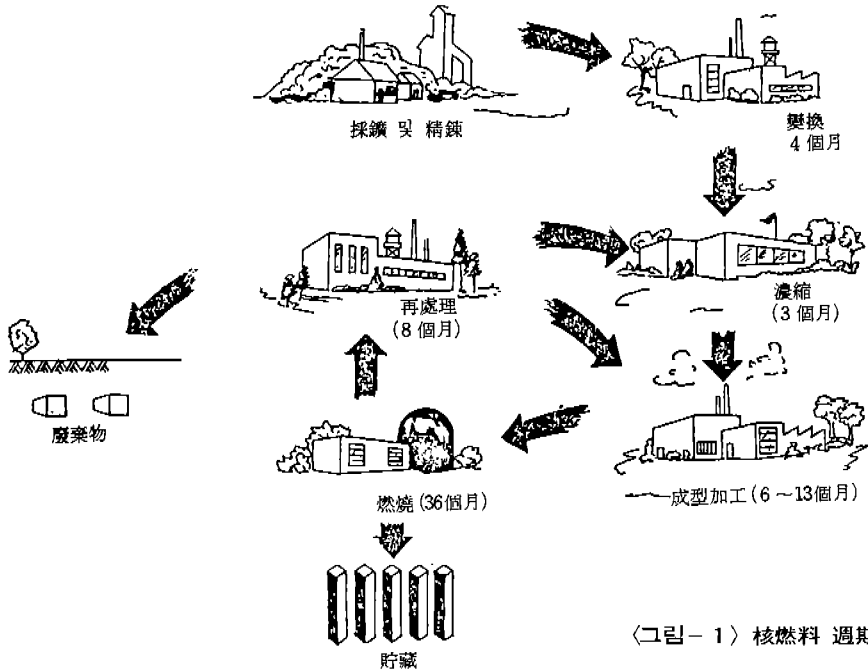
셋째, 輕水爐인 경우 原子爐에 裝填하면 1年間 燃料 交替없이 繼續 發電을 할 수 있어 長期間 使用한다.

넷째, 저렴한 燃料費를 賸을 수 없다. 現時勢로 1kWh當 燃料費는 油類 發電所에 比하면 1/10에 不過하다. 다시 말해서 原子力 發電所의 建設 單價가 火力에 比해 높다고 하더라도 이러한 燃料費 利點으로 比較的 싼 電力을 生産하게 된다.

2. 核燃料 週期

核燃料는 物理的인 核分裂 方式에 의해 燃焼되기 때문에 우라늄 精鑛을 變換, 濃縮 및 成型加工의 3個 製作過程을 거쳐 完製品을 만들게 되는데, 이 連續 過程들은 통틀어 約 2年이 걸린다.

原子爐에 燃料가 裝填되면 해마다 한번씩 그 量의 1/3을 交替하므로 平均 3年間 爐內 머무르게 되고 使用後에도 타다남은 우라늄과 燃焼 途中 副



〈그림-1〉核燃料 週期圖

產物로 生成된 폴르토늄(Pu)이 存在하기 때문에 回收 再使用하게 된다. 이 過程이 또한 1年을 所要한다.

따라서 核燃料가 우리나라 精鍊에서부터 몇개의 製作過程을 거쳐 原子爐內 燃燒되고 使用後 再處理되는 總過程을 核燃料 週期(Nuclear Fuel Cycle)라고 하고 대개 6年이런 긴 時間을 要한다. 核燃料費를 말할때 核燃料 週期費라고 하는 理由가 여기에 있고 모든 製作費에 金利를 包含시키고 生産된 電力量으로 나누어 決定하게 된다.

3. 國產化 및 技術 自立

核燃料는 核週期 全体가 國產化 對象이고 技術自立이 되어야 가장 바람직하나 우리나라 資源을 包含한 全週期 自立國은 美國 程度라고 보겠으나 核週期 技術側面에서 본다면 美, 獨, 佛, 加等 先進工業國이 大體적으로 自立基盤이 갖추어졌다고 보아진다.

核週期中 核式器 製造에 應用되는 濃縮과 再處理는 核保有國에 大部分 偏在되어 있고 核武器 擴散에 예민한 技術이라하여 國際 原子力 機構(IAEA)이 嚴格한 査察의 對象이되고 核保有國은 既定事實로 하고 核非保有國間 水平擴散만을 禁止하는 不

公平한 規制가 이루어지고 있다.

그렇다면 原子力 發電 產業國으로서 第1段階 國產化 對象은 製作 마지막 段階인 成型加工 過程(Fabrication)이라는 것을 쉽게 알 수 있다.

이 分野의 技術은 70年代 本格的인 原子力發電 經驗으로 여러면의 核燃料 性能결함이 減진 代價를 치루고 改善되어 오늘날 99.99%의 信賴度를 보여 주고 있다. 實證技術인 點은 勿論, 技術이 完全 公開되어 있고 어느程度의 原發計劃을 갖고있는 國家에서는 이미 國產化를 達成했다. 우리나라도 原發 10基 程度면 最少 經濟單位라고 보기때문에 國產化 對象으로 잡은 것이다.

한편 核燃料 製作 過程中 原子爐內 燃燒特性에 비추어 高度의 設計技術과 精巧한 製作技術이 最終 製品으로 모아져 發電途中 燃料體의 性能을 평가하는 分野가 이것이다. 이 過程이야말로 實需要者인 電力會社가 가장 깊은 關心을 갖는 理由도 알 수 있을 것이다.

燃料費 全体에 차지하는 製作費의 比重은 15%이나 이 製作이 잘못되면 85%를차지하는 값비싼 濃縮우라늄을 燃燒시키지 못함으로 發電所 建設費까지 合算하면 電力會社는 95% 以上の 莫大한 損失을 擔當해야 한다. 外國의 우수한 製作會社들이 核

燃料設計나 製作技術을 適用하는 경우나 새로운 技術을 生産에 適用할 때도 지극히 保守的인 立場에서는 理由가 이러한 배경에 있다는 것을 알 수 있다. 즉 電力 生産費中 製作費가 5% 차지하고 그中 1% 혹은 0.2% 節減을 하다가 需用家 즉 電力會社에 99%以上の 損害를 주고 이것은 加工 供給者로서는 補償할 수도 없는 엄청난 損失額이기 에 이러한 結果는 반드시 豫防되어야 한다.

이 分野가 電力會社와 대단히 密接한 關聯이 있다고하면 대체 어떤 技術로 構成되어 있는지 概觀 하고자 한다.

크게 分類한다면 核燃料 集合體의 設計技術과 製作技術이다.

原子爐心에서 核分裂이 繼續될 수 있는 臨界條件 평定한 出力分布, 熱傳達 및 高溫 高壓下의 耐蝕 性等 實로 폭넓은 設計技術이 동원되어야 한다.

專門分野別로 보면 核設計, 熱水力 設計, 機械的 設計 및 金屬的 設計等이다.

技術導入을 통해 前述한 分野의 電算 프로그램, 指針書, 技術資料等이 技術先으로부터 導入되고 우리 要員의 訓練을 통해 技術이 漸次的으로 蓄積되는 것이다. 이러한 設計分野는 理論이 깊고 應用力이 充分해야 하기때문에 그야말로 專門化된 高級 入力을 要求하는 分野이다.

製作技術을 言及하기 前に 連續되는 製作過程을 살펴보기로 한다.

첫째, 粉沫 製造工程, 一名 再變換 工程이라고도 한다. 濃縮우라늄 혹은 天然우라늄(UF₆)은 2酸化 우라늄 粉沫로 만든다. 이 工程은 國別로 會社別로 技術이 多少 다르다. 즉 濕式工程과 乾式工程이 있는데 濕式工程에는 가장 오래된 ADU 工程과 歐洲 一部에서 反應 氣體를 同時에 침전기에 投入 시켜 粉沫을 製作하는 AUC 工程이 있다. 乾式工程에도 Rotary Kiln을 使用하는 IDR方式, 3段의 反應器를 使用하는 Fluid Bed型 乾式工程等 여러가지 技術이 있으나 各己 自己들의 工程에 익숙되어 있고 製品 性能의 信賴感을 갖고 있다. 二酸化 우라늄 粉沫의 特性에 따라 이 事實의 一段階 成敗가 決定되므로 大端히 重要한 課程이다.

둘째, 펠렛 壓縮 및 燒結 過程이다. 이 工程은 粉沫 特性에 따라 大端히 민감하고 核燃料棒의 最少單位인 Pellet가 決定되므로 核物質의 最終段階

로 볼 수 있고 이 工程은 粉沫工程과 不可分의 關係에 있다.

셋째, 燃料棒 熔接 工程이다.

이와같이 準備된 펠렛를 질칼로 이 피복관에 넣고 길이 4 m되는 燃料棒 上下端을 같은 材料로 막으면서 용접을 함으로써 密閉된다. 용접점사를 철저히 하여 燃燒途中 放射性 가스가 冷却體로 流出 안되도록 한다.

넷째, 다발로 묶는 과정이다.

같은 크기의 燃料棒을 가로, 새로 17줄씩 각각 配列하면 集合體가 完成된다. 이 경우 가장 예민한 部品은 燃料棒間의 간격을 均一하게 엮어주는 스페이서 그릿(Spacer Grid)이다. 高壓, 高溫, 高速의 冷却體가 同一面積의 流路를 따라 熱傳達를 均一하게 하여야 局部的인 燃料 熔融이 일어나지 않기 때문에 대단히 重要한 部品이다.

이와같은 製作經路를 따라 만들어진 完製品은 品質檢査를 엄격히 하여 鐵製 輸送容器에 넣어 發電所 現場으로 引渡한다.

核燃料의 결합이란 原子爐 運轉中 放射線 가스(例, I-131)가 冷却體로 流出되어 規値值(cc當 1 μ ci)를 超過하여 發電所를 運轉停止하는 事態를 만드는 경우이다. 이러한 放射能이 冷却體로 새어나 오지 못하게 하려면 多重 차폐를 해야하는데

첫째, 最少 單位의 Pellet가 高密度로 製作되고 内部 孔分布가 均一하고 表面 치수가 正確하여 放射能을 될 수 있는대로 많이 Pellet 内部에 잡아두어야 한다.

둘째, 피복관의 金屬強度, 두께의 均一性, 円型 維持를 위시하여 펠렛를 피복관 안에 裝填한 다음, 上下端의 熔接技術이 重要하고 꼭 예민한 技術이다.

셋째, 燃料棒을 다발로 묶을때 수 많은 棒을 一定한 간격으로 一定한 힘으로 잡아주는 스페이서 그릿의 편칭技術 및 組立 熔接技術이다. 왜냐하면 이 部品이 不滿足하면 局部的인 燃料熔融 또는 不均一한 溫度外昇 등으로 燃料損傷이 나기도 한다. 燃料棒이 多少 휘는 결합도 이 部品의 性能에 따라 일어난다.

上述한 여러가지 가능한 對備策을 총동원, 製作된 核燃料도 使用後에 점검하면 一部 燃料棒의 결합이 검출되는 수가 있다. 이런경우 파손봉을 찾아

내어 새것으로 交換, 再使用하는 技術이 또한 開發되어 있다. 모두 水中作業 이므로 特殊工具를 開發한 것이다.

(表-1) 商業 成型加工施設

Country	Plant	Capacity t/yr	Fuel types Fabricated
Belgium	FBFC	410	PWR & BWR
Canada	CGE	600	HWR
	W Canada	500	HWR
	C-E Canada	230	HWR
F. R.	RBU	850	PWR, BWR & HWR
Germany			HWR
France	FBFC	370	PWR
Great Britain	BNFL	100	BWR & PWR
Italy	Agip Nucleare	200	BWR & PWR
India	DAE	135	HWR & BWR
Japan	JNF	480	BWR
	MNF	460	PWR
	NFI	50	BWR & PWR
Sweden	ASEA-ATOM	330	BWR & PWR
USSR	State Committee	770	PWR & BWR
USA	B & W	375	PWR
	C-E	265	PWR
	ENC	600	BWR & PWR
	GE	1100	BWR
	W	800	PWR

核燃料 國産化 推進經緯를 훑어 보기로 한다.

1979年 9月 24日 : 當初에는 韓國에너지(研)가 同 國産化 事業計劃을 마련하고 科技處를 통해 第26次

經濟長官 會議에 올려 事業妥當性を 認定 받았으나 實需要者인 韓電 參與를 권고 받았다.

1981年 7月 30日 : 第31次 經濟長官會議에 再次上程하여 會社設立 原則이 決定되었다. (韓電50%, 韓國에研 15%, 外國會社 35%)

1981年 10月 6日 : 政府에 會社設立 推進委員會가 構成되고 韓電에 設立 推進班이 構成되었다.

1982年 2月 9日 : 定款內容을 同意하고 事業計劃을 確定하였다.

1982年 3月 23日 : 7人의 發起人으로 구성된 發起人 會議에서 發起人 代表選出(金善昶)과 82年度 出資規模를 2億 5千萬원으로 確定하였다.

1982年 10月 26日 : 發起人들이 株金을 拂入하고 法院 登記要件에 필요한 政府의 事業承認을 얻었다.

1982年 10月 27日 : 發起人 總會(株主總會에 該當)에서 任員이 選任되고 初代 理事會에서 代表理事가 選出됨.

1982年 11月 11日 : 出生申告에 해당되는 法院의 登記를 畢하고 11月 26日 韓國核燃料(株)의 現판식을 가짐으로써 이 會社의 業務가 開始되었다.

앞으로의 計劃을 보면 外國 技術先을 嚴選하여 1985年初, 合作이 이루어지면 이어 本格的인 工場 設計 및 建設에 着手하게 된다. 대개 3年乃至 4年의 建設期間을 거쳐 1988年度에 粉沫을 除外한 部分製作을 이룩하고 그 다음해 부터는 全工量을 우리 손으로 만들어 그間 外國에만 依存해 오던 核燃料를 國産 供給함으로써 核燃料 技術의 自立이 成就되고 年間 約 2千萬弗의 純輸入 代替가 達成 될 것이며 國內 原子力 主機器 國産化 및 設計技術 國産化等과 結付하여 原子力 關聯産業의 自立 터전이 균형있게 마련되는 것으로 생각된다. *

