

「原子爐 스크램 頻度低減化

심포지움」의 會議概要

1. 概 要

1986년 4월 14일부터 17일까지 4일간에 걸쳐 OECD·NEA(原子力機關) 주최로 OECD 諸國의 原子力發電所의 原子爐 스크램 頻度低減化에 관한 심포지움이 일본 도쿄에서 개최되었다. 이 심포지움은 OECD·NEA의 회합중에서도 그 권위를 인정받고 있는 것으로서 일본 으로서는 처음으로 개최되었다.

2. 經 緯

이 심포지움은 1984년 9월에 개최된 OECD·NEA·CSNI·PWG(Principal Working Group)-1과 같은 해 11월에 개최된 OECD·NEA·CSNI(Committee on the Safety of Nuclear Installations: 原子力施設安全委員會) 제12회 총회에서 일본이 次期大會회의 개최지로 결정된 것에 따른 것이다.

3. 目 的

이 심포지움의 목적은 OECD 諸國의 스크램 頻度の 相異 해명과 플랜트 運轉의 개량과 향상을 위한 방책에 대한 검토를 통해 OECD 諸國에서의 원자력발전소의 스크램 빈도를 저減化시켜 安全性 확보 및 信賴性 향상에 도움을 주는 데 있다.

4. 會議規模

개최 기간중 OECD 諸國 가운데 10개국 美國, 西獨, 佛, 英, 伊, 캐나다, 스웨덴, 핀란드, 스페인, 벨기에에서 약 60명이 참가하였고, 일본을 포함해 총 약 220명이 참가를 하여 40건의 논문 발표와 2건의 패널 토론이 행하여져 활발한 논의가 전개되었다.

5. 發表內容

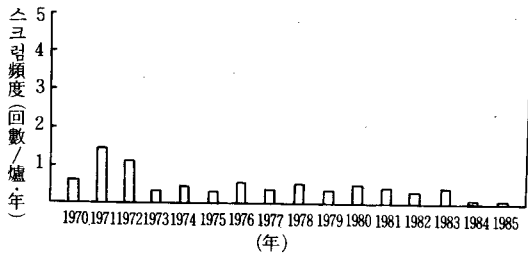
이 심포지움에서의 발표는 原子爐 스크램 頻度低減化에 관해서 安全規制, 運轉經驗, 設計改良 및 運轉·品質改良의 각 테마별로 행해졌으며, 이에 덧붙여 초청 강연과 패널 토론이 행해졌다. 그 概要는 아래와 같다.

(1) 招待講演

프랑스, 西獨, 日本 및 美國 발표자의 自國의 原子爐 스크램 頻度低減化에 관한 현상, 문제, 전망 등에 대한 基調發表가 있었다.

日本; 日本의 원자력발전소에서는 圖1에서와 같이 스크램 頻度 0.5回/盧年 이하라는 양호한 실적이 얻어지고 있다. 그 이유로서는 전력의 安定供給과 공공의 安全確保를 목적으로 하는 일본 通産省의 역할과 電氣事業者의 안전성 및 신뢰성의 유지 향상 노력을 들 수 있다.

圖 1 日本에서의 scram 頻度の推移



또 技術·情報, 人材 등의 면에서 여러가지 프로젝트에 힘쓰고 있다.

프랑스; 스크램 원인은 長期安全特性, 過渡變動, 稼働率 等 에 나쁜 영향을 미치는 것이다. 각국의 스크램 빈도를 비교한 圖 2 에 따르면, 프랑스의 경우 1985년에는 약 5.2회/爐年이나 1990년까지는 약 1.5회/爐年까지 저감시키는 것을 목적으로 설정하고 있다.

西獨; 안전성과 經濟性에 미치는 스크램의 영향은 중요하며 스크램 빈도는 플랜트에서의 確한 performance指標로 보고 있다. 또 安全概念, 予防保全 및 教育訓練이 스크램 低減對策上 요인으로 들고 있다.

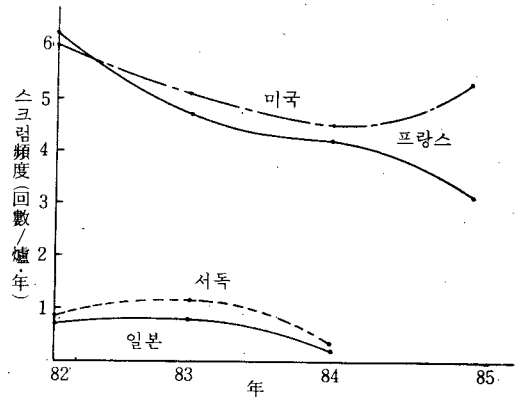
美國; 스크램 빈도의 분석 결과에 의하면, 1984년에는 약 5.9회/爐年, 原因의 60%가 機器不良, 28%가 사람의 실수이다. 1990년에는 스크램 빈도를 약 2회/爐年까지 低減시킬 목표이다.

(2) 安全規制

프랑스; 스크램 발생에 의한 過渡變動의 영향이 중요하다. 또 스크램 원인의 대부분은 材料, 設計의 불량이나 人的因子에 있으며 스크램 빈도는 원자로의 '健康指標(health indicator)'이다.

日本; 日本 에서는 모든 스크램이 정부에 보고되어, 그 원인이 運轉再發前에 분석된다. 더우기 日本通産省은 立地에서 運轉·補修의 때

圖 2 Scram 頻度の 國際比較



단계에 걸쳐 심사·검사를 행하고 있으며, 이들의 確立된 規制體系가 스크램 低減化에 공헌하고 있다. 또 스크램원인의 검토에서 얻어진 feedback도 중요하다.

美國; NRC의 檢査實施局(IE)은 플랜트 緊急事象에 대해서 플랜트 안전성의 평가, 플랜트내의 개선할 곳의 해명 등의 스크리닝·평가를 행하는 대응 프로그램을 가지며, Davis Besse 事故와 같은 重要 事象의 평가를 하고 있다.

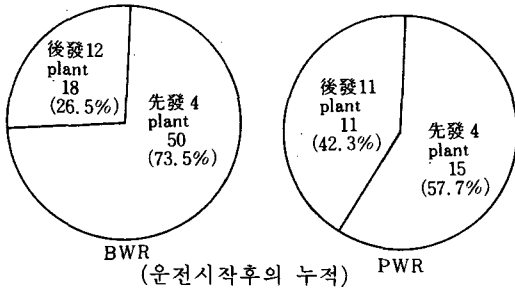
(3) 運轉經驗

西獨; 1981~84년의 스크램을 검토하고 있다. 분석은 스크램의 원인뿐만 아니라 스크램 후의 대응에까지 미치고 있다. 이 2가지 사항에 대해 발생한 원인의 방지를 목적으로 적절한 개량을 실시한다. 대응책의 有用性은 1984년의 스크램 빈도수가 낮은 것으로서도 實證되고 있다.

英國; 英國에서는 運轉中인 가스冷却爐에 대해서 분석을 하고 있으며, 1983~85년의 統計에 의하면 Magnox 原子爐 및 改良型가스冷却爐는 낮은 트립 發生率을 나타내고 있다.

日本; 盧數의 推移, 設備利用率, 事故·故障 發生率, 스크램 발생을 등의 개요를 소개하고

圖 3 Plant別 scram發生數의 比率



있다. 한 예로서 圖 3은 스크램의 발생수를 先發號機別로 집계한 것으로서 先發號機의 트리블과 운전 경험이 後發號機에 충분히 반영되고 있음이 나타나고 있다.

美國; 1984~85년의 스크램에 대해서 검토, PWR와 BWR의 相異點을 나타냄과 동시에 스크램의 20%가 트립 후에 일어나는 付隨事故가 따른다는 것을 강조하고 있다. 또한 確率論的評價에 따라서 스크램을 포함해서 過渡變動의 안전상 중요성은 定量的評價도 하고 있다.

프랑스; 32基의 표준 90만 KW 原子爐에서 제 1차 개량 실시후 연간 스크램 빈도는 감소했다. 데이터 분석에서는 技術面뿐만 아니라 人的要因에 대해서도 검토하고 있다.

디지털 制御 시스템을 갖은 최초의 標率化 130만KW에서의 스크램에 대해 분석하고 있다.

스페인; 플랜트의 型이 다양함에도 불구하고 대폭으로 스크램 빈도를 감소시키는 방법을 1984년에 확립했다. 設計改良, 教育訓練 등에 대해서도 언급했다.

8기가 운전중이며 광범위한 設計·運轉데이터를 가지고 있다. 이들 데이터를 분석해서 외국과 거의 같은 결론에 도달했다.

캐나다; Point Lepreau 發電所에서의 스크램에 대해서 분석하고 있다. 양호한 성적이 얻어진 이유로서 設計改良, 충분한 건설, 試運

轉, 신속한 결함제거, 機器不良·人的實手 등의 低減을 들고 있다.

Caorso 發電所의 스크램을 검토한 바 휴먼 에러와 機器不良의 2가지 주원인이 명백해졌으며, 이의 개선을 위해 教育訓練 및 豫防保全의 대책이 취해지고 있다.

스웨덴; 스크램 빈도를 플랜트 운전에서의 “運轉指標”로 잡고 있다. BWR, PWR별로 스크램 분석을 행하여 教育 훈련이나 경험의 feedback을 적절한 대책으로 들고 있다.

日本; 日本의 전기업자는 迅速·的確하게 計劃外 停止의 원인을 구명하고 적절한 대책을 강구함과 함께 類似機器·시스템까지 포함한 재발방지 대책을 강구해 왔다. 또 운전 경험의 축적에 따라 原因究明 및 對策實試를 포함한 일반적인 패턴을 확립시키고 있다.

(4) 設計改良

캐나다; 原子爐 트립 빈도의 低減에 관한 양호한 성과는 불필요한 트립 발생이 최소가 되도록 설계된 停止시스템, 정지 시스템 작동의 발생이 최소가 되도록 설계된 플랜트 제어 시스템, 독립 기능을 가진 제어 컴퓨터, 訓練·保守·試驗 프로그램의 실시 등의 결과이다.

英國; 原子爐스�크램에서의 fail-safe나 自己診斷設計의 중요성에 대해 概說하고 있다. Pulse-coded dynamic logic 시스템 論理系統이나 컴퓨터베이스 시스템 등이 개발되고 있다. 電氣的影響에서 制御系統를 보호하는 필요성에 대해서도 강조하고 있다.

프랑스; 130만KW 플랜트에서의 고성능 보호 시스템의 개발이 추진되었다. 尖端機器나 micro-processor 기술을 이용한 복잡한 process algorithm의 설계로 이루어진 것이다. 性能으로는 만족하나 코스트 低減이 앞으로의 과제이다.

90만KW PWR플랜트에서의 自動保護系統의

정기시험을 위한 自動試驗裝置의 도입은 계획적인 스크램의 低減, 플랜트 安全性의 향상, 정지 시간의 단축, 시험 실시의 용이성 등에 유효하다.

給水系에 관련하는 트립은 스크램의 약 27%를 점한다. 이들 事象의 재발방지를 위해 給水制御技術이나 機器設計의 개량이 행해졌다.

스크램 분석은 스크램의 직접적 원인을 제거하고 運轉再開를 목표로 단기간의 분석과 운전 경험의 평가와 관련한 長期에 걸친 분석으로 행해진다. 데이터 收集·評價의 필요성 및 作業管理, 保守方法 등의 필요성에 대해서 말하고 있다.

西獨; 建設플랜트에서 스크램 頻度나 停止時間의 관점에서 양호한 실적이 얻어지고 있는 이유로서 적절한 설계, 경험의 피이드백, 메이커의 신뢰성 등을 든다. 또 안전성에 관한 應用例가 제시되고 있다.

日本; PWR플랜트에서의 스크램 빈도 저감을 위해 시스템 설계의 개량이 도모되고 있다. 스크램 원인의 분석에 대해서도 언급되고 있다.

運轉데이터의 收集技能이나 保守데이터의 蓄積技能을 가지는 시스템이 플랜트 신뢰성의 개선을 위해 개발되고 있다. 이들 시스템은 機器不良의 檢知 및 스크램의 원인 조사를 용이하게 하며 豫防保全 프로그램 작성용의 補修情報를 제공하는 것이다.

國內 BWR에서 발생한 스크램의 분석에 따르면, 그 반은 機器, 制御 시스템 또는 保護 시스템에 원인이 있다. 그래서 시스템 설계의 개량이 과거의 경험에 따라서 행해짐과 동시에 尖端技術의 응용에 의한 시스템 多重性の 증대, 人間工學 응용에 의한 運轉監視 시스템의 개발에 의한 개선이 도모되었다.

플랜트 메이커에 의한 QA 活動은 設計改良, 作業改善, 플랜트 再點檢 등을 통해서 행

해진다. 先行플랜트에서 경험한 トラブル의 緻密한 반영이 중요하므로 운전중 플랜트에서의 서비스 활동과도 밀접하게 관련되고 있다고 할 수 있다.

美國; 트립 低減·評價 프로그램이 1년 전부터 실시되고 있다. 이것은 기본적으로는 스크램 재발의 원인을 명백히 하는 동시에 데이터 收集分析의 제 1 단계와 단기간 補修對策의 제 2 단계로서 구성되고 있다.

PWR플랜트의 스크램 設定點에 대해서 분석되었고, 出力條件등에 의해서는 설정점을 변경할 수 있음이 제시되고 있다.

스웨덴; 스크램과 플랜트 稼動率 및 安全性과 관련을 검토하는 데에 PRA法이 基本方法이 된다. 가동율은 스크램 빈도보다도 정지 시간에 영향을 받는 것이 기술되고 있다.

(5) 運轉·品質改良

日本; 日本에서는 政府, 電力會社, 메이커가 서로 협력하면서 원자력발전소의 信賴性和 安全性의 개선에 노력하고 있으며, 이와같은 환경에 대해서 설명.

스크램의 주원인의 하나인 補修不良이나 誤操作은 運轉員 및 保守員의 技量에 좌우된다. 훈련센터·발전소내의 현장 훈련 등을 통해서 교육 훈련이 실시되고 있는 일본의 현상을 소개하고 있다.

플랜트 補修의 기본적 생각은 충분한 豫防保全서비스에 있으며, 定期檢査, 部品の 定期交換, 設備改善, トラブル의 評價·反映, 保守作業基準의 개량 등을 행하는 것이 기본이 된다.

플랜트 건설 단계에서의 信賴性保證에 관해서 운전 경험의 반영, 信賴性解析方法의 도입 등의 활동이 행해지고 있다.

스웨덴; 여러 가지의 유니트의 운전 경험의 분석과 비교를 위해 개발된 모델을 이용해서 스크램 저감을 체계적으로 分析·解明하고 있

다.

美國; 스크램 원인과 過渡變動 데이터를 기록분석함과 동시에 BWR플랜트의 稼動率을 개선한 응용에 대해서 설명.

電力會社그룹에서 스크램 저감화 프로그램의 개발, 그룹내에서의 정보 교환, 개선방안의 조사 등이 실시되고 있다.

(6) 패널 討論

가) 스크램 데이터에 관한 Questionnaire에 있어서 회답의 評價檢討

각국의 스크램 빈도 데이터를 같은 기준으로 집계, 비교분석하려고 하는 것은 이 분야에 있어서 최초의 중요한 시도였다. 미리 정해진 양식의 Questionnaire가 참가국에 배포되고 그 집계, 분석이 미국의 NRC그룹에 의해 실시되었다. 이 토론에서는 그 분석 결과에 따라서 데이터가 가지는 의미와 앞으로의 과제에 대해서 토의되었다. NRC그룹에 의한 분석 결과로서

(i) 商業運轉開始前의 스크램 빈도는 운전 중보다 높다.

(ii) 商業運轉開始 이후는 매년마다의 스크램 빈도의 변동은 적었다.

(iii) 大部分의 스크램은 터빈 운전중에 발생한다.

(iv) 스크램 빈도는 國別, 爐型別 등에서 다소간의 차이가 있다.

패널에서는 데이터 베이스 구축상의 문제점으로서 스크램의 정의가 반드시 명확하지 않고 해석의 차이가 데이터에 영향을 미칠 가능성이 있다고 각국 모두 지적하고 있다.

나) 스크램 頻度低減化에 관한 現狀과 앞으로의 展望

토론에 앞서서 (i) 스크램을 보는 방법, (ii) 설계상의 對應, (iii) 컴퓨터의 도입과 자동화에 대해 문제 제기가 있었다.

(i)에 대해서는 스크램 빈도를 “performance 指標”로 하는 견해가 거의 일치되었다고 하겠다.

한편 18일에 참가자들은 일본 浜岡原子力發電所로 산업시찰이 행해졌다. 해외로부터 온 참가자에 있어서는 일본의 원자력발전소의 상황을 직접 확인할 수 있는 기회였고, 일본에서의 양호한 실적의 이유를 알 수 있는 단서가 되었을 것이다.

近着資料案内

- 原子力工業<日本原産> 8月號
- 原子力産業新聞<日本原産> 1344號~1347號
- 原子力資料<日本原産> 8月號
- Atoms in japan<JAIF> 7月號
- Istotope News<日本RI協會> 7月號
- '86 Radioisotopes<日本 RI協會> 7月號
- 原子力文化<日本原子力文化振興財團> 8月號
- 日本の原子力關係機關<日本原子力文化振興財團>
- 昭和50年度 業務報告書<日本原子力文化振興財團>
- 原子力關係 映畫フィルム・VTR 一覽<日本原子力文化振興財團>
- 社會科・理科の エネルギー學習<日本原子力振興開發研究會>: OHP film
- 原子科學技術教育研究會 會誌<原子科學技術教育研究會> 第23號~27號
- Nuclear News<ANS> 7月號, 8月號
- Nucleonic Week<McGraw-Hill> Vol. 27, No.29~33
- Power<McGraw-Hill> 7月號
- INFO<AIF> 7月號
- Nuclear Europe<ENS> 7月號, 8月號
- Nuclear Engineering Int'l<NEI> 8月號