特輯

第7回 韓日
原子力産業세미나
發表論文

韓國의 輕水爐型 核燃料 國産化 計劃

Localization Plan of Nuclear Fuel Fabrication for PWR Nuclear Plants in Korea

李 宜 謙
〈韓國核燃料(株) 本部長〉

1. 國産化의 必要性

에너지 資源이 빈약한 나라에서는 에너지 自立을 달성하는데 있어서 原子力이 중요한 역할을 한다. 왜냐하면 電力 原價中 燃料費의 점유율이 상당히 낮고 燃料費中에도 천연자원을 제외한 상당부문을 技術自立함으로써 에너지의 準自立을 할 수 있기 때문이다. 바꾸어 말하면, 核燃料 週期의 技術自立은 바로 에 지 自立을 뜻하는 것이다.

核燃料 製造과정 중 주요과정의 하나인 濃縮은 現在 技術로 본다면 投資規模가 엄청나게 크고, 技術 또한 比公開되어 있는 예민기술이기 때문에 당분간 해외 공급원에 의존하지 않을 수 없다.

核燃料의 마지막 제조과정인 成型加工 部門은 投資規模가 적당하고 技術이 公開되어 있기 때문에 상당한 原發建設 計劃을 보유한 국가는 이미 국산화를 달성하였다. 同分野의 국산화 타당성을 간략하게 기술하려고 한다.

첫째, 原發 10基(90萬kWe급)의 設備를 보유하게 되면 自體需要만 갖고도 經濟性이 있는 것으로 판단되어 年産 200㎏U의 工場을 最小 經濟規模로 보았다.

둘째, 年産 200㎏U의 工場이 定常 稼動되면 純 外貨 輸入代替가 年間 2,000萬弗을 上廻하고 부수적으로 고용효과가 수반된다.

셋째, 이 技術이 自立되면 燃料의 改善된 新技術 確保에 크게 기여하고 原子爐心 技術을 바탕으로 하여 原子爐系統 設計技術로 파급될 것으로 본다.

2. 推進經緯

우리나라의 電力事業은 國策事業으로 遂行되고 電力生産을 위한 核燃料 國産化事業도 역시 國策事業으로 추진되고 있다. 同 國産化事業의 추진경위를 보면 다음과 같다.

1981年 7月 30日 : 第31次 經濟長官協議會에

〈表 1〉 原子力發電所 現況

호 기	위 치	원자로	용 량 (MWe)	제 조 회 사		상업운전일
				원 자 로	터 빈 발 전 기	
1	경남, 고리	PWR	587	W.H. (U.S.A.)	G.E.C (U.K.)	78. 4
2	〃	PWR	650	W.H. (U.S.A.)	G.E.C (U.K.)	83. 7
3	경북, 월성	PHWR	676.7	AECL (Canada)	Parsons (Canada & U.K.)	83. 4
4	–	–	–	–	–	–
5	경남, 고리	PWR	950	W.H. (U.S.A.)	G.E.C (U.K.)	85. 9
6	〃	PWR	950	W.H. (U.S.A.)	G.E.C (U.K.)	86. 6
7	전남, 영광	PWR	950	W.H. (U.S.A.)	W.H (U.S.A.)	86. 3
8	〃	PWR	950	W.H. (U.S.A.)	W.H (U.S.A.)	87. 3
9	경북, 울진	PWR	950	Framatome (France)	Alsthom (France)	88. 9
10	〃	PWR	950	Framatome (France)	Alsthom (France)	89. 9

서 核燃料 國産化 妥當性 認定 및 會社 設立 決定

1982年 3月 23日 : 發起人 會議에서 1982年度 出資規模 및 發起人 代表選出

*出資比率 : 韓電 76%, 韓研 24%

1982年 10月 27日 : 發起人 總會에서 任員選任 및 理事會에서 代表理事 選出 (韓電 金善昶理事 兼職)

1982年 11月 11日 : 會社設立 登記

1983年 7月 6日 : 第二代 社長 취임 (韓研 韓弼淳 所長 兼職)

*本店, 大田市 大德研究團地 移轉

1983年 10月 7日 : 核燃料 國産化 事業計劃 變更 (案) 韓電 報告.

1984年 7月 30日 : 同 變更案 政府承認

1984年 8月 3日 : 核燃料 技術先 評價 選定을 위한 入札案內書 發送

1984年 12月 4日 : 入札書 接受, 檢討開始

1985年 6月 5日 : 契約對象會社 選定 (獨, KWU社)

1985年 8月 26日 : 契約署名

3. 事業 概要

가. 經 營

核燃料 技術導入은 單純한 Licensing協定方式과 Licensing과 合作을 겸한 두 가지가 있다. 우리가 추진하는 方式은 前者이며, 이는 外國의 經營간섭을 배제하고 國家 政策目標가 바르게 달성될 수 있는 自律經營을 기할 수 있다.

輕水爐의 경우, 核燃料 性能 欠陷이 있으면 發電停止 事態에 이르고 이로 인해 電力會社에 엄청난 經濟的인 損失을 입히게 되므로 이러한 試行錯誤를 되풀이 해서는 안된다.

따라서 核燃料의 設計 및 製造技術은 實證技術을 導入하며, 核燃料의 品質確保에 最優先을 둔다.

나. 事業範圍

核燃料의 成型加工 部門은 設計와 製造로 크게 구분된다. 核燃料의 設計改善이 直接的으로 濃縮우라늄의 量과 燃燒度에 영향을 미치고 發電原價 節減에 기여하므로 電力會社에 밀접한 관계가 있다. 核燃料의 製造는 韓研의 設計대로 製品을 만들게 된다.

設計技術은 高度의 學術的인 깊이와 전문적인 기술을 요하므로, 이 分野의 전문인력을 보유하고 있는 韓研이 設計를 담당하고 앞으로 人力養成과 技術自立을 하게 된다. 國産化 初期의 設計品質을 確保하기 위하여 外國 技術先과 共同設計를 遂行함으로써 코스트, 品質 및 목표일정을 同時에 만족하는 方案을 채택하였다.

〈表 2〉 核燃料 設計資料

	UNIT 1		UNIT 2	UNIT 5 & 6		UNIT 7&8	UNIT 9 & 10	
	14×14STD	14×14OFA	16×16STD	17×17STD	17×17OFA	17×17OFA	17×17STD	17×17AFA
1. Fuel Pellet								
1) Density (%T.D.)	95	95	95	95	95	95	95	95
2) Diameter (㎜)	9.29	8.75	8.19	8.19	7.84	7.84	8.19	8.19
2. Fuel Rod								
1) Number	21,659	21,659	28,435	41,448	41,448	41,448	41,448	41,448
2) Outside diameter (㎜)	10.72	10.16	9.50	9.50	9.14	9.14	9.50	9.50
3) Clad thickness (㎜)	0.61	0.61	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
4) Fuel stack length (㎝)	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8	365.8
3. Fuel Assembly								
1) Number of fuel assembly	121	121	121	157	157	157	157	157
2) UO_2 rod per assembly	179	179	235	264	264	264	264	264
3) Rod pitch (㎜)	14.12	14.12	12.32	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
4) Overall dimension (㎜)	197.18^2	197.18^2	197.18^2	214.02^2	214.02^2	214.02^2	214.02^2	214.02^2
5) Grid material	Inconel	5-Zircaloy 2-Inconel	Inconel	Inconel	6-Zircaloy 2-Inconel	6-Zircaloy 2-Inconel	Inconel	Zircaloy +Inconel
6) No. of grids	7	7	8	8	8	8	8	8
7) No. of Guide Thimbles	16	16	20	24	24	24	24	24

製造技術은 韓核(株)이 담당하며, 製品에 필요한 人力을 養成하고 年産 200㎏U 規模의 工場을 1988年末까지 竣工함으로써 核燃料의 생산체비를 갖춘다.

한편, 外國 技術先으로 부터 引受하는 技術資料를 소화하고 製品의 製造工程과 技術訓練을 포함한 生産活動을 통해 技術을 蓄積함으로써, 技術自立을 기한다. 技術導入 期間中 새로 開發되는 新技術도 引受되며 目的하는 바의 製造技術이 높은 水準에 이르게 된다.

다. 工場建設

1) 規模 및 位置

國內 PWR發電所의 核燃料 需要를 對象으로 보고, 年産 200㎏U 規模의 工場을 建設하고 장차 需要增加에 따라 年産 400㎏U으로 擴張할 수 있는 工場敷地를 確保한다.

核燃料 成型加工工場은 原發이나, 再處理工場과는 달리 外國의 例를 보면 一般産業 施設과 유사하게 都市에 인접되어 있기 때문에 設計를 담당하는 韓研과의 유기적인 協力을 위해 大德研究團地안에 工場敷地를 잡는다.

2) 建設工期

프로젝트 준비기간을 除外하고 工場設計로 부터 시작하여 建設, 機資材 調達, 設置 및 試運轉 等 모든 과정을 포함하여 約3年間의 工期內 年産 200㎏U 規模의 工場을 竣工할 計劃이다.

이 期間은 普通 생각하는 建設期間에 比해 상당히 여유가 없는 듯한 感이 들지만 처음부터 프로젝트 관리를 효율적으로 시행함으로써, 計劃工期 達成에 努力한다. 앞서 언급한 바와 같이 이 工場은 1988年末까지 竣工하고 1989年부터 生産에 들어가게 된다.

〈表 3〉 成形加工 需要

(단위 : 톤U)

호기 \ 인도연도 / 연료형		89	90	91	92	93	94	95	96
KNU #1	14×14	15	15	15	15	15	15	15	15
KNU #2	16×16	17	17	17	17	17	17	17	17
KNU #5~#10	17×17	88	112	136	136	136	136	136	136
KNU*#11	17×17					(68)	-	22	22
KNU*#12	17×17						(66)	-	22
계	교체연료	144	168	168	168	168	168	190	212
	초기노심포함	144	168	168	168	236	234	190	212

참고 : 1. ( )내 수치는 초기노심(IC)

2. *호기는 발주예정

라. 技術自立

電力分野의 技術은 一般商品의 技術 壽命週期에 비해 比較的 安定되어 있는 편이나, 技術은 끊임없이 發展하고 있다.

製品의 品質을 保障하기 위해서는 核燃料의 設計, 製造技術 共히 實證技術을 導入하고 消化해야 한다.

또한 技術導入 期間中(約10年) 技術先에서 開發되는 新 技術도 계속 供給된다.

現在 先進 工業國의 原子爐 製作會社들은 原發 建設計劃의 축소로 인하여 原發 發注量이 크게 減少되어 판매시장 確保가 어려운 立場에 처해 있다. 오히려 發電所 維持保修나 核燃料分野에 보다 적극적인 競合을 하고 있으며, 核燃料 技術 輸出에 있어서도 치열한 競合을 벌이고 있으므로 該當 技術의 導入은 과거 어느 때 보다 유리한 조건에 있다고 판단된다.

마지막으로 技術自立의 主要 內容을 살펴본다.

1) 核燃料 設計

— 核 設計

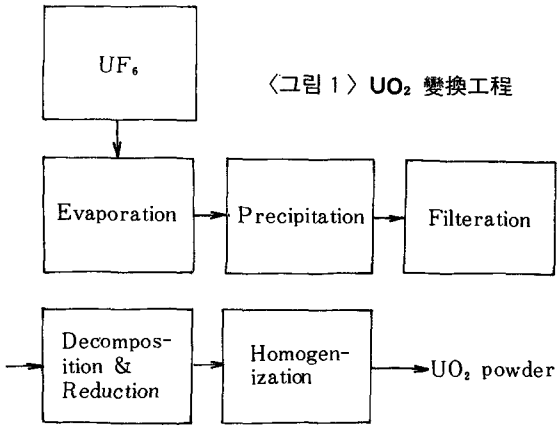
— 熱水力 設計

— 核燃料棒 設計

— 核燃料集合體 機械的 設計

— 安全性 分析

— 其他 關聯技術



〈그림 1〉 UO_2 變換工程

2) 核燃料 製造技術

— UO_2 粉末生産 技術

— 펠릿 生産 技術

— 燃料棒 製造 技術

— 構造部品 및 集合體 組立 技術

— 스크랩(scrap) 回收 技術

— 品質保證 및 管理 技術

— 其他 關聯技術

4. 事業效果

가. 技術的 側面

1) 核燃料 技術이 確保됨에 따라 混合燃料(MOX fuel) 技術自立에 기여할 뿐만 아니라, 앞으로 다가올 高速增殖 燃料技術에도 파급될 것이므로 이를 바탕으로 하여 연속적인 技術의 파급효과가 중요하다.

2) 核燃料 週期技術의 自立은 天然資源을 輸入하더라도 상당부분 에너지의 準自立을 뜻한다.

나. 經濟的 側面

1) 生産初期에는 外國 供給者와 競合이 어려울지 모르나, 需要增加와 經營定常化 및 앞으로 輸出 物量을 考慮한다면 充分히 競合이 된다고 본다.

2) 一部 生産資材를 輸入하고 技術料를 支拂하더라도 年間 約2,000萬弗의 純 輸入代替가 기대되며 부수적으로 고용효과가 수반된다.