

'90年代를 爲한 新型 輕水爐

90年代 原子力の 注文이 再開될 것으로 期待하여 原子力産業界 에서는 보다 改良되고 보다 簡單하고 보다 廉價한 PWR와 BWR設備의 開發를 서두르고 있으며 劃期的이고 새로운 概念이 21世紀를 向하여 研究開發될 것이다.

美國電力會社들은 既存의 輕水爐 技術을 再檢討하고 앞으로의 電力需要를 想定하는데 있어 現在 進行中인 新型 輕水爐와 新型原子爐의 研究開發에 期待하고 있다. 에너지省(DOE) 과 電力研究所(EPRI)의 輕水爐프로그램과 關係되어 있는 여러 原子爐 供給業體들은 現在 것보다 더 簡單하고 廉價의 새로운 加壓水爐와 沸騰水爐의 開發을 위해 여러가지 프로젝트를 推進하고 있다. 電力會社들은 이러한 새로운 原子爐가 1990年代 後半期에 商業用으로 使用할 수 있게 되기를 希望하고 있다.

또한 原子爐供給業體中의 一部 會社는 現在の 技術과는 根本的으로 다르고 다음 世紀가 始作되기 前까지는 使用하게 될 것까지 않은 新型原子爐 設計를 開發中이다. 새로 開發된 設計中에는 高壓가스冷却爐(HTGR)와 液體金屬爐(LMR)가 있다.

電力會社들은 이러한 새로운 設計에 대해 製造業體들에게 關心을 表明했지만 現在로는 新規의 유니트를 建設할 用意가 없음을 分明히 하였다.

將來에 대한 對備策

DOE의 에너지研究諮問委員會內의 民間原子力發電分科委員會는 今年 여름에 發表한 “民間原子爐開發프로그램을 위한 戰略的인 計劃”에

關한 1次 報告書에서 앞으로의 電力需要에 對備하기 위해 새로운 輕水爐와 새로운 設計의 開發을 繼續할 것을 勸告하였으며 輕水爐産業의 回復은 國民의 信賴와 新型 原子爐 研究開發의 商業的 妥當性에 確固한 基盤을 마련할 것이라고 하였다. 이 委員會는 指摘하기를 民間部門에서 이러한 도戰에 對處하기 위해 運轉과 行政面의 改善, 플랜트의 標準化, 新型 輕水爐의 設計와 其他分野의 開發을 위해 年間 10億弗以上을 쓰고 있다고 하였고 또한 戰略的인 計劃에는 民間企業이 追求하기에는 너무나 商業的으로 遼遠한 新型 輕水爐의 開發을 包含시켜야 한다고 하였다. 또 이 委員會는 DOE가 LMR와 HTGR에 置重하면서 民間用 新型 原子爐 開發을 위한 基本프로그램에 대해 年間 最少 2億弗을 策定할 것을 勸誘하였다. 또한 美國은 프랑스, 西獨, 日本과 같이 LMR와 HTGR의 試驗爐 프로그램을 갖고 있는 다른 國家들과 共同作業을 繼續해야 한다고 하였다.

GE의 副社長이며 核技術 및 燃料本部長을 兼任하고 있는 Bertram Wolfe는 自己네 會社는 이 두 分野의 新型 原子爐에 대한 研究를 繼續하고 있다고 하였다.

“나는 新型 輕水爐가 맨먼저 나타날 것으로 생각한다”고 말하고 “우리들의 느낌으로는 原子力이 回復되면 電力會社들은 自己네들이 이미

經驗한 플랜트를 發注할 것이라 하였다. 우리에게 가장 큰 問題는 언제 原子力이 回復될 것이냐 하는 것이다. 結局에는 回復되겠지만 이러한 回復은 石炭, 大氣層의 溫室效果 (炭酸가스에 의한), 石油, OPEC의 앞으로의 展望과 이러한 事項들이 向後 3~5年 내지 20年사이에 언제 變動할 것인가에 달려있다. 美國이 앞으로 原子力發電의 利點을 認識하게 될 것이라는 데 대해서는 疑心의 餘地가 없으며 우리가 이미 갖고 있는 것을 基本으로 하여 이것을 改善하는 이러한 設計는 實現可能性이 있는 것으로 본다”고 하였다.

GE에서는 新型 沸騰水爐프로그램을 通해서 東京電力과 其他 日本會社들과 함께 1,315MWe의 新型 BWR를 共同開發中이다. 日本에서 設計 및 開發이 벌써 많이 進陞되어 지금은 豫備 프로젝트 段階이며 앞으로 2年以内に 이 BWR가 開發完了되기를 希望하고 있다.

GE는 最近에 DOE 및 EPRI와 美國에서 共同開發한 이와 類似한 設計를 NRC에 報告하였다. GE代表者들은 지난 9월에 있었던 NRC와의 會合에서 新型 BWR의 開發이 完了되었으며 이에는 安全性, 性能, 經濟性의 改善 등이 包含돼 있다고 말하고 이 프로젝트는 試驗플랜트에 대한 許可申請準備가 돼있으며 1990년까지 이 原子爐가 許可되기를 希望한다고 말하였다. 또 하나의 EPRI/DOE의 프로그램에 따라 GE는 600MWe級の BWR을 開發中인데 이 BWR는 플랜트의 構造와 運轉을 單純化시키는 安全시스템을 包含하게 될 것이며 이 原子爐가 1990年代에는 電力會社의 注文에 應할 수 있게 되기를 希望하고 있다.

웨스팅하우스도 日本과 DOE 및 EPRI와 함께 이와 비슷한 프로그램에 參與하고 있다. 日本의 프로그램은 三菱重工業을 許可取得者로 하고 日本의 5個 電力會社가 參與하고 있는 1300 MWe級の 新型 PWR을 開發하기 위한 1億5千

萬弗의 共同開發프로그램이다. 이 그룹은 이 開發프로그램의 大部分을 今年에 完了할 豫定이며 1995~1997年 사이에 日本에서 플랜트 1基를 稼動시킬 計劃으로 있다. 이곳 美國에서는 웨스팅하우스가 NRC의 豫備設計承認節次에 따른 設計를 맡고 있다.

웨스팅하우스는 또한 DOE와 EPRI와 共同으로 600MWe級 新型 PWR을 開發中이다. 이 會社의 原子力技術本部長인 James Gallagher 는 이 開發事業의 目標은 事故時의 過渡狀態를 緩化시키는데 必要한 機器의 數를 줄일 수 있는 受動的인 安全防禦措置를 갖춘 보다 單純化된 PWR을 設計하는 것이라고 말했다.

設備投資額의 輕減

“이러한 프로그램의 窮極의인 目的은 設備投資額을 줄이고 單純化를 通해 플랜트의 建設工期를 短縮시키는데 있다”고 그는 말했다. 아직도 概念設計段階에 놓여 있지만 이 프로젝트의 目標은 플랜트 建設工期를 6年以下로 줄이고 KW當 現時價로 1,500弗程度로 建設單價를 줄이는데 있다. 여기서 現時價란 建設期間中の物價上昇이나 利率을 考慮하지 않고 24時間内に 플랜트를 建設完了한다고 假定했을 때의 建設費를 말한다. 웨스팅하우스에서는 1990年代 後盤期에 플랜트 1基가 建設完了되기를 希望하고 있다.

“600MWe級 플랜트의 問題는 이 規模의 2倍되는 플랜트와 對比해서 規模面의 經濟性에 있으며 KW當 建設單價는 通常의으로 小型의 플랜트가 높아진다. Module化, 單純化 및 受動的인 安全防禦措置를 通해 이 프로그램은 小型플랜트를 KW當 建設單價 基準으로 더 競爭力이 있게 만들도록 努力하고 있다”고 그는 말하고 “보다 劃期的인 設計를 收容하는 新型 LWR의 큰 利點은 20年間의 技術開發經驗이 있다는 것이다”라고 하였다.

“이 新型 LWR 프로그램은 運轉, 設計 및 建設 經驗에 의한 매우 實質的이고 確固한 基盤 위에서 發展시킨 것이다. 이러한 基盤이 없이는 우리가 過去 20年間に 걸쳐 解決해야만 했던 똑같은 設計와 建設上的 問題點, 蒸氣發生機의 問題點, BWR 龜裂問題등에 當面하게될 것이다”라고 그는 말했다.

資金節減

Bechtel Power社의 東西部地域担当 副議長이며 輕水爐利用 및 改善을 위한 ERAB의 小委員會 議長인 Harry Reinsch는 “모든 에너지分野에 대한 聯邦政府의 研究開發資金은 매우 不足하며 더우기 이에 대한 豫算緊縮은 DOE 가 더 많은 聯邦資金을 얻어내는 것을 漸漸 더 어렵게 만들고 있다고 본다”고 말하고 “어떤 면에서는 가스, 石炭, 石油, 電氣에너지 등의 모든 에너지 使用을 위해 追加費用을 負擔해야 하며 이 나라가 必要로 하는 研究開發分野에 이러한 資金을 適切히 配定해야 한다고 생각한다”고 말했다. 또한 그는 말하기를 全世界적으로 LWR보다 더 많은 經驗을 쌓은 原子爐는 달리 없기 때문에 이 技術을 다듬고 調整하는 일을 繼續하는 것이 重要하다고 하였다.

“이와 同時에 나는 美國이 어떠한 可能性있는 選擇도 拋棄하는 것을 願치 않는다. 내 생각에는 HTGR가 可能性이 있는 것으로 보나 이것을 開發하는데는 長時日을 要한다. LMR에 대해서는 確實히 우리의 EBR(試驗用 增殖爐)1, 2號機에 대한 初期의 成果는 매우 良好하였다. 따라서 高速增殖爐프로그램을 위해 液體金屬을 開發할 必要가 있다”고 그는 말했다.

레이진行政政府下에서는 新型 原子爐의 研究開發資金을 調達하기 위한 1987會計年度의 豫算申請은 民間分野에서 宇宙開發 및 軍事的인 分野로 關心이 옮겨짐으로써 却下될 것 같다. DOE의 新任 에너지担当 次官인 David Rossin은

7월에 있었던 上院의 에너지 및 天然資源分科委員會에서의 證言에서 그의 至上目標은 營業用 電力需要를 充當할 수 있는 가장 可能性있는 新型 原子爐를 實現시키는 것이라고 말하고 DOE의 研究開發事業은 現在나 將來에 있어서나 시스템 改善에 置重해야 할 것이라고 했다.

AIF의 Carl Walske社長은 研究開發프로젝트를 査定하는데 있어서는 費用의 抑制와 節減을 最優先적으로 다루어야 한다고 말하였다.

“나는 原子爐가 充分한 安全性을 갖추어야 한다는 것은 自明한 것으로 보지만 이것은 經濟性이 있을 때에만 關心을 끌것으로 생각한다”고 그는 지난 3월에 下院 에너지 研究開發 및 生産 分科委員會에서 證言하였다. “우리가 지금 稼動開始하려고 하는 原子爐의 비싼 原價는 주로 過去 10年間の 美國의 特殊事情과 關聯이 있는 것이다. 이러한 特殊事情이 價格競爭力을 낮추는 要因이었다면 앞으로 이것을 修正해나감으로써 꼭 代置되는 技術의 開發에만 執着할 必要가 없다고 생각한다”고 그는 말하였다.

Walske社長은 말하기를 美國은 美國 最大의 原子爐의 效率의인 稼動을 成就하고 原理적으로 可能한 大規模의 原子爐의 經濟性을 成就하는데 最大의 努力을 기울여야 한다고 말하였다.

“이런 면에서는 外國이 美國보다 더 나았다. 따라서 나는 一部에서 小型 原子爐를 開發하는데 熱을 올리고 있는 現在의 趨勢를 바람직하지 않은 것으로 본다. 小型原子爐 原價의 含蓄性은 注意깊게 檢討돼야 한다”고 그는 말했다.

새로운 政策

今年 여름에 NRC는 “新型 發電用 原子爐에 대한 規制”에 關한 政策의 最修正案을 承認하였으며 이것은 새로운 設計에 대한 가이드라인을 提示하고 複雜性과 不確實性을 最小化시키기 위해 許可節次上的 伸縮性을 保障하고 있다.

NRC는 新型 原子爐를 現在 가動中이거나 建

設中에 있는 지금의 LWR와는 判異한 것으로 規定되고 있다. 安全機能을 갖추기 위한 單純化되고 受動的인 방식에 의한 改善된 設計는 全世界에서 加動中인 原子爐에서 얻은 運轉經驗과 研究開發事業의 利點을 反映할 것으로 期待되며 最少한 이것은 現在 美國의 플랜트에 要請되고 있는 것과 같은 程度의 安全性을 維持하지 않으면 안된다.

이 委員會가 新型 原子爐 設計에서 考慮되었는지를 確認하고자 하는 特性들은 다음과 같은 것이다 :

- 信賴性이고 比較的 덜 複雜한 停止 및 崩壞熱除去시스템.
- 重要機器가 最惡條件에 놓이기 前에 診斷과 管理를 위해 더 많은 時間的 餘裕를 갖기 위해 보다 긴 時間定數와 充分한 計裝.
- 單純화된 安全시스템, 이것은 경우에 따라서는 運轉員의 必須業務量과 安全한 停止狀態를 維持하는데 必要한 機器의 數를 줄인다.
- 安全시스템이나 充分한 固有의 安全性, 信賴性, 多重性, 多樣性 및 獨立性을 갖춤으로서 深刻한 事故의 發生可能性을 最少로 줄일수 있는 設計.
- 維持補修하기가 容易한 設備.

規制條件의 數와 內容은 各 新型原子爐 設計가 이러한 特性과 以外の 一般的인 特性을 어느 程度 包含하고 있는가에 따라 달라진다. “그러나 概念設計가 提出될 때 까지는 規制面의 가이드 라인은 새로운 設計概念을 開發하는데 있어 不必要한 制約을 避하기 위해 一般的인 것이어야 한다”고 이 政策要綱은 말하고 있다.

許可基準을 開發하는데 있어서 이 委員會는 品質保證, 機器評價, 外部 事件, 사보타지, 防火, 放射線 防禦, 運轉員의 訓練 및 資格審査 등의 部門에서는 既存의 規制條項을 살려서 이를 補完할 생각이다. 現在의 LWR과 相異한 特

性을 表現하는데 있어서도 比較的 덜 規範的인 基準을 마련할 것이다.

新型 原子爐의 概念을 檢討한다는 것은 NRC에게는 嚴密히 말해서 전혀 새로운 일은 아니다. 이미 1973년에 Public Service Company of Colorado社의 330MWe의 Fort St. Vrain 유닛에 대해 運轉許可를 해준 일이 있다. 이 유닛은 이 나라에서는 唯一한 商業用的 黑鉛減速材를 使用한 가스冷却爐이다(Denver市 北쪽 39마일 距離에 位置한 同型의 유닛은 1979年 運轉開始後 機械와 運轉上의 問題點때문에 昨年 9월에 이 會社의 發電原價 基礎資料에서 除外되었다).

이 委員會는 以外에 過去에 미쉬건주에 있었던 Enrio Fermi液體金屬 高速增殖爐와 아칸소주에 있었던 Southwest 實驗用 酸化燃料使用 高速爐(둘 다 지금은 閉鎖되었음)를 檢討, 許可한바 있었다. 워싱턴주에 있던 DOE의 高速플럭스試驗裝置는 檢討되어 承認을 받았으나 許可는 나지 않았으며 테네시州的 Clinch River 增殖爐 建設工事は 許可되었다. 이 Clinch River프로젝트는 美國 最初의 大型 試驗用 增殖爐플랜트가 될 豫定이었으나 議會에서 資金調達을 拒否함에 따라 1983年 10월에 中斷되었다.

새로운 그룹 構成

新型 原子爐 設計開發을 위한 計劃을 檢討하기 위해 NRC는 原子爐 規制局內에 新型 原子爐專担그룹을 新設하였다. 이 그룹은 Thomas King의 指揮下에 DOE, 原子爐設計會社, 潛在的인 申請會社들과의 交渉을 担當하는 NRC의 主管部署가 될 것이며 提案된 新型原子爐에 대한 規制基準과 가이드라인의 開發에 協調할 것이다.

King委員長은 이 그룹이 現在 세가지의 概念的인 設計를 檢討中이라고 말했다.

그중의 하나가 350MWt의 모듈型 HTGR 로

DOE, General Atomic Technologies Inc., GE, CE, Bechtel National Inc., Stone & Webster Engineering Corp., Oak Ridge 國立研究所, E G&G Inc., Gas-Cooled Reactor Associates 에서 共同開發하고 있는 것이다.

또한 新型 原子爐 그룹은 GE의 Power Reactor Inherently Safe Module(PRIISM)와 Rockwell International社의 Sodium Advanced Faster Reactor (SAFR)와 같은 LMR의 設計概念을 檢討中이다.

新型 原子爐 그룹은 1987년에는 主要한 安全問題를 識別하고 이러한 問題들에 대한 가이드라인을 設定하기 위해 設計를 檢討하게 될 것이며 그 다음에 여기에서 알아낸 事項에 대해 解明을 要請하게 될 것이다. 이러한 檢討는 各設計會社가 提出하는 豫備安全情報資料(PSID)에 따라 하게 된다. 네사람이 풀타임으로 新型原子爐設計概念에 대한 檢討를 하게 될 것이고 이외에 여섯사람이 파트타임으로 이 檢討作業을 돕게 될 것이라고 King委員長은 말했다.

원자력위원 Frederick Bernthal은 새로운 政策要綱은 將來의 일에 대해서 能動的으로 參與할 必要性이 있어 생겨난 것이지 이에 對應하기 위해 생긴 것이 아니라고 하였다.

“우리가 新型 原子爐에 積極的으로 參與하려고 하는 理由中의 하나는 國民들이 이것을 알아야할 權利가 있기 때문이다”라고 지난 10月下院 에너지研究開發 및 生産 小委員會에서 그는 證言하였다. “國民들은 原子爐시스템에 대해 자주 일어나고 있는 安全에 대한 要求가 利點이 있는 것인지 또한 이러한 要求가 現在의 原子爐에서 정말로 相當한 改善을 가져오는 것인지를 精通하고 獨立의인 權威있는 機關으로부터 알 權利가 있다”고 그는 말했다.

모든 原子爐 概念에 대한 考察

“내 생각에는 플랜트設計에 關한限 NRC 의

우리들은 우리 앞에 다가오는 거의 모든 것을 檢討하고 各各의 妥當하고 새로운 原子爐 概念에 대해 適切한 評價를 하지 않으면 안된다. 다시 말해서 NRC는 그러한 概念들이 現在의 技術水準에 根據한 革新的인 設計가 됐든, HTG-R가 됐든, 小型의 모듈型 液體金屬이 됐든 이외에 사람들이 考案해낼 수 있는 어떠한 것이 됐든間에 새로운 原子爐 設計에 대해서는 慎重하고 適切하고 正當한 應答을 할 수 있어야 한다. 만약 簡單히 設計檢討를 依賴해 온다 해도 우리는 國民에 대해(꼭 產業界나 DOE나 其他機關에 대해서만이 아니고) 適切한 應答을 할 義務가 있다고 생각하며 이에 대한 應答도 簡單하게 이루어질 것이다. 그러나 完全한 概念設計의 檢討를 依賴해 온다면 우리가 알고 있는 限度內에서 이 設計의 安全特性에 關해 完全한 回答을 마련하지 않으면 안된다. 이 모든 것이 危險의 程度를 豫測하고 次期의 原子爐에 대한 規制節次를 單純化하려는 우리의 努力이 매우 큰 도움이 될 것이다”라고 Bernthal은 말했다. 이 政策에 否票를 던졌던 원자력위원 James Asselstine은 이 政策要綱이 새로운 設計에 대해서 安全性改善을 要求하고 있지 않으며 또한 格納容器의 必要容量에 대해 아무런 가이드라인이 提示돼 있지 않다고 異議를 提起했다. “이러한 플랜트들이 在來式 輕水爐와 類似한 型式의 것이 됐든, 根本的으로 다른 設計가 됐든 이 나라 將來의 原子力發電플랜트를 위한 成功的인 프로그램을 保障하기 위해 效果的인 規制方針을 보다 分明하게 明示할 必要가 있다고 생각한다”고 그는 말했다.

이러한 Asselstine의 意見에 대해 Bernthal은 이 政策要綱은 하나의 큰 前進이라고 하면서 이 政策要綱은 委員會에게 매우 積極的인 計劃을 委任했으며 原子力委員 Asselstine이 이것을 미처 보지 못한 것 같다고 말하고 이 委員會가 新型 原子爐 設計에 대해 特定한 要求

條件을 強調하는 것은 이 委員會의 權限과 能力밖이라고 말하였다.

예를 들어 格納容器와 같은 시스템에 대한 細部仕様은 新型 原子爐 政策의 目標로 考慮된

일이 전혀 없었다. 따라서 或者是 現在의 在來式 LWR 플랜트보다 密閉能力을 덜 必要로 하는 新型 原子爐를 構想할 수도 있을 것이다.

原電 標準化로 55% 코스트·다운

앞으로 美國에서 建設되는 原子力플랜트는 標準規格화하므로서 現在의 最低價格보다 55% 價格을 낮출수 있을 것이라고 美國原子力産業會議(AIF)의 研究팀이 發表하였다.

現在 이미 建設許可를 取得한 標準화된 플랜트 1기는 1992년에 商業運轉開始豫定이며 建設單價는 現行달러 基準으로 KW當 1,186弗이 될 것이라고 이 研究팀은 報告書에서 밝히고 있다. 이것은 在來式으로 建設했을때의 建設單價 KW當 2,650弗과 建設工期 11年(1997年까지)이 所要되는 경우와 좋은 比較가 된다.

더 以上の 建設原價의 減縮도 建設工期를 5年 내지 그以下로 縮임으로서 可能하며 이것은 이미 美國이나 外國에서 達成된 일이 있다고 이 팀은 指摘하였다.

實際로 1981~85年 사이에 美國에서 運轉開始된 原子力플랜트의 平均建設工期는 11.2年이었는데 反해 日本에서는 5.3年이었다.

万若 美國이 1980년에 標準化프로그램을 施行했더라면 그當時에 建設許可된 原子力플랜트는 1986년에 商業運轉이 開始됐을 것이고 建設單價는 KW當 932弗로 低下했을 것이며 이 플랜트는 利用率을 70%로 假定했을때 첫 해에는 設備投資額이 KWh當 約 3.2센트가 됐을 것이고 現行 運轉補修費(0.9 ¢/KWh), 燃料費(0.6 ¢/KWh) 및 其他費用(0.1 ¢/KWh)를 加算한

다면 初年度의 總發電原價는 5 ¢/KWh(30年間 平均 4.0 ¢ 以下)가 되었을 것이다.

이러한 規格화된 原子力發電플랜트의 初年度 發電原價는 어느 다른 에너지源을 使用하는 新規의 發電設備를 마련하는 것과 比等하던가 더 싸질 것이다.

標準化에 의해 가장 發電原價上的 節減을 가져오는 要因으로는 建設工期의 短縮(이것은 工事費를 大幅 減少시킨다)과 몇個 購買者들에 의한 設計開發費의 共同負擔을 들수 있다.

이 외에 標準化는 製造原價의 低減, 正確한 施工, 作業能率의 向上, 모듈의 使用, 建設業體間의 工事經驗에 關한 情報交換등을 可能하게 한다.

또한 標準化하므로서 人員養成, 補修節次, 豫備部品管理, 全體플랜트의 運轉등이 容易해진다.

가장 重要한 것은 標準化가 投資者와 需要家들에게 當初의 建設原價가 크게 變動하지 않는다는 것, 建設工期가 計劃대로 維持된다는 것, 플랜트의 效率과 安全性이 앞으로 向上된다는 것등에 대해 信賴感을 갖게 한다는 것이다.

原價節減을 가져오는 많은 方法들은 또한 公衆保健과 安全性에도 도움이 된다.

過去에는 原子力플랜트의 建設은 大概 設計가 完全히 끝나지 않은 狀態에서 始作되었다. 이러한 過程은 NRC의 Lando Zech議長이 最近