

核燃料施設の 安全基準

本稿에서는 英國 HSE의 「原子力化學플랜트에 대한 안전심사지침」과 美國 DOE의 「原子爐以外の 원자력시설기준과 規準指針」 및 日本에서의 核燃料施設에 대한 法令 作成作業의 進陞狀況을 소개한다.

1. 序 論

1986年 1月 6日字 読賣新聞은 6段記事로 「核燃料工場 가스漏出: 美國 1名 死亡, 100名 以上 治療」라고 美國 오크라호마州의 세코이아 核燃料轉換工場에서의 6弗化 우라늄가스탱크의 爆發事故를 報道하고 있다. 이것은 탱크에 超過貯藏한 6弗化 우라늄을 급히 꺼내려고 直接加熱한 것이 原因으로 급격한 膨脹이 일어나 爆發하고 이어 有毒가스인 6弗化 우라늄이 6.3톤 大氣中에 放出하여 이로 인해 作業員의 皮膚과 肺가 火傷을 입어서 생긴 것이다.

또 1986年 7月 31日字 朝日新聞에 의하면 美國 民間研究機關 「環境政策研究所」는 美國 사우스캐롤라이나州의 사바나리버原子力施設(美國 DOE所管으로 듀폰社가 運營)의 51基의 高準位 放射性廢棄物溶液탱크(全体가 8億 Ci나 되고 이것은 全美國의 高準位 廢棄物の 78%에 該當한다)가 地震때문에 또는 水素爆發 事故 등으로 因하여 破壞된 경우의 環境影響을 評價하고 있고, 그 경우에는 周辺住民의 암 發生數가 11,000 ~ 23,000名 增加할 것으로 予測하고 있다.

또한 1986年 12月 15日字 朝日新聞에 의하면 英國 세라필드再處理工場의 放射能漏出 事故에 對해서 英國HSE(雇用省 保健安全執行部)가 NII(原子力施設檢査局)에 調査를 命해 3 개월

間 工場에 出入하여 檢査한 結果 工場 運營 全般에 걸친 廣範圍한 改善命令을 내리는 措置를 취했다고 報道되고 있다.

이 報道는 關係者들에게 話題를 提供하고 있으나 日本에서도 下北半島에 核燃料 관련 3個 施設(再處理施設, 廢棄物貯藏施設, 우라늄濃縮施設)이 計劃되고 있고, 이에 關聯하여 이 方面의 法的規制가 어떠한 狀況에 있는지 혹은 諸外國에서는 이에 대한 基本的인 생각을 어떻게 갖고 있는가는 커다란 關心事일 것이다.

本稿에서는 이들 問題에 關해서 先進國인 英國과 美國에 對해서 包括的인 생각을 2가지 資料의 해설형태로 소개한다. 英國에 있어서 核燃料施設의 安全基準과 指針에 關해서는 英國의 雇用省 保健安全執行部(HSE)의 「原子力化學플랜트에 대한 安全審査指針」을, 美國에 있어서 核燃料施設의 安全基準과 指針에 關해서는 美國 에너지省(DOE)의 「原子爐 以外の 原子力施設 基準과 規準指針」을 取했다. 또 마지막으로 日本에서의 이에 대한 法令의 作成作業의 進陞狀況을 간단히 소개하였다.

2. 英國에 있어서 核燃料施設의 安全基準과 指針

2.1 英國에 있어서 安全審査體制

英國과 美國에 있어서 核燃料施設의 基準은 제각기 그 나라의 특징을 反映하여 상당히 다르게 되어 있다. 英國의 基準은 國際放射線防護委員會(ICRP)의 勸告를 베이스로 하고 있고, 1983년의 時點에서도 이미 ICRP 26 勸告를 취하고 있어 安全審査指針中에서도 이것에 기초한 부분이 여러 곳에 보인다. 英國 HSE의 基準은 全般的인 記述은 개념을 크게 취급한 것이 많고, 細部는 實務나 經驗에 一任하는 식의 형태로 되어 있다. 이것과 대조적인 것이 美國 DOE의 基準으로 關聯된 施設을 明確히 分類하여 關聯法規에까지 細部에 걸쳐서 記述하고 있다.

英國에 있어서 核燃料施設의 安全審査体制에 대하여는 英國 HSE의 「安全審査指針」 序文에 의하면 英國에서의 安全審査体制은 다음과 같이 되어 있다.

1979년에 英國雇用省保健安全執行部(HSE)는 原子力施設檢査局(NII)에서 使用하기 위하여 「動力炉의 安全審査指針」을 公開했다. 燃料加工, 再處理, 同位元素分離, 廢棄物의 貯藏·處分 등 動力炉 以外の 原子力施設에 대하여는 여기서 소개하는 1983년의 「原子力化學플랜트에 대한 安全審査指針」이 적용된다. 이 法의 적용은 1965년의 「原子力施設法」으로 定해져 있는 것과 같이 英國原子力公社(UKAEA) 및 政府所有機關은 別途取扱되어 있고 그 以外の 原子力化學플랜트는 原子力施設檢査局(NII) 檢査官의 審査를 거쳐 保健安全執行部(HSE)의 許可証이 發行되지 않으면 이들 施設의 設置 또는 運轉을 할 수 없게 되어 있다. 安全審査는 安全解析書와 補充資料를 기본으로 하여 행하여지고, 審査過程에서의 判斷基準으로는 「安全審査指針」이 적용된다. 審査는 프로젝트의 概念設計段階에서 부터 設計, 開發, 製作, 建設, 運轉을 거쳐 마지막 디코미쇼닝까지를 對象으로 하고 있다. 또 安全解析書中에서는 基準値를 명확하게 記述하는 것 만으로는 不充分하여 리스크를 「合理的으로 實行 가능한 한 낮게」할 것을 要求하고 있다.

安全審査는 安全解析書와 補充資料를 기본으로 하여 행하여지고, 審査過程에서의 判斷基準으로는 「安全審査指針」이 적용된다. 審査는 프로젝트의 概念設計段階에서 부터 設計, 開發, 製作, 建設, 運轉을 거쳐 마지막 디코미쇼닝까지를 對象으로 하고 있다.

2.2 英國의 核燃料施設의 安全審査指針

英國에서의 核燃料施設에 대해서는 英國政府雇用省의 保健安全執行部가 定한 「原子力化學플랜트에 대한 安全審査指針」이 적용된다.

이것은 全体가 4章으로 나누어져 있고 우선 第1章에서 基本的인 要件과 思考가 記述되어 있다. 이 指針은 1977년의 ICRP 26 勸告와 歐洲共同体(EEC)의 指導値를 지킬 것을 기본으로 하고 있는 것이나 根本指針으로써 ①通常運轉時의 線量限度嚴守, ②個人線量の 低減化, ③一般公衆의 集積線量の 低減化, ④事故防止對策, ⑤事故의 影響을 最小限으로 할 것 등 5가지를 「合理的으로 實行 가능한 한」達成할 것을 要求하고 있다.

〈表1〉 사이트外的 人에 대한 사고시켄스의 實効線量審査基準(英國)

(a) 30년에 1回以上이라고 判斷되는 頻度の 事故	適切한 年線量限度의 1/30
(b) 30년에 1回에서 3,000년에 1回의 사이에 있다고 判斷되는 頻度の 事故	適切한 年線量限度
(c) 3,000년에 1回보다도 적다고 判斷되는 頻度の 事故	適切한 年線量限度의 20倍

第2章은 基本指針이고 2.1에 放射線防護의 指針, 2.2에 通常運轉條件下에서의 放射線曝의 評價指針, 2.3에 事故條件의 評價와 保護系에 대한 指針이 記述되어 있다.

放射線防護의 指針에서는 法定의 線量限度를 지키고 「合理的으로 實行 可能한 限」 리스크를 低減化하는 것이 要求되고 있다. 放射線 作業者는 被曝可能性에 應한 ICRP의 새로운 分類 ① 年間線量限度의 3/10 以上の 特定作業者, ② 1/10 以上の 被曝作業從事者, ③ 그 以外 사람으로 나누고 있다. 이 밖에 通常時運轉 條件下에서의 人海戰術禁止 등도 포함되어 있다.

通常運轉條件下에서의 放射線被曝의 評價指針에서는 플랜트의 運轉, 保守에 포함되는 개별적인 작업별로 年間集積線量, 集團平均線量, 最高個人線量を 内部 및 外部被曝에 關해서 不確定度를 고려하여 安全側으로 評價할 必要가 있다고 하고 있다.

事故條件의 評價와 保護系에 대한 指針에서는 想定事故로서 予想되는 事故시퀀스나 그룹화된 事故中 가장 심각한 케이스를 設定함에 따라 決定한다. 事故時에 線量限度는 表 1에서 보는 바와 같이 ㉠ 30년에 1회以上の 事故에 대해서는 年線量限度의 1/30, ㉡ 30년에서 3,000년에 1회의 事故에 대해서는 年線量限度, ㉢ 3,000년에 1회보다도 적은 事故에 대해서는 年線量限度의 20배의 基準을 지키도록 되어 있다.

事故時에 周辺住民에게 推定許容線量은 全身에 대해서 10rem, 單一器官에 대해서 30rem, 皮膚에 대해서 100rem까지로 하고 있다. 또 設計指針으로써는 信賴할 수 있는 工學的方法이 重要視되고 있고, 前述의 線量基準을 초과할 가능성이 있을 경우에는 한가지 以上の 有效한 배리어를 플랜트內에 설치함으로써 推定線量値를 억제하지 않으면 안된다. 또 배리어를 構成하는 系統의 信賴度는 10,000회에 1회의 故障率 보다 높은 일은 그다지 있을 수 없는 것, 事故시퀀스時 系統間의 相互 干涉效果도 고려할 것 등도 記述되어 있다.

第3章은 設計指針을 記述하고 있고, 安全上の 利益, 設計코스트, 社會的 需要를 念頭에 두고 「合理的으로 實行 可能한 限」이라는 原則을

堅持하도록 되어 있다.

이 章은 全体가 16節로 되고 3.1 一般指針, 3.2 放射性物質의 管理, 3.3 放射性物質의 移動, 3.4 放射性廢棄物과 스크랩의 管理, 3.5 放射線 防護, 3.6 保護시스템, 3.7 유틸리티, 3.8 플랜트 폐쇄와 환기, 3.9 플랜트의 運轉, 3.10 플랜트 事故 過渡現象 및 異常條件의 解析, 3.11 信賴性解析, 3.12 外部로부터의 위험, 3.13 配置, 3.14 使用前 檢査 및 試運轉, 3.15 保守, 3.16 디코미쇼닝에 대해서 記述되어 있다.

一般指針에서는 事故의 대응은 多重性, 冗長性, 分離 等の 手段에 의하여 信賴度를 높이고 共通形式故障의 可能性을 낮추도록 要求하고 想定事故시퀀스의 傳播를 防止하는 保護 시스템의 整備가 要求되고 있다. 事故時 初期의 플랜트 應答은 어떠한 경우에도 安全側으로 作動하도록 設計할 것을 要求하고 있다. 設計할 때에는 데이터나 設計方法, 安全關聯機構의 信賴性 등 不確實性要因을 고려하여 결정하도록 要求하고 있다.

放射性物質의 管理는 사람의 被曝을 線量制限値 以內로 유지하고 實行 可能한 限 낮게 할 것을 目的으로 하고 있다. 安全解析書中에는 組織 및 物理手段을 포함한 管理体制, 플랜트의 운전이나 운전모드에 따른 施設마다의 취급을 論及할 必要가 있다. 또 특히 放射性物質의 폐쇄나 臨界에 關聯한 核分裂性物質의 管理에 대해서는 配慮가 必要하고 모니터링시스템, 경보장치 등의 設計要件이 記述되어 있다. 특히 臨界安全性에 대해서는 表 2의 항목에 대해 검토를 要求하고 있다.

放射性物質의 移動은 据付配管, 輸送容器에 따르는 것에서 부터 크레인이나 輸送車 등의 補助장치를 使用한 것도 고려하여, 이 指針을 適用하고 있다. 移動을 최소한으로 하는 것이 原則이고, 安全解析書中에는 移動中의 事故를 想定하여 그 應急處置도 記述되어 있지 않으면 안 된다.

〈表2〉 임계관리를 위한 反應度評價時 檢討事項 (英國)

(a) 幾何學的 配置의 變化(液体的 漏出, 槽間의 移送, 固體의 崩壞, 物質 폐쇄 設備에서의 오버홀로)
(b) 組成의 變化(核分裂性物質의 濃度, 核分裂性物質의 密度, 沈殿)
(c) 中性子減速의 變化(水分의 侵入, 浸漬, 기름의 漏出, 증발)
(d) 中性子反射의 變化(浸漬, 人間의 接近)
(e) 核分裂性物質의 量의 變化(槽間의 移送, 2重裝荷, 沈殿, 配管内의 蓄積)
(f) 中性子の 吸取의 變化(溶解中性子毒의 損失, 固體吸取材의 腐蝕, 施設改造의 效果)
(g) 相互干涉效果의 變化(核分裂性유니트間의 거리의 변화; 中間에 놓아 둔 干涉遮蔽體의 除去, 플랜트內의 隣接空間의 變化)
(h) 計量手段 혹은 濃縮度 同定 欠陥
(i) 기타 系統에 의해 높은 反應度를 일으키는 變化

〈表3〉 通常運轉時 여러 地域의 基準値(英國)

(a) 사이트內의 모든 사람이 制限없이 出入 可能한 區域	$\leq 0.75 \mu\text{Sv/h}$ ($75 \mu\text{rem/h}$)
(b) 被曝作業從事者 以外의 모든 사람이 通常 出入할 수 없는 區域	$\geq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ (0.25mrem/h)
(c) 特定從事者 以外의 모든 사람이 通常 出入할 수 없는 區域	$\geq 7.5 \mu\text{Sv/h}$ (0.75mrem/h)
(d) 1~2年內에 한번 以內로 2~3時間 以上의 出入이 要求되는 區域	$\leq 0.5 \text{mSv/h}$ (50mrem/h)
(e) 1~2年內에 한번 以內로 2~3時間 以下의 出入이 要求되는 區域	$\leq 2.0 \text{mSv/h}$ (200mrem/h)
(f) 0.5mSv/h (50mrem/h) 를 초과하는 線量率의 區域에서의 作業	1 作業 1.0mSv (100mrem)

放射性廢棄物과 스크램管理에 있어서는 플랜트設置에서 부터 디코미쇼닝까지의 동안에 廢棄物對策을 事前에 세워둘 것, 폐기물이나 스크램

貯藏設計에 대해서는 여유도見積과 장래의 전망, 갈아 넣는 作業의 可能性 등이 要求되고 있다. 氣體狀, 液體狀, 固體狀 폐기물의 放出에 대해서는 연속모니터와 경보 장치의 요구외에 兩立性의 나쁜 廢液의 混合 등을 禁하고 있다.

은 性質形狀에 따라 分類해서 취급해야 할 것 등을 定하고 있다.

貯藏設計에 대해서는 여유도見積과 장래의 전망, 갈아 넣는 作業의 可能性 등이 要求되고 있다. 氣體狀, 液體狀, 固體狀 폐기물의 放出에 대해서는 연속모니터와 경보 장치의 요구외에 兩立性의 나쁜 廢液의 混合 등을 禁하고 있다.

放射성스크랩에 대해서는 폐기물인가 스크램 인가의 分別과 처리의 設備에 대해서 記述하지 않으면 안된다.

放射線防護는 거리 간격을 취한다, 遮蔽한다, 폐쇄한다, 환기한다, 被曝時間을 제한한다고 하는 것 등에 의한다고 하는 것을 一般指針으로 하고 있다. 通常運轉時의 직접방사선의 관리는 表 3에 보는 바와 같이 다음 범위를 정하고 있다.

㉑ 出入可能한 區域($\leq 75 \mu\text{rem/h}$), ㉒ 被曝 作業從事者가 들어 갈 수 있는 區域($\geq 0.25\text{mrem/h}$), ㉓ 特定作業者가 들어 갈 수 있는 區域($\geq 0.75\text{mrem/h}$), ㉔ 1~2年에 한번 2~3時間以上 出入할 수 있는 區域($\leq 50\text{mrem/h}$), ㉕ 1~2年에 한번 2~3時間以內 出入할 수 있는 區域($\leq 200\text{mrem/h}$), ㉖ 50mrem/h 이상의 구역에서 作業하고 100mrem . 또 汚染管理中 空氣중의 오염평가 레벨은 誘導空氣中濃度(DAC)의 40時間以上의 時間平均에 대한 分率로 주어지고 ㉗ 一般人이 出入可能한 區域은 被曝作業從事者 以外의 사람에 대한 時間平均値의 3/10이고, ㉘ 被曝作業從事者가 出入可能한 區域은 被曝作業

従事者の時間平均의 1/10, ㉔ 特定行業従事자가 出入可能한 區域은 被曝作業従事者 時間平均의 3/10을 制限値로 하고 있다.

保護시스템이란 플랜트事故時에 安全을 保證하는 裝置나 시스템을 말하며 ㉕ 熱除去系 등의 事故時에 직접적으로 리스크를 輕減시키는 역할을 갖는 保護시스템과, ㉖ 警報機器 등 安全確保에 있어서 重要하기는 하나 직접적이 아닌 安全關聯機器로 크게 나눌 수 있다. 保護시스템에 대해서는 事故檢知의 變數把握이나 多樣性, 冗長性, 分離 등의 機能에 의한 信賴性確立 外關聯시스템의 校正, 檢査가 容易한 構造를 要求하고 있다.

計裝設備와 臨界事故檢出시스템에 대해서는 特別記述이 있고 前者에 대해서는 事故時에도 中央制御室 또는 補助의 制御裝置로 부터의 對處를 要求하고 있다. 後者에 대하여는 檢出, 警告, 避難이 要求되는 區域設定과 信賴性, 臨界警報裝置의 要件 등이 記述되어 있다.

유틸리티란 플랜트의 安全을 達成하기 위한 모든 서비스 物質을 포함하는 것을 말하고 있고 그 역할이나 安定된 公급에 對해서의 記述을 要求하고 있다

플랜트폐쇄와 換氣에서는 오염확대방지와 通常運轉中 事故時의 防護조치가 要求되고 있다. 系를 폐쇄하는 데는 배리어 設置를 생각하고 있고, 漏出時 配管의 모니터링과 分離方法에는 研究가 必要하고 崩壞熱除去, 爆發混合物의 回避 등을 포함한 設計上의 配慮點이 記述되어 있다. 換氣系의 設計에서는 프로세스系와 呼吸用空氣系의 換氣를 分離해야 할 것과 換氣空氣의 흐름이 오염레벨의 낮은 곳에서 높은 곳으로라고 하는 것 등 設計上의 考慮點이 記述되고 있는 外에 글로벌박스의 過壓防止와 필터유니트의 要件 등이 記述되어 있다.

플랜트 運轉의 모든 경우의 상태를 고려하여 運轉規則을 定하지 않으면 안된다. 安全解析書에는 홀로우시트, 홀로우다이아그램과 安全運

轉에 關聯하는 條件과 플랜트變數를 記載해 둘 必要가 있다. 또 非常時 對策과 그 指示書도 必要하다.

플랜트事故, 過渡現象 및 異常條件의 解析에서는 想定事故시퀀스를 定하고 事故解析을 하여 定量的인 評價를 할 것을 要求하고 있다. 解析에는 系統的 探索을 要求하고 있고 共通모드事故, 個別事故의 짜맞춤 등을 使用하여 施行한다고 하고 있다. 이 外에 過渡的인 狀況을 定量的으로 把握할 것과 緊急時冷却, 폐쇄機能機器 여유도 등에 對해서도 記述되어 있다.

信賴性解析은 플랜트系統의 짜맞춤으로 解析하도록 要求하고 있다. 假定 등은 그 正統性を 立證하고, 使用된 데이터는 出典이나 適用性에 配慮하고 故障의 發生率, 故障率의 經時變化 등도 言及할 必要가 있다. 이 外에 複雜한 시스템에 對해서는 작게 나눈 部分도 評價할 것과 保護裝置의 信賴性은 1,000~10,000回當 1回의 故障 範圍에 들어가는 것 등도 記述되어 있다.

外部事故에 대한 플랜트의 安全性은 場所로써의 安全性과 安全設計 혹은 隣接플랜트의 事故의 考慮 등에 따라 確保된다. 解析할 때에는 平常運轉時의 最大裝荷量으로 施行토록 하고 있다. 혹심한 기후, 地震, 浸水, 火災, 爆發, 飛來物 등 航空機의 충돌에 對해서도 設計上 考慮하도록 要求되고 있으나 이것에 使用하는 데이터의 合理性에는 留意할 必要가 있다. 또 設計할 때에는 耐震設計基準 등의 基準을 지킬 것을 要求하고 있다.

建物, 構築物, 施設의 配置는 不必要한 相互作用이나 内外로 부터의 리스크의 影響이 最小가 되도록 하고, 不法侵入의 防止에 對해서도 考慮하도록 要求하고 있다. 또 緊急時에는 主制御室 以外에 接近 使用 可能한 制御設備, 計測設備의 設置를 要求하고 있다. 使用前檢査 및 試運轉의 申請에 대한 安全審査는 플랜트建設後에 施行된다. 使用前檢査時에는 安全解析書의 設計와 對照하여 改造가 必要한 場所와 方法을

檢討한다. 試運轉을 위해서는 單體, cold, hot의 各段階의 試運轉計劃을 策定하고 安全設備의 機能檢査를 포함하는 試運轉計劃을 提出하지 않으면 안된다.

保安은 플랜트를 信賴할 수 있는 安全한 狀態로 維持하기 위하여 必要로 하고 있고, 通常 플랜트의 保守要件外에 安全에 關係되는 構築物 系統 및 機器에 대해서는 運轉中에 監視와 檢査를 할 수 있도록 設計할 것을 要求하고 있다.

디코미쇼닝은 플랜트의 初期부터 考察되며 設計 및 運轉方法이 그 플랜트의 安全한 디코미쇼닝을 방해하지 않는 것으로 되어 있는 것이 重要하다. 審査指針은 新플랜트, 既存플랜트別로 定해지고 解体作業순서와 모니터링, 폐기물의 저장과 처분, 測定記錄法이나 디코미쇼닝이 사이트에 주는 영향을 검토하도록 정해 있다.

第4章은 管理指針에 대해서 記述하고 있고 4.1에 安全管理의, 4.2에 品質保證의 指針을 들고 있다. 新設 플랜트의 安全管理은 이미 사이트 全体의 安全管理體制가 있는 것을 前提로 하고 있다. 安全管理責任은 設計, 建設, 試運轉 및 運轉하는 사이에서 各 단계마다 定할 必要가

品質保證은 플랜트의 設計, 製作, 建設, 試運轉 및 運轉을 적절히 制御하기 위한 管理 시스템으로 定해지고, 安全解析書中에는 品質保證計劃 및 그 實施體制를 表示하며, 플랜트의 安全에 關한 局面에서 効力を 發揮하도록 考慮할 必要가 있다.

있고, 管理責任所在은 新設플랜트, 既存플랜트, 사이트 全体가 각각으로 또 서비스部門과 契約者 사이에 明確히 할 必要가 있다.

品質保證은 플랜트의 設計, 製作, 建設, 試運轉 및 運轉을 적절히 制御하기 위한 管理 시스템으로 定해지고, 安全解析書中에는 品質保證計劃 및 그 實施體制를 表示하며, 그것들의 設計, 調達, 製作, 建設, 試運轉, 運轉 및 디코미쇼닝에 있어 플랜트의 安全에 關한 局面에서 効力を 發揮하도록 考慮할 必要가 있다. 品質保證責任者는 商業的 要求와는 無關하며 作業의 停止를 권고할 권한을 갖도록 한다.

〈表4〉 原子力施設의 운전에 수반하는 事故의 발생확률과 그 영향에 관한 일반안전지침 (美 DOE)

운전상태	定 義	年當發生予想 頻度(年 ⁻¹)	一 般 指 針
I	平常運轉時計劃하고 있는 事象	$P = 1$	施設로 通常運轉하는 系統은 通常時에 建築과 安全에 대한 充分한 防護가 세워져 있을 것.
II	施設 壽命中 數回 생각되는 事象	$1 \geq P \leq 10^{-1}$	施設은 큰 改造 補修없이 運轉 再開할 수 있을 것
III	거의 일어나지 않지만 施設壽命中에는 일어날지도 모르는 事象	$10^{-1} > P \geq 10^{-2}$	施設은 改造 補修에 의하여 運轉再開할 수 있을 것
IV	이 事象은 극한상태의 손상이고 시설 수명中에 일어난다고 하면 상당량의 방사성 물질이 放出되기에 문에 設計上 上限의 사고로써 想定한다. 一般的으로 발생率이 10^{-7} /年이하의 事象은 想定事故로 考慮하지 않는다.	$10^{-3} > P > 10^{-7}$	施設이 破壞되면 運轉再開는 不可能하다

3. 美國에 있어서 核燃料施設의 安全基準과 指針

3·1 美國에 있어서 安全審査体制

美國에 있어서 原子力認許可行政은 主로 10 CFR (Title 10, Code of Federal Regulation) 및 規制指針 (RG; Regulatory Guide)에 따라 原子力規制委員會 (NRC)가 施行한다. 核燃料關係의 NRC-RG는 膨大한 量에 이르고, 一部는 코드番號만 定해지고 內容은 作成中인 것도 많이 있어서 核燃料 關聯施設의 法體系를 一括하여 理解하는 것은 極히 어렵다. 또한 政府 DOE가 所有하는 核燃料施設 (예를 들면 바류카 轉換工場, 우라늄濃縮의 3工場, 軍關係의 施設 등)에 대해서는 DOE가 規制를 하고 있으며, 核燃料施設에 關聯한 모든 法을 1권의 指針의 형태로 정리하여 이것을 法律로써 使用하고 있다. 이 指針은 「原子爐 以外の 核燃料施設에 있어서 基準과 規準指針」인데, 本稿에서는 이 책의 內容을 紹介한다.

3·2 美國의 核燃料施設의 安全審査指針

DOE의 基準書는 一般基準과 施設別 基準으로 크게 둘로 나누어져 있다. 本書에 주어져 있는 指針이나 基準類는 安全解析書中에 記述되지 않으면 안되는 事項이 주어져 있다.

第1章은 序文으로써 本書의 目的이 DOE 소속 시설의 설계, 개조, 운전, 폐쇄에 대해서 적용되는 것으로 되어 있다. 또 本指針의 安全에 대한 思考는 想定事故를 表4에서 보는 4種의 重要도로 分類할 것을 기초로 하고 있고, 安全機能의 確保를 위하여 環境으로의 放射性物質 流出防止, 사람에 被曝防止, 安全한 施設維持, 臨界安全의 確保를 들고 있다. 核燃料施設에 使用되는 機器, 系統, 構築物은 安全클래스(級)와 安全클래스에 속하지 않는 것으로 分類되어, 級別에 맞는 品質保證도 提示되고 있다. 또 事故解析과 系統設計에 대한 單一事故標準의 적용 기준에 대해서 言及이 있다. 本書에는 關聯하는

DOE基準, 聯邦規制法, NRC規則, 기타 法律이나 標準 등도 합쳐서 參照되고 있어 有用한 情報가 이 文献目錄에서 얻어진다. 章末에서 「ALARA」로 부터 시작되는 32項目의 用語의 定義가 記載되어 있다.

第2章은 立地條件과 環境保護를 記述한 章으로 地理, 民勢와 環境保護의 節에서는 核燃料施設의 立地基準中에 敷地의 크기, 人口分布, 輸送 등에 관한 評價를 해야 할 項目을 들고 있다. 氣象의 節에서는 地域의 氣候와 地方의 氣象으로 나눈 要件의 檢討가 있고, 水理의 節에서는 洪水, 暴風雨, 低水位레벨, 地面水로부터 地下水層으로의 移行, 構築物의 地下部分 設計時의 留意點 등 4가지 評價項目을 들고 있다. 地質과 地震에서는 땅의 미끄러짐이나 斷層 등을 포함한 地質의 特性과 津波 등도 포함한 地震의 特性評價가 必要하다고 하고 있다.

第3章은 基本設計基準이 記述되어 있고 처음에 機器, 系統, 構築物의 클래스 分類에 關한 一般基準이 있다. 安全클래스에 속하는 것은 사이트外의 사람들에게 0.5rem 以上の 被曝을 가져올 可能性이 있는지, 臨界安全의 考察이 있는지, 法에서 定한 線量指針을 만족할 수 있는지, 非放射線의 위험이 있는지 등에 따라 分類된다. 이 분류의 형식은 그림 1에 表示되어 있다. 또 後述의 各施設마다에 潛在的인 위험물질의 明細를 들고 있다. 表5에 再處理施設에서의 例를 든다. 電氣機器나 電氣系中에 重要한 것은 IEEE의 設計基準인 「클래스 IE」의 設備로 하고, 이것에 속하기 위한 計裝, 制御, 電氣系 등의 要件이 記述되어 있다.

設計時에 考慮해야 할 加혹한 自然現象에 대해서는 安全클래스 機器의 設計는 사이트 特有의 自然現象의 頻度, 크기를 考慮할 必要가 있으며 美國의 各施設의 災害모델 一覽을 表로 나타내고 있다. 또 安全클래스에 속하지 않는 것은 標準建築規格(UBC)을 適用한다고 하고 있다. 耐震클래스의 分類에 관해서는 耐震分類 I

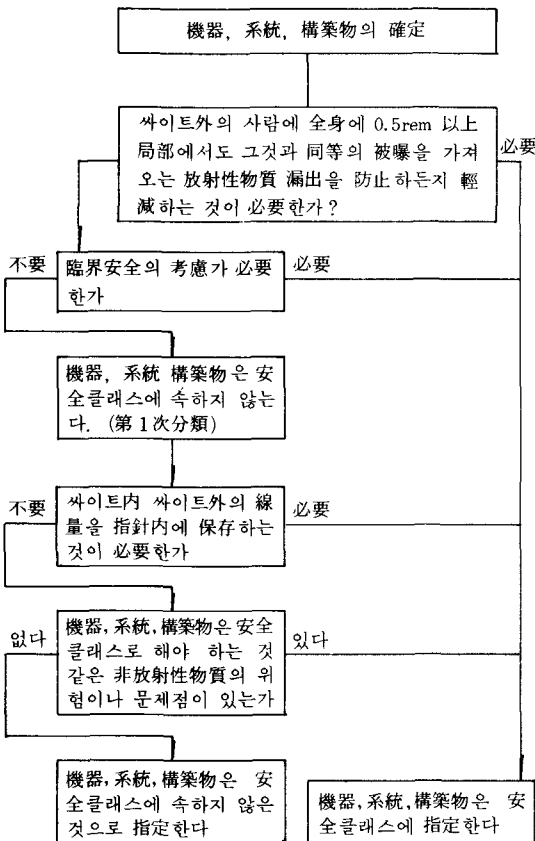
에 속하는 것과 속하지 않는 것으로 나누어져 있다.

以下 각 自然現象에 대해서는 安全클래스와 그것에 속하지 않은 것으로 나누어 다음에 記述되어 있다.

바람이나 회오리에 대한 一般指針으로서는 暴風으로 起因한 負荷에 견딜 수 있는 設計일 것을 要求하고 있다. 水位(洪水)에 대해서는 乾燥한 사이트, 堤防, 隔壁 등의 外部障壁, 機器나 系統의 耐浸水設計 등으로 洪水防護를 企劃해야 한다고 하고 있다.

耐震設計에 대해서는 耐震클래스 I에 속하는 것과 그 以外の 것으로 나누어 시행된다. 耐震클래스 I에 속하는 機器, 系統의 設計에 使用되는 地震은 0.1G보다 큰 最大加速度를 갖는 安全停止地震(SSE)을 使用한다. SSE의 影響에 견딜

<그림 1> 安全클래스分類의 基本的 順序(美DOE)



바람이나 회오리에 대한 一般指針으로서는 暴風으로 起因한 負荷에 견딜 수 있는 設計일 것을 要求하고 있다. 水位(洪水)에 대해서는 乾燥한 사이트, 堤防, 隔壁 등의 外部障壁, 機器나 系統의 耐浸水設計 등으로 洪水防護를 企劃해야 한다.

<表 5> PUREX法 再處理시설에 관계되는 잠재적인 위험물질(美DOE)

放射性物質	發生源
硝酸우라늄	우라늄 精製過程
硝酸 플루토늄	플루토늄 精製過程
넵투늄	우라늄 精製過程 또는 高레벨 放射性 폐기물처리과정에서의 回收
아메리슘	高레벨 放射性 폐기물처리과정
기타 악티늄	高레벨 放射性 폐기물처리과정
세슘	高레벨 放射性 폐기물처리과정
테크네튬	우라늄 精製過程
요소	溶解槽에서 오프가스處理系로 放出
기타核分裂生成物	高레벨 방사성폐기물처리과정 및 低레벨 방사성폐기물처리과정
토륨, 토륨水	高레벨 방사성폐기물(HLW) 處理과정 및 HLW의 回收酸 오프가스 處理系
할(剪斷被覆管)	使用後 燃料要素의 剪斷過程
非放射性物質	發生源
인酸도리브칠(TBP)	溶媒抽出
AMSCO	溶媒抽出
稀積劑(울트라센 도데칸 四塩化炭素 케로신)	溶媒抽出
硫化鉄	溶媒抽出
硝酸	供給液의 調整 및 溶媒抽出
弗化水素酸	供給液의 調整
水酸化 나트륨	供給液의 調整
가돌리늄	供給液의 調整
硝酸나트륨	脫塩器의 再生
스르화 밍酸	藥劑의 調整
水素	프로세스 오프가스

수 있도록設計된 機器, 系統 및 構築物은 運轉 基準地震(OBE : 操業期間中 상당한 頻度로 일 어날 수 있는 地震이고 그 最大加速度는 SSE 의 1/2로 본다)이 發生時는 健康이나 安全에 대한 위험없이 運轉을 維持하는 能力을 갖는 것이 要求되고 있다. 耐震클래스I 構築物의 耐震解析에는 系統의 等價靜荷重解析, 固有振動 數나 應答負荷解析 등을 要求하고 있으나 이것에 속하지 않는 것에 대해서는 標準建築規格(UBC)에 따르는 것만으로 된다.

飛來物防護에 관해서는 原子力施設에서 人工의 으로 發生하는 飛來物은 高速回轉機械裝置, 크레인, 實驗設備, 高에너지 流体機器, 爆發을 포함하는 運轉中の 事故 등에 의하여 發生하지만 間隔, 方向, 障壁, 包藏, 抑制, 補強에 의하여 防護하도록 定해져 있다. 飛來物은 이 以外에 회오리 등의 自然現象에 의한 것, 航空機의 충돌이나 道路에서의 車의 爆發 등 外部要因에 의한 飛來物이 있고 이것들에 대한 規定도 있다.

構築物의 設計에 대해서는 콘크리트 또는 鋼鉄製의 폐쇄建物에 대해서 前述한 耐震클래스의 基準과 合致한 設計時 建物에 作用하는 荷重에 대한 規定이 있다.

機械 및 流体系의 設計指針에 대해서는 施設의 운전상태를 4가지로 分類하고(運轉條件I : 定常的으로 發生하는 事象, II : 壽命中에 數回 發生하는 것, III : 극히 드물게 發生하는 것, IV : 極端적인 事故) 그 각각에 대응하는 應力레벨을 求하여 ASME의 보일러 및 壓力容器規格에 따르도록 設計하지 않으면 안된다고 하고 있다. 이것을 設計할 때에는 安全停止地震(SSE)이나 運轉基準地震(OBE)에 대하여 혹은 容量, 配管, 펌프, 밸브, 熱交換器 등에 대해서 安全클래스 또는 그것에 속하지 않는 機器마다의 指針이 表示되어 있다.

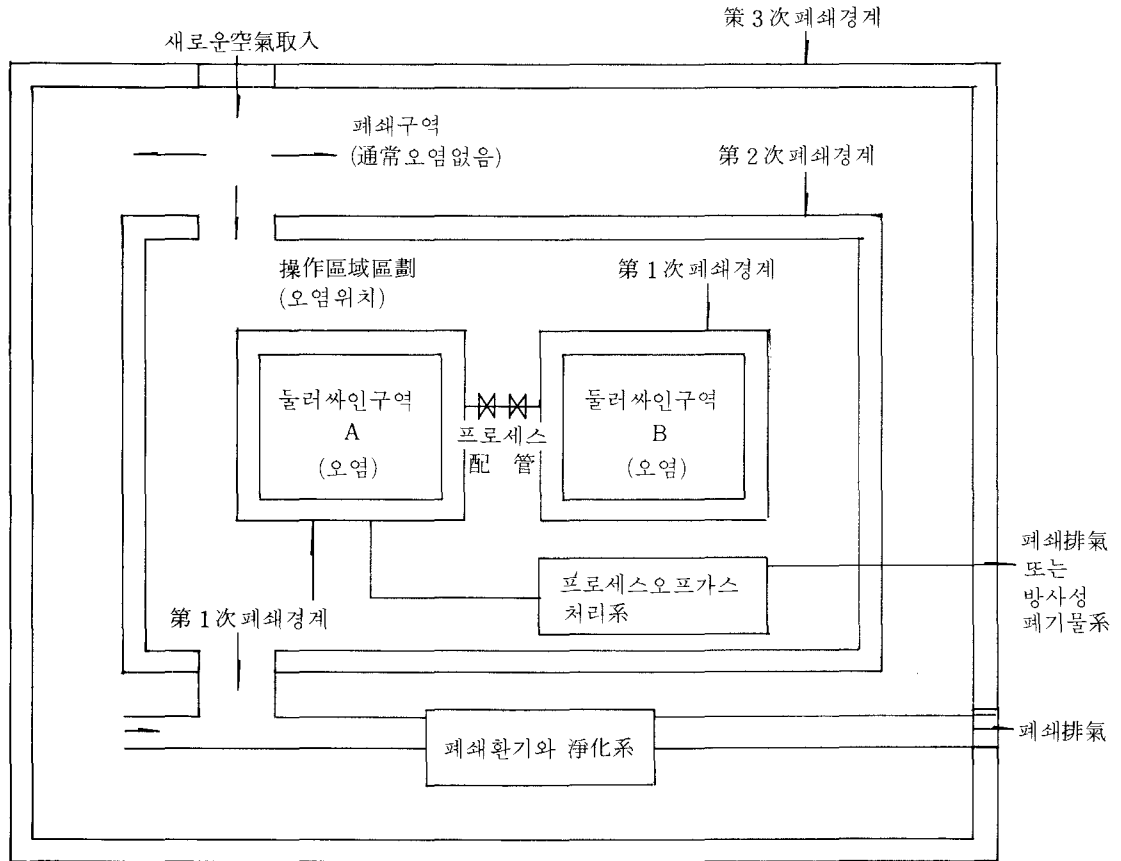
機器의 評價에 대해서는 安全클래스의 機器나 系統의 設計時에는 溫度, 壓力, 濕度, 化學的 環境, 放射線環境 등에 의한 機器의 使用環境評

價가 必要하다고 하고 있다. 또 前述의 耐震클래스I의 機器에 대한 要件도 記述되어 있다.

施設의 디코미소닝에 대한 手段으로써는 密封 管理方式, 遮蔽隔離方式, 解体撤去方式, 他目的 轉用方式, 다시 埋立하는 密封方式 등 5가지가 있다고 하고 作業中에 받는 被曝線量을 可能한 限 낮게 억제하는 대책으로써 流体換氣系의 配管을 最小로 해 둘 것, 除染·解体·撤去가 容易한 設計로 해 둘 것, 移動 可能한 遮蔽, 遠隔操作 機器의 使用 可能한 設計, 空氣汚染을 막는 換氣系의 使用이 可能할 것 등을 들고 있다.

第4章은 安全클래스系의 一般設計指針을 들고 있다. DOE 省令 第5480.1號에 定해진 作業者 및 公衆의 繼續被曝線量을 達成할 수 있는 限 낮게 할 것(ALARA)이라는 目的을 實行하기 위하여 이 章에서는 核燃料施設에 있어서 工學的 安全要件(ESF)이 記述되어 있다. 이를 위하여 4.1節에서 폐쇄系, 4.2節에서 臨界安全, 4.3節에서 安全클래스의 計測裝置와 保護系, 4.4節에서 安全클래스(클래스IE)의 電氣系, 4.5節에서 安全클래스의 冷却水와 물 供給系, 4.6節에서 火災防護系가 定해져 있다.

폐쇄系는 環境에의 放射能 流出을 防止하고 施設內에서의 汚染확대를 방지하기 위한 物理的 境界나 換氣, 空氣淨化 등 關聯한 系에 따라 定義하고 있다. 그 安全機能은 사이트內外에서의 線量率과 施出放射能濃도가 指針으로 권고되고 있는 值以內로 할 수 있는 것이 아니면 안된다. 이 때문에 高레벨 汚染의 폐쇄를 위하여 深層防護의 생각이 받아들여지고 1次에서부터 3次的 폐쇄가 생각되고 있다. 1次폐쇄는 hot cell, 글로브박스, 廢가스處理系 등 高레벨放射能 汚染으로 직접 쪼여지는 것을 말하고, 2次폐쇄는 1次폐쇄를 包藏하는 障壁과 關聯換氣系 등을 말하며, 3次폐쇄는 通常 施設建物을 말하고 있다. 그림 2는 폐쇄配置의 概念圖를 나타냈다. 또 表 6에는 各施設에 있어서 一般的인 폐쇄例를 表示하였다.



〈그림 2〉 폐쇄배치 概念圖(美DOE)

폐쇄系設計의 一般指針으로써 空氣흐름의 패턴 및 負壓維持를 考慮한 폐쇄능력, 악세스토어, 에어록機構, 電源, 에어필터유니트, 放射線 모니터 등의 要件이 記述되어 있다. 또 1次폐쇄系에 대하여는 系의 區分과 분리, 환기, 淨化系의 共用禁止, 2次폐쇄系에 대해서는 遮蔽에 의한 被曝低減化, 3次폐쇄系에 대해서는 排氣口와 굴뚝 등 환경과 관련하는 것에 대하여 特別히 기준을 定하고 있다.

臨界安全性에 대해서는 設計와 管理의 부합에 따라 어떠한 조건하에서도 충분히 여유가 있는 未臨界狀態가 保證되는 것을 要求하고 있다. 流体·機械系, 構築物, 計測制御系中에 必要한 것에는 臨界安全指針을 주어 각각 安全클래스系 또는 耐震클래스 I로 設計하도록 要求하고 있다. 이 指針의 適用에 대해서는 2가지의 事故

가 同時에 일어날 수 있는 것(2重偶發의 原則)을 前提로 할 것, 幾何形狀, 中性子吸收材, 運用管理(減速材, 濃度, 密度, 質量의 制御)面에서의 配慮가 必要하다고 하고 있다. 實際에는 臨界安全管理의 適用指針으로써 表 7을 부여하고 있다. 또 後述의 施設 各論中의 再處理施設에 있어 臨界安全 확보의 方法으로 表 8을 부여하고 있다.

또한 安全클래스의 計測裝置와 保護系에 대한 記述도 있고 그 機能으로써 施設運轉狀態 파라미터의 決定, 必要한 安全關聯動作의 起動 保護系의 狀態決定 등을 迅速하게 施行할 것을 要求하고 있다. 이들 系는 施設의 異常狀態의 檢出에 기초하여 시설을 安全하게 停止하고 想定事故영향을 경감하기 위하여 自動적으로 보호 동작을 開始할 것을 要求하고 있다. 安全클래스

〈表 6〉 폐쇄의 一般例(美DOE)

	1次 폐쇄	2次 폐쇄	3次 폐쇄
構造物의 型 設計基準 事象	하트셀, 글로브 박스 工程 配管, 탱크 후드 등 設計基準事故 設計地震	施設內的 運轉上의 區劃 左 同	施設建物 左同과 기타 엄한 환경 및 인위적조건(바람, 飛來物 등)
安全分類	安全分類에서 要求되는 폐쇄 障壁의 數와 配置는 施設과 關聯하는 잠재적인 방사성물질의 위험성을 생각함에 따라 각개의 시설마다 결정된다. 하나의 폐쇄에 관련된 안전 클래스에 속하지 않는 어떠한 구성요소의 공장도 안전클래스 폐쇄 障壁의 機能손실을 발생시켜서도 안된다.		
耐震設計基準	安全클래스의 폐쇄 장벽은 耐震클래스 1의 基準으로 設計되어야 한다. 다른 構築物은 耐震클래스 1에 속하지 않은 基準으로 설계해도 된다.		
汚 染 操作壓力	通常오염하고 있다 二次폐쇄區域보다 負壓	잠재적 오염 三次폐쇄區域보다 負壓	오염없다 大氣보다 負壓
氣壓制御	空氣淨化를 할 수 있는 분리한 환기系 또는 오프가스처리系, 稀가스 분위기를 利用해도 된다	空氣淨化를 할 수 있는 冗長性이 있는 환기系	

〈表 7〉 임계안전관리의 적용지침(美DOE)

1. 바람직한 幾何學的 形狀
 - a. 裝置는 모든 予想되는 條件下에서 中性子漏와의 效果에 의해 未臨界일 것.
2. 固定中性子吸取材
 - a. 永續的인 固定中性子吸取材의 使用에 의해 바라는 未臨界의 여유를 取할 수가 있을 것.
 - b. 固定中性子吸取材가 所定의 分布와 濃度를 維持할 수 있도록 管理를 할 것.
3. 運用管理
 - a. 下記와 같은 運用管理가 信賴性을 높이기 위하여 全般에 걸쳐서 適用되고 未臨界의 여유에 寄與할 것을 希望한다.
 - (1) 中性子減速材 및 또는 反射材
 - (2) 分裂性物質濃度 및 또는 密度
 - (3) 分裂性物質의 全量(質量)
 - (4) 可溶性中性子吸取材의 使用
 - b. 흡수材의 溶液狀態는 適切한 管理를 하는 것이 곤란하기 때문에 注意하지 않으면 안 된다.

〈表 8〉 再處理시설에 있어서 임계안전확보의 대표적 방법(美DOE)

프로세스容器	臨界安全確保의 代表的方法
機械的 剪斷機	核分裂性 物質의 質量制限(박제) 및 또는 中性子減速의 억제(乾式剪斷)
溶解槽	溶解性中性子吸取劑(예를 들면 가드린늄 硝酸塩)의 使用
U/Pu, 分配抽出器	核分裂性物質의 濃度와 形狀의 制限
U/Pu 精製와 回收設備	核分裂性物質의 濃度와 形狀의 制限
U/Pu 製品貯藏庫	形狀制限과 固定中性子 毒物
세루의 液모음	形狀制限
高레벨 放射性 폐기물 농축설비	溶解工程에서 加하는 溶解性中性子吸取材
中레벨 放射性 폐기물 濃縮設備	質量制限과 定期的分析
溶媒回收設備	質量制限(臨界의 위험성을 무시할 수 있다)

에 대해서는 表 9와 같다.

安全클래스(클래스 IE)의 電氣系에 對해서는 交·直流의 予備電源 및 配電系에 對해서 安全機能을 定하고 있고 設計指針으로써 系의 容量과 能力의 여유, 事故를 想定한 구성요소 의 분할, 디젤발전기 등 예비출력源의 要求事項, 保守·점검의 요건 등 9個 項目의 基準을 定하고

의 計測裝置와 保護系의 設計時에는 施設 파라미터의 모니터, 回復操作, 경보나 停止의 設定點, 인터록, 電源, 冗長性 등 14個 項目에 對해서 的 指針을 定하고 있다. 예를 들면 再處理施設

있다.

安全클래스의 冷却水와 물供給系에 대해서는 저장플, 탱크, 處理容器 등 熱源에서의 熱除去 및 火災防護 등 비상시의 물공급과 관련한安全機能을 갖는 것으로서 設計指針으로서는 熱處理容量, 물공급 용량, 耐震特性, 動力源, 漏水對策 등 10項目的 基準을 定하고 있다.

火災防護系에 대해서는 核燃料施設에 있어서 火災의 클래스를 4 가지로 나누고 表10과 같이 부여하고 있다. 또 이系에서는 火災予防, 檢出 警報, 制御, 폐쇄, 鎮火 또한 防火隊組織, 檢査, 保守, 훈련, 품질보증, 시험까지를 包括하여 생각하고 있다. 이 節에서는 構築物, 系統, 機器에 대해서 安全機能의 基準을 記述한 後 系의 設計指針으로서 3 가지 基本的指針(1. 火災와 燃燒爆發에 대한 防護, 2. 早期檢知, 警報, 消火, 3. 火災영향의 最小化)과 물에 의한 臨界防

安全클래스의 冷却水와 물供給系統에 대해서는 저장플, 탱크, 處理容器 등 熱源에서의 熱除去 및 火災防護 등 비상시의 물공급과 관련한 安全機能을 갖는 것으로서 設計指針으로서는 熱處理容量, 물공급 용량, 耐震特性, 動力源, 漏水對策 등 10項目的 基準을 定하고 있다.

止, 工學的安全設備의 保護, 管理面(耐火物質의 使用, 燃燒物質의 管理, 發生源 등) 등 9個 項目的 基準을 定하고 있다.

第5章은 安全클래스에 속하지 않는 系統의 一般設計指針이 記述되어 있으나 安全클래스의系 및 그것에 속하지 않는系 사이에 쟁탈 部分의 設計는 어렵고 이것에 適用되는 指針이 主로記

〈表9〉 代表的인 再處理시설의 安全클래스의 計裝(美DOE)

安全機能	代表的인 安全機能에 關한 回復 또는 보호동작	回復 또는 保護動作에 關聯하는 主된 파라메타 또는 檢知器
1次폐쇄 障壁의 健全性 保護(工程機器 및 오프가스 換氣系)	工程 停止 렛드 오일의 發生 水素 發生 二次루프의 放射能	濃縮槽內 溫度 카람의 重量因子 低放射性 폐기물 공급 槽內의 密度 오프가스 中의 水素모니터 窒素流量모니터 冷却水의 放射線모니터 증기계의 放射線모니터 세루液모임 水位 溶解槽 眞空度 溶解槽溫度 剪斷速度
臨界安全의 維持	剪斷停止 工程停止	溶解槽中의 密度 臨界 警報 우라늄을 포함한 有機溶媒의 密度 高플루토늄 濃度 中性子 毒모니터
管理할 수 없는 放射性 物質의 放出 防止	우라늄 濃縮器의 넘침 給液槽로 回收하는 蒸 留液프로세스 오프가스 處理 系 모드의 變更	濃縮濃度 放射線 모니터 流 量 計 가스溫度 필터 差壓 스택의 放射線모니터

〈表10〉 代表的인 核燃料시설의 화재源(美DOE)

火災클래스	一般記述	主된 火災源	特 記
A	보통 연소물질을 포함한 火災	잡다한 보통 연소물(예를 들면 합판, 종이, 포장재)	보통 연소물은 관리면에서 최소한으로 한다
B	可燃性 또는 燃燒性 液体, 可燃性가스, 구리스 類似物質을 포함한 火災	水素가스, 윤활유, 油壓油, 燃料油, 酸, 플라스틱絶緣体, 아세치렌가스	實驗室内 化學物質이나 잡물의 燃料가 이 클래스 火災의 작은 發生源이다
C	電氣的 장치를 포함한 火災	電氣 給配電系(例 트랜스 스팅지, 케블 등), 전기모터, 전지	없 음
D	發火性 금속을 포함 한 火災	플루토늄, 化學物質, 마그네슘	檢出과 消火劑는 모두 글로브 박스 內에 비치해야 한다

述되어 있다. 安全클래스에 속하지 않는 計測制御系에 대해서는 그 設計指針으로써 系의 設計時의 入出力과 安全클래스에 속하는 系와의 關聯系統의 獨立性 등 7個項目의 基準이 있다. 또 安全클래스에 속하지 않는 電力系에 대해서는 클래스 IE 電氣系의 安全機能을 防害하지 않는 設計일 것, 클래스 IE 電氣系와의 쟁탈部의 릴레이와 트랜스의 設計 등 6個項目에 대해서 設計基準이 주어져 있다. 安全클래스에 속하지 않는 給配水系에 대해서는 3個項目, 同 換氣系에 대해서는 1項目의 設計指針이 부여되어 있다.

第6章의 放射性폐기물의 처리系에는 收拾, 저장, 시험에 필요한 설비, 방사성 폐기물 처리에 필요한 설비, 再利用과 處分에 必要한 설비, ALARA를 達成하기 위하여 必要한 모니터와 제어장치도 포함하여 생각하고 있다. 이 系의 設計指針으로써 放出放射性物質의 量을 ALARA로 維持할 것, 放出總量의 同定, 安全여유, 臨界安全 등 7가지의 基準을 定하고 있다. 또 폐가스처리系와 환기系에 대해서는 特別히 취급容量, 연속도모니터링系, 遮蔽 등 4個項目에 대하여, 액체폐기물의 처리저장固化시스템에 대해서는 처리용량, 液体流入防止, 溶接, 重力에 의한 흐름의 思考, 測定, 保守, 遮蔽 등 10個項目에 대하여, 또한 고체폐기물처리, 저장, 처분系에 대해서는 超우라늄元素에 의한 오염 저장

물이 再處分 可能이라고 해두는 것 등 2가지의 基準을 定하고 있다. 附錄의 各論에서는 例를 들면 再處理施設에 대해서는 表11의 방사성 폐기물에 대하여 생각하고 있다.

〈表11〉 再處理시설의 방사성폐기물(美DOE)

A 液體放射性폐기물
高레벨폐기물
• 第一사이클의 除染폐기물
• 第二, 第三사이클의 농축폐기물
中레벨폐기물
• 一般的인 농축器殘留物
• 除染 및 洗淨廢液
요소除去劑(例를 들면 水酸化나트륨, 硝酸銀)
汚染세탁액
B 固體방사성폐기물
• 燃料被覆의 丸
• 요소吸着劑폐기물(例를 들면 活性炭 銀제오라이트)
• 超우라늄元素를 포함하지 않은 폐기물(乾燥機의 固體, 燃料以外的 支持材)
• 잡고체 폐기물
C 氣體방사성폐기물(粒子狀浮遊物을 포함)
• 溶解槽의 오프가스
• 프로세스機器의 排氣
• 高레벨液體放射性폐기물의 收集 및 저장설비로부터의 排氣

第7章은 放射線防護에 대하여 記述하고 있고 (1) 하드웨어部分에 대해서 시설과 환경의 모니터링, 서베이, 샘플링, 시험을 위하여 必要

한 機器와 系統을, (2) 管理面에서는 被曝의 記錄系, 方針, 運轉 등의 要件을 記述하고 있다. 設計指針으로써는 通常運轉中 職業上의 被曝이나 사이트外 사람의 被曝이 定해진 線量基準을 만족하고 ALARA가 維持될 수 있도록 할 것, 施設의 設計時에는 直接 또는 散亂한 放射線이나 汚染空氣로 부터의 適切한 防護를 생각할 것, 遮蔽, 폐쇄 등 10個項目의 防護方法을 생각할 것, 汚染空氣나 表面汚染 등 7個項目의 모니터링과 定期檢査, 構成 등 要求되는 基準을 定하고 있다.

第 8 章은 事故解析에 대하여 記述하고 있고 安全解析書에 記載해야 할 事項의 一般指針으로써 想定事故를 放射能放出과 臨界事故, 火災, 혹심한 自然現象(地震, 強風, 水害, 飛來物), 人的災害(飛來物, 爆發)에 對해 생각하고 이에 對應을 要求하고 있다. 또 事故의 發生確率は 10^{-7} /年 以上の 것에 대해서만 생각할 것으로 하고 있다. 또한 想定事故發生時의 事故영향을 완화할 安全클래스의 설비는 5 단계의 基本 스텝에 의해 安全을 確保할 것으로 하고 있다. 想定事故의 解析에 대해서는 異常의 檢知, 運轉員의 動作, 電源系의 作動, 放射能放出, 空氣淨化系의 效率, 大氣擴散의 程度 등 12個項目에 대해서 檢討를 加할 것을 要求하고 있다. 臨界事故 評價에는 核分裂數, 放射線 線量率, 放出量의 評價가, 또 火災評價를 위하여는 設計基準火災(D BF)를 想定하고 1次, 2次의 폐쇄系 또는 폐가스처리系 등에 대하여 火災時에도 필터의 구멍막힘 등 機能低下가 일어나지 않는 設計를 要求하고 있다. 事故時 建物에서 부터의 放射能放出에 대해서는 폐쇄능력을 갖지 않는 建物로 부터의 放出 경우는 安全側의 모델로써 地上에서 의 ภายหลัง放出을 想定할 것, 漏洩率이 氣象條件과 矛盾되지 않을 것 등을 要求하고, 폐쇄설비로 부터의 放出에 對해서는 安全側의 放出모델로 取할 方法으로서 建物에서 부터의 漏出率 등 5個項目을, 또 現實的인 放出모델로 取할 方法

第11章에서는 品質保證이 記述돼 있는데 施設의 設計, 建設, 운전단계를 통해서 機器, 系統, 建築物을 위한 品質保證計劃을 要求하고 있으며, 그를 위한 指針으로써 組織上의 책임분담, 방법, 순서 등의 明確化 등을 要求하고 있다.

으로서 2個項目을 들고 있다. 폐쇄설비 外에 설치된 容器나 裝置로 부터의 放出도 同一하게 安全側, 現實的인 모델로 取하는 方法을 들고 있다. 事故時의 線量計算에 대해서는 計算에 의한 個人의 線量評價를 하기로 되어 있다. 附錄의 各論中에 再處理施設에 대해서는 表12에 주어지는 具體的 檢討事故를 들고 있다.

第 9 章에는 運轉管理가 記述되어 있고, 施設의 運轉, 긴급시대책, 핵물질 방호, 計量管理에 대한 基準이 記載되어 있다.

第10章에는 各施設의 運轉制御와 制限을 위하여 安全運轉要件(OSR)을 각 시설마다 확립하도록 要求하고 있다.

第11章에서는 品質保證이 記述돼 있는데 施設의 設計, 建設, 운전단계를 통해서 機器, 系統 建築物을 위한 品質保證計劃을 要求하고 있으며, 그를 위한 指針으로써 組織上의 책임분담, 방법 순서 등의 明確化 등을 要求하고 있다.

附錄은 各 시설마다 특별한 주의사항을 세부에 걸쳐서 記述하고 있다. 一部 本文中에서도 紹介했지만 對象으로 하고 있는 것은 다음의 10가지 施設이다.

- A. 우라늄농축시설(가스확산농축시설)
- B. 연료가공 시설
- C. 未照射 핵분열성물질 저장시설
- D. 照射 핵분열성물질 저장시설
- E. 재처리시설(PUREX法)
- F. 처리시설(전환과 회수)

- G. 방사성액체폐기물 시설
- H. 방사성고체폐기물 시설
- I. Hot Lab.
- J. 토륨시설

〈表12〉再處理시설에서 安全解析書로 고려해야 할 사고(美DOE)

- A. 臨界事故
 - 前處理工程機器의 임계(예를 들면 剪斷機, 溶解조)
 - 溶媒抽出系에 있어서 臨界
 - 우라늄 또는 플루토늄의 精製裝置, 농축장치에 있어서 臨界
 - 기타 臨界事故
- B. 放射性物質의 放出
 - 오프가스處理系의 事故
 - 요소除去系의 事故(예를 들면 銀反應器의 不安定)
 - 필터의 事故
 - 환기구역의 負壓유지기능의 상실
 - 工程장치에 의한 폐쇄구역에의 放出
 - 工程장치로 부터 새어나오는 것
 - 工程장치의 압력상승
 - 火災 또는(下記의 D項 參照)
 - 글로스 박스내에 있어서 액체 등의 넘침
 - 補助系의 事故에 의한 폐쇄내에 放出
 - 交流電源의 상실
 - 냉각수系의 상실
 - 工程중기의 상실
 - 計裝制御用空氣의 상실
- C. 위험한 化學물질의 방출
 - 가스의 방출(예를 들면 窒素酸化物)
 - 액체의 방출(예를 들면 硝酸 溶媒)
- D. 火災와 폭발
 - 通常의 가연성재료에 의한 火災(클래스A)
 - 가연성액체, 가연성기체, 油脂類, 其他 物質에 의한 火災(클래스B)
 - 溶媒에 의한 火災
 - 水素에 의한 火災
 - 活動電氣設備에서의 火災(클래스C)
 - 可燃性금속에 의한 火災(클래스D)
 - 지르코늄 火災
 - 化學폭발
 - 硝酸鹽—溶媒反應(예를 들면 인酸토리프칠과 초酸우라닐6 水和物의 反應에 의한 “렛

- 트오일”의 폭발)
- 급격한 이온교환吸熱反應(酸化)
- 溶媒중기의 폭발
- 초酸鹽—還元劑反應
- E. 혹심한 自然現象
 - 地震
 - 暴風
 - 洪水
- F. 사이트外의 人爲的인 위험
 - 航空機의 추락을 포함한 飛來物
 - 근방의 수송로에서의 폭발

4. 日本에 있어서 關聯法令의 現狀

중전의 原子炉와 關聯한 法令에 있어서는 發電用 原子炉 및 關聯施設은 소위 電氣工作物로써 취급돼 있고, 電氣事業法과의 關聯으로 通産省 밑에 있었는데 핵연료시설 관련법령은 總理府 과학기술청 산하로 되어있는 것이 특징이다.

핵연료시설과 關聯한 法令은 根底에 「核原料物質·核燃料物質 및 原子炉의 規制에 關한 法律」이 있는데 同法은 1986年 5월에 改正이 施行되었다. 核燃料施設에 關聯한 改正의 主된點은 「폐기사업에 관한 규칙」이 定해진點, 「總理府의 技術上의 基準에 適合할 것」이 「檢査基準」으로 改正된點 또 「施設檢査」의 項目이 「施設檢査」와 「溶接方法 및 檢査」로 분리된 점 등을 들 수 있다. 또 안전심사지침에 대해서도 「再處理施設安全審査指針」이 1986年 2월에 原子力安全委員會에서 決定되어 있고 상당히 整備가 進行되고 있다. 이들 法令 밑에 있는 핵연료사이클施設에 관한 기술기준의 정비에 대해서는 1984年度부터 整備가 進行되어 오고 있다. 이중 再處理 및 加工施設을 對象으로 한 「施設工認技術基準」은 設計 및 工事方法을 認可할 時의 適合基準으로써 表13에 表示된 內容으로 1987年初에 整備가 完了되어 3月 25日字로 公布 및 施行되고 있다.

또 個別的 技術基準도 整備가 進行되고 있으

〈表13〉再處理·加工施設の 施設工認技術基準에서의 檢討事項(日本)

再處理施設	加工施設
1. 定義	左 同
2. 特殊한 方法에 의한 施設	"
3. 核燃料物質의 臨界防止	"
4. 火災 등에 의한 損傷의 防止	"
5. 耐震性	"
6. 材料 및 構造	"
7. 폐쇄의 기능	"
8. 遮蔽	"
9. 환기	"
10. 使用後燃料 등에 의한 汚染防止	핵연료물질 등에 의한 오염방지
11. 安全上 重要な 施設	左 同
12. 搬送設備	"
13. 使用後燃料의 受入施設 및 저장시설	—
14. 計測制御系統施設	警報設備 等
15. 再處理制御室	—
16. 폐기물처리설비	—
17. 보관폐기설비	폐기시설
18. 방사선관리시설	左 同
19. 비상용電源설비	"

며 再處理, 加工 및 使用施設을 對象으로 한 「溶接技術基準」은 용접검사의 적합 기준으로서 1986年末에 定해졌다. 이 기준에 관해서는 용접의 機器區分을 5 가지로 나누고 있는 점이 특 징이다. 第1區分은 溶解槽, 蒸發드럼을 中心으로 한, 特히 환경조건이 엄격한 것 또는 인벤트리 가 큰 것을 해당시키고 順次 第2 區分을 主工程의 塔槽數, 第3 區分을 短期間에 修理할 수 없는 舍内の 것, 第4 區分을 低放射能關係, 第5 區分을 漏出 확대방지 機器 등에 해당시키고 있다. 또 特히 검사관계의 작업이 증대하는 것에 대비하여 手溶接士 技能의 確認, 溶接檢査에 대해서는 代行機關에서 施行하는 것 등이 새로이 定해져 있는 點이 크게 달라져 있다. 또한 「臨界에 關한 技術基準」 「構造強度技術基準」 「폐쇄에 關한 技術基準」 「耐震技術基準」에 對해서의 整備가 科學技術廳에서 進行되게끔 되어 있다.

近着資料案内

- 原子力工業(日本日刊工業新聞社) 8月號
- 原子力文化(日本原子力文化振興財團) 8月號
- 原子力産業新聞(日本原産) 1394~1398號
- 原子力資料(日本原産) 8月號
- ANS News(ANS) 8月號
- ATOM(UKAEA) 7月號
- Atoms in Japan(JAIF) 7月號
- BNF Bulletin(BNF) 5月號
- CNS Bulletin(CNS) Vol. 8, No 2, No 3
- Isotope News(日本 RI協會) 7月號
- Nuclear Engineering Int'l(NEI) 8月號
- Nuclear Europe(ENS) 8/9月號
- Nuclear Canada Nucleaire(CNA)
- The Nuclear Professional(NAFNT) Vol. 2, No 3.
- Nucleonics Week(McGraw-Hill) Vol. 28, No. 28, 29, 30.
- Radioisotopes(日本 RI協會) 7月號
- Long Term Evolution of the World Energy and Resources Balance(WEC)
- Nuclear News(ANS) 8月號