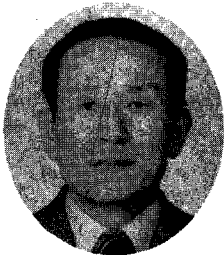


# 非常對應電算系統 에 대한 考察



朴 寅 用

(韓國에너지研究所 計測制御研究室長)

## I. 머리 말

TMI-2 原子力發電所 事故는 數10億달러에 달하는 經濟的 損失을 초래하였을 뿐만 아니라 歐美諸國에 있어서는 原子力發電의 安全性에 대한 不信輿論을 야기시켜서 原子力發電開發을 中斷할 지경에 이르게 하였다.

이와같이 쓰라린 事故經驗에 立脚하여 美國의 原子力界가 總力を 기울여 既存 原子力發電所 設計에 대한 安全性을 再評價하여 安全性確保를 위한 補完措置事項을 지적한 것을 NRC가 綜合整理하여 發表한 것이 NUREG-0660 : TMI Action Plan이고 이를 再分類 整理하여 運轉中 및 運轉許可申請中の 原子力發電所에 대한 運轉許可要件으로서 提示한 것이 NUREG-0737 : Classification of TMI Action Plan Requirements이다.

非常對應設備 (Emergency Response Facility : ERF)는 非常事態에 있어서 發電設備과 運轉要員의 媒介役割을 하는 設備로서 TMI 措置事項中の Safety Parameter Display System (SPDS), 技術支援本部 (Technical Support Center : TSC), 非常運營設備 (Emergency Ope-

ration Facility : EOF) 및 作戰支援本部 (Operation Support Center : OSC)들을 總稱한 것이며 이들의 機能要件은 NUREG-0696에 規定되어 있는바 그 機能을 수행하는 것이 非常對應電算系統 (ERF Computer System)이다.

發電所安全設備의 補完과 運轉要員의 資質向上에 完璧을 期하였다 하더라도 兩者를 適切히 連結하여 最善의 運轉을 遂行하게끔 하는 非常對應電算系統의 機能이 不良하면 所期의 目的인 安全機能을 確保할 수 없다. 따라서 非常對應電算系統의 開發은 TMI措置事項의 綜合的인 核心課題이며 安全確保上的 窮極의 關鍵인 바 TMI 事故 以後 原子力發電技術 開發上的 重要 核心課題가 되어왔다. 그 結果 歐美諸國에 있어서는 各 原子力發電所마다 既存設備條件에 適合한 各樣各色의 非常對應電算系統을 開發하여 設置活用段階에 있다. 이와같은 狀況에 비추어 美國原子力學會 (ANS)는 1982年度 冬期總會의 Special Session on "Emergency Response Facility Computer System"에서 斯界權威者들의 招請論文 發表와 "패널" 討議를 하였다.

本論文은 同學術會議에서 發表·討議된 內容을 기초로 하여 非常對應電算系統의 技術現況을

紹介함과 아울러 開發上의 問題點을 再考察하여 우리나라에 있어서의 開發 및 活用方案을 提示 하고자 한다.

## II. 非常對應電算系統의 開發現況

### 1. 發表論文

82年 11月17日 美國 Washington DC에서 開催된 ANS 冬期總會의 Special Session on "Emergency Response Facility Computer System"에서 發表된 招請論文은 表 II-1-1과 같다.

### 2. 非常對應電算系統의 開發內容

發表된 招請論文中 特色 있는 非常對應電算系

統의 開發內容을 要約하면 다음과 같다.

#### 가. Yankee Plant SPDS Demonstration

事業主 : Yankee Atomic Electric Co. (YAE Co.)

研究開發 : Electric Power Research Institute (EPRI)

製作設置 : Technology for Energy Corporation (TEC)

#### 1) 開發目標

가) 單純하고 實用的인 SPDS의 開發 및 示範

나) NRC 安全規制要件의 充足

다) 運轉要員의 受容要件의 充足

라) 開發活用經驗을 통한 技術資料의 蓄積

#### 2) 開發方式

最單純 SPDS부터 始作하여 SNUPPS S-

表 II-1-1

## Presented Papers on Special Session on " Emergency Response Facility Computer System" ANS Winter Meeting Nov. 17, 1982 at Washington D.C.

- |  |   |
|--|---|
| <p>1. Yankee Plant SPDS Demonstration</p> <p>D. Cain : Electric Power Research Inst. (ERRI)<br/>R. Freddie, D. Candon : YAE Co<br/>R. Moore : Technology for Energy Corp. (TEC)</p>  | <p>6. The Trained Operating Crew/EOP/Control Room Triad</p> <p>P.M. Blanch : Northeast Utility Service Co.<br/>R.J. Lord, C.D. Wilkinson : Inst. of Nuclear Power Op.</p> |
| <p>2. Palo Verde Emergency Response Facility Computer System</p> <p>N. Helman : Arizona Public Service (APS)<br/>W. Harris : Bechtel Power Corp (BPC)<br/>T. Ijams : Energy Incorporated (EI)</p>  | <p>7. Safety Parameter Display System-Operations Phase</p> <p>L. Beltracchi : NRC</p>   |
| <p>3. ERF Data Acquisition, Processing and Display at PP &amp; L's Susquehanna Plant.</p> <p>D.E. Woods : Pennsylvania Power &amp; Light (PP &amp; L)<br/>J.C. Witmer : Gilbert Associates (GA)<br/>T.Y. Fukushima : S. Levy Inc.<br/>S.M. Ellinger : Simmonds Precision</p> | <p>8. Evaluation of a BWR Graphics Display System Sandia National Lab.</p> <p style="text-align: center;">G - E.</p>  |
| <p>4. Emergency Response Information System Design for FERMI-2</p> <p>G.S. Brooks/G.K. Sharma : Detroit Edison Co.<br/>W.A. Barasa : Sargent &amp; Lundy</p>   | <p>9. Selecting Computer Hardware and Software for the Nuclear Power Plant Emergency Response Facility.</p> <p>C.L. Frankel : Stone &amp; Webster Engineering Corp.</p>   |
| <p>5. ERF System Within the Process Computers at RINGHALS Power Station Swedish State Power Board (SSPB)</p>   | <p>10. Comanche Peak SAS/ERF</p> <p>Texas Utilities Service<br/>Quadrex</p>   |
|  | <p>11. Safety Assessment Systems</p> <p>Wisconsin Electric Power Co.<br/>Quadrex</p>  |

imulator를 사용하여 評價함으로써 NRC 安全規制 및 運轉要員의 受容要件들을 充足하게끔 漸次的으로 補完하였음.

### 3) 開發事項

가) Critical Safety Function(CSF) 概念에 立脚한 Safety Parameter의 選定 및 Display Formats의 開發

나) Top Level 및 Second Level Display의 分類

다) Display Call-Up 및 Update時間의 單純化 및 短縮

라) 警報 및 Operator Cue의 補完

### 4) 評價 및 問題點

SNUPPS Simulator를 사용하여 發電所運轉班 系統工學者 및 電算專門家가 合同으로 試驗 評價했으며 指摘된 問題點들은 다음과 같다.

가) Operator의 訓練 및 運轉節次를 綜合的으로 開發 補完하여야 함

나) Top Level Display와 Second Level Display상의 Operation Guide의 補完

다) CSF(Critical Safety Function)의 Status에 대한 警報機能의 補完

라) Non Safety Parameter들의 Display 機能의 補完

마) 効用 및 經費의 對比分析上의 最適機能範圍의 選定

#### 나. Palo Verde ERF Computer System

事業主 : Arizona Public Service(APS)

Bechtel : 綜合的 基本設計 및 購買

C-E : Qualified Safety Parameter Display System(QSPDS) 供給

TE : Chemical & Radiological Analysis Computer System(CRACS) 供給

EI : ERF Data Acquisition and Display System(ERFDADS) 및 QSPDS, CRACS, ERMS 및 PPC와의 Interface 供給

#### 1) 開發目標

最新技術을 活用하여 Plant Data를 가장 安全하게 수집·처리하여 가장 빠르고 쓸모

있게 運轉員에게 提供하며

가) 設置機能 및 効能을 極大化하고

나) 機能의 擴充 및 變更이 容易하며

다) 高度의 可用性과 最大限의 自足度를 가지며

라) 發電所 試運轉計劃上의 變更危險度 및 運營費의 最少化

### 2) 開發方式

上述한 事業主의 開發目標에 符合한 基本的 構成設計와 構成系統에 대한 購買仕樣은 Bechtel社가 開發·作成하였고 各 構成系統들은 各己 專門製作社에 의하여 開發·製作·設置되었다.

### 3) 全般的 機能

가) 爐心冷却狀態

나) Critical Safety Parameter

다) 發電所의 全般的狀態

에 關한 Data를 正常 및 非正常 事態에 있어서 수집·처리하여 表示(Display) 함으로써

가) 非正常狀態로의 發展事項에 대한 警報 發生

나) 非正常狀態에 대한 診斷資料의 提供

다) 運轉者에 대한 運轉指針의 提供

라) 原子爐 安全停止에 대한 確認點檢

마) 安全停止后의 發電所 狀態의 監視

바) 非常計劃運轉員에게 必要한 情報 提供

사) 外部機關에 대한 即刻的인 非常計劃運轉營上의 情報 提供

### 4) ERF系統

Palo Verde 敷地에는 1, 270MWe C-E PWR 發電所 3基가 있으며 各基마다 制御室이 있고 制御室 옆에는 技術支援本部(Satellite TSC)가 있으며 主技術支援本部(Main TSC)는 2号機 옆에 있어서 3基 모두를 支援한다. 그리고 非常運轉設備(Emergency Operation Facility : EOF)는 發電所敷地밖의 行政建物內에 있다.

그리고 前述한 ERF機能은 다음과 같은 三種의 ERF 電算系統들로 이루어 진다.

- 가) Safety Parameter Display System (SPDS)
  - 나) Chemical and Radiological Analysis Computer System(CRACS)
  - 다) ERF Data Acquisition and Display System(ERFDADS)
- 이 시스템들은 相互 連絡될 뿐만 아니라 Plant Process Computer와도 連絡되어 非常運轉에 必要한 모든 資料를 蒐集·處理하여 制御室, 技術支援本部(TSC), 保健物理實驗室(HPL), 非常運轉設備(EOF), 作戰支援本部(OSC) 및 外部機關에 表示·提供하는 能力을 가지고 있다.
- 5) Qualified Safety Parameter Display System(QSPDS)
    - 가) Class IE 내진 품질
    - 나) 二重 CPU
    - 다) Inadequate Core Cooling Monitor (ICCM)
      - Postaccident Monitor(PAM)
      - Critical Core Data의 212 D/I 64A/I를 수집 처리하여
    - 라) Top and Mid-Level Deviation Bar Charts
    - 마) 30Min. Time History Plote
    - 바) Core Maps를 Display한다.
  - 6) Chemical and Radiological Analysis Computer System(CRACS)
 

CRACS는 Post-Accident Sampling System(PASS), Multichannel Processing System(MCPS) 및 Environs Radiation Monitoring System(ERMS)로 構成되며 다음과 같은 機能을 한다.

    - 가) PASS의 Remote Control 및 Data Storage
    - 나) PASS와 Grab Sample의 Gamma Spectroscopy 및 核種分析과 Data Storage
    - 다) Thermal Luminescence Detector(T-D)의 効率校正

- 라) Whole Body Counting
  - 마) Real-time and Predictive Off-site Dose Projections and Plume Travel
  - 바) Ingestion Dose Calculations of All Pathway Dosage Out of 50miles
  - 사) Display Projected and Measured Off-site Dose in the EOF TSC and Off-site locations
  - 아) Communicate with the ERFDADS
- 7) Emergency Response Facility Data Acquisition and Display System(ERFDADS)
 

ERFDADS는 Data Acquisition System(DAS)과 Man-Machine Interface(MMI) 및 Communication System을 內包한 Technical Support Center Computer System(TSCCS)으로 構成되며 이들 시스템은 二重으로 並行 運用됨으로써 한쪽 시스템이 故障일 때는 自動적으로 다른 시스템이 機能을 代行하는 Failover가 되게 하였다.

이 ERFDADS의 DAS 및 TSCCS는 非常對應電算系統이라기보다는 Plant Process Computer System의 機能을 非常對應電算系統의 所要機能을 中心으로 大幅擴充한 것으로 볼 수 있다.
  - 다. ERF System within Process Computers at Ringhals Power Station
 

事業主 : Swedish State Power Board(SS-PB)

    - 1) 開發方式
 

既存 Plant Process Computer System(PPCS)을 새로이 開發된 PPCS로 完全 交替함으로써 SPDS, TSC, EOF 등 Emergency Response Facility에 關한 새로운 機能要件을 補完하고 老朽化된 既存 PPCS로 因한 稼動率 低下要因을 排除한다.
    - 2) 새로이 開發된 PPCS
      - 가) DAS : 2,500A/I 4,000D/I
      - 나) Display : Color CRT Display
        - (1) Trend Graphs

(2) Bar Graphs

(3) Process and Instrumentation Diagrams (P&ID)

다) Computerized Alarm Handling System

라) ERF 機能

3) ERF 機能

가) Data Display : 모든 Analog 信號는 Bar Graph, Trend Graph 및 P&ID 상에 表示할 수 있음

나) Alarm Presentation : 時順으로 表示되며 機能別로 色別

다) Disturbance Data Collection

라) Safety Assessment System

(1) Safety Parameter Display

(2) Critical Safety Function Check

(3) Safety System Performance Check

(4) Safety System Sequence Check

마) Radiological Consequence Analysis

(1) Predicts Doses to The Environment

4) Verification, Validation and Testing

가) 設置檢査

(1) Loss of Off-site Power

(2) Loss of Battery Power Buses

(3) Containment isolation

(4) ECC initiation

나) Simulator Evaluation : 各種事故에 대한 效用評價 및 補完

### Ⅲ. 開發上の 問題點

#### 1. 發電社 固有의 開發

TMI-2 事故로 因하여 開發設置가 要求된 ERF 電算系統은 歐美 各 原子力發電所에서는 一次的인 開發製作을 完了하고 이제 實用段階에 있으며 앞으로 實用經驗을 通하여 運轉者의 評價 및 補完要求에 따라 補完의 開發이 遂行될 展望이다.

前述한 招請論文에 發表된 ERF 電算系統의 開發実績을 살펴 보면 各 發電所마다 ERF 電算系統에 대한 機能要求가 다르며 機能要求에 따

라 所要經費도 10倍 以上 差異가 난다. 簡單한 Safety Parameter Display System만을 設置한 Yankee發電所의 경우는 所要經費가 1.3M\$ 밖에 되지 않으나 Perry發電所는 다음과 같은 多様な 機能을 遂行함에 따라 所要經費는 Yankee의 10倍가 넘는 15M\$에 達한다.

가. Safety Parameter Display

나. Critical Safety Function Check

다. Safety System Performance Check

라. Safety System Sequence Check

마. Post Accident Sampling Data Analysis

바. Environs Radiation Monitoring

사. Meteorological Data Analysis

야. Radiological Consequence Analysis

자. Operational Instruction

차. Processed Alarm Presentation

카. Disturbance Data Collection

크. All Plant Data Display

ERF電算系統의 機能範圍 및 機能遂行方式은 適用할 發電所의 設計 運轉節次 및 運轉要員構成과 綜合的으로 檢査·評價하며 安全規制上の 要件을 滿足하는 範圍內에서 安全確保 및 運轉 効率上的 利得과 所要經費를 對比分析하여 最適範圍 및 方式을 決定하게 된다. 따라서 ERF 電算系統의 機能範圍 및 機能遂行方式은 發電所 所有社의 經營條件 및 發電所設計에 따라 달라질 수 밖에 없다.

이것은 ERF 電算系統 開發上の 큰 難點이 되고 있다.

#### 2. 綜合的 開發問題

가. TMI Action Plan에 대한 檢査

運轉中 및 運轉許可申請中인 原子力發電所의 運轉許可要件으로서 NUREG-0737에 提示된 TMI措置事項中 Westinghouse PWR 發電所に 適用되는 事項은 다음 表와 같다.

表 III-2-1 : NUREG-0737

TMI ACTION PLAN REQUIREMENTS FOR WH PWR APPLICANTS

Item	Title	Remarks			
I.A.1.1	Shift technical advisor	O/O	II.K.2	Orders on B&W Plants (continued)	
I.A.1.2	Shift supervisor responsibilities	O/O	(17)	Voiding in RCS	SA
I.A.1.3	Shift manning	O/O	(19)	Benchmark analysis seq AFW flow	SA
I.A.2.1	Immediate upgrade of RO & SRO training and qualifications	O/T	II.K.3	Final recommendations, B&O task force	
I.A.2.3	Administration of training programs	O/T	(1)	Auto PORV isolation	C/I
I.A.3.1	Revise scope & criteria for licensing exams	O/L	(2)	Report on PORV failures	SA
I.B.1.2	Evaluation of organization & management	O/O	(3)	Reporting SV & RV failures & challenges	QA
I.C.1	Short-term accident & procedure review	O/P	(5)	Auto trip of RCPs	C/I
I.C.2	Shift & relief turnover procedures	O/P	a. Propose mods		
I.C.3	Shift supervisor responsibility	O/P	b. Modify		
I.C.4	Control-room access	O/P	(7)	Evaluation of PORV opening probability	S/A
I.C.5	Feedback of operating experience	O/P	(9)	PID controller	C/I
I.C.6	Verify correct performance of operating activities	O/P	(10)	Applicant's propose anticipatory trip at high power	C/I
I.C.7	NSSS vendor rev of proc	O/P	(11)	Justification use of certain PORVs	QA
I.C.8	Pilot man of selected emergency proc for NTOs	O/P	(12)	Confirm anticipatory trip	C/I
I.D.1	Control-room design reviews	CRD	(17)	ECCS outages	SA
I.D.2	Plant-safety-parameter display console	CRD	(25)	Power on pump seals	P/RCP
I.G.1	Training during low-power testing	O/T	a. Propose mods		
II.B.1	Reactor-coolant-system vents	M/RCS	b. Modifications		
II.B.2	Plant shielding	M/S	(30)	SB LOCA methods	SA
II.B.3	Postaccident sampling	C/I	a. Schedule outline		
II.B.4	Trainign for mitigating core damage	O/T	b. Model		
II.D.1	Relief & safety-valve test requirements	QA	(31)	Plant-specific analysis	
II.D.3	Valve position indication	C/I	III.A.1.1	Emergency preparedness, short term	ERF
II.E.1.1	Auxiliary feedwater system evaluation	M/AFW	III.A.1.2	Upgrade emergency support facilities	ERF
II.E.1.2	Auxiliary feedwater system initiation and flow	C/I	III.A.2	Emergency preparedness	C/I
II.E.3.1	Emergency power for pressurizer heaters	P/PZ	III.D.1.1	Primary coolant outside containment L/R Measure	C/I
II.E.4.1	Dedicated hydrogen penetrations	M/C	III.D.3.3	Inplant I <sub>2</sub> radiation monitoring	C/I
II.E.4.2	Containment isolation dependability	C/I	III.D.3.4	Control-room habitability	CRD
II.F.1	Accident-monitoring instrumentation	C/I			
II.F.2	Instrumentation for detection of inadequate core-cooling	C/I			
II.G.1	Power supplies for pressurizer relief valves, block valves & level indicators	P/PZ			
II.K.1	IE Bulletins				
(5)	Review ESF valves	QA			
(10)	Operability status	C/I			
(17)	Trip per low-level B/S	C/I			
II.K.2	Orders on B&W plants				
(13)	Thermal mechanical report on PV integrity	SA			

Note on Remarks

- O/O : Operator Organization
- O/T : Operator Training
- O/L : Operator Licensing
- O/P : Operating Procedures
- M/RCS : System Modification on RCS
- M/S : System Modification on Shilding
- M/AFW : System Modification on AFW
- M/C : System Modification on Containment
- P/PZ : Power Supply on Pressurizer
- C/I : Instrumentation and Control
- CRD : Control Room Design
- ERF : Emergency Response Facilities
- SA : Safety Analysis
- QA : Quality Assurance

以上の TMI 措置事項들을 그 内容別로 分類하면

- 1) 運轉要員에 關한 事項 : 9  
  組織事項 : 4  
  訓練事項 : 4  
  免許事項 : 1
- 2) 運轉節次에 關한 事項 : 8
- 3) 安全設備의 補完事項 : 15  
  計測制御系統 : 9  
  冷却系統 : 4  
  電力供給系統 : 2
- 4) 品質管理에 關한 事項 : 1
- 5) 非常計劃 對備事項 : 1
- 6) 其他事項 : 19  
  計測制御項目 : 7  
  安全分析項目 : 9  
  品質管理項目 : 3
- 7) 設備와 要員의 媒介 (Interface) : 4  
  制御室設計事項 : 2  
  非常對應設備 : 2

#### 나. 綜合的 開發의 必要性

ERF 電算系統은 運轉要員과 發電設備間의 Interface인 바, 같은 役割을 하는 制御室設計와 綜合的으로 開發되어야 할 것은 勿論이고 TMI 措置事項中의 安全設備의 補完에 關한 15個事項, 運轉節次에 關한 8個事項 및 運轉要員에 關한 9個事項과 分離하여 開發할 수는 없다. 特히 計測制御系統의 補完에 關한 9個事項 16個項目과는 分離되어 開發할 수 없다.

ERF 電算系統은 發電設備의 安全狀況에 關한 情報資料를 計測系統으로부터 蒐集하여 運轉要員에게 判讀하기에 좋은 樣式으로 處理하여 運轉遂行上 適時에 必要한 情報를 表示 (Display) 提供하는 것이다. 따라서 發電所 狀況에 다른 表示內容과 表示樣式 (Display Format)은 運轉員의 人間工學的 要素를 考慮하여 設計開發되어야 한다.

그러므로 ERF 電算系統은 上述한 TMI 措置事項과 綜合的으로 開發되어야만 하며 이와 같은 開發이 이루어져야만 余他 TMI 措置事項의

窮極的인 遂行目的인 原子力發電의 安全性確保를 期할 수 있다.

### 3. 安全規制上の 問題點

#### 가. 美國의 安全規制上の 問題點

美國은 原子力發電技術에 있어서 가장 앞서 있을 뿐만 아니라 安全規制에 있어서도 가장 完全에 가까운 法規, 規制指針 및 基準이 開發되어 있으며 그 遂行에 있어서도 NRC가 가장 많은 技術人力과 經費를 써서 가장 철저히 規制하고 있다. 그러나 美國에서 TMI-2 事故가 發生한 것으로 보아 安全確保가 가장 잘되어 있다고 볼 수는 없을 것 같다. 그 理由는 NRC 規制方式이 法規, 規制指針 및 基準에 立脚한 硬直된 官僚主義方式이었고, 規制를 받는 民間企業은 그들이 追求하는 經濟性과 政府가 要求하는 安全性은 相反關係에 있다는 概念을 가지게 된 데 있다고 보여진다. 美國政府가 原子力發電에 대한 安全規制를 하는 目的은 經濟的 利益을 追求하는 民間企業이 惹起시킬 可能性이 있는 原子力事故로부터 公共을 保護함에 있다.

따라서 原子力發電事業에 있어서 危險要素를 排除하기 위하여 民間企業을 制約하는 H的으로 詳細한 規制指針 및 基準을 開發하여 이에 立脚한 硬直된 規制를 施行하여 왔으며, 이와 같은 規制를 받게 된 民間企業은 安全性은 自己利益과 相反된 事項이란 概念을 가지게 되었다. 그 結果 電算機의 應用 및 生産技術에 가장 先進 美國이 原子力發電所의 計測制御系統의 電算化에는 가장 뒤떨어져서 制御室設計는 1960年代의 技術水準에 머무르게 하였다. TMI事故도 發電設備와 運轉要員과의 Interface인 計測系統 및 制御室設計가 落后되어 運轉員의 誤判으로 因한 誤運轉으로 事故를 擴大시켰다.

#### 나. 安全規制方式에 對한 考察

上述한 美國의 安全規制方式과는 對照的으로 캐나다 및 歐羅巴 諸國의 安全規制는 比較적 차임새가 없고 허술하다는 느낌이 든다. 이들의 規制指針 및 基準은 概念的인 것에 불과하며 規制範圍도 概括的이다. 그러나 이들의 原子力發電所의 建設 및 運營에 있어서의 安全性이 美國보

다 뒤떨어 진다고 볼 수 없으며 어떠한 면에 있어서는 오히려 앞서 있다고 볼 수 있다.

西獨은 運轉要員에 대한 資格基準 또는 免許制度가 없다. 그러나 美國보다 훨씬 資質이 높은 運轉要員이 確保되어 있고 더욱 철저한 教育訓練이 遂行되고 있다. 그리고 發電設備도 더욱 安全性이 높게 設計되어 왔다. 即 安全規制가 허술함에도 불구하고 安全性은 잘 確保되고 있는 것이 事實이다. 이것은 原子力發電事業主(電力會社)가 私企業的 性格보다는 公企業的 性格을 가지고 있어서 政府의 安全規制와 利害가 相反되는 對立的 關係가 아니고 公益을 共同으로 追求하는 協助的 關係에 있기 때문인 것으로 보여 진다.

原子力發電의 安全問題專門家の 見解로는 安全規制를 아무리 철저히 遂行하여도 安全性 確保上의 寄與도는 10%以下이며, 90% 以上은 事業主(發電會社)와 그의 專門技術用役會社 및 設備供給者의 安全性 向上을 위한 努力 如何에 달려 있다고 한다. 特히 發電設備와 運轉要員間의 Interface인 制御室 및 ERF 電算系統은 運轉要員의 組織, 訓練, 資質에 따른 人間工學的 要素와 發電設備諸般系統들의 機能特性上의 要件들을 綜合적으로 調和함으로써 所期の 機能과 安全性을 確保할 수 있는 것인 만큼 一律의인 規制指針 및 基準으로 規制할 수 없는 것이다. 이와 같은 問題는 政府의 安全規制機關과 事業主가 安全確保라는 共同目標를 向하여 協同하여 研究 開發하여야만 解決될 수 있다.

우리나라의 原子力發電事業主는 韓國電力公社로서 公企業體이다. 따라서 캐나다 및 歐羅巴 諸國과 같이 政府의 安全規制側과 共同利害關係임으로 安全確保上 協同關係가 이루어져야 마땅하다.

우리나라는 原子力發電所를 美國으로부터 導入하면서 安全規制方式도 美國方式을 따르게 되었으며 建設設計 및 發電設備의 製作供給도 美國의 民間企業이 主로 遂行하였다. 그 結果 原子力發電에 있어서 安全性과 經濟性은 相反關係이고 政府의 安全規制機關과 事業主는 利害

가 相反된 對立關係라는 誤解의 素地가 있으므로 事業主나 規制機關은 長期的인 眼目으로 經濟性보다는 安全性을 優位에 두는 品質保證基準의 精神을 實踐하여야 할 것이다.

公企業의 非能率을 是正하기 위하여 政府에서는 經營評價制度를 導入 強化할 方針으로 推進하고 있으나 形式的 計數上의 經營評價를 잘못하면 長期的인 眼目에서 安全性, 信賴性 向上을 위한 投資, 補修의 철저를 위한 費用支出에 인색해져서 政府가 意圖하는 큰 目的과 相反되는 結果를 招來할 可能性도 있으므로 이 點을 評價에서 留意하여 安全性, 信賴性 向上을 위한 投資는 獎勵가 되도록 하는 것이 바람직하다.

우리나라의 原子力發電事業은 國家公益事業으로서 經濟性과 安全性이 兩立되어야만 한다. 따라서 經濟性을 度外視한 安全規制를 할 수 없거나와 安全性을 無視한 發電事業도 있어서는 안된다.

그러므로 政府는 發電事業體(韓電)에게 自體資金으로 安全性을 確保하라고 強要할 것이 아니라 原子力發電事業費의 一部를 安全性確保를 위하여 專門研究開發機關에 直接 投資함으로써 安全設備의 開發, 設置活用을 期하여야 할 것이다.

다. 非常對應設備(ERF)에 대한 NRC規制動向

前述한 바와 같이 非常對應設備는 余他 TMI 措置事項들과 綜合적으로 補完되어야 하며 一律의인 規制基準으로서 이의 適否를 判定할 수 없다. NRC도 이와 같은 點을 考慮하여 NUREG-0737 : TMI Action Plan Requirements를 補充하여 SECY-82-1111로 Supplement 1 to NUREG-0737 : Requirements for Emergency Response Capability를 發表하였다. 그 內容을 살펴보면

#### 1) 關聯事項의 綜合的 評價

##### TMI 措置事項의

I.C.1 : Guidance for the Evaluation and Development of Procedures for Transi



ents and Accidents

I.D.1 : Control Room Design Reviews and Modifications

I.D.2 : Plant Safety Parameter Display Console

III. A.1.2 : Upgrade Emergency Support Facilities

III. A.2.2 : Meteorological Data

등과 관련하여

가) Safety Parameter Display System(S-PDS)의 設計

나) Regulatory Guide 1.97 Rev.2에 따른 Instrument Display의 設計

다) Control Room Design Review and Modification

라) Emergency Operating Procedures의 開發

마) Operating Staff의 訓練

들을 綜合的으로 評價하여 非常事態에 있어서의 全般的인 運轉能力의 向上을 期하게 한다.

2) 規制方式의 柔軟性

上記 問題와 關聯된 다음과 같은 規制上의 指針 및 基準은 個別條項別로 認許可上의 規制要件으로 取扱하지 않고 綜合的인 安全機能要件을 達成하기 위한 指導指針으로 考慮한다.

NUREG Titles

0696 : Functional Criteria for Emergency Response Facilities

0700 : Guidelines for Control Room Design Reviews

0799 : Draft Criteria for Preparation of Emergency Operating Procedures (to be superseded by NUREG-0899)

0801 : Evaluation Criteria for Detailed Control Room Design Review

0814 : Methodology for Evaluation of Emergency Response Facilities

0818 : Emergency Action Levels for Light Water Reactors

0835 : Human Factors Acceptance Criteria

for SPDS

0899 : Guidelines for the Preparation of Emergency Operating Procedures : Resolution of Comments on NUREG-0799

Regulatory Guides Titles

1.23 : Meteorological Measurement Program for Nuclear Power Plants (Rev.1)

1.97 : Instrumentation for Light-Water Cooled Nuclear Power Plants to Asses Plant and Environs Conditions During and Following an Accident

1.101 : Emergency Planning for Nuclear (Rev.2) Power Plants

#### IV. 開發活用方案

##### 1. 開發目標

TMI 措置事項中

가. 運轉要員의 組織, 訓練, 資格 등 運轉要員의 機能向上

나. 運轉節次(Operating Procedures)의 開發補完

다. 計測設備의 補完

라. 運轉要員과 發電設備間의 仲介機能을 가진 運轉設備의 補完에 關한 事項들을 非常對應電算系統을 中心으로 하여 綜合的으로 開發하여 活用케 함으로써

가. 綜合的인 非常運轉 및 運營機能의 向上에 의한 安全性 確保

나. 綜合的인 正常運轉機能의 向上에 의한 發電經濟性의 向上

다. 綜合的 開發에 의한 開發活用經費의 節減을 期한다.

##### 2. 開發內容

非常對應設備電算系統과 綜合的으로 開發活用하여야 할 具體的인 開發內容과 이에 關聯된 TMI 措置事項 및 開發上의 相互 關聯關係는 아래와 같다.

가. Simulator의 開發活用

- 1) TMI 措置事項：表 Ⅲ-2-1의 O/O, O/T, O/L 9個事項
- 2) 開發要件
  - 가) 發電設備 諸系統의 設計 및 技術仕樣
  - 나) 制御室 設計
  - 다) Plant Process 電算系統의 設計
  - 라) ERF 電算系統의 設計
- 3) 活用事項
  - 가) 運轉要員의 訓練 및 免許試驗
  - 나) 運轉節次의 開發 및 評價
  - 다) 制御室 設計, Plant Process 電算系統 및 ERF 電算系統에 대한 綜合的인 運轉機能評價

나. 運轉節次의 開發

- 1) TMI 措置事項：表 Ⅲ-2-1의 O/P 8個事項
- 2) 開發要件
  - 가) 發電設備 諸般系統들의 設計 및 技術仕樣
  - 나) 運轉要員의 組織 및 職務分擔內容
  - 다) 制御室 設計
  - 라) ERF 電算系統 設計
  - 마) 開發 評價上의 Simulator 活用
- 3) 活用事項：運轉要員의 組織 및 訓練

다. 計測制御系統의 補完

- 1) TMI 措置事項：表 Ⅲ-2-1의 C/I 11個事項 16個項目
- 2) 開發要件：關聯된 發電設備系統의 設計 및 技術仕樣檢討
- 3) 活用事項
  - 가) 制御室 設計
  - 나) Plant Process 電算系統 設計
  - 다) ERF 電算系統 設計
  - 라) Simulator 設計

라. 制御室 設計檢討評價 및 補完

- 1) TMI 措置事項：表 Ⅲ-2-1의 CRD2 個事項
- 2) 開發要件
  - 가) 發電設備 諸系統의 設計 및 技術仕樣

- 나) 計測制御系統의 設計 및 技術仕樣
- 다) Plant Process 電算系統의 設計
- 라) ERF電算系統의 設計
- 마) Simulator에 依한 試驗評價

3) 活用事項

- 가) 運轉要員의 組織, 訓練 및 Simulator 設計
- 나) 運轉節次의 開發
- 다) PPCS 設計
- 라) ERF 電算系統 設計

마. Plant Process 電算系統의 補完

- 1) TMI 措置事項：表 Ⅲ-2-1의 CRD 1 個事項
- 2) 開發要件
  - 가) 發電設備 諸系統의 設計 및 技術仕樣
  - 나) 計測制御系統의 設計 및 技術仕樣
  - 다) 制御室 設計
  - 라) ERF 電算系統의 設計
  - 마) Simulator에 의한 試驗評價
- 3) 活用事項
  - 가) Simulator 設計
  - 나) 運轉節次의 開發
  - 다) 制御室 設計
  - 라) ERF 電算系統 開發

바. ERF 電算系統의 開發

- 1) TMI 措置事項：表 Ⅲ-2-1의 ERF 3 個事項
- 2) 開發要件
  - 가) 發電設備 諸系統의 設計 및 技術仕樣
  - 나) 計測制御系統의 設計 및 技術仕樣
  - 다) 制御室 設計
  - 라) PPCS의 設計
  - 마) Simulator에 依한 試驗評價
- 3) 活用事項
  - 가) Simulator 設計
  - 나) 運轉節次의 開發
  - 다) 制御室 設計
  - 라) PPCS의 設計

### 3. 開發方式

#### 가. 綜合的 開發

上述한 開發內容들은 相互 密接히 關聯되어 있으며 開發上에 共通된 業務內容이 많다. 따라서 綜合的으로 開發함으로써

1) 相互 調和된 開發에 의한 綜合的인 安全運轉機能의 向上

2) 共通된 業務의 重複遂行을 排除함으로써 開發經費의 節減을 期한다.

#### 나. 開發事業 遂行機構

國內 專門研究所를 主体로 하여 韓電과 安全規制機關이 協助하고 先進技術用役社들과의 共同開發을 함으로써

1) 開發事業遂行을 通하여 外國先進技術의 導入 土着化

2) 國內 開發体制의 構成을 期함으로써

1) 後續發電所에 대한 制御室 및 PPCS와 ERF 電算系統의 標準設計의 開發을 可能케 하고

2) 開發된 設備의 活用補修上의 技術支援을 圓滑히 함으로써 原子力發電의 安全하고도 効率的인 運營과 經濟的인 建設을 可能케 한다.

### 4. 開發事業 推進內容

가. 豫備調查研究 : 外國專門技術用役社와 共用 : 2M\$ : 1年

1) 既存發電設備 및 運營体制에 대한 檢討 評價

가) 計測制御系統

나) 制御室 및 PPC 設計

다) 運轉節次 및 技術仕様(Technical Specification)

라) 運轉要員의 組織 및 資質

2) 關聯技術現況의 調査分析

가) 制御室 및 PPC 設計

나) 非常對應電算系統(ERF 電算系統)

다) 計測制御系統의 補完設計

라) 運營節次 및 運轉要員의 組織 및 訓練事項

3) 補完事項에 대한 開發 및 設計要件의 決定

가) 計測制御系統 補完設計

나) 制御室 補完設計

다) PPC 및 ERF 電算系統의 開發要件 및 設計基準

라) 運轉節次上의 補完指針

마) Simulator Design Base

나. 設計 開發 및 試作 : 專門製作社들과 共同開發 : 2年 : 18M\$

1) 計測制御系統의 補完設置

2) PPC 및 ERF 電算系統의 設計試作

3) 制御室 設計補完

4) 運轉節次의 一次的 開發

5) Simulator의 開發 및 一次的 製作

다. Simulator에 의한 試驗評價 및 補完 : 2M\$ : 6個月

1) 制御室, PPC 및 ERF 電算系統의 綜合試驗 및 評價

2) 運轉節次의 開發

3) 制御室, PPC 및 ERF 電算系統의 補完

4) Simulator의 補完

라. 設置活用 : 2個月 : 2M\$

1) Simulator에 의한 運轉要員 訓練

2) 制御室의 補完設置 : 1M\$

3) PPC 및 ERF 電算系統의 設置 : 1M\$

### 5. 所要資金

가. 補完事項의 個別的 開發

上述한 開發內容을 個別的으로 開發 設置 活用하는데 所要되는 資金을 美國內의 原子力產業界가 推算한 것은 아래와 같다.

1) 計測系統의 補完(II. F.1.2.3 및 Reg. G. 1.27 Rev.2) : 5~10M\$

2) 制御室 設計의 檢討評價 및 補完 : 2.5~5M\$

3) PPC의 補完 : 3~5M\$

4) ERF 電算系統의 開發 設置 活用 : 4.5~10M\$

가) 豫備調查研究 : 1M\$

나) 開發設計 : 1.5~6M\$

다) 試驗評價 : 1M\$

라) 設置活用 : 1M\$~2M\$

5) Simulator의 開發: 9~10M\$

6) 運轉節次의 開發: 1M\$

總計: 25M\$~41M\$

總所要資金은 既存設計上의 補完範圍에 따라 25M\$에서 41M\$이며 中間値는 33M\$이다.

나. 綜合的 開發

우리나라 原子力發電所의 既存設計上의 補完要件의 範圍가 美國의 中間程度라고 보고 提示한 綜合的 開發方式에 의한 所要資金은

1) 豫備調査研究: 2M\$

2) 設計開發 및 試作: 18M\$

3) Simulator에 의한 試驗評價 및 補完: 2M\$

4) 設置活用: 2M\$

總計: 24M\$

總計 24M\$로서 個別的인 開發上 所要資金合計 33M\$보다 9M\$ 節減된다.

## V. 結 論

非常對應電算系統(ERF Computer System)은 安全運轉과 非常計劃運營上 發電設備과 運轉 및 運營要員間의 媒介役割을 하는 것으로 TMI 措置事項의 核心課題이며 安全確保上의 關鍵設備이다. 따라서 歐美諸國의 LWR發電所에 있어서는 이미 必要性의 檢討段階를 지나 開發되었으며 開發된 設備의 試驗評價段階 또는 設置活用段階에 있다. 이와 같은 歐美諸國의 開發經驗에 비추어 볼 때 앞으로 우리나라에서 非常對應電算系統(ERF Computer System)을 開發活用함에 있어서 考慮되어야 할 點은 아래와 같다.

1. 非常對應電算系統은

가. 運轉要員의 訓練 및 資質向上에 必要한

Simulator

나. 計測制御系統의 補完

다. 制御室 및 PPC의 設計檢討評價 및 補完  
라. 運轉節次의 開發

과 더불어 綜合的으로 開發하고 綜合的인 安全運轉 및 運營技能을 向上시킴으로서 實質的인 安全性 確保를 期하여야 한다.

2. 以上과 같은 綜合的인 安全機能은 一律的인 安全規制基準으로 評價할 수 없으며 規制될 수 없다. 따라서 實質的인 安全確保는 事業主와 安全規制機關이 國家公益을 위한 共通된 利害關係에서 相互 協助하여 安全機能의 向上을 위한 開發을 追求하여야만 한다.

3. 따라서 政府의 安全規制機關이 韓電에게 短期收支実績에 基準한 經營評價上의 赤字要因으로 부각될 安全確保上의 投資를 強要할 것이 아니라 政府가 原子力事業費의 一定率을 國內政府出捐 研究開發機關에 直接 投資하여 安全設備의 研究開發을 遂行케 하면 安全規制機關과 韓電은 共同利害關係에 놓이게 되므로 安全性 提高를 위하여 相互 協助하게 될 것이다.

4. 政府出捐 研究機關은 安全規制機關 및 韓電의 協助를 얻어 國內 技術人력을 最大限으로 活用하고 外國技術을 選定 導入하여 ERF 電算系統 및 關聯事項을 綜合的으로 開發 活用함으로써

가. 所要資金의 節減

나. 活用上의 技術支援의 自立

다. 關係技術의 事業參與에 의한 導入定着화  
라. 後續發電所에 대한 國産化

마. 制御室, PPC 및 ERF 電算系統의 標準設計의 開發을 期하여야 한다.

→ (29page에서 계속)

는 電線, 塗裝 등과 같이 얇은 것의 照射에 이용된다. 그러나 방사선強度가 대단히 높으므로 照射必要時間은 일반적으로 數秒에서 數分이다.

加速器의 원리는 電子를 電界의 힘으로 加速하게 되어있는데 그 방식에 따라 Cockcroft型,

Van de Graaff型, linac型 등 각종의 장치가 개발되어 있다. 照射의 공업적이용을 위해서는 大容量의 가속기가 필요한데 최근에는 에너지 1MeV에서 100mA(출력 100kW), 3MeV에서 25mA(출력 75kW)라는 大容量加速器가 생산되고 있다.