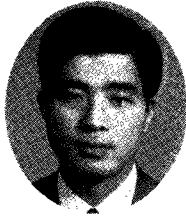


# 格納容器 可燃性氣體 制御系統의 水素再結合機 共用化 方案

A Study for Common-Use of Hydrogen Recombiner in  
Containment Combustible Gas Control System



金 南 河 <韓國電力技術(株) 主任技術員>

## 1. 目的과 範圍

### 1-1 目 的

에너지의 海外依存도가 높은 우리나라는 저렴한 에너지의 安定的 確保가 國家經濟發展의 우선적인 要素임은 周知의 사실이다. 1970年代의 2次에 걸친 石油波動은 세계경제에 심각한 影響을 끼쳤고, 이에 자극된 先進諸國은 다투어 代替에너지開發에 박차를 가하였으며, 우리나라도 이에 대한 代案으로 원자력발전소의 建設에 힘을 기울이게 되어 1985年6月末 현재 3基의 原子力發電所가 運轉中에 있고 6基가 建設中에 있다.

그러나 원자력발전소는 化石燃料를 사용하는 발전소에 比하여 建設기간이 거의 2倍 가까이 길며 규제사항도 까다롭고 복잡한데, 실상가상으로 1979年3月 TMI事故以後 규제조건은 한층 강화되어 原子力發電所에 대한 設備補強으로 인한 工期遲延 등이 建設비의 上昇要因이 되었다. 이로 인하여 현재는 石炭火力發電所와의 경제성 평가비교가 주요爭點이 되고 또 原子力發電所의 經濟性에 대하여 많은 異見을 提示하고 있음도 숨김없는 事實일 것이다.

따라서 앞으로 우리나라에 建設예정인 原子力發電所의 可燃性氣體 制御系統(Combustible Gas Control System in Containment)에 요구되는 水素再結合機(Hydrogen Recombiner)를 더 이상 설치하지 않고 기존의 原子力發電所에 설치되어 있는 水素再結合機를 共用함으로써 原子力發電所의 建設費를 절약하는 方案을 提示코자 한다.

### 1-2 範 圍

加壓輕水型 原子力發電所에 적용되는 格納容器 可燃性氣體 制御系統은

- 1) Westinghouse社 설계의 Internal type과
  - 2) Rockwell社 水素再結合機를 이용한 External type
- 으로 大別된다.

Internal type은 水素再結合機가 格納容器 内部에 설치되므로 LOCA가 발생할 경우 機器의 共用化가 원칙적으로 不可能하여 본 研究범위에서는 제외하고, 水素再結合機가 格納容器 外部에 설치되는 External type을 機器共用化 研究의 對象으로 하였다.

따라서 이 External type을 중심으로 可燃性

氣體 制御系統의 設計概念과 法的根據, 國內外의 現況을 조사·검토하여 가능성을 打診하고, 그 방안을 列舉함으로써 機器共用化에 따르는 경제적 이득을 얻도록 하는 것이 本 研究의 範圍이다.

## 2. 工學的 安全設備

### 2·1 原子力發電所의 安全性 設計概念

원자력발전소에서 발생하는 사고는 大衆의 健康과 安全에 커다란 危險을 줄 수도 있다. 따라서 원자력발전소의 사고에 대비한 안전성의 유지에는 深層防禦概念을 적용하였으며, 深層防禦 概念은 다음 세가지 단계로 구분된다. 이들 세가지 단계의 안전성 개념은 서로 다른 設計觀點이면서 상호 중첩 및 連結되어 있다.

#### 2·1·1 第1段階 安全性

第1段階 安全性은 발전소가 안전하게 正常 運轉되도록 機器故障 및 系統 誤作動에 대하여 최대 여유를 갖도록 설계 및 건설되는 것이다. 즉, 발전소의 設計, 品質保證, 多重性, 試驗 및 檢査 등을 통하여 사고를 방지하고자 하는 것이다. 이러한 1段階 안전성 고려사항의 例는 다음과 같은 사항들이 있다.

- 1) 實驗을 통하여 안전성과 안정성이 檢証된 燃料, 冷却材 및 爐心構造材質의 선정
- 2) 放射能 效果 및 時間變化에 따른 強度變化가 잘 알려진 構造物의 材質 선정
- 3) 기기의 變化상태, 마모 및 부품의 초기고장 등이 계속 혹은 주기적으로 監視가 되는 機器의 設計
- 4) 시험, 운전 및 補修期間中 발생한 기기 및 系統의 고장과 誤動作 등으로 부터 얻어진 정보의 설계 반영
- 5) 발전소 건설시 가능한 최상 기술수준의 사용
- 6) 化學不純物 및 방사능을 제어하는 液體, 氣體 制御系統의 충분한 容量을 갖는 설계

7) 발전소 운전원이 항시 운전상태를 把握하고 制御할 수 있는 計測制御의 설계

#### 2·1·2 第2段階 安全性

第2段階 安全性은 올바른 設計, 建設 및 運轉에도 불구하고 사고가 발생할 것으로 假定하여, 발생한 사고로 부터 大衆의 保護 및 그 被害를 最少化하기 위하여 安全性 系統을 제공하는 것이다. 또한 2段階 防禦 安全性 系統의 效率 및 多重性 등이 반영되며 이를 위하여 고려된 事項은 다음과 같은 것들이 있다.

1) 發電所 主電源이 차단되었을때 발전소 안전성 維持를 위하여 外部로 부터 獨立된 2個의 라인을 통하여 전력의 供給되도록 하며 또한 외부로 부터 공급되는 電力과 독립된 所內 多重의 전력공급계통의 확보

2) 多重의 독립된 계측계통에 의한 非常原子爐停止系統의 설치

3) 제어계통의 誤作動으로 발생 가능한 出力增加率에 대한 技術的 制限值의 설정

#### 2·1·3 第3段階 安全性

第3段階 安全性은 假想事故와 함께 안전성 계통도 고장이 난 것으로 가정하고, 이에 따른 事故效果를 평가하여 적절히 추가 안전성 계통을 提供하는 것이다.

第3段階는 1 및 2段階를 보완하여 예상치 않은 극한상황하에서도 大衆의 保護를 위하여 발전소 설계시에 追加餘裕를 준 것이다. 이러한 여유는 사고와 함께 多重의 방어계통도 동시에 作動不能인 것을 포함하여 사고에 대한 설계개념을 試驗함으로써 評價된다.

이들 假想事故分析으로 부터 大衆의 건강과 안전을 보호하기 위한 계통 및 機器의 설계기준으로서 몇개의 任意事故過程이 선정되며, 이러한 事故를 設計基準事故라 한다. 대표적인 설계기준사고로서는 原子爐冷却系統 主配管 破斷事故(LOCA)가 있다.

### 2·2 工學的 安全設備

공학적 안전설비는 위의 第3段階 안전성 설계개념에 基礎를 두고 사고결과를 輕減 또는 緩和시키기 위한 것으로 深層防禦 安全性概念에 따라 大衆의 健康과 安全을 確保하기 위한 安全系統設備로서 多重性 및 設計基準 事故分析 要件 등을 만족하여야 한다.

원자력발전소의 代表的인 工學的 安全設備로서는 다음과 같은 계통들이 있다.

- 格納容器(Containment Building)
- 格納容器 撒水系統(Containment Spray System)
- 非常 格納容器 換氣系統(Emergency Containment Vent System)
- 可燃性氣體 制御系統(Combustible Gas Control System)
- 安全注入系統(Safety Injection System)
- 居住系統(Habitability System)
- 工學的 安全設備 濾過系統(ESF Filter System)
- 補助給水系統(Aux. Feedwater System)
- 格納容器 隔離系統(Containment Isolation System)

### 3. 格納容器 可燃性氣體 制御系統

#### 3.1 系統의 概要

格納容器 可燃性氣體 制御系統은 원자력발전소에서 LOCA가 發生할 경우 格納容기의 内部에서 生成되는 수소를 制御함으로써 기체폭발로 인한 안전계통 및 機器 등에 대한 손상을 예방하는 機能을 갖는다. 이 계통은 다른 안전관련계통의 機能을 손상시키지 않도록 설계되어야 하며 安全注入系統(SIS), 殘熱除去系統(R-HRS) 및 格納容器系統 등과 같이 공학적 안전설비에 속한다.

원자력발전소에서 LOCA가 발생하면 格納容기의 内部에서는 原子爐의 内部 및 格納容器섬프(Containment Sump)에 存在하는 물의 방사

선에 의한 分解(Radiolysis of Water), 燃料棒 被覆材와 蒸氣의 反應(Reaction of Zirconium Cladding with Steam) 및 格納容기 살수에 의한 格納容器内 物質腐蝕(Corrosion of Containment Materials by Containment Spray) 등의 원인으로 수소가 발생하며, 발생된 수소기체는 格納容기 内部 공기와 混合되며, 수소농도가 限界濃度 미만으로 유지시키기 위하여 본 계통을 작동시키게 된다.

본 계통이 작동하게 되면 格納容기내 수소농도는 水素監視裝置를 통하여 계속 측정되며, 수소가 限界濃度에 이르기전 水素再結合系統을 통하여 수소는 산소와 재결합이 이루어져 格納容기내 수소농도가 限界濃度 未滿으로 유지된다.

#### 3.2 系統의 設計要件

格納容기의 可燃性氣體 制御系統은 工學的 安全設備 가운데 한 계통으로서 10 CFR 50.44의 안전성 요건이 充足되어야 한다. 또한 실제설계의 指針이 되고 있는 SRP 6.2.5의 安全性 許容基準에서 주요한 사항을 정리하면 다음과 같다.

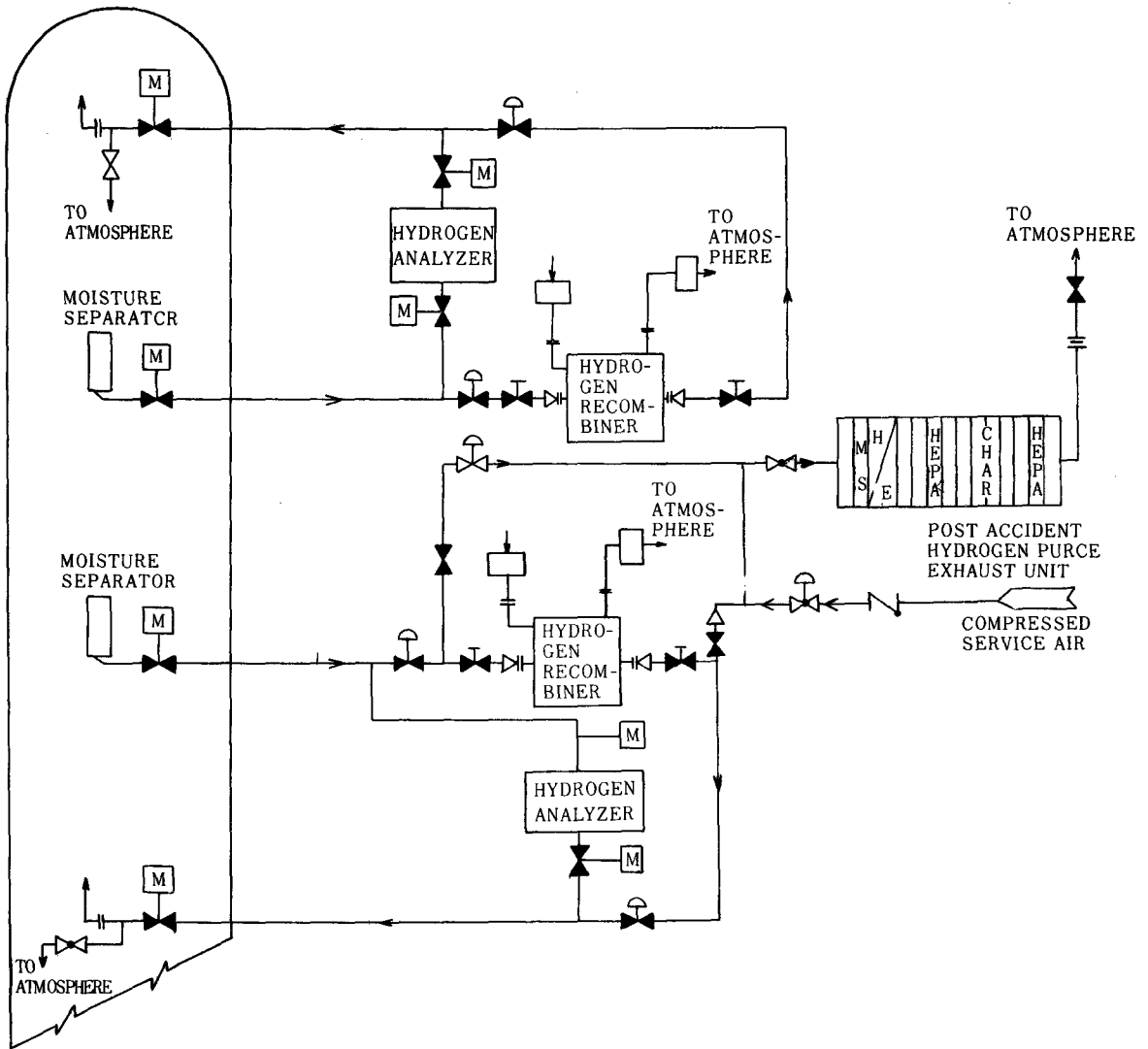
1) 多重성과 電源供給의 요건이 만족되어야 하며, Reg. Guide 1.26에 의거 品質等級B에 따라 設計, 製作, 設置되고, Reg. Guide 1.29에 의거 耐震範疇 I에 따라 설계되어야 한다.

2) 格納容기 内部의 水素生成에 대한 분석은 Reg. Guide 1.7 혹은 SRP 6.2.5 BTP CSB 6-2에 기준하여 본 계통은 限界水素濃度인 4v/o보다 0.5v/o未滿에서 稼動되어야 하며, 단일계통 トレイン만으로도 한계수소농도 未滿으로 유지할 수 있어야 한다.

3) 사고후 水素排出系統은 格納容기 가연성 기체의 除去를 위한 일차계통이 아니므로 單一事務防禦概念에서 공학적 안전설비의 요건을 갖출 필요는 없다.

4) 본 계통의 一部機器는 다음 사항을 만족

〈그림 3.3-1〉 KNU1格納容器 可燃性氣體 制御系統 系統圖



할때 原子力發電所敷地間 혹은 同一敷地內 發電所間 共用化가 可能하다.

- 가) 共用化機器(Shared Equipment)는 工學的 安全設備로서 多重性 要件을 만족할 것.
- 나) 共用化機器는 耐震範疇 I로 설계되며, 耐震範疇 I의 구조물에 설치될 것.
- 다) 共用化統系에 대하여 適切한 設計, 設置 및 이에 대한 節次가 규정될 것.
- 라) 共用化機器는 LOCA후부터 作動이 요구되는 期間까지의 중간지점 혹은 그 이전에

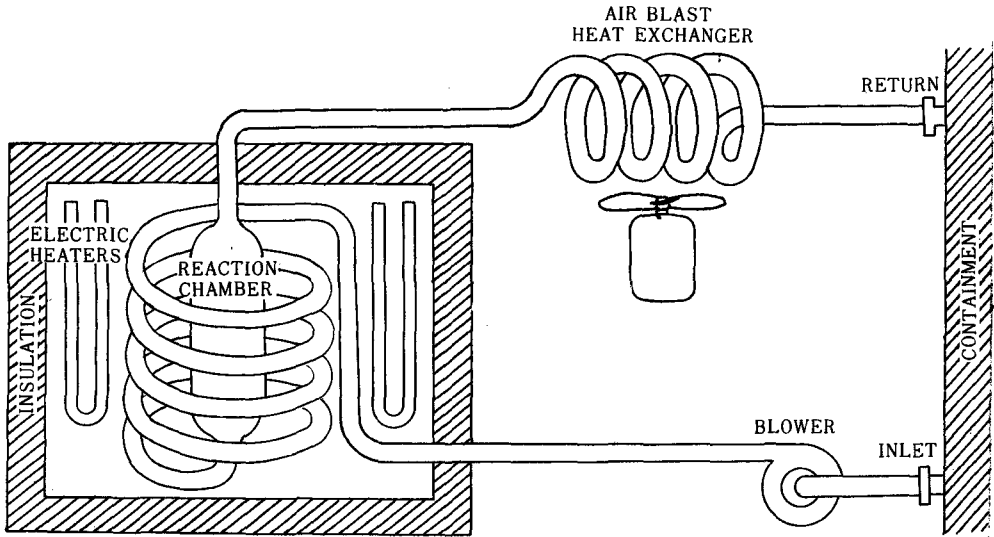
그 기능을 수행할 수 있을 것.

마) 共用化機器는 檢査프로그램에 包含될 것. 이밖에 TMI사고이후 PWR발전소에 대하여 美國의 강화된 조건은 可燃性氣體 制御系統이 大容量 格納容器 排氣系統에 연결되지 않고 독립된 格納容器 貫通部를 갖도록 要求하고 있다 (10 CFR 50.44(c) 參照).

### 3-3 系統의 構成

External type의 格納용기 가연성기체 제어계통은 水素再結合系統(Hydrogen Recombiner

〈그림 3.3-2〉 수소재결합기 概略圖



System), 수소監視系統(Hydrogen Monitoring System) 및 事故後 수소排出系統(Post LOCA Hydrogen Purge System)으로 이루어지며, 우리나라에는 2號機 및 3號機를 제외한 원자력발전소가 이 형태를 採擇하고 있는데 대표적인 系統도는 그림3.3-1과 같다.

### 3.3.1 수소재결합系統

수소재결합계통은 격납용기내 수소와 혼합된 공기를 격납용기 밖으로 끌어내어 수소재결합기로 보내는 吸入配管, 混合공기내 수소와 酸素를 결합시켜 水蒸氣로 만드는 수소재결합기, 수소가 제거된 공기를 격납용기로 되돌려 보내는 回送配管 등으로 이루어져 있으며 이들은 獨立된 2개의 トレイン(Train)으로 구성되어 있다.

각 トレ인은 각각 獨立된 貫通部를 지나며 관통부 兩側에는 隔離밸브(Isolation Valve)가 설치되어 있다. 格納容器內側의 격리밸브는 電動機밸브(Motor Operated Valve)이고, 外側의 隔離밸브는 공기구동밸브(Air Operated Valve)이다. 격납용기 내부 흡입배관의 끝에는 제습기를 달아서 흡입공기가 흡입배관내에서 응축되는 것을 막아준다. 그림3.3-2는 Rockwell社의 수소재결합기 概略圖이다.

### 3.3.2 수소監視系統

수소監視系統은 2個의 獨立된 配管과 各 배관에 連結된 耐震範疇의 수소分析機로 이루어져 있다. 本 系統은 수소재결합계통과 獨立적으로 작동되며, LOCA後 手動으로 機動되어 格納容器內 수소濃度を 制御室 및 수소分析機에 계속 지시하며, 수소濃도가 限界濃도에 도달하면 제어실에 警報를 울리게 한다.

正常運轉中에는 本 계통에 대하여 가동중검사가 실시되며, 검사요건에 따라 計器補正에 의한 計器의 정확성이 점검되어야 한다. 수소分析機는 Flow-Through-Type으로서 수소기체가 高温에서 다른 기체에 比하여 熱傳導率이 월등히 높은 성질을 이용하여 공기중의 수소농도를 測定하며, 격납용기내 압력이 格納容器의 設計壓力(60 psig)에 도달할 때까지 수소濃도를 계속 측정할 수 있다.

### 3.3.3 事故後 수소排出系統

사고후 수소배출계통은 2個의 수소재결합계통이 作動되지 않을때에 작동되는 것으로 제습기, 전기가열기, 전단 HEPA(High Efficiency Particulate Air)여과기, 탄소흡착기, 후단 HEPA여과기 및 관련 배관과 밸브들로 구성되어 있다. 本 계통은 격납용기 외부에 수소재결합系統의 한 トレ인에 連結되어 있으며, 事故環境

條件에서도 기능을 유지하도록 設計되었고, 모든 材質은 腐蝕과 變質에 견딜 수 있는 것으로 선정되었다.

### 3.4 系統의 運轉

LOCA가 發生하면 格납용기의 내부에 수소가 發生한다. 發生된 수소기체는 格납용기내의 空氣와 混合하게 되며, 이때 수소농도가 限界濃度(4v/o)以上이 되면 폭발할 위험이 있다.

水素濃도가 局部的으로 限界濃度以上이 되어 폭발되는 것을 방지하기 위하여 格납용기내 팬쿨러(Fan Cooler) 및 格납용기 살수계통을 稼動함으로써 수소기체는 格납용기의 내부에 골고루 혼합된다.

혼합된 공기중 수소농도는 水素監視系統을 통하여 측정되며, 이 계통은 LOCA後 手動으로 起動되어 格납용기 상부 팬쿨러 주위의 잘 혼합된 공기가 각 트레인의 입구에 부착된 濕分分離機(Moisture Separator)를 지나 吸入配管을 통하여 格납용기의 外部로 나오며, 이것을 水素分析機에 통과시켜 수소농도를 계속 測定하여 限界濃度에 이르면 警報하게 된다.

水素再結合系統은 수소농도가 3.5v/o에 이르기전 手動으로 起動되며, LOCA後 格납용기 내부의 수소농도가 3.5v/o에 도달하는 데에는 加壓輕水爐型에서는 적어도 20日以上 所要된다. 따라서 이 기간내에 수소재결합기가 연결되어 작동할 수 있어야 한다.

格납용기내부의 수소와 혼합된 공기는 吸入送風機에 의하여 格납용기내 上部에 설치된 濕分分離機를 거쳐 吸入配管을 통하여 格納容器的 外部로 나오며, 空氣가 熱氣에 의하여 約 1,100°F까지 加熱된후 反應室로 들어가 水素와 酸素의 再結合이 이루어진다. 再結合後 수소가 除去된 高温의 공기 및 수증기는 冷却室에서 냉각된후 계통배관을 통하여 格납용기내로 다시 돌려 보내진다. 사고후 수소배출계통은 2個의 독립된 수소재결합계통이 모두 作動不能일때 사

용되며, 格납용기내부의 수소농도가 3.5v/o에 이르기전 수동으로 起動된다.

## 4. 國內外現況

### 4.1 國內現況

우리나라의 원자력발전소는 KNU3이 CAND-U型으로 발전소의 設計概念 自體가 다른 8基와 근본적으로 差異가 있으며, 可燃性氣體 制御系統에 대한 要求條件이나 設計項目이 고려되어 있지 아니하다. KNU2는 唯一하게 Internal Type을 택하였고, 나머지 7基는 모두 External Type을 택하여 建設되었으며, 그 詳細는 다음과 같다.

#### 4.1.1 KNU 1

KNU 1건설 당시에는 本 可燃性氣體 制御系統이 設置되어 있지 않았었다. 그러나 1979年 美國의 TMI사고이후 補完措置로서 同一敷地에 建設되는 KNU5&6의 可燃性氣體 制御系統의 水素再結合機를 共用化한다는 방침아래 KNU5&6의 同 系統에 대한 설계개념을 기본으로 하여 韓國電力技術株式會社(KOPEC)가 1981년에 KNU 1에 대한 同 系統의 설계용역을 遂行하였다.

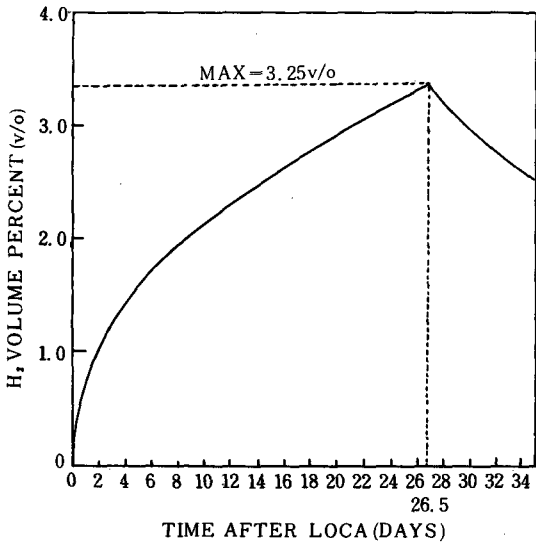
水素監視系統에 관한 모든 機器는 설치되어 있고, 水素再結合系統은 KNU5&6에서 水素再結合機를 옮겨서 사용을 할 수 있도록 機器의 運搬經路를 고려하여 水素再結合機外에 모든 機器가 설치되었으며, 事故後 水素排出系統은 설치되지 않았다.

LOCA후 格납용기내 수소농도의 변화가 그림 4.1-1에 나타나 있으며 그림에서 보는 바와 같이 約 26.5日이 經過하면 3.25v/o에 도달된다.

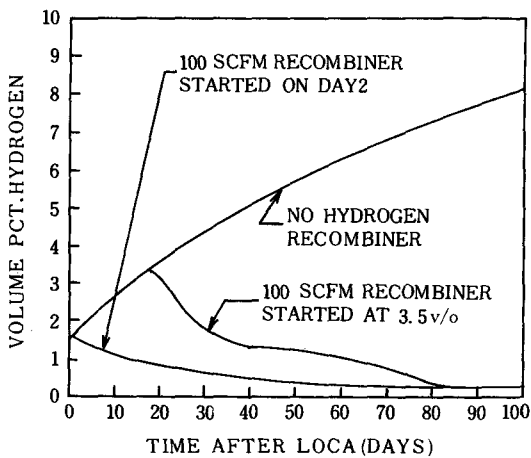
#### 4.1.2 KNU 2

KNU 2의 可燃性氣體 制御系統은 KNU 5&6과 같이 水素監視系統, 水素再結合系統 및 事故後 水素排出系統으로 이루어져 있으나, 水素再結合系統의 水素再結合機가 格納容器的 内部

〈그림4.1-1〉 KNU1 格納容器内部 水素濃度 變化



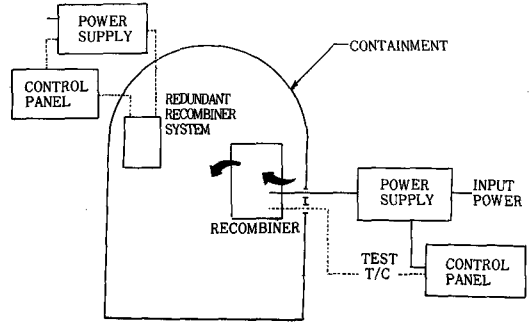
〈그림4.1-2〉 KNU2 格納容器内部 水素濃度 變化



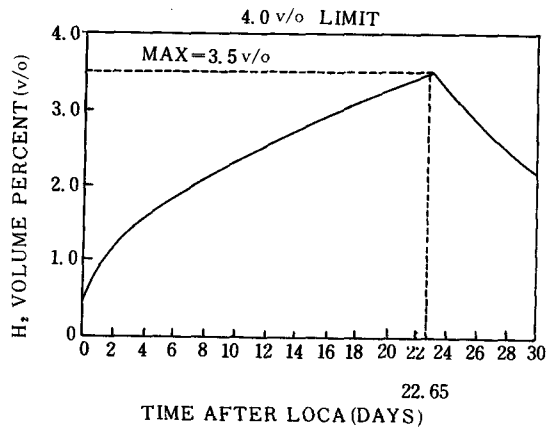
에 설치되어 있다. 따라서 이러한 設計概念에서는 水素再結合機가 반드시 必要 數量만큼 설치되어야 한다.

格納容器的 内部에 생성된 水素氣體는 두개의 독립된 監視트레인과 여기에 水素監視裝置에 의하여 水素濃度가 測定되며, 격납용기의 내부에 설치된 水素再結合機에 의하여 격납용기의 大氣가 自然循環되며, 大氣中 수소와 산소가 再結合하여 격납용기내부의 水素濃度를 4v/o以下로 維持시킨다. 事故後 水素排出系統은

〈그림4.1-3〉 KNU2 水素再結合系統 系統圖



〈그림4.1-4〉 KNU5,6,7,8 格納容器内部 水素濃度 變化



水素再結合系統의 補助系統으로 작동되며, 5&6號機의 單一트레인構成과는 다르게 2개의 100% 排氣트레인으로 구성되어 있다. 격납용기내부 水素濃度の 變化는 그림4.1-2에서 보는 바와 같이 LOCA後 25일이 경과하면 수소농도가 4v/o에 도달하며, 18일이 경과되었을때 3.5v/o에 도달된다. 2號機의 格納容器 可燃性氣體 制御系統이 그림4.1-3에 나타나 있다.

#### 4.1.3 KNU 3

KNU 3은 CANDU型 原子力發電所로서 LOCA後에도 수소의 發生으로 인한 폭발위험이 없는 것으로 假定되어, 可燃性氣體 制御系統에 관한 設計要求事項이나 規制條項이 없으므로 설치되어 있지 않다.

#### 4.1.4 KNU 5, 6, 7&8

KNU 5&6은 古리에, KNU 7&8은 靈光에 건

설되지만 同一한 설계개념에 水素再結合機를 제외한 모든 機器가 설치되며, 水素再結合機는 KNU 5, 6, 7, 8에 각각 1臺씩 설치되어 5號機 LOCA時 6號機 것을, 6號機 LOCA時 5號機 것을 옮겨서 보완하도록 설계되어 있다. KNU7&8의 경우도 마찬가지이다. KNU 5, 6, 7, 8의 系統圖는 그림3.3-1과 같고 水素濃度 變化는 그림4.1-4와 같다.

#### 4.1.5 KNU 9&10

KNU 9&10에 있어서의 可燃性氣體 制御系統은 水素監視系統과 水素再結合系統으로 이루어져 있다. 즉, 5&6, 7&8號機와 달리 水素排出系統이 없다. 正常運轉時 격납용기내 空氣放射能의 減少와 격납용기내의 壓力을 大氣壓 보다

약간 낮게 維持하기 위하여 小容量 換氣系統 (Mini-Sweeping System)이 可燃性氣體 制御系統과 連結되어 있으며, LOCA가 發生하면 小容量 換氣系統은 차단되고 可燃性氣體 制御系統만 作動하도록 설계가 되어있다.

KNU 9&10의 格納容器 可燃性氣體 制御系統圖는 그림4.1-5와 같고, 水素濃度의 變化는 그림4.1-4에 준한다.

#### 4.1.6 國內 原子力發電所의 可燃性氣體 制御系統 比較

國內外 原子力發電所에 대한 可燃性氣體 制御系統의 特性을 보면 KNU 2는 水素再結合系統을 Internal Type으로 택하였고, KNU 3은 전혀 고려하지 않았으며, 나머지는 大同少異한 개

(그림4.1-5) KNU9, 10 格納容器 可燃性氣體 制御系統 系統圖

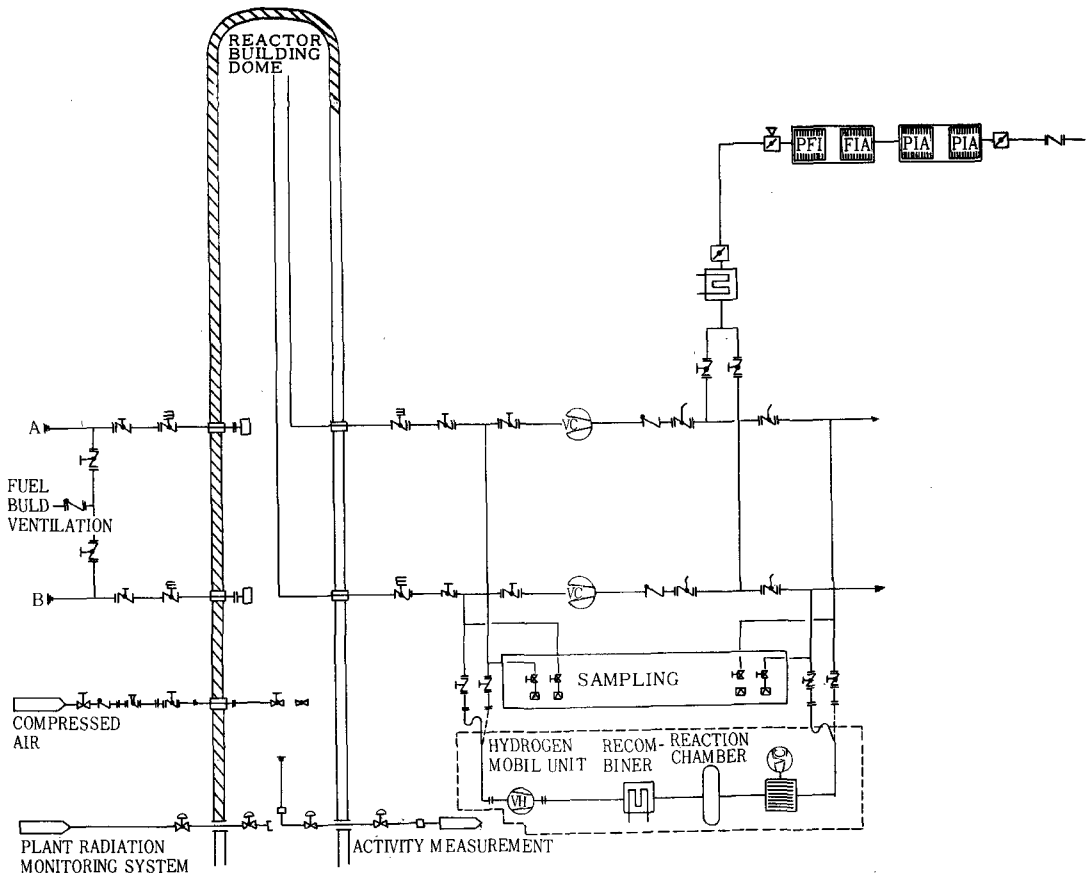




表 4-1-6  
國內原子力發電所에  
對한可燃性氣體  
制御系統設置現況

號 機	水素監視系統	水素再結合系統	水素排出系統
KNU 1	설치되어 있음	External Type로 설계되고 水素再結合機는 KNU 5&6의 것을 사용토 록 계획되어 있음	설치되지 않았음
KNU 2	"	Internal Type으로 2Set의 水素再結合機가 설치되어 있음	설치되었음
KNU 3	설치되지 않았음	설치되지 않았음	설치되지 않았음
KNU 5, 6, 7, 8	설치되었음	설치되었음	설치되었음
KNU 9&10	설치예정	설치예정	설치되지 않을 것임

表 4-2-1  
美國內 水素再結合機  
設置現況

REACTOR TYPE	STATION	SUPPLIER	RECOMBINERS	
			NO.	TYPE
PWR	Surry 1&2	Westinghouse	4	Internal Thermal
PWR	North Annal 1&2	Rockwell	3*	External Thermal
PWR	Beaver Valley 1&2	Rockwell	2	" "
PWR	Millstone 3	Rockwell	2	" "
BWR	Shoreham	Rockwell	2	" "
BWR	Nine Mile Point 2	Rockwell	2	" "
BWR (Mark III)	River Bend 1	Westinghouse	2	Internal Thermal

\* 1台는 豫備임  
(資料 : Stone & Webster 提供)

념으로 設置 또는 設置豫定이다. 이에 대한 設置現況을 圖表化하면 表4.1-6과 같다.

#### 4.2 國內現況

國家別로 그들의 與件에 맞추어 設計要求事項과 規制條件을 設定하므로 각각 다른 特色을 지니고 있다. 國外現況에서는 우리가 수입한 국가에 기준하여 美國 및 프랑스의 現況을 살펴 보고, CANDU Type은 可燃性氣體 制御系統을 고려하지 않았으므로 제외하였다.

##### 4.2.1 美國의 現況

美國의 可燃性氣體 制御系統에 관한 規制條項으로는 10 CFR 50.44에 根據하며, 美國內의 모든 PWR型 원자력발전소는 同 系統을 설치하도록 規定하고 있으며, TMI事故後 本 系統 專用的 貫通部(Penetratration)를 格納容器에 두도록 강화되었다. 美國內의 PWR型 원자력발전소의 可燃性氣體 制御系統은 格納容器的 내부에 水素再結合機를 설치하는 Internal Type

과 格納容器的의 외부에 水素再結合機를 설치하는 External Type 모두 사용되고 있으며, 美國內 몇개의 Utility會社가 정하는 水素再結合機의 設置原則을 보면 다음과 같다.

##### 1) Duke Power and TVA

처음에는 原子爐當 2個의 Internal Type 水素再結合機를 설치하도록 하였으나, 現在는 Site當 2個의 External Type 水素再結合機만 설치토록 設定함.

##### 2) Common Wealth Edison

Sit當 2個의 External Type 水素再結合機만 설치하는 것으로 함.

##### 3) Arizona Public Service

3個의 Containment에 2個의 External Type 水素再結合機를 설치하는 것으로 함.

이와 같이 美國內에는 어떤 統一性이 없이 Utility 자체가 基準을 設定하여 그 方法論을 전개하고 있으며, 그밖의 設置現況을 보면 表

〈表5.1-1〉 國內原子力發電所의 水素再結合機 設置現況

敷地	號機	水素再結合機 形式	水素再結合機 設置數	備 考
	KNU 1	Rockwell External Type	0	사고시5 &6호기 것 사용
고리	KNU 2	Westing House Internal Type	2	-
	KNU 5	Rockwell	1	-
	KNU 6	External Type	1	-
월성	KNU 3	없 음	없 음	-
영광	KNU 7	Rockwell	1	-
	KNU 8	External Type	1	-
울진	KNU 9	"	1	-
	KNU 10	"	1	-
계	9기	-	8	-

〈表5.1-2〉 우리나라 原子力發電所 敷地現況

敷地名	總建設可能	運轉및建設中	追加建設可能
고리	4	4	0
월성	2*	1	1
영광	6	2	4
부구	6	2	4
부안	5		5
산포	6		6
계	29	9	20

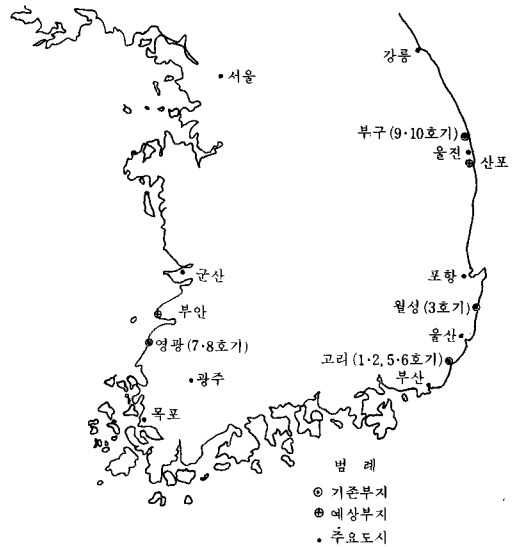
\*敷地調査機關에 따라 4基 建設可能한 것으로 나타나기도 함.

4.2-1과 같다.

#### 4.2.2 프랑스의 現況

프랑스는 國家政策으로 標準原子力發電所를 PWR 900MWe 및 1,300MWe 級으로 규정하고, 可燃性氣體 制御系統의 設計도 KNU 9&10과 같이 水素監視系統만 설치하고 水素排出系統은 고려하지 않았다. 水素再結合系統은 Rockwell社의 External Type 水素再結合機를 利用하여 계통설계가 되어있고, 프랑스내에 단 3臺의 Rockwell社 製品의 水素再結合機를 購入하여 Hydrogen Recombiner Center를 만들어서

〈그림5.1-1〉 우리나라 原子力發電所敷地 位置圖



保管을 하고 있다.

프랑스內的 原子力發電所에서 LOCA가 發生하면 헬리콥터로 현장에 輸送한다는 계획으로 단3臺의 水素再結合機로 프랑스내 50기가 넘는 原子力發電所에 共用한다는 정책을 설정하여 施行하고 있다.

## 5. 水素再結合機 共用化 方法

### 5.1 國內 水素再結合機 設置現況

현재 국내에 運轉 또는 建設中인 原子力發電所에 설치된 水素再結合機 設置現況을 살펴보면 表5.1-1과 같다.

### 5.2 國內 原子力發電所 敷地現況

1985年6月 現在까지 밝혀진 국내 원자력발전소의 敷地現況을 살펴보면 영광 및 부구지역에 각각 4基씩, 부안지역에 5基 및 산포지역에 6基가 설치될 수 있는 것으로 알려지고 있다. 이들 敷地の 現況과 位置가 表5.1-2 및 그림5.1-1에 나타나 있다.

### 5.3 共用化 妥當性 檢討

지금까지의 檢討를 통하여 水素再結合機의 共

用化가 가능한 根據에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

#### 1) 法的 根據

SRP 6.2.5의 安全性 許容基準은 原子力發電所의 敷地間 혹은 同一敷地內에 적절한 對策이 마련되면 機器의 共用化를 인정하고 있다.

#### 2) 容 量

輸入된 External Type의 水素再結合機 모두 900MWe級 容量이며, 추가건설예정인 標準發電所의 용량도 900MWe級이므로 LOCA후 格納容器內에서 生成되는 수소量 등 諸般條件도 동일한 수준으로 판단이 되므로 容量面에서 共用化의 問題點이 없을 것이다.

#### 3) 運搬 및 設置 所要時間

LOCA後 格納容器內部的 수소농도가 限界濃度(4v/o)에 도달하는데 20日以上 소요되는 반면 水素再結合機의 크기가 2.3m(높이)×3m(길이)×1.7m(폭)이며, 重量은 5Ton정도이며 우리나라와 같이 좁은 국토의 地理的 狀況을 고려할 때 水素再結合機의 운반 및 설치에 소요되는 시간은 限界濃度에 도달하는데 所要되는 시간보다 훨씬 적을 것으로 판단이 되므로 시간적으로 충분히 여유가 있다.

#### 4) 先進國의 例

프랑스의 경우 50機以上の 發電所에 단지 3臺로 共用化하고 있으며 美國의 경우도 각 發電所 所有主別로 機器 共用化를 시도하고 있다.

#### 5.4 水素再結合機 共用化 方法

以上の 共用化 妥當性 檢討를 통하여 水素再結合機의 共用化는 可能하며, 國內 水素再結合機 設置現況 및 原子力發電所 敷地現況을 살펴볼때 우리나라에서는 각 敷地別로 다음과 같이 共用化하는 것이 바람직할 것이다.

#### 1) 古 里

5號機 및 6號機의 水素再結合機를 1號機에 옮겨서 사용하도록 設計 및 計劃되어 있고, 앞

으로 同 敷地에서 더 이상의 建設計劃이 없으므로 考慮對象이 되지 않는다.

#### 2) 월 성

同 敷地에 CANDU型 原子爐가 건설되는 경우는 考慮對象이 되지 않으나, PWR型 原子爐가 건설될 경우에 限하여 지역적으로 가장 가까운 고리에 설치되어 있는 水素再結合機를 옮겨서 사용하는 방법이 계획되어야 할 것이다.

#### 3) 영 광

계획된 6基 가운데 KNU 7&8에 이미 2個의 水素再結合機가 설치되어 있으므로 同 敷地에 앞으로 건설될 原子力發電所에는 同 敷地에 설치된 KNU 7&8의 水素再結合機를 共用化하도록 한다.

#### 4) 울 진

계획된 6基 가운데 KNU 9&10에 이미 2臺의 水素再結合機가 설치되어 있으므로 同 敷地內에 앞으로 건설될 後續機는 영광과 마찬가지로 이미 설치되어 있는 水素再結合機를 사용토록 한다.

#### 5) 산 포

계획된 6基에 관하여는 지역적으로 가장 가까운 울진 원자력발전소에서 옮겨 사용토록 한다.

#### 6) 부 안

계획된 5基에 관하여 지역적으로 가장 가까운 영광 원자력발전소에서 옮겨 사용토록 한다.

#### 6. 經濟性評價

External Type의 水素再結合機는 세계적으로 美國의 Rockwell社가 獨占供給하고 있어 機器의 가격이 상당히 高價이며, KNU 5&6에 공급된 水素再結合機의 경우 대당\$536,480인 엄청난 가격이다. 그러므로 프랑스는 50基가 넘는 PWR 原子力發電所에 단지 3臺의 Rockwell社 제품의 水素再結合機를 수입하여 機器의 購入

〈表6.0-1〉 敷地別 外貨節約 可能 金額

敷地名	追加建設 可能基數	豫想節約金額	備 考
고 리	0	-	-
월 성	1	-	CANDU형임
영 광	4	\$ 2,145,920	-
부 구	4	\$ 2,145,920	-
부 안	5	\$ 2,682,400	-
산 포	6	\$ 3,218,880	-
계	20	\$ 10,729,600	-

註: KNU 5&6 購入價格 基準임 (\$ 536,480/UNIT)

費用을 절약하고 있다.

앞으로 건설되는 발전소에 水素再結合機를 共用化함으로써 얻을 수 있는 外化節約金額은 表 6.0-1과 같이 最小 1,100만달러(1978年 價格 基準)이상이며, 2基 發注時 최소한 10億원 이상의 建設費用이 절약될 수 있다.

## 7. 結 論

우리는 9基의 原子力發電所를 建設하면서 독자적인 設計 및 建設方法을 수립하여 發注한 것이 아니라, 輸出國家가 設定한 方法과 원칙에 준수하여온 것이 지금까지의 우리의 姿勢였다 고함이 숨김없는 사실일 것이다. 그러므로 이 제는 그동안 쌓아온 建設經驗과 技術蓄積을 바탕으로 우리의 與件이 반영된 독자적인 方法을 講究할 때라고 생각된다. 本稿에서 살펴본 바와 같이 비단 水素再結合機의 共用化뿐이 아니고 다른 系統도 設計의 改善, 機器의 共用化 또는 標準化함으로써 原子力發電所의 經濟性을 제고시킬 수 있는 餘地는 많이 있을 것으로 추정된다.

後續 原子力發電所의 水素再結合機 共用化는 規制事項, 設計, 容量, 運搬 등에서 何等의 制約條件을 발견할 수 없으므로 가능하다고 확신한다.

이를 실현하기 위하여

1) 系統設計機關은 水素再結合機 共用化에 따른 基本設計, 定期檢査, 運搬經路, 運送方法 등의 대책을 수립하고,

2) 韓國電力公社는 앞으로의 PWR 原子力發電所 建設에는 水素再結合機를 더이상 구입하지 않는다는 方針이 設定되어야 하며,

3) 規制機關은 앞의 사항을 이해하는 法的 뒷받침이 있어야

後續機 建設 2基 發注時 최소한 10億원 以上の 原價節約效果를 가져올 수 있을 것이다.

## 〈參 考 文 獻〉

1. 古里2號機 可燃性가스 除去系統 設置妥當性 報告書, 韓國原子力技術(株), 1981. 1
2. 古里1號機 可燃性가스 除去系統 設置安全性 分析報告書, 韓國原子力技術(株), 1981. 1
3. 原子力發電所의 安全性 對策에 關한 研究(T-MI事故分析에 따른 我國의 措置方案), 科學技術處, 1980.
4. TMI事故에 따른 AECB勸告事項에 대한 原子力3號機의 措置方案, 韓國電力技術(株), 1981. 9
5. Three Mile Island 原子力發電所 事故, 韓國 原子力技術(株), 1980. 7
6. 說問調査, Stone & Webster(美國), Framatome(프랑스), JANUS(日本), 1985. 7
7. 10 CFR 50, 1983. 1
8. System Design Report(KNU 9&10, Containment Atmosphere Control System) Framatome, 1983. 10
9. Regulatory Guide 1.7 "Control of Combustible Gas Concentrations in Containment following a Loss-of-Coolant Accident," 1978
10. WASH 1250 "The Safety of Nuclear Power Reactors(Light Water-Cooled) and Related Facilities," US AEC, 1975
11. Final Safety Analysis Report(KNU 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8), KEPCO
12. Preliminary Safety Analysis Report(KNU 9&10), KEPCO