Journal of the Korean Nuclear Society
Volume 25, Number 3, September 1993

《해설》

IAEA制定[新型原子爐의 安全關聯用語]紹介

鄭 汶 奎
韓國原子力研究所

1. 序 論

新型原子爐(Advanced Nuclear Plant)의 安全關聯用語使用에서의 槪念上 混亂을 방지할 목적으로 그간 IAEA主管(專門家會議)으로 1987년부터 語句檢討作業이 진행되어 왔는데 마침내 그 結果가 IAEA-TECDOC-626 [Safety related terms for advanced nuclear plants] (Sept. 1991)로 出刊되었으므로 여기에 紹介코저 한다. 우리나라도 原子力開發中長期計劃下에 意慾的으로 新型原子爐開發에 着手하였으나, 關與人士間의 用語使用에 있어서, 흔히 槪念上의 혼돈을 發見할뿐 아니라 適切한 우리말 用語制定이 이루어지지 않고 있어 더욱 混亂을 加重시키는 형편이다. 그래서 本稿에서는, 우선 IAEA가 制定한 用語와 그 槪念을 紹介하되, 原語(英語)에 對應되는 漢字表記는 一旦은 日語表示를 參考로 하였지만, 本稿末尾에 適切하다고 생각되는 우리말 表語를 筆者 나름대로 提案해 보기로 하였다.

2. IAEA-TECDOC-626全文

[序文], [安全槪念의 背景], [用語에 대한 說明] 순으로 全文을 아래에 소개한다.

[序 文]

本文件의 草稿는 1988년 5월 30일부터 6월 2일까지 Sweden의 Vaesteras에서 열린 IAEA主催의 [工學的安全 및 被動安全에 관한 용어제정과 이해]에 관한 technical commitee에 의해 作成된 것이다. 그 會議에서는 水冷却爐(輕水 또는 重水)에 대해 使用되던 安全關聯用語를 다룬 많은 論文이 發表되고 討論되었으며, 그 結果를 土臺로 이들 用語를 說明한 最初의 草稿가 만들어 졌다.

原子力産業界뿐 아니라 余他의 분야에서도 이들 용어에 대한 共通理解를 촉진시키는 일이 有益할 것이라는 判斷과 期待에서, IAEA는 上記한 草稿의 改善과 아울러 水冷却爐關係者의 理解를 求하기 위한 專門家會議를 1989년 10월 Vienna에서 開催하였다. 그리고 이 草稿는 水冷却爐 관계자뿐만 아니라, 液體金屬爐, 까스冷却爐, 核融合開發關聯機關 및 其他

의 많은 原子力技術機關들에게까지 意見을 얻기 위해 IAEA에 의해 配布되었다.

1989년 8월 Chicago에서 열린 IAEA主催의 [次世代 이후의 原子力施設의 安全性에 관한 國際 workshop] (이 會議錄은 1990년 IAEA-TECDOC-550에 發刊되어 있음)에서 發表된 E. Lo Prato 等에 의한 [將來의 原子爐에 관한 用語法]이라는 題下의 論文이, 이 草稿를 檢討하고 나서의 몇가지 興味로운 提案을 내놓고 있다. 1990년 12월 Vienna에서 열린 제2회 전문가회의에서는, 이 論文을 비롯, 그동안 接受된 여러 意見들을 검토하는 작업이 있었다. 이들 意見가운데 몇가지는 誤解에서 비롯된 것도 있었고, 또 어떤 것은 이미 전문가들에 의해 충분한 검토를 거쳐 基準으로서 확립되어 있는 것과 맞지 않거나 서로 모순되는 것도 있었기 때문에, 接受된 모든 提案들을 本 文書에 受用할 수는 없었다.

IAEA는 이 문서를 준비함에 있어 공헌하여준 모든 個人과 機關에 대해 謝意를 表明하고저 한다. 그리고 접수된 여러 意見들을 檢討하고 調整하기 위한 2회의 專門家會議에 참석하여, 本文書完成에 具體的으로 공헌하여준 모든분들에게도 감사의 뜻을 표하고 싶다. 특히 T. Pederson氏가 Sweden의 베스테라스에서 있었던 技術委員會와 2회에 걸친 전문가회의에서 議長을 맡아 훌륭하게 일을 처리해준 일은 特記할만 하다고 하겠다.

1. 머리말

[被動的安全性]이라던가 [固有安全性]과 같은 安全關聯用語들이, 특히 新型原子爐의 경우 두드러지지만, 일반적으로 共通된 定義없이, 때로는 서로 개념이 엇갈린채 널리 사용되어 왔다.

일반대중과 기술자들을 위해, 그리고 원자력산업분야에서 서로 다른 爐型의 新型原子爐設計에 종사하는 設計者間의 情報傳達의 重要性을 감안한다면, 新型原子爐開發과 旣存原子爐改善에 適用可能한 여러 設計手法을 記述하기 위한 用語에 대해, 相互適用性(整合性)을 찾고 國際的合意를 얻는다는 일은 매우 바람직하다고 하겠다.

現存 原子力발전소에서는 主로 固有의 安全特性과 工學的安全系統의 組合을 利用하고 있으며, 그 機能으로 말하자면 [能動的] 또는 [被動的]이다. 지난 10년間, 能動系統에의 依存度를 줄이기 위한 從來와는 다른 技術을 適用코져 여러 새로운 提案들이 提起되어 왔다. 제안된 이들 새로운 設計는 系統의 簡素化를 가져다줄 뿐 아니라, 建設 및 運轉·補修費 節減과 運轉의 容易性 및 機器/系統의 信賴度向上에 有效할 것으로 期待가 모아지고 있다.

本 文書에서는 현재 널리 사용되고 있는 用語中, 그 用語가 지닌 뜻에 共通的인 合意가 없는 것에 대해 檢討하였다. 其他의 安全關係用語들은 IAEA의 Nuclear Safety Standard Series(NUSS)에서 뿐만 아니라 여러나라에서 或은 國際機關의 規格·基準에 의해 定義·使用되고 있다. 上記한 規格·基準에서의 用語는 거의가 規制目的을 위해 通常的으로는 旣存原子爐에의 適用을 위해 定義·使用되고 있다. 그래서 여기서는 이들 用語와의 重複을 피해, 新型原子爐에 대해 使用되고 있는 用語를 明確히 하는데 局限시켰다. 그렇기는 하지만 [能動機器]와 [被動機器]와 같은, 規制와 새로운 槪念 兩側面에서 共히使用되고 있는 用語도 그 數가 적기는 하지만 本文書에 包含되어 있다.

本 文書에서는 아래와 같은 用語에 대해 記述하고저 한다.

(1) 固有安全特性 …… inherent safety characteristics
(2) 被動機器 …… passive component
(3) 能動機器 …… active component
(4) 被動系統 …… passive system
(5) 能動系統 …… active system
(6) fail safe[1] …… fail safe
(7) 對應不要時間 …… grace period
(8) fool proof[1] …… fool proof
(9) 故障/過失耐性 …… fault/error-tolerant
(10) 簡素化 安全系統 …… simplified safety system
(11) 明瞭한 安全性 …… trasnparent safety

이들 用語에 대한 國際的合意導出과 詳細한 記述을 꾀하고저 하는 目的은 다음과 같다. 즉

(1) 原子力分野 關係者사이에서의 用語의 混亂과 그릇된 使用을 解消시킴으로서 이들 用語를 더욱 뜻있게 쓰이도록 하고 技術者사이의 情報交換의 改善을 達成토록 한다.
(2) 安全性向上을 위해 努力함에 있어서 明確한 技術的思考를 可能케 함으로서 將次의 設計改善

內容理解에 도움을 주도록 한다.

(3) 公開的인 論議 等에서 널리 쓰이는 用語에 대해 그 用語의 技術的意味를 正確하게 解說해 줌으로서 向後 原子力發電에 대한 一般人의 受容性을 높이도록 支援한다. 이들 用語가 지닌 뜻은 通常的으로 使用되고 있는 語法의 범위를 넘지 않는 것이므로, 이로 因해 一般大衆의 原子力分野(其他의 技術分野도 같을 것으로 생각됨)에 대한 信賴度를 提高시키게 된다.

이 文書作成의 目的은 이들 用語에 대한 適切한 技術的說明을 提供하여, 말의 뜻과 適切한 使用法에 대한 보다 깊은 理解와 合意를 導出함에 있다.

이 文書에서 說明하고 있는 많은 用語들은 이미 몇몇 나라에서 널리 쓰이고는 있지만 때때로 그 用語가 지니고 있는 참뜻이 제대로 理解되고 있지 않은 채 使用되어 왔다. 이 文書의 目的은 이들 用語의 普及에 있는 것이 아니라 이들 用語의 참뜻을 明確히 함에 있음을 거듭 밝혀둔다. 이들 用語가운데 相當數가 專門家가 아닌 사람들의 誤解와 나아가서는 設計者의 意圖와는 동떨어진 뜻으로 一般人에게 잘못 전해질 可能性을 지니고 있다. 本 文書에서 어떤 用語를 다룰것이냐 하는 用語採擇基準은 그 用語가 이미 一般化되어 있느냐, 널리 사용되고 있는가에 있는 것이지 用語使用의 適切與否에 있는 것은 아니다. 用語에 따라서는 論議한 끝에 採擇되지 않은 것도 있다. 그렇지만 本 文書에서 採擇되지 않았다하여 該當用語을 使用할 수 없다는 것은 아니며, 다른 한편으로는 어떤 用語를 採擇하여 說明을 부여하였을 경우 그 用語使用의 技術上의 意味를 보다 明確하게 하며 뜻있는 것으로 할수는 있지만, 反面에 用語의 內容을 매우 限定해버리는 경우도 생길 수가 있는 것이다. 끝으로 言及하고자 하는 일은, 지금 現在는 使用되고 있지는 않지만 앞으로 使用可能性이 있는 用語인 경우, 새로운 安全關聯用語를 만들어내는 일이 없도록 하기 위해 몇개의 用語는 意圖的으로 對象에서 除外시켰음을 밝혀둔다.

各國에서 安全關聯用語에 대해 쏟는 關心度의 差異와 用語에 대한 文化的理解의 差異点을 解消시켜 보려는 過程에서, 우리는 相當한 어려움을 겪기도 하여 國際的水準에서의 調整이 여러번 要求되기도 하였었다.

(註) 對應되는 用語가 없어 原語를 그대로 使用

2. 安全概念의 背景

2.1. 用語解說의 基準

安全關聯用語를 說明함에 있어서는 몇가지의 基準을 設定·使用하였다. 各 用語說明에 있어서는 專門技術者뿐만 아니라 一般大衆에 대해서도 널리 常識的으로 理解될 수 있도록 되어야 한다.

用語라함은 社會的으로 共通的인, 이를테면, 自動車, 航空機, 火災와 같은 原子力에 起因하지 않는 日常的인 事故에서 經驗하게 되는 경우와 同等하게 適用될 수 있어야만 한다. 이들 用語가운데 많은 것이, 自動車와 航空機의 경우와는 달리 技術分野에서도 使用되고 있기 때문에, 이런 分野에서의 語句解釋과 矛盾이 있어서도 안되는 것이다. 辭典에서의 定義라는 것은 그러한 一般大衆의 理解를 매우 넓게 一般的인 말로 表現하는게 보통이다. 이 文書에서의 說明은 辭典에서의 定義와 相馳하여서도 안되겠지만, 이들 用語가 新型原子爐에 대해서 適切하고도 有用하게 쓰이기에 必要한 만큼 詳細하고 正確性을 지니고 있어야만 한다.

또하나의 重要한 基準은 明確性과 使用上의 容易性이다. 曖昧함이 없이 機器나 系統에 대한 知識만 갖고 있다면, 누구나 손쉽게 그것이 풀이된 用語에 해당되는 것인지 아닌지를 決定할 수 있어야만 한다. [簡單하게 決定될 수 있다] 함은, 定量的인 基準을 滿足시키려면, 解析, 假定, 電算機 프로그램 使用等을 要求하며 따라서 詳細設計에 左右되고, 뿐만 아니라 어느 程度로 定量的基準에 合致되고 있는가 하는 不確實性이 따르게 된다. 마지막으로, 各 用語에 대한 說明은 그것의 [正常]與否 check에서 合格되어야만 한다. Three Mile Island 또는 Chernobyl 發電所中 그 어느 한쪽이건, 단순히 事故以前의 情報에 근거하여 固有的으로 安全한 發電所로 認定한다는 式의 맹랑한 結論이 나오지 않도록 해야하는 것이다.

2.2. 各各의 概念說明

(1) 固有安全性(Inherent Safety)

[固有安全性]이라 함은, 原子力發電所의 根本的, 概念的設計에서 固有의 危險性을 排除 또는 回避하

도록 設計를 選擇함으로서 安全性을 達成하는 것을 말한다. 原子力發電所에 存在하는 潛在的인 固有의 危險性에는, 放射性核分裂生成物과 그에 起因하는 崩壞熱, 剩餘反應度와 그로 因해 생기는 出力暴走可能性, 高溫·高壓과 活性化된 化學反應에 起因하는 에너지放出이 包含된다. 原子力發電所가 固有의 安全性을 가질려면 上述한 모든 危險性을 排除시킬 수 있어야 한다. 그렇지만 實際的으로 商用爐 또는 原子力發電所 全體에 대해 [固有의 安全性]이라는 述語를 쓰는 일은 通常的으로는 避해야 할 것이다.

(2) 固有安全特性(Inherent Safety Characteristics)

한편, 어느 特定한 危險性을 防止하도록 設計된 原子爐는 그 危險性防止에 대해서는 [固有의 安全特性]을 갖는다. [固有의 安全特性]이라 함은, 使用되는 材料 또는 設計面에서의 基本仕樣에 따라, 特定한 潛在危險性이 어떠한 경우에도 安全上의 問題를 惹起시킬 수 없다는 것을 保證하는 設計槪念의 基本特性을 뜻한다. 內部的 또는 外部的要因으로 생기는 物理的形狀變化와 같은 如何한 變化도 그것이 不安全狀態를 惹起시켜서는 안된다. 例를든다면 不可燃性物質만으로 構成된 plant에서는 事故時에 어떠한 일이 생기건 火災에 대해서는 固有의 安全特性을 갖고 있는 것이다.

이미 記述한바와 같이, 固有의 安全特性이라함은 絶對安全이라는 것과 等價이며, 어떠한 形態로든 安全特性의 喪失을 낳게 할 可能性은 갖고 있지 않다. 바꾸어 表現하자면 固有의 安全特性은 結論的, 決定論的인 安全을 의미하는 것이지, 確率論的인 安全을 意味하는 것은 아니다.

(3) 工學的安全系統·構造物·機器(Engineered Safety Systems, Structures, or Components)

固有의 危險性을 排除할 수 없는 경우에는, 그 設計의 利用이 過度한 危險부담없이 許容되도록 [工學的安全系統·構造物·機器]가 設備된다. 이들 設備는 일반적으로 潛在的事故를 防止·緩化 또는 受容하는 것을 目的으로 하고 있다. 이들의 設計에 있어서는 高信賴度를 目標로 삼고 있으나, 이는 固有安全特性과는 相異한 것으로 이들 設備는 確率은 비록 낮지마는 故障可能性을 지니고 있는 것이다.

(4) 能動的과 被動的(Active and Passive)

[能動的] 및 [被動的]이라는 槪念은 工學的安全系統·構造物·機器가 機能하는 樣態를 말하며, 外部의 機械的 혹은 電氣的인 動力이나 信號 또는 힘에의 依存與否로 相互 區別된다. 被動的인 安全性이 이들에 대한 依存性이 없다고 하는 것은, 自然法則, 材料의 特性과 內部에 蓄積된 에너지에 依存하고 있음을 意味한다. 能動的인 系統에서 생각되는 潛在性故障中 몇개는, 例를들면 運轉員이 操作을 잊거나 電源喪失等의 경우, 被動的인 安全性이 具備되어 있다면 排除될 수 있는 것이다.

그렇기는하나, 被動的인 裝置라 할지라도 機械的故障, 構造的損傷 혹은 人間에 의한 故意的인 妨害行爲等으로 생기는 故障이 存在한다는 事實에 깊이 留意해야 할 것이다. 따라서, 被動安全性은 固有의 安全性이나 絶對的信賴性과 同義語는 아닌 것이다.

(5) 被動特性(Passivity)

被動特性[passivity]의 槪念은 付錄-A에서 說明 및 論議되어 있는 바와 같이, 몇가지 段階 또는 分類로 나우어 생각할 수가 있다. 發電所安全性確保를 위해 必要한 모든 機器가 被動的일때, 그 安全系統은 被動特性의 水準이 높은 category에 屬하는 것으로 分類된다. 系統이 外部動力에 依存하지 않고 專用의 內部動力源(一例로 battery)로서 能動機器를 驅動할 경우에는 一般的으로 外的要因에 起因하는 故障의 영향을 받지 않는다는 面에서는 가장 水準(rank)이 낮은 被動特性의 category에 屬한다. 이와 같은 統計은 時間의 經過에 따라 能動特性을 갖거나 또는 被動特性을 갖거나 하게 된다. 一例를 들어 valve의 動的인 開放에 이어 自然循環에 의한 被動運轉이 開始될 경우 等이 이에 屬한다.

固有의 安全特性과 被動安全性의 檢討過程에 관한 補充說明을 付錄-B에 記載해 두었다.

(6) Fail-safe

[Fail-safe]는 機器 또는 系統이 內的 要因으로 故障이 일어난 後의 擧動에 대한 用語이다. 어떤 故障이 생겼을지라도 直接的인 安全狀態로 되는 경우, 機器 또는 系統이 그 故障에 대해 [fail-safe]하다고 말한다. 例를들어 redundant system(豫備的으로 重

複시켜 놓은 system)이 驅動됨으로서 間接的으로 安全하게 되는 경우에는 fail-safe의 基準을 充足시키는 것으로 볼 수 없다.

系統은 여러가지 故障으로 因해 영향을 받을 可能性이 있는데, 一例를 들어 몇가지 故障에 대해서는 fail-safe 하지만, 그 外의 故障에 대해서는 fail-safe 하지 않는 경우도 있기 때문에, 原則的으로 fail-safe의 槪念은, 言及되는 特定의 故障과 狀態에서만 意味를 지니게 되는 것이다.

(7) 對應不要時間(Grace Period)

[對應不要時間]이라는 用語는 異常事態나 事故發生後, 充分한 時間동안 人間의 介入없이 安全狀態를 維持할 수 있는 發電所의 能力을 나타내는데 使用된다. 特定發電所에 대한 對應不要時間値計算에는 該當事故의 定義와 그러한 事故에 대한 對應不要時間中에 許容되는 外部放射線量의 制限値가 必要하다. 事故의 定義와 放射線量의 評價는 必然的으로 發電所設計, 敷地 및 認許可制度에 依存한다. 本節에서는 단지 여러가지 用語의 基礎가 되는 一般的槪念을 說明하고져 하는 것이지 그 以上의 說明을 加하지는 않겠다.

Walk Away Safe라는 用語도 또한 Grace Period와 같은 뜻으로 使用되고 있다. 이 用語는 運轉員이 事故後 發電所에서 退去하여도 괜찮다는 것을 意味하고 있지는 않지만, 그런 誤解를 招來할 可能性이 있다. Grace Period의 時間이 決定되면 그것이 바로 Walk Away Safe라고 부를 수 있는 時間이기도 하다. Walk Away Safe라는 用語는 使用할 必要가 없을 뿐더러 오히려 使用을 避해야 할 것이다.

(8) Fool Proof

運轉中, 誤操作이나 또는 잘못된 指示로 인한 操作으로 異常狀態가 發生하거나 事前에 明確하게 定해져 있는 操作에 失敗하는 수가 緊急時에는 일어날 수가 있을 수 있겠다. 이와같은 人間의 誤操作에 관한 安全對策을 記述하는 用語로서 [fool proof]라는 말이 빈번히 使用되고 있다.

Fool Proofness란 運轉員에 의한, 故意的操作이나 不操作을 除外한 誤操作에 대해서, 例를들면 簡素化나 人間工學의 適切한 適用으로 達成되는 安全性을 意味한다.

(9) 故障耐性/過失耐性(Fault-tolerant, Forgiving or Error-tolerant)

故障耐性(Forgiving, Error-tolerant 또는 보다 正確하게는 Fault-tolerant)은, 人間에 의한 不操作(或은 誤操作)에 대한 許容性의 水準을 記述하는 相對的用語이다. 그리고 故障耐性은, 機械的故障, 電氣的故障이나 誤動作에 대해서 類似한 뜻으로 使用되고 있는 경우를 본다. 이들 用語는 相對的用語로서 두가지의 個別設計를 比較할 경우에만 有效하게 쓰일 수 있는 것이며, 어떤 特定의 設計 그 自體가 故障耐性/過失耐性이다 함은 아무런 뜻이 없으므로 避해야 옳다.

運轉員의 不操作에 대한 耐性程度는 通常的으로는 時間的特性과 關聯이 있다. 즉, 修正操作이 必要하게 될 때까지의 時間的余裕를 提供해주는 熱的慣性이나 安全上의 制限値에 대한 運轉余裕度等 時間的特性과 關聯되어 있는 것이다.

(10) 簡素化(Simplification)

安全設計에서의 簡素化는, 安全機能達成을 위한 機器數의 最少化와 support system에의 依存度를 可及的 줄여 줌으로서 達成된다. 이는 곧, 運轉員의 過失과 補修作業과 試驗의 必要性을 最小化시켜 준다. 簡素化된 安全機能을 採用함으로서, 例를들어 核燃料健全性保護라고 하는 安全機能과 放射性物質의 環境으로의 放出防止라고 하는 安全機能과를 보다 明確하게 區別할 수 있게 될 수도 있다.

(11) 明瞭한 安全性(Transparent Safety)

明瞭한 安全性이란, 分明하고도 簡單하게 理解될 수 있는 安全性을 말하며, 一般的으로는 固有의 安全特性이나 또한 單純한 設計槪念의 結果로 나타난다. 따라서 이 用語는 安全槪念을 理解코자 하는 人間의 知識, 經驗, 知性에 依存하는 相對的用語임으로 가장 高度의 明瞭性이란 專門家에게 보다는 一般人에게 더욱 理解되기 쉬워야 하는 것이다.

3. 安全關係 用語說明

(1) 固有의 安全特性 (Inherent Safety Characteristics)

材料選定 또는 設計槪念의 選定으로, 어떤 特定한

危險性을 排除시켜줌으로서 達成되는 安全性을 말한다.

(2) 被動機器(Passive Component)

作動할 때 外部로부터의 入力을 必要로 하지 않는 機器를 말함.

(3) 能動機器(Active Component)

被動機器 이외의 機器를 말함

(4) 被動系統(Passive System)

모든것이 被動的인 機器나 構造物로 構成되어 있거나, 또는 被動的인 運轉을 可能케 하기 위한 매우 限定된 目的에 局限하여 能動機器가 使用되고 있는 系統을 말한다.

(5) 能動系統(Active System)

被動系統이 아닌 系統을 말한다.

(6) Fail Safe

어떤 機器 또는 系統에 故障이 생겼을 때(內部 또는 外的인)의 擧動을 나타내는 用語이다. 어떤 故障이 發生하드라도 바로 安全狀態에 이르는 경우에는 機器나 系統이 그 故障에 대해서는 fail safe이다.

(7) 對應不要時間(Grace Period)

故障이나 事故時, 人間에 의한 操作없이도 安全機能을 確保할 수 있는 時間을 말한다.

(8) Fool Proof

人間에 의한 誤操作 또는 誤指示에 따른 操作에 대해 安全함을 뜻한다.

(9) 故障/過失耐性 (Fail-/Error Tolerant or Forgivingness)

機器故障/人間의 誤操作에 대한 耐性의 程度를 나타내는 用語임.

3. 1. 10. 簡素化安全系統 (Simplified Safety System)

最少數의 機器로서 可能한 限 support system에 依存하지 않고 安全機能을 達成하도록 設計된 系統을 말한다.

3.1.11. 明瞭한 安全性(Transparent Safety)

明白하거나 또는 容易하게 理解될 수 있는 安全性을 말하는 用語인데, 簡素하며 單純한 設計概念이나 또는 固有의 安全特性으로부터 생겨난다.

3. 後 記

IAEA-TECDOC-626의 付錄을 除外한 全文을 紹介하였는데, 用語마다 英語原文에 該當되는 漢字表記는 一但은 日誌에[1] 紹介된 바를 參考하기로 하였다. 이는 日語表記가 잘되어 있다는 뜻이 아니라 適切한 우리말 表記와를 對比코져 함에 있다. 勿論 筆者가 提示한 우리말 表記는 어디까지나 個人次元의 提案에 不過하며 公式機構에서 論議決定된 바가 없음을 밝혀둔다. 오히려 이 小稿가 目的하는 바는 앞으로의 適切한 用語制定을 위한 努力을 活性化함에 있으므로 보다 좋은 用語가 많이 推薦되기를 期待하고 싶다.

筆者가 意圖하는바 中의 또 한가지는 今年 10月 18日부터 22日까지 IAEA主管으로 [新型原子力發電系統-設計·技術·安全性·展開戰略]에 관한 國際 symposium이 서울에서 열릴 豫定이므로, 적어도 新型原子爐開發事業에 關心있는 우리나라 技術界人士들이 新型原子爐關聯用語의 基本概念理解에 相互不一致를 보이거나 또는 誤用할 수도 있어 主催國으로서의 位相에 혹시라도 험집이 생기지 않을까 하는 老婆心에서이다.

本稿에서 省略한 付錄A와 B는 讀者의 便宜를 위해 原文 그대로를 本稿末尾에 紹介하기로 하며, 여기서는 用語別로 英語原文에 해당되는 적절한 우리말 表記案을 提示하여 보았다.

本稿草案 全體를 精讀하시고 많은 助言을 주신 本所 金德承 前原子力事業團長과 또 專門家立場에서 語句 및 그 풀이 하나하나에 대해서 精密한 檢討를 하여 許多한 意見을 주신 本所 新型安全爐開發總括室長 張文熙博士께 紙面을 빌어 깊이 感謝드립니다.

原 文	우리말 表記(案)	日本式 表記
○Inherent Safety Chracteristics	○固有安全特性	○固有의 安全特性
○Passive Component	○被動機器	○靜的機器
○Active Component	○能動機器	○動的機器
○Passive System	○被動系統	○靜的 system
○Active System	○能動系統	○動的 system
○Fail Safe	○故障에 대한 回歸性安全性	(해당 日語 없음)
○Grace Period	○對應猶豫時間	○操作不要時間
○Fool Proof	○誤操作/誤指示에 대한 安全立證性	(해당 日語 없음)
○Fault-/Error Tolerant	○故障/過失耐性	○故障/過失耐性
○Simplified Safety System	○簡素化安全系統	○簡素化安全 system
○Transparent Safety	○明瞭한 安全性	○明瞭한 安全性

參考文獻

(1) F. Masuda, Y. Ono, S. Kinoshita and H. Iwami : Introduction of "safety Related Terms for Advanced Nuclear Plants" by IAEA : J. of Atomic Energy Soc. of Japan, Vol.34, No.12(1992).

Appendix A

RANGE OF POSSIBILITIES FROM PASSIVE TO ACTIVE

When deliberating over the distinctions between active and passive functions and within these two categories, it was realized that a spectrum of possibilities exists. This commentary is offered to qualitatively address this difficult question.

For components and systems (but not structures) having safety functions, there must be at least two states corresponding to the normal function and to the safety function. Then, to change from the normal to the safety states :

−there must be "intelligence" such as a signal or parametric change to initiate action ;

−there must be power and potential difference or motive force to change states ; and

−there must be the means to continue to operate in the second state.

A component or system can be called passive when all three of these considereations are satisfied in a self-contained manner. Conversely, it is considered active if external inputs are needed.

There are, however, other considerations that must be taken into account because passive has a connotation of superior performance that cannot be accepted without evaluation and justification.

These other considerations include :

−reliability and availability in the short term, the long term and under adverse conditions ;

−longevity ; the equivalent of shelf life, against corrosion or deformation by creep etc ;

−the requirements for testing or demonstration ; and

−simplification and man-machine interaction.

From these considerations some broad categories of passivity can be drawn for qualitative evaluation and classification. The following categories can be considered as passive :

Category A

This category is characterized by :

−no signal inputs of "intelligence", no external power sources or forces,

−no moving mechanical parts,

−no moving working fluid.

(The no-motion requirement does not extend to

unavoidable changes in geometry such as thermal expansion.)

Examples of safety features included in this category are :

-physical barriers against the release of fission products, such a nuclear fuel cladding and pressure boundary systems ;
-hardened building structures for the protection of a plant against seismic and or other external events ;
-core cooling systems relying on heat radiation and/or conduction from nuclear fuel to outer structural parts, with the reactor in hot shutdown ; and
-static components of safety related passive systems(e.g., tubes, pressurizers, accumulators, surge tanks), as well as structural parts(e.g., supports, shields).

Category B

This category is characterized by :

-no signal inputs of "intelligence", no external power sources or forces,
-no moving mechanical parts, but
-moving working fluids.

The fluid movement is only due to thermal-hydraulic conditions occuring when the safety function is activated. No distinction is made among fluids of different nature(e.g., borated water and air) although the nature of the moving fluid may be significant for the availability of the function performed within this category.

Examples of safety features included in this category are :

-reactor shutdown/emergency cooling systems based on injection of borated water produced by the disturbance of a hydrostatic equilibrium between the pressure boundary and an external water pool ;
-reactor emergency cooling systems based on air or water natural circulation in heat exchangers immersed in water pools(inside containment) to which the decay heat is directly transfered ;
-containment cooling systems based on natural circulation of air flowing around the containment walls, with intake and exhaust through a stack or in tubes covering the inner walls of silos of underground reactors ; and
-fluidic gates between process systems, such as "surge lines" of PWRs.

Category C

This category is characterized by :

-no signal inputs of "intelligence", no external power sources or forces ; but
-moving mechanical parts, whether or not moving fluids are also present.

The fluid motion is characterized as in category B ; mechanical movements are due to imbalances within the system(e.g., static pressure in check and relief valves, hydrostatic pressure in accumulators) and forces directly exerted by the process. Examples of safety features included in this category are :

-emergency injection systems consisting of accumulators or storage tanks and discharge lines equipped with check valves ;
-overpressure protection and/or emergency cooling devices of pressure boundary systems based on fluid release through relief valves ;
-filtered venting systems of containments activated by rupture disks ; and
-mechanical actuators, such as check valves and spring-loaded relief valves, as well as some trip mechanisms(e.g., temperature, pressure and level actuators).

Category D

This category addresses the intermediary zone between active and passive where the execution of the safety function is made through passive methods as described in the previous categories except that internal intelligence is not available to initiate the process. In these cases an external signal is permitted to trigger the passive process. To

recognize this departure, this category is referred to as"passive execution/active initiation".

Since some desirable characteristics usually associated with passive systems(such as freedom from external sources of supply and from required human actuation) are still to be ensured, additional criteria such as the following are generally imposed on the initiation process :

-Energy must only be obtained from stored sources such as batteries or compressed or elevated fluids, excluding continuously generated power such as normal AC power from continuosly rotating or reciprocating machinery ;

Example of safety systems which may be included in this category are :

-emergency core cooling/injection systems, based on gravity driven or compressed nitrogen driven fluid circulation, initiated by fail-safe logic actuating battery-powered electric or electro-pneumatic valves ;

-emergency core cooling systems, based on gravity-driven flow of water, activated by valves which break open on demand(if a suitable qualification process of the actuators can be identified) ; and

-emergency reactor shutdown systems based on gravity driven, or static pressure driven control rods, activated by fail-safe trip logic.

Concluding Points

The spectrum of possibilities from passive to active may well have additional categories. However, all passive systems must be essentially self-contained or self-supported ; the more self-contained, the higher the degree of passivity. Other possibilities range to fully active, where all basic functions are supplied externally.

It should be emphasized that passivity is not synonymous with reliability or availability, even less with assured adequacy of the safety feature, though several factors potentially adverse to performance can be more easily counteracted through passive design, On the other hand active designs employing variable controls permit much more precise accomplishment of safety functions ; this may be particularly desirable under accident management conditions.

A safety feature ranking in a lower passivity category is not necessarily less desirable than one in a higher category designed to perform the same function ; the difference in a categorization signifies only a difference in the extent of application of the passive safety principle.

Appendix B
EXPLANATORY AND SUPPORTING COMMENTS

The consultants' formulation of the description of inherent safety was aided by a comprehensive document on this subject by Trevor A. Kletz of the United Kingdom (1). This document deals with safety in the chemical industry, rather than in nuclear plants, is will-written and compelling, and the concepts presented are receiving wide acceptance in that industry. Although Kletz never explicitly defined inherent safety, the present approach to inherent safety and inherent safety characteristics represents the application of Kletz's concepts to nuclear plants in a concise way. Reading the Kletz document is strongly recommended as a means of achieving a fuller understanding of the implications of inherent safety. It should, however, be emphasized that the use of these inherent safety concepts in nuclear reactor technology is not new ; for example, in 1961 the inherent safety features of a pressurized water reactor were described in a manner fully in accordance with Kletz and the descriptions given here (2).

For the description of the characteristics which distinguish passive from active components given in this paper, two alternative approaches were proposed and discussed : the concept of "no external mechanical and/or electrical power, signals or forces" and the concept of "no moving parts". The

initial draft from the Vasteras meeting had utilized the latter concept, but with an accompanying footnoted statement indicating the existence of possible exceptions such as "rupture discs, check valves, safety valves, injectors and some solid state electronic divices". During the discussion of these alternate approaches, agreement was reached that rupture discs should be considered passive in spite of the "moving part", but that similar acceptance of check valves, for instance, was difficult for some members of the group, primarily because of the feeling that check valves may not be sufficiently reliable. Further discussion tended toward the view that the distinguishing feature for passivity should be based on the principle of operation, rather than on judgements of reliability. Quality of design, engineering, materials, manufacture, operations, maintenance, etc., all affect reliability, and it is thus possible to achieve high reliability(or suffer low reliability) with either passive or active components. The "no external inputs" concept was therefore preferred, as it required no ill-defined statement regarding exceptions.

During subsequent discussion of passive vs. active systems, the concept of a series of different degree of passivity was developed. This series covers a spectrum ranging fron "no moving parts, no moving fluids" at one extreme to a system meeting the criteria for passive, after an active initiation. After further discussion, the series of different degrees of passivity as described in Appendix A was accepted. In that appendix, the "actively-actuated" systems are the lowest category of passive.

References

1. Thevor A. Kletza, "Cheaper, Safer Plants or *Wealth and Safety at Work-Notes on Inherently* Safer and Simpler Plants", 2nd Edition, 1985, available from the Institution of Chemical Engineers, 165-171 Railway Terrace, Rugby, Warwickshire CV21 2HQ, United Kingdom.
2. Technical Safety Evaluation of the N.S. Savannah, European Atomic Energy Community, *Brussels, October* 1961, p.21-22.