

1986年, 世界의 挑戰



趙 滿

〈韓國에너지研·高速爐研究室長〉

石炭炭座위에 올라 앉아 있고 油田으로 둘러 쌓여 있는 英國이 도버海峽에 英佛 共同으로 海底電線을 부설하여, 1987년부터는 값싼 프랑스의 電氣를 사다 쓰기로 하였다고 한다.

群小 發電·配電會社가 亂立하여 非能率의 標本이 되어 있던 프랑스電力産業을 一大革新하여 거의 單一化나 다름없는 EdF로 吸收·統合함으로써 經營合理化에 成功한 것과 油類波動以後 標準化事業, 核燃料週期事業의 確立을 통한 原子力發電의 積極的인 導入이 오늘날 세계에서 가장 값싼 電力料金を 實現시켰다는 것은 이미 널리 알려져 있는 事實이다.

유럽 全域에서 제일 저렴할 뿐만 아니라 미국과 比較하여 40%나 값싼 이 電力料金は 生活水準의 向上과 로보틱스, 컴퓨터, 遺傳工學, 機能素子 等の 産業部門에 쓰이는 에너지源을 제일 저렴하게 供給할 수 있게 되므로 이는 將次의 “하이텍”産業誘致에 프랑스가 얼마나 有利한 高地를 先占하였는가를 斷的으로 말하고 있는 것이 된다.

이 프랑스 “리용”市 동쪽 론江邊 크레이·말비유에 또 하나의 歷史的인 原子力事業이 그 完成의 모습을 準備하고 있다.

300萬킬로와트의 熱出力을 秒當 16톤의 流量을 갖는 液體金屬 나트륨이 原子爐 出口溫度 545℃로 뽑아내어 4個의 나트륨-나트륨 中間 熱交換器로 보낸다. 여기에서 原子爐를 지나지 않은 깨끗한 나트륨으로 熱을 옮겨준다. 이 깨끗한 나트륨은 亦是 4個의 蒸氣로 보내어져 Shell Side로 흘러 들어간다. Tube side에 들어있던 蒸留水는 여기에서 182bar, 490℃의 蒸氣가 되어 電氣出力이 60만킬로와트가 되는 터빈發電機 2臺로 보내어져 120만킬로와트의 電力을 生産하게 된다.

熱-電氣 變換效率 40%로써 加壓型輕水爐(PWR)의 33%를 30% 向上시킨 것이다. 輕水型爐의 熱效率이 이와 같이 낮은 理由는 374℃ 以上에서는 液體狀態인 물로는 存在할 수 없는 輕水を 冷却材와 減速材로 使用하여야 하는 微濃縮우라늄을 使用하기 때문이다.

이에 比하여 濃縮度를 14%内外로 높여주면 減速材를 더는 必要로 하지 않는 原子爐가 되어 374℃의 溫度制限으로 부터 벗어날 수 있게 된다. 運轉溫度 500℃内外로 熱-電力 變換效率이 40%以上인 新銳火力發電所의 蒸氣터빈을 使用할 수 있게 된다. 이 溫度領域에서 가장

優秀한 原子爐 冷却材는 液體金屬인 나트륨이다.

또한 이 14% 濃縮度의 達成은 우라늄 235의 含有率을 높이기 위한 濃縮工場을 짓는 代身 輕水型爐나 重水型爐와 같은 熱中成子爐에서 使用한 核燃料를 化學的으로 處理하여 核分裂生成物, 殘存우라늄과 새로이 生成되어 있던 人工核分裂性物質인 플루토늄 239 等으로 分離·抽出한다.

이 再處理工程에서 얻어진 플루토늄을 濃縮廢棄物인 減速우라늄으로 희석시키면서 만들 수 있다.

이 플루토늄은 減速시키지 않은 높은 에너지의 中性자로 核分裂시킬 境遇 核分裂때마다 새로이 생겨나는 核分裂中成子數를 우라늄의 境遇보다 많게 하여 주어 原子爐의 連鎖反應을 持續시키는 것을 쉽게 하여 줄 뿐만 아니라 消耗한 核燃料보다 더 많은 核燃料를 만들어 가면서 에너지生産을 하여 주는 原子爐를 만들 수 있게 한다. 즉 高速增殖爐가 될 수 있다. 여기에 冷却材로 液體金屬을 使用하게 되면 液體金屬冷却高速增殖爐(Liquid Metal Cooled Fast Breeder Reactor, LMFBR)라 불리우게 된다.

크레이·말비우에서 今年 上半기에 營業運轉을 開始할 原子力發電所가 바로 液體金屬冷却高速增殖爐로서 電氣出力 120만킬로와트의 Super Phenix 1이다.

프랑스, 이탈리아, 서독이 主軸이 되어 12個國 900事業體가 石油波動以後의 극심한 不況속에서도 꿈을 좇아 이룩한 꿈의 原子爐인 것이다. 여기에는 유럽 여러 나라들의 여러가지 간절한 希望들이 담겨져 있다. 石油資源國의 횡포로부터의 解放, 에너지資源의 枯渴이라는 공포로부터의 脱出이라는 人類 全體의 꿈, 프랑스의 榮光을 찾는 드골大統領의 꿈, 미국으로 넘어가버린 最尖端 産業技術 先進國 地位의 回復 등 이루 헤아릴 수가 없으나 무엇보다 간절

한 所望은 自主的으로 發電單價를 낮출 수 있는 技術을 確立하겠다는 것이다.

美國, 日本 等 環太平洋圈에 屬하여 있는 우리나라는 유럽의 이 熱氣를 直接 느낄 수가 없으나, 現地에서의 霧圍氣는 大端한 것이다.

尖端産業技術의 寶庫로서 20世紀의 自動車, 航空産業에 비유되는 21世紀의 先導産業인 것이다.

그러나 Super Phenix 1(略稱 SPX-1)이라 불리우는 高速增殖爐는 實用化 一步前의 實證爐로서 本格的인 實用化에는 아직 한 고비가 남아 있다. 이 한 고비를 먼저 넘는 나라가 21世紀 에너지産業의 主導의 役割을 맡게 되기 때문에 이를 위한 熾烈한 싸움이 조용한 가운데 進行되고 있다.

지난 35年間 10余國에서 17個의 高速增殖爐가 建造·運轉되어 이미 170 原子爐年의 實績을 蓄績하였다. 現在 10基의 原子爐가 運轉되고 있고, 5基가 建設中, 5基가 計劃段階에 이르고 있다.

SPX-1에서 總投資費 23億佛, 核燃料費와 運轉補修費를 包含한 發電單價는 킬로와트時當 약 38산팀(¢/kWh, '84 프랑스 現地價格, 약 38원(에 該當)으로서 프랑스 輕水型爐의 2.2倍의 發電單價水準까지 低減시킨 것이다.

그러나 이 發電單價는 石油專燒發電보다는 저렴하고 石炭火力發電과는 競合하는 水準에는 이미 이룬 것이다.

表 1에서 보는 바와 같이, 프랑스의 展望으로는 앞으로 2基程度의 改良을 거쳐 3基째 부터는 輕水型爐의 1.15倍의 發電單價를 實現할 수 있게 되어 輕水型爐와 充分히 競合할 수 있다고 한다. 또한 유럽 全域이 이와 같은 展望에 大體的으로 同意하고 있다.

이밖에 意慾的인 開發計劃을 推進中에 있는 반면, 조용한 가운데 準備를 서둘고 있는 日本, 混迷를 거듭하고 있는 美國 等은 發電單價를

〈表 1〉 프랑스 고속증殖爐 發電單價 比較

	基 準 P W R	Super Phenix	1500 project		實 用 化 플랜트
			1號機	2號機	
資 本 費	8.5	22.6	16.9	13.2	11.0
運 轉 費	3.2	5.0	4.7	4.0	4.0
核 燃 料 週 期 費	5.3	10.0	8.7	6.8	4.5
合 計	17.0	37.6	30.3	24.0	19.5
FBR/PWR P'4 比		2.21	1.78	1.42	1.15

줄이기 위하여 大同小異한 目的들을 가지고 있다.

다만, 美國을 除外한 나라들이 완벽한 核燃料週期로 具備하는 데에는 高速증殖爐-再處理路線이 바람직하다는 展望下에 計劃을 推進하여 왔으나, 이들 나라들이 濃縮施設과 技術을 이미 美國과는 獨立하여 開發에 成功하였기 때문에 에너지自立을 위한 核燃料週期の 完結보다는 經濟性 追求에 重點이 옮겨와 있다고 하여도 이상할 것은 없다.

次號에서부터 이어질 詳細를 위하여 思考를 위한 豫備運動을 겸한 全般的 趨勢의 概觀을 主要 地域別로 다루어 보면 다음과 같다.

유럽의 동진업

SPX-1에 이어지는 150萬킬로와트級 次期實證爐를 爲한 出資者와 運營者가 될 “유럽高速증殖爐電力그룹(European Fast Reactor Utilities Group, EFRUG)의 結成에 어려움을 겪고 있다.

1973年 유럽의 電力그룹이 高速증殖爐의 開發을 위한 유럽協定書를 作成할 當時는 第1號機인 Super Phenix(SPX-1)는 프랑스가 主軸이 되어 프랑스에 建設키로 하고, 이와 並行하여 建設될 第2號機 “SNR-2”는 西獨이 主軸이 되어 西獨에 建造키로 約定되어 있다.

SPX-1에 建造는 計劃대로 推進된 反面에 西獨의 것은 “SNR-2”의 原型爐인 “SNR-300”의 完工 조차도 이룩하지 못할 程度로 建設에 蹉跌

를 빚어왔다.

이는 主로 原子力 安全性 確保를 위한 西獨聯邦政府의 規制가 끊임없이 變更되고 嚴格하여 지는데 있었고 또한 立地地域의 州政府가 反原子力政治運動에 휩쓸려 버렸기 때문이다.

1973年의 約定에 의하면 마땅히 西獨이 主軸이 되어 西獨에 建設되고 있어야 할 것이었다.

그러나 프랑스나 다른 유럽國家는 高速증殖爐의 開發이 西獨 國內 政治事情과 規定에 묶여 있어서는 所期의 目的인 建設費, 核燃料週期費의 低減을 통한 經濟的 高速증殖爐의 開發이 어렵다고 判斷하고 있는 것이다.

表 1에 나타난 原價低減은 技術開發과 建設期間의 短縮을 이룩하여 다음과 같은 改良目標을 達成할 수 있다고 프랑스가 自負하고 있기 때문에 可能한 것이다.

SPX-1에 對한 SPX-2(RNR-1500)의 比로

原子爐本體 : 0.52

核燃料交換施設 : 0.21

中間熱交換系統 : 0.55

나트륨펌프 : 0.33

中間熱交換器와 蒸氣發生器 : 0.8

殘留熱除去系統 : 0.8

全工事콘크리트 : 0.6

等の 物量節減效果와 이에 隨併되는 建設費, 運轉·補修費의 節減을 이룩할 수 있다. 그러나 무엇보다도 效果的인 節減은 이들을 取用할 立方體型의 原子爐 格納建物の 채택이다.

이들을 可能케 한 主要研究開發을 例示하면, 電氣出力을 120만킬로와트에서 150만킬로와트로 25% 증가시키면서도 原子爐容器의 直徑을 21미터에서 20미터로 줄이고, 爐心出力部分 核燃料棒의 길이를 20%, 核燃料集合體의 數를 364個에서 388個로 늘이는 대신 爐心上部增殖部를 中性子吸收材인 B₄C로 交替하고 半徑方向增殖部分을 3줄에서 1줄로 줄이면서 남는 空間을 使用後核燃料의 一時貯藏所로 使用하도록

하였다. 이것이 外部 저장조의 建造費用을 줄여주었으며, 燃料費 節減과 發電所 稼動率 向上에 크게 寄與하는 核燃料의 燃燒度에 있어서 70,000메가와트데이/톤에서 150,000메가와트데이/톤으로 向上시키는 努力도 하여왔기 때문이다.

이밖에 나트륨冷却系統의 거의 全部에 改良을 加하였다. 이들 改良은 SPX-2의 設計·建設過程과 原型爐 Phenix의 成功的인 運轉을 通하여 얻어진 經驗에서 알게 된 것들이다.

이들 改良의 累積이 앞서 밝힌 素材物量의 低減效果를 가져왔고, 이에 追加한 安全性 研究가 立方體型의 原子爐建物을 채택하게 하여 준 것이다.

그러나 서독에는 東西緊張의 前線에 位置한 연유로 戰鬪機의 飛行이 빈번하다고 생각되고, 이들 飛行體들의 落下에 依하여도 原子爐 格納容器가 견디도록 되어있어야 한다는 安全基準이 있다. 따라서 이를 充足시켜야 할 境遇 肉重하고 高價한 圓筒型 格納容器를 要하기 때문에 SPX-2가 누릴 수 있는 建設費의 低減效果를 期待할 수 없게 된다.

勿論 프랑스로서는 그들이 獲得한 重要 經驗들을 하루라도 빨리 實用化하는 것이 바람직하고 西獨의 原子力反對運動이 建設計劃에 蹉跌를 招來할 危儉이 크므로, 이를 事業開始前에 막아보고자 하는 努力을 쉽게 理解할 수 있다.

유럽 高速爐開發計劃에, 特히 實證爐建造計劃에 英國이 새로이 參加하게 됨으로써 強力하여 지기는 하였으나 事態를 더욱 複雜하게 만드는 面도 있다.

英國은 1960年代부터 再處理, 混合酸化物 核燃料 成型加工 技術 等 核燃料週期開發을 高速 增殖爐開發과 同時에 着手, 오늘날까지 試驗爐 DFR, 原型爐 PFR을 設計, 建造하고 成功的인 運轉實績을 蓄積하여 왔다. 뿐만 아니라 이들 原子爐를 위한 核燃料週期技術의 完結을 이룩하여 世界 屈脂의 再處理役務, 混合核燃料裝置

役務의 主要 供給國이 되어왔다. 그 뿐만 아니라 CDFR이라고 하는 그들 獨自 開發의 原型 實證爐 建造計劃도 갖고 있었다.

여지껏 英國이 유럽 高速增殖爐開發計劃에 不參하여온 이유가운데 가장 重要한 것은 英國이 유럽 電力網에 끼어 있지 않았기 때문이다.

實證爐 建設을 위한 유럽 共同計劃의 推進에는 NO-NET-FLOW라고 하는 參與國이 遵守하고 있는 重要한 大原則이 있다. NO-NET-FLOW란, 예를 들면 建設·運營資金의 51%를 出資한 國家는 建設事業의 機資材와 役務의 51%를 受注하여 自國産으로 供給하게 되고, 完工後에는 發電施設容量의 51%에 該當하는 電力을 供給받게 함으로써 外換収支를 零으로 만드는 것이다. “제로 썸”의 유럽版이라고 할 수 있다.

따라서 도버海峽에 海底電線을 부설하는 英佛合作事業이 이번에 完工을 보게 됨으로써 비로소 유럽 電力網에 英國이 包含되게 되었고, 따라서 유럽 共同 高速增殖爐開發計劃에 英國도 參與하게 된 것이다.

CDFR의 建造는 SPX-2, SNR-2, 以後에 建造될 것으로 展望되고 있기 때문에 프랑스와 서독사이의 順序競合에는 끼어 있지 않다.

그동안의 經驗으로부터 英國의 엔지니어가 試算한 再處理, 混合酸化物 核燃料 成型加工 施設의 經濟的 規模는 高速增殖爐의 施設容量이 電氣出力으로 900만킬로와트마다 年間 120톤의 高速增殖爐 事用後核燃料 再處理施設과 같은 量의 核燃料 成型加工 工場을 建設하는 것이 바람직하다고 한다.

바꾸어 말하면, 電氣出力 150만킬로와트 6基에 年間 施設容量 120톤의 再處理, 核燃料 成型加工 工場을 모듈화시켜 導入하는 것이 바람직하다는 것이다.

英國은 이를 土臺로 유럽 共同 高速增殖爐開發에 隨伴되어야 할 核燃料週期事業의 經濟性을

確保키 위하여 앞의 規模가 되도록 建設되어야 한다고 主張하는 것이다.

유럽共同高速增殖爐開發의 完成時點까지 유럽共同의 再處理施設 하나, 成型加工工場 하나를 建設하면 되고, 이 가운데 成型加工工場은 SPX-1用 工場을 프랑스는 “카다라쉬”에 가지고 있으니 이것을 유럽共同의 成型加工工場으로 擴張·運營토록 하고, 再處理工場은 英國에 建設하여 役務를 供給토록 하는 것이 바람직하다는 것이다.

이것이 새롭게 부각된 프랑스와 英國이 調整하여야 할 爭點인 것이다.

이와 酷似한 計劃은 있어 왔다. 프랑스의 “마아클 600”(Marcoule 600) 計劃으로써 1980年代前半 150萬킬로와트級 高速增殖爐를 每18個月마다 6기를 連續적으로 建造하겠다는 意慾의 靑寫眞을 提示하고 있을 當時 이 속에는 經濟的 規模의 核燃料週期施設의 建設이 關鍵이 되고, 이 境遇의 規模가 原子爐 4기에 核燃料週期 모듈 하나를 세트시키는 것이 FBR 센터였고, 이것이 프랑스의 “마아클 600” 計劃으로 프랑스 國內에 發表된 것이다.

따라서 英國의 主張은 高速增殖爐의 建造가 프랑스안에 4기가 아니라, 유럽 全域에 4기로 縮小調整되었으니 核燃料週期施設도 유럽 全域에 하나로 하는 것이 經濟性 確保를 위하여 바람직하다는 것이다. 이때에 施設容量도 600만 킬로와트가 아니라 900만킬로와트가 될 때마다 核燃料週期施設 모듈 하나를 建造하는 것이 바람직하다는 것이다. “마아클 600”이 “유럽900”으로 名稱이 變更된 것이라고 할 수 있다. 그러나 이는 어디까지나 高速爐 導入方式에 따른 것이지, 實證時期를 넘어 本格的 實用期가 되면 한 立地에 多數基의 原子爐를 建設하는 것이 經濟的이고, 규모가 4기에서 6기가 되게 되면 核燃料週期 모듈 하나를 原子爐 立地에 建造하는 것이 經濟的이라고 하는 原理가 바뀌어

버린 것은 아니다.

이 競合도 今明間에 妥協點이 모색될 것이다.

소 련

“「To be or not to be」

이: 質問이 高速增殖爐分野에서 提起되던 時期는 이미 지나갔다.”

1985年7月 프랑스 리옹에서 開催된 國際原子力機構 主催 高速增殖爐세미나에서 소련대표 L. A. Kochetkov가 宣稱한 말이다.

소련의 宣稱은 “콜롬부스”의 달걀과 같이 미처 생각하지 못하던 일들을 일깨워 준 것이었다.

그들의 主張은 두 가지로 要約될 수 있다.

하나는 소련 原型爐 BN 600의 發電單價中 建設費가 소련型 輕水爐의 1.6배가 든다고 하여도 이는 고속증식로의 발전소 수명을 高温高壓鋼構造인 輕水爐型的 發電所 壽命 30年과 같은 根據로 計算한 것이다. 高速增殖爐에서는 薄殼스텐레스構造로써 大氣壓에서 運轉되는 設備이고, 腐蝕·放射線傷害들에 의한 強度脆化가 적기 때문에 發電所 壽命을 70年으로 算定할 理由가 없다는 것이다. 誘導放射能과 放射性汚染이 輕水型爐와는 比較되지 못할 程度로 낮아서 機資材의 補修와 交換이 容易하다는 事實도 이를 뒷받침하는 것이다. 經營學碩士方式의 發電單價算出方式은 不當하다는 것이다.

둘째는 BN350과 BN600의 6年間에 이루는 成功的인 運轉實績으로부터 高速增殖爐 建造技術에 矜持를 갖게 된 소련은 프랑스, 영국과 같은 勳형을 채택하고, 原子爐容器的 直徑을 15미터로 堅持하면서 出力을 60만킬로와트에서 80만킬로와트로 33% 向上시키고, 燃燒度の 30% 向上으로 核燃料費 節減을 한다. 多數基 同一設計建造의 利點을 살릴 수 있도록 20기를 連續적으로 着工한다.

그러면 現時點의 技術水準에서 이미 輕水型

爐와 競合할 수 있는 經濟性을 達成할 수 있다는 것으로써 이미 實用化時期에 進入하였다는 主張인 것이다.

여기에서 注目할 것은 增殖比 1.3及至 1.4의 固執이다. 原子力發電規模의 下向調整과 우라늄資源의 限界性이 그리 심각하지 않다는 認識下에 增殖比보다는 經濟性 向上에 注力하고 있는 昨今の 世界的 趨勢에 逆行하는 異例의인 行動을 소련은 취하고 있다는 事實이다.

이에 대한 에너지專門家들의 見解는 東歐圈에 對한 소련의 影響力 行使는 石油資源의 供給能力에 基盤을 두고 있었으나, 에너지需要가 急増하는 東歐圈을 有限한 油田資源으로 지탱하기는 困難하다. 이의 代替에너지로써 原子力이 登場하였고, 소련이 原子力開發에 意慾의인 理由中의 하나를 여기에서도 읽을 수 있다.

그러나 소련이 域內에 保有하고 있는 우라늄資源으로 輕水型爐-濃縮에 依한 Once-through 核燃料週期를 固執하기에는 限界點이 亦提 露 露된다. 그렇게 되면 唯一한 代替案은 增殖比를 높이는 高速增殖爐의 開發을 통한 우라늄資源의 有效活用이 되게 된다.

이때 重要한 것은 美國이 한때 試圖한바 있었으나, 곧 計劃變更한바 있는 使用後核燃料의 共同管理方案을 소련은 東歐共產圈에 適用시켜 核燃料週期施設을 全部 소련이 장악케 되면 東歐圈에 對한 에너지供給能力을 소련이 保有하게 된다는 것이다.

이와 같은 見解를 받아들인다면, 東歐圈에 適合한 80萬킬로와트級 發電所와 增殖比 1.4를 固守하는 소련의 움직임을 알 수 있다.

이를 다시 擴大·해석하게 되면, 東歐共產圈을 包含한 소련域內에서는 高速增殖爐가 輕水型爐보다 먼저 普及되는 地域도 나타날 수 있게 된다.

그동안 유럽計劃과 大同小異한 160萬킬로와트에서 180萬킬로와트級 大型爐 建造計劃을 갖

고 있었던 소련이 昨今에는 80萬킬로와트級 多數基 建造로 기울어지고 있는 것으로 展望된다.

日 本

日本은 그들 特有의 技術開發·工業化手順에 따른 節次를 着實히 밟아나가고 있다.

研究集團인 日本原子力研究所가 高速臨界實驗裝置의 建造, 試驗爐·原型爐의 爐心特性研究, 나트륨取扱技術, 研究用爐와 JPDR爐에서 뽑아낸 低燃燒度 核燃料의 再處理等 基礎的 性格이 강한 特性들을 把握하고, 試驗爐 常陽(JOYO)의 豫備設計까지를 擔當하였다. 이것을 이어 받아 엔지니어링集團인 動力爐·核燃料開發事業團이 試驗爐 JOYO의 建造와 運轉, 原型爐 文珠(Monju)의 設計·建造·運轉, 再處理·核燃料加工施設의 파일로트 플랜트의 建造와 運轉까지를 遂行하였다.

이제부터의 實用化에서는 Business Mind에 얼마나 徹底할 수 있느냐가 成功의 關鍵이 될 것이므로, 이 分野의 熟練者들 集團인 民間産業體와 電力業者들이 事主體가 되어 核燃料週期施設은 核燃料서비스會社가, 高速增殖爐 實證爐의 建造는 日本原子力發電株式會社가 擔當하기로 하였다.

基礎研究, R & D, 工業化의 進行이 日本文化가 낳은 우리와 다른 그들 固有의 産業構造에 따라 日本特有의 方式에 依하여 適用한 担当者로 옮겨 가면서 遂行되고 있는 것이다.

여기에서 또 다시 그들 固有의 開發方式이 모습을 나타내고 있다.

技術先進國이 鋼을 素材로 研究한 것들을 日本은 材料만을 鐵로 바꾸어 鋼을 研究하던 方法을 踏襲토록 하는 鋼鐵主義가 바로 그것이다.

先進技術을 追跡하라는 要望만으로 日本의 優秀한 頭腦들은 움직이지 않는다. 그러나 미국이 게르마늄으로 이룩한 半導體研究를 日本은 素材만을 실리콘으로 研究하게 되면 自然히 比

較 研究的 性格이 되게 되어서 실리콘研究는 勿論 게르마늄研究도 徹底를 期하게 된다. 이것은 世界最初가 되기 때문에 學者들이 充分한 意慾을 갖고 遂行하게 될 것은 分明하다. 또한 게르마늄과 실리콘의 長短點을 잘 알아서 그에 맞는 應用分野를 適切히 配分할 수 있는 能力을 갖게 된다.

이것이 바로 原動力이 되어 日本의 半導體産業分野에서 世界屈持의 先進國 地位를 短時日에 確保하게 한 것은 널리 알려져 있는 事實이다.

高速增殖爐의 爐型 選定에 있어 産業構造가 酷似한 것에서 연유된 것인지 미국, 서독과 같은 輕水型爐 技術의 延長線上에 있는 루프型爐를 採擇하고 있었다. 그러나 冷却材로 사용하고 있는 나트륨은 比熱이 輕水の 3분의 1에 불과하여 같은 熱量으로 3배에 이르는 溫度變化로 熱衝擊을 經驗하여야 하는 特性을 지니고 있다. 이를 完화시키기 위하여는 나트륨의 量을 늘려 熱慣性을 크게 만드는 設計로 採擇하여야 한다.

原子爐, 熱交換器, 펌프를 파이프로 連結하는 미국, 서독, 일본이 채택한 루프型에서는 大口徑 配管을 사용하여야 하는 根本的인 어려움에 逢着하게 된다. 이것이 實用化와 같이 大型化하면 할수록 이 결함이 顯著하게 나타나게 된다. 그러나 하나의 탱크속에 原子爐爐心, 熱交換器, 펌프를 담그고 칸막이를 設置하게 되면 高温 大口徑 配管의 어려움은 피할 수 있게 된다.

이는 트랜지스터, 저항, 캐퍼시터를 전선으로 연결하는 트랜지스터回路로부터 하나의 칩속에 모두를 集積시키는 LSI方式으로 發電한 것과같은 發想인 것이다.

따라서 日本은 유럽공동개발계획에 참여한 서독의 뒤를 따라 大型 實用爐에서는 탱크型爐에서의 轉換을 생각지 않으면 안되게 되었다.

日本의 試驗爐와 原型爐는 모두가 루프型이었다.

그들이 克服하여야 할 技術의 問題는 直徑21미터, 길이 19.5미터의 탱크속에서의 冷却材의 熱流動과 耐電·高温構造物의 研究이다. 여기에서 그들의 網鐵主義가 생각하여 낸 것이 Double Pool型의 原子爐시스템이다.

高速增殖爐에서 그동안 가장 어렵다고 생각되어 왔던 것은 나트륨과 물과의 化學反應이다. 이 때문에 나트륨과 물이 가장 가까이 있어야 하는 蒸氣發生器를 原子爐系統으로 부터 가능한 한 멀리 配置하는 것이 常例로 되어왔다. 따라서 탱크型爐에서도 中間熱交換器와 蒸氣發生器로 構成되는 中間熱交換系統은 이 機器들을 파이프로 連結하는 루프型일 수 밖에 없었다.

그러나 일단 물-나트륨反應이 그렇게 憂慮할 일이 못되고, 充分히 制御가 可能함이 밝혀진 以上 멀리 격리시켜 配置시킬 必要가 없게 되었다. 이의 斷的인 表現이 Super PhenixII의 中間熱交換系統設計에 나타나 있다.

日本은 여기서 한 발짝 더 나아간 것이다.

中間熱交換系統도 나트륨流路이면 루프型보다는 탱크型이 熱衝擊을 完화시킨다는 觀點에서 볼때 有利하다는 것은 原子爐系統에서 이미 밝혀져 있는 것이다.

따라서 原子爐容器的 밖에 설치되어 있던 安全容器를 조금 더 크게 만들어 이 原子爐容器와 安全容器사이를 中間熱交換系統탱크를 칸막이하하여 使用하자는 것이 Double Pool型 高速爐이다.

다만 이때 惹起되는 技術的 問題는 이들 容器와 그 속에 담길 原子爐, 一次冷却系統, 中間熱交換系統 全部를 들고 있을 原子爐덮개의 直徑이 커지는 일이다.

그러나 日本은 그들의 解決方案을 同時에 提示하고 있는 것이다.

円筒型의 蒸氣發生器와 中間熱交換器의 設計

는 그들의 壓力容器라는 常識에서 由來된 것이나, 高速增殖爐의 中間熱交換器와 蒸氣發生器 Shell Side는 壓力容器일 必要가 없으니 그림 1과 그림2와 같은 부채꼴 모양이 되어도 된다는 것이다. 그리고 이들을 環狀으로 배치하게 되면 原子爐덮개의 直徑을 줄일 수 있음을 밝혀낸 것이다.

여기에서 다시 그들의 鋼鐵主義가 얼마나 重要한가를 다시 느끼게 한다.

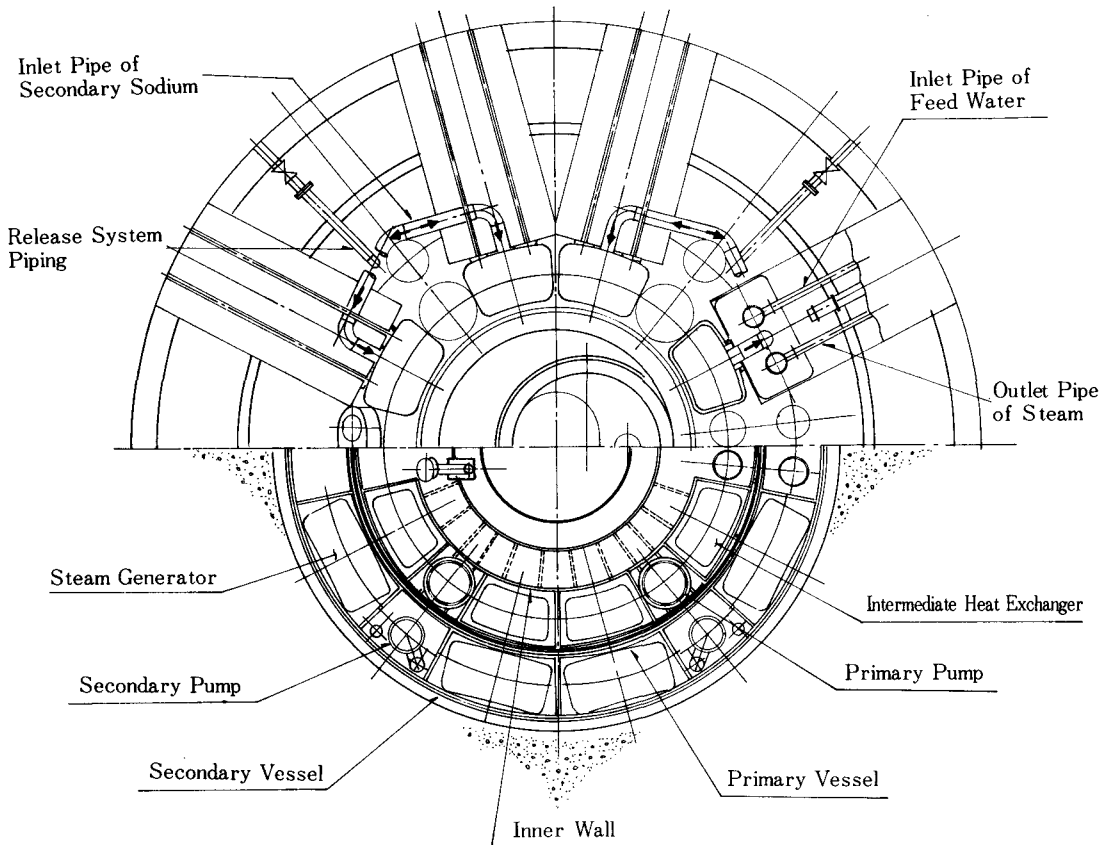
이의 研究開發을 通하여 탱크型の 基本特性을 알 수 있게 될 뿐만 아니라 決定的인 技術革新의 可能性을 試驗할 수도 있게 되는 것이다.

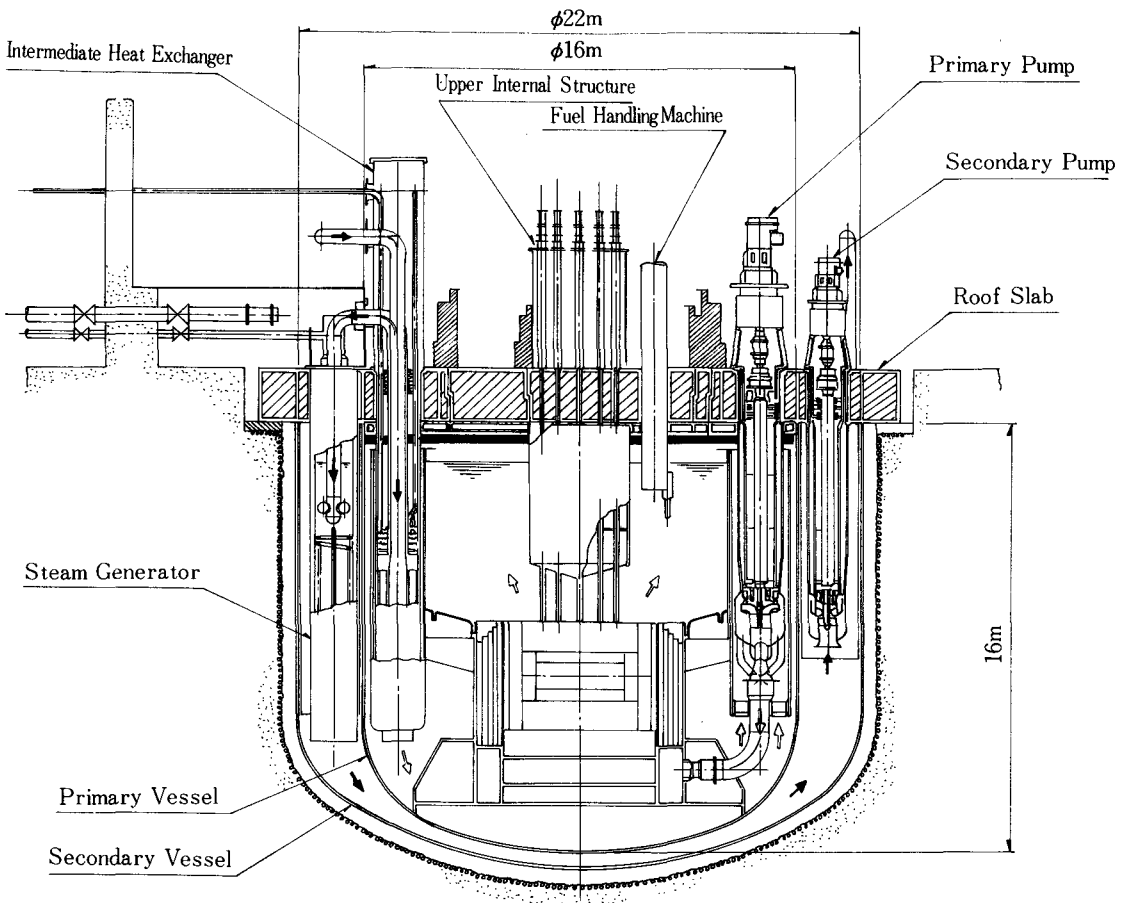
美 國

美國은 高速增殖爐開發을 위하여는 不適合한 體制인 모순속에서 混迷를 거듭하고 있다. 高速增殖爐 實證爐의 建造開發과 같이 순수한 商業化技術開發에 政府의 巨額投資를 하기가 困難한 것이다.

에너지資源이 豊富한 미국이고, 國防上 必要한 것도 아니고 基礎學門的 研究도 아니다. 어느 民間事業者의 企業活動을 위한 技術開發性格이 뚜렷한 事業에 美國의 聯邦政府가 깊이 投資하기가 困難하고 民間電力이라는 重機製作者가 單獨으로 投資하기에는 너무 巨大한 投資

〈그림 1〉 Double-Pool-Type LMFBR





〈그림 2〉 Double-Pool-Type LMFBR

를 要하는 事業이다.

昨今과 같은 高金利時代에 資材費比率이 큰 原子力發電事業의 企業性이 弱化될 수 밖에 없는 與件에서는 더욱 어렵다.

따라서 FFTF와 같은 材料試驗爐의 安全性 評價基準作成을 위한 開發爐를 建造함으로써 民間의 活力을 支援하는 것에 그칠 수 밖에 없는 것이다.

그러나 1950年代以後 30余年이 넘는 期間 다른 나라들의 開發豫算을 合計한 것 보다 많은 投資를 하여온 研究蓄積을 實用化 直前에서 現物化시키지 못하고 있는 안타까움을 미국의 고

속증식으로 전문가들은 견디어 내고 있는 것이다.

우라늄資源의 枯渴이라는 危機意識이 희박하여지면서 時間的 余裕가 생긴 世界的 趨勢속에 아직 한번은 再起의 機會가 올 것을 바라면서, 中小規模의 發電事業者도 使用할 수 있는 中小規模의 高速增殖爐開發 等 革新的 設計研究를 爲한 聯邦政府의 支援을 活用하면서 專門家들이 홀어지지 않도록 最善을 다 하고 있는 것이다.

次號에서 부터는 地域別 國家別로 便宜에 따라 區分하면서 開發過程, 目標 等を 상세히 살펴 펴나가기로 하겠다.