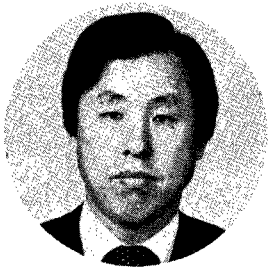


特輯

原電國産化
어디까지
왔나?

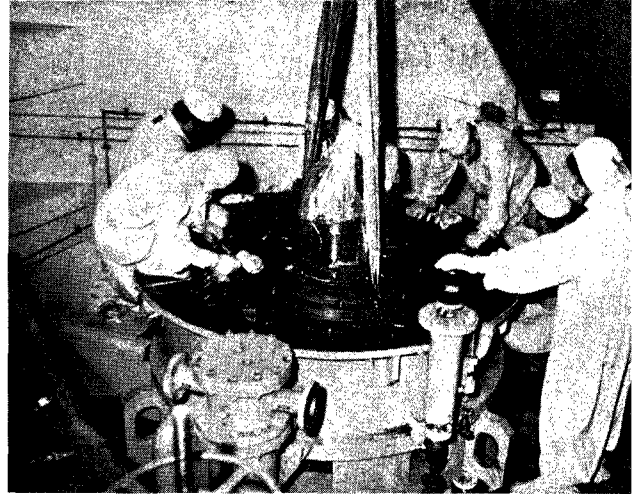
核燃料 週期の 技術自立과 國産化

The Localization for Nuclear
Fuel Fabrication Plant and Its
Technology in Korea



李 宜 謙

〈韓國核燃料(株) 理事〉



原電1호기의 核燃料 再裝填

1. 核燃料 週期

核燃料은 一般 化石燃料과 달라 物理的인 核反應에 의해 燃燒되기 때문에 일단 連鎖反應이 일어날 수 있도록 一定한 形態로 核燃料 集合體를 製作해야 하는데 低濃縮 우라늄을 使用하는 輕水炉의 경우 우라늄 精鑛을 變換, 濃縮 및 成型加工의 3個 製作過程을 거쳐야 完製品이 되는 것이다. 이러한 連續過程은 통털어 約 2年이 걸린다.

이렇게 準備된 核燃料가 原子炉에 裝填되면 해마다 그 量의 1/3씩 交替하므로 平均 3年間 原子炉內에 머무르게 되고 使用後에도 타다남은 우라늄과 燃燒途中 副産物로 生成된 플루토늄(Pu)이 存在하기 때문에 回收하여 再使用하게 된다. 이 過程 역시 1年이 所要된다.

따라서 核燃料가 우라늄 精鑛에서 부터 몇個의 製作過程을 거쳐 原子炉內에서 燃燒되고 使用後 再處理되는 全體 過程을 核燃料 週期(Nuclear Fuel Cycle)라 하고 보통 하나의 週期에 6年이란 긴 時間을 잡는다.

核燃料費를 말할때 核燃料 週期費로 通用되는

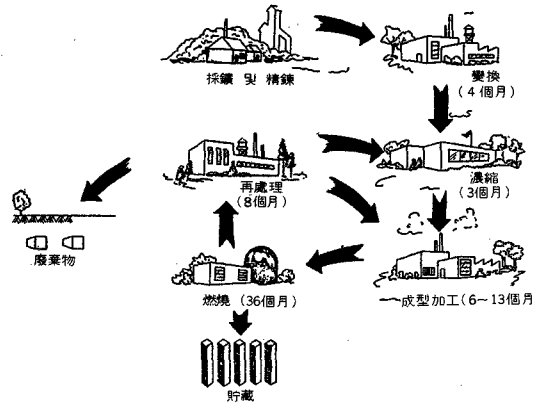
것을 쉽게 알 수 있고 이것은 모든 製作費에 金利를 包含시키고 同期間에 生産된 電力量으로 나누어 決定되게 되는 것이다.

2. 世界的 核週期 施設

前述한 바와 같이 核週期施設 즉 核週期 供給源이라 함은 우라늄을 위시하여 變換, 濃縮 및 成型加工의 製作 過程과 使用후 燃料의 再處理 設備를 통털어 말하게 되므로 核週期の 完備한 自立은 核週期 技術에다 우라늄 資源의 賦存을 包含한다고 볼 수 있다. 다시 말해서 核週期 技術 全部를 保有하고 있는 先進工業國이라도 天然資源의 혜택을 받지 않고서는 우라늄 供給中斷에 대하여 核週期 技術의 意義를 상실하기 때문이다.

여기에서는 資源은 잠시 貯藏하고 核週期 技術만을 言及하려고 한다.

輕水炉의 경우 低濃縮 우라늄을 燃料로 使用하기 때문에 濃縮過程이 꼭 必要하다. 이는 當初 原爆 原料 獲得을 위해 開發된 技術이지만 지금 이 技術은 原子力 發電用 核燃料生産에 主로 쓰이고 있고 現在 實證技術로서는 氣體擴散 技術과 遠心分離 技術이 있는데 大部分 核保有



〈그림 1〉 核燃料 週期圖

國이 갖고 있는 實情이다.

이 設備는 程度의 差異는 있지만 莫大한 投資費를 要할 뿐더러 이 技術은 原爆 保有가 實現되므로 核擴散 技術範疇에 屬하여 技術自體가 嚴格하게 統制되어 있는 實情이다. 게다가 現在 世界的으로 供給力이 超過되어 經濟的인 側面에서도 相當期間 國産化는 어려운 立場이다. 參考로 이들 濃縮工場의 最少 經濟單位를 소개하면 氣體擴散式 工場은 800萬SWU(농축단위), 遠心分離式은 200萬SWU로 알려져 있고 年産 800萬SWU의 需要는 大容量 原子力 發電所 約90基에 該當한다. 그러나 先進國에서 開發中인 새로운 濃縮技術(例: LASER, PLASMA)이 實

單位: 百萬SWU/年

表 1 世界的 濃縮 施設

國名	會社名	1981	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'95
美國	DOE	14.7	21.6	21.6	23.5	25.6	25.6	25.6	26.5	28.4	29.6	34.4
프랑스	EURODIF	2.5	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8
프랑스	COREDIF						2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	10.0
일본	PNC	0.05	0.05	0.05	0.15	0.35	0.55	0.55	135	1.95	2.5	2.5
英, 和, 獨	URENCO	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	4.0	5.5	7.0	8.3	10.0	17.5
蘇	Technob	4.1	4.0	4.4	3.4	3.4	3.2	3.3	3.2	2.5	2.4	2.4
브라질	Nuclei Nustep					0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
南阿	UKOR					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
計		22.05	37.45	38.35	39.85	43.07	46.57	50.17	55.27	60.37	65.72	78.02

(資料: INFCE 報告書 1980)

用化되면 設備投資가 小規模化될 것이므로 國産化가 훨씬 容易하나 역시 技術은 非擴散에 묶여 우리 스스로 解決해야 할 課題일지도 모른다. 表1에 提示된 것은 世界的으로 運營되고 있는 濃縮施設이나 日本, 브라질 및 南阿等は 現時點으로 보아 商業 規模의 設備가 아니다.

濃縮 바로 前段階인 變換은 事實上 濃縮原料物質의 準備過程으로 볼 수 있는데(UF, 氣體物質)이 分野의 技術은 完全 公開되어 있고 小規模의 設備投資로 因해 쉽게 國産化할 수 있으나 濃縮과 同時에 解決해야 할 分野이다.

表2에 提示된 變換設備가 大部分 濃縮 供給國에 偏在되어 있는것도 그 때문이다. 캐나다의 경우는 重水炉型 核燃料을 生産하기 때문에 약간 다르다.

製作 마지막 段階인 成型加工 過程은 投資規模도 크지않고 技術이 公開되어 있기 때문에 어느 水準의 原子力 發電設備들(約 10基) 保有한 國家라면 서둘러 國産化하여 技術自立을 이룩하는 것이 世界的인 추세이다. 表3에 11個國, 19個 工場이 提示되어 있고 곧 우리나라가 이어 追加될 것이다.

마지막으로 再處理 過程을 記述하겠다.

이 過程은 높은 放射性 物質을 다루는 化學工程으로서 電算技術이 結合된 원격조정으로 運營

〈表 3〉 世界의 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.Germany	RBU	850	PWR, BWR & 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	700	PWR & BWR
USA	B & W	375	PWR
	C-E	265	PWR
	ENC	600	BWR & PWR
	GE	1,100	BWR
	W	800	PWR

하며 일단 고장이 나면 放射能 때문에 接近修理가 不可能하여 그대로 폐기해야 하는 어려운 工場이다. 이 過程은 原子炉에서 取出한 使用後 核燃料로부터 타다남은 우라늄과 새로히 副産物로 生成된 플루토늄(Pu)을 回收하기 때문에 高濃縮우라늄대신, 原爆材料로서 플루토늄을 確保할 수 있기 때문에 이 역시 核武器 非擴散에 묶여 技術公開가 許容안되는 分野이다.

使用後 核燃料의 再處理에서 回收되는 플루토늄이 核武器 및 테러 행위로부터 完全히 保護되고 오직 平和的으로 使用될 수 있는 滿足할만한 統制方法이 樹立될 때까지 再處理를 無期限 保留한다는 美國 카터 에너지 政策 發表以來 再處理 工場은 事實上 運休狀態에 들어갔고 오직 獨自의 技術로 맞서고 있는 歐洲 數個國이 이

〈表 2〉 世界의 變換施設

(단위 : MTU)

變換供給者	年度	1980	1985	1990
Allied Chemical(美)		12,700	12,700	12,700
Kerr-Mc Gee (美)		9,090	9,090	9,090
BNFL (英)		9,500	9,500	9,500
Comurhex (仏)		12,000	17,000	17,000
Eldorado (加)		5,500	14,500	14,500
計		48,790	62,790	62,790

(자료 : Fuei-Trae 1979. 8, 계획시설 용량포함)

〈表 4〉 世界の再處理施設(美國除外)

國家	運轉會社	位 置	運轉年度	容 量 (MTU/年)	備 考
벨지움	BELGOP-ROCESS	M O L	1985	60	
英國	BNFL	WINDSCALE	1987	665	
仏	Cogema	LA HAGUE	運轉中	1600	1988年 施設容量 高速増殖燃 料 再處理試驗 場
仏	Cogema	MARCOULE	1984	5	
西獨	G W K	KARLSUHE	運轉中	10	
西獨	D W K	HESSE		350	
日本	P N C	TOKAI-MURA	運轉中	210	1988年度 施設容量
	P N C		1986	36	
	JNFSC		1991	1200	
印度	ATOMIC POWER AUTHORITY	TROMABY	運轉中止 運轉中止		
"	"	TARAPUR	1984	100	
"	"	KALPAKKAM		100	
브라질	NUCLEBRAS		1986	3	

(參考：NAC資料)

事業을 推進할 뿐이다. 美國을 除外한 自由世界 再處理施設을 表4에 提示하였다.

이러한 政策에 대하여 우선 發電所內에 約10年 程度의 貯藏水槽를 마련하고 放射性 폐기물 의 처리방안 모색에 關係機關이 계속 노력하고 있다. 우리나라의 경우도 비슷한 여건이지만 水中 貯藏槽는 모든 發電所에서 1990年代 中半까지 貯藏이 可能하나 先進國의 政策變更을 注視하면서 1985年頃에도 再處理 展望이 不透明하던 그때부터 中央 集中 貯藏所 建設을 서둘러야할 立場일 것으로 보여진다.

3. 核燃料 週期 國産化

大容量 原子力 發電所는 基當 10億弗의 巨大한 投資를 投入한 設備이고 에너지 賦存資源이 빈약한 우리나라로서는 이러한 發電所를 繼續 建設하여 2000년에 이르면 數十基가 稼動될 展望이다.

核燃料 資源을 비롯하여 核週期 全部를 外國에 依存하고 있는 우리나라는 政治的, 經濟的 事由로 供給 中斷이 오면 發電所가 運轉停止되고 莫大한 設備가 流失될 뿐더러 電力供給에 커다란 차질을 超來할 可能性도 있는 것이다.

이런 점을 고려하여 이미 韓電에서는 燃料 供給源을 多元化하고 緊急事態에 대비하여 發電을 할 수 있는 適正 備蓄量을 保有하면서 最善을 다하고 있다.

그러나 根本的인 解決策은 하루속히 核週期的 自立을 이룩하는 길이다. 核週期的 技術은 그 나라의 工業水準이나 技術程度에 따라 達成될 수 있으나 天然資源의 賦存은 人間의 能力으로는 미치지 못하는 神의 섭리에 屬하므로 核週期的 自立 및 國産化도 技術側面에서 다루고자 한다.

이미 言及한 대로 濃縮과 再處理 技術은 原爆材料로 使用하는 高濃縮우라늄과 플루토늄이 各 各 生産되기 때문에 技術保有國이 公開하지 않는 技術인 同時에 莫大한 設備投資를 要하므로 앞으로 相當期間 外國에 依存하지 않을 수 없다.

그렇다면 技術의 公開, 投資規模 및 需要의 妥當性 等の 基準에서 본다면 우리나라 實情에 비추어 成型加工 技術이라는 것을 쉽게 알 수 있다. 우리나라가 國産化 目標로 設定한 이 分野의 技術은 이미 實證되어 原子力發電 設備를 갖고있는 여러나라에 移轉되었고 特히 過去 10餘年間 核燃料의 諸般 性能이 設計, 製作, 品質管理 및 發電所 運轉條件等 여러 側面에서 改善 解決되었다고 보는 것이다. 즉 大量生産이 바로 原子炉實照射에 이어져서 性能결함이 거의 완벽하게 다듬어진 實證技術이기 때문에 品質의 試行錯誤를 반복할 必要없이 즉각 活用하는 것이 바람직하다. 다만 앞으로 새로운 技術 및 보다 效率的인 工程技術은 끊임없이 開發되어야 한다.

輕水炉인 경우 해마다 燃料를 一部 交替하고 發電을 繼續하기 때문에 (OFF Load Refueling) 燃料의 性能欠陥이 있으면 發電停止 事態까지 미치고 그 경우 燃料費差異(核燃料費와 B. C油)만 考慮하더라도 하루 發電停止로 因해 約 7億 圓의 損害를 超來하게 된다(原電 90萬KWe級).

國産化를 함으로써 技術이 蓄積되고 外貨가 節約되는 것은 所望스러우나 根本的으로 品質保障이 더 強調되어야 함은 明白한 事實이다. 所期의 目的을 達成하기 위해서는 實證工場을 建設하고 實證된 設計, 製作技術을 投入하면서 目的하는 바의 技術이 蓄積되고 自立土台가 갖추어져야 할 것이다.

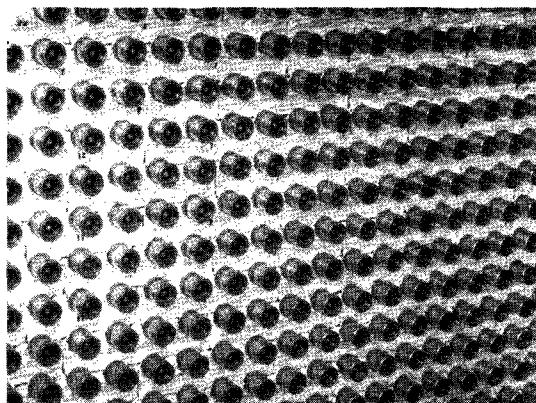
우리나라에서 推進하고 있는 國産化의 하나인 成型加工 分野는 韓國核燃料(株)가 맡고 있는 PWR型 核燃料과 韓國에너지研究所 大德工學센터가 自體開發하는 重水炉型 核燃料가 있다. 後者は 發電所를 運轉하면서 每日 燃料 多발을 交替하는 運轉中 燃料 交替型(On Load Refueling)이다.

이는 國內 研究陣에 依해 試製品이 生産되어 熱水力學的인 性能 試驗과 外國 材料試驗炉에서 燃燒試驗을 하고 있다. 이 試驗이 끝나는 대로 今年 下半年期부터 1985년까지 原子力 發電所에 몇다발씩 裝填하여 實照射가 끝나면 量産體制로 들어가게 될 것으로 보인다.

끝으로 韓國核燃料(株)가 推進中인 PWR 型 核燃料의 國産化 推進經緯를 훑어 보기로 한다.

1979年 9月 24日:當初에는 韓國에너지 研究所가 同 國産化 事業計劃을 主管하고 科技處를 통해 第26次 經濟長官會議에 上程, 事業妥當性은 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, 大株主).



月城原電의 核燃料棒

1981年 10月 6日:科技處에 會社 設立推進委員會가 構成됨과 同時에 韓電에 設立推進班이 構成되어 設立業務가 本格的으로 開始되었다.

1982年 2月 9日:두 차례 設立委員會를 거쳐 全文37條의 定款과 事業計劃을 確定하였다.

1982年 3月 23日:發起人 會議에서 82年度 出資規模를 確定(2.5億圓)하고 發起人 代表를 選出하였다(金 善昶).

1982年 10月 26日:發起人的 株金拂入 및 法院의 登記要件에 필요한 政府 事業承認.

1982年 10月 27日:株總에 該當하는 發起人 總會에서 任員이 選任되고 이어 理事會에서 代表理事를 選出하였다(金善昶 韓電理事 兼職).

1982年 11月 11日:法院 登記

1982年 11月 26日:韓國鑑定院 建物, 會社의 本店所在地에서 會社創立 懸板式, 舉行.

1983年 7月 6日:第2代 社長으로 韓弼淳 博士就任(韓國에너지研究所 大德工學 센터 分所長 兼職).

앞으로 計劃을 보면 外國 技術先을 嚴選하여 技術을 導入하고 1985年頃 工場 設計에 이어 建設에 着手하여 1988年頃 組立 製作을 始作함으로써 그間 外國에만 依存해오던 核燃料를 國內 製作 供給하고 아울러 技術自立과 外貨節約 效果를 얻게되는 것이다.