

# 原電運轉管理시스템의技術動向

## I. 新型中央制御盤

### 1. 序 論

原子力發電에서 運轉管理시스템은 運轉員의 負擔과 큰 관계가 있으며, 나아가서는 운전의 信賴性·安全性에 대해서도 영향이 多大하므로 여러가지의 어프로치로 改善努力이 推進되어 왔다.

먼저, 원자력발전 운전관리시스템의 중심이 되는 中央制御盤에 대한 人間工學的 觀點에서의 改良이 있다. 플랜트 운전상태의 신속한 認識과 正確한 運轉操作을 도우며 운전관리의 信賴性 向上을 목적으로 하는 것이다. 또한 近年에 와서는 電算技術應用을 추진하여 加一層 監視性의 향상을 도모함과 동시에 플랜트 상태에 따른 운전가이드를 제공하는 등 運轉支援機能의 개발이 추진되고 있다.

다음은 운전관리시스템의 발전중에서 中央制御盤의 改善努力을 중심으로 소개한 것이다.

### 2. 新型中央制御盤의 開發

日本에서도 原子力發電이 도입되었을 당초에는 中央制御盤에 대해서도 기본적으로 수입된 original 設計를 踏襲하는데, 그중에서도 盤面의

레이아웃, 用品選定에 의해 man·machine性 確保向上의 努力이 이루어져 왔다.

한편 이것과 병행해서 日本의 慣習 등에 적합하도록 中央制御室과 制御盤의 抜本的인 개량연구도 행해졌다. 原子力發電所는 集中監視, 集中制御의 概念으로 설계되어 있다. 發電所 1基當의 發電容量이 增大하고 또 安全性 向上을 위한 시스템이 복잡화되면 中央制御盤이 膨脹하는 경향이 있으므로 man·machine性을 약화시킬 우려가 있었다. 上記의 개량연구는 이 점에 대응하는 것이다.

1979년 3월 미국에서 TMI 사고가 일어나서 原因究明이 진행됨에 따라 원자력발전소의 man·machine性 개선이 강하게 요구되어 上記 개량연구의 實機適用이 추진되었다. 이것이 日本의 新型中央制御盤이다. BWR의 경우에는 PODIA (東芝), NUCAMM(日立)이 있는데 東京電力(株) 福島第2 原子力發電所 3號機와 柏崎刈羽原子力發電所 1號機가 이미 實運用に 제공되고 있으며, 福島第2 原子力發電所 4號機 및 中部電力(株) 浜岡原子力發電所 3號機가 곧 運用될 것이다.

PWR의 경우에는 MEDIC 2000(三菱)이 있으며 日本原子力發電(株) 敦賀 2號機부터 순차적으로 건설, 계획플랜트에 적용되고 있다.

이들 新型中央制御盤의 개발은 모두 人間工學的 檢討에 입각하고 있으며, 다음과 같은 공통점을 가지고 있다.

① 通常運轉操作을 적정한 值數의 獨立된 盤에 集中하여 人間工學的 檢討를 토대로한 설계를 한다.

② 運轉監視을 위한 情報提示를 CRT 중심으로 한다.

다음에 PWR에 대한 新型制御盤의 설계를 소개한다.

### 3. PWR의 新型中央制御盤

#### 3.1 新型制御盤의 設計方針

PWR의 新型中央制御盤은 플랜트의 안전성, 신뢰성을 높이기 위해 運轉操作性, 監視性的의 加一層 향상, 운전원 부담경감과 man-machine interface의 강화를 도모하는 것을 목적으로 하고 있다.

이 목적을 실현하기 위해서 다음 세가지를 설계목표로 하며 또한 자동화시스템의 채용을 도모함으로써 이것들을 유기적이고 합리적으로 결부시켜 中央計裝制御시스템을 개선하고 있다.

(1) 中央制御盤의 盤配列은 운전상 가장 使用頻度가 높은 通常運轉을 중심으로 생각하며, 主盤과 補助盤으로 分割하고, 盤面에 설치하는 스위치, 計器類는 통상운전 이외의 운전모드도 고려하여 操作監視의 중요성, 긴급성을 감안해서 배열한다.

(2) 플랜트의 상태파악을 위해서 電算技術을 유효하게 활용하여 判斷, 予測 등의 기능향상을 위해 CRT를 주체로한 감시시스템을 적용한다.

(3) 中央制御盤, CRT表示시스템에는 人間工學設計가이드 라인에 따라서 人間工學的의 適用評價를 행한다.

#### 3.2 制御盤으로의 人間工學 適用

新型中央制御盤은 溫態停止狀態에서 全出力運轉까지의 監視操作을 행하는 主盤, 起動停止 및 事故對應의 조작을 主体로 하는 原子爐補助盤, 터빈發電機의 起動前後操作을 행하는 터빈發電機 補助盤 등 세가지로 分割되어 있으며, 각각에 대해서 人間工學을 적용시키고 있다(그림1 참조).

(1) 의자 자세에 의한 1入操作이 가능한 主盤으로 하기 위해 身體計測值를 다음과 같은 조건으로 반영하고 있다.

- 監視制御員의 計測值(JEM-1980)와 기타의 데이터에서 5 및 95 Percentile值를 求하여 각각의 值數를 만족시키는 盤形狀으로 할 것.

- CRT의 中心線은 앉아 있는 운전원의 通常視線에 가깝게 할 것.

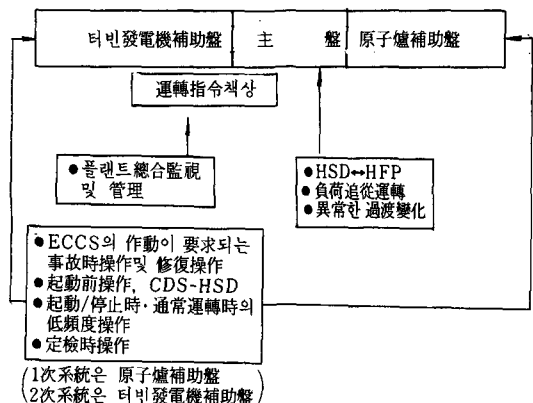
(2) 盤面設置器具인 操作 모듈과 램프記錄計등의 형상 및 盤面配置는 다음과 같이 하고 있다.

- 操作監視의 과오를 적게하기 위해 色彩·操作方向·배치·사이즈·라벨링 등의 人間工學的의 Coding을 적용한다.

- 운전원, 설계자를 대상으로한 조사에서 求한 Stereotype data를 설계에 반영시킨다.

- 盤面器具는 系統的인 배열을 행하며 mimic line, demarcation line, dlock 나누기의 적용을 행하여 선택하기 좋게 한다.

〈그림 1〉 中央制御盤의 構成과 機能



• 警報表示는 重要度에 따라서 4色으로 구분하고 일부에 警報抑制시스템을 적용하고 있다.

### 3.3 CRT表示시스템으로 人間工學 適用

운전원은 監視·判斷·操作·確認 등 일련의 역할이 요구되므로 CRT로 부터의 정보제공에 대해서는 表示色·型態 등의 視認性에 관한 것 이외에 상태의 파악, 상황 판단 등에 필요한 정보의 集中集約化 등 認知工學에 관한 점도 고려하고 있다.

(1) CRT로 표시되는 정보는 관련정보를 그룹화하여 플랜트綜合監視用, 系統狀態감시용, 主要機器상태감시용으로 綜合에서 詳細로 3단계로 나눈 階層化를 도모함으로써 플랜트 狀況의 용이한 파악, 異常의 早期發見, 事象의 正確한 判斷을 가능하게 하고 있다(그림2 參照).

이 정보의 體系化는 각 운전 모드에서 운전원의 認知프로세스를 情報分析하여 구해서 운전원의 思考形態에 맞도록 설계하고 있다.

(2) 정보의 표시방법은 視認性을 향상시키기 위해서 色形狀 등의 코드를 사용해서 全画面을 통해서 “明瞭性과 一貫性”을 원칙으로 하고 있다. 또한 운전원이 필요로 하는 情報形態(定性, 定量, 狀態 등)가 운전모드에 따라 다르므로 表示画面, 表示方式를 각각에 적절하도록 설계하고 있다.

(3) CRT画面의 request 방법은 入力操作의 정확함, 신속성, 하드웨어의 특성, 身體計測值의 滿足度 등에서 판단하여 1画面 1操作의 one push 方式을 원칙으로 하고 있으며, 또한 운전상황에 따라서 優先度가 높은 정보는 자동표시가 적용되며 画面으로의 access가 쉽게 행해지도록 하고 있다.

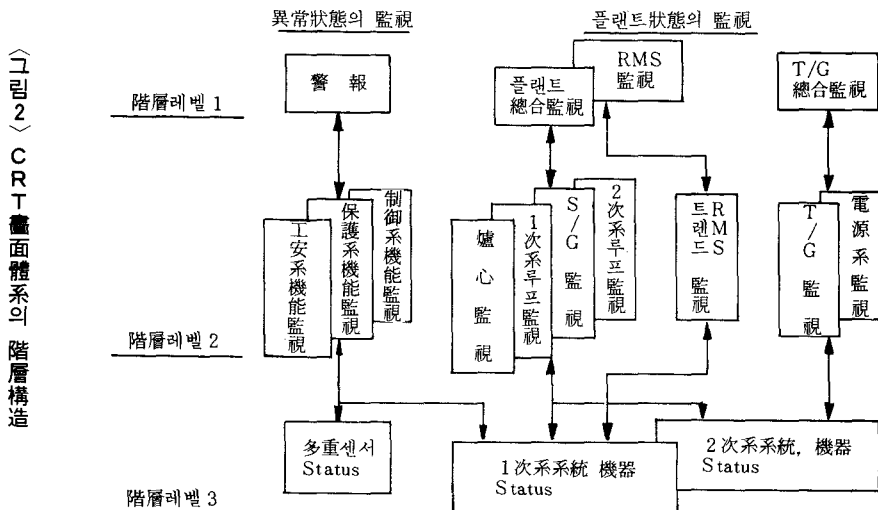
(4) 電算機기능의 활용에 의해 異常時와 事故時에 작동하는 설비의 대기상태, lineup 및 각종 制御系統의 작동상태 등에서 異常의 파악을 용이하게 하는 White-board 효과를 받아들이고 있다.

### 3.4 플랜트自動化시스템

원자력플랜트는 起動, 停止運轉 및 出力運轉時의 定期試驗時가 일반적으로 운전조작이 集中한다. 플랜트補助機 조작의 簡略化와 自動化를 도모함으로써 운전원의 誤判斷, 誤操作 등의 發生確率 감소와 省力化, 스트레스 減少라는 효과가 있고 또한 操作器具의 감소 등에 의한 盤크기의 축소화도 가능하게 된다. 이와 같은 것으로 給水制御系統의 自動化, 負荷追從運轉, 補助機類의 自動化, 터빈의 自動起動 停止 등 각종의 自動化를 적용하고 있다.

### 3.5 電算機시스템

新型中央制御盤의 電算機시스템은 CRT가 主



体的인 운전감시 기능을 맡기 때문에 전산기시스템구성으로 하여 다음 사항을 고려해서 설계하고 있다.

(1) 충분한 처리능력(빠른 實時間応答性, 監視周기의 단축 등)과 高稼働率을 가지며, 單一故障이 시스템에 파급하지 않을 것.

(2) 保守的 및 신규기능의 추가변경시에 전산기시스템의 정지범위와 기간이 최소가 되도록 할 전산기시스템은 機能分散處理構成으로 하고, 主要部(프로세서入出力 프로세서, 데이터 웨이 등)는 2중화하고 있다. 또 CRT의 고장에 대해서는 當該 CRT画面을 다른 CRT 프로세서로 구동되는 인접CRT에 표시함으로서 單一機器의 고장에 의해 플랜트가 감시불능에 빠지지 않게

하고 있다.

#### 4. 結 論

原子力發電所 man·machine system의 中樞로서 中央制御盤은 人間工學的 觀點에서 여러가지의 개량을 加해서 현재의 원자력플랜트에서 가동중에 있다.

중래의 제어반에 비해 운전원의 부담감감, 플랜트情報集約에 의한 운전원의 판단지원에 대한 유효하다는 평가를 얻고 있다.

앞으로는 더욱 현장운전원의 운전경험을 반영시키고 최신 기술의 도입을 도모함으로서 더욱 man·machine 性이 우수한 중앙제어감시 시스템의 개발·적용이 도모될 것이다.

## II. 인스트럭션 시스템

### 1. 序 論

인스트럭션 시스템은 원자력발전소의 主要系統에서 발생하는 異常을 On line으로 診斷하여 異常原因과 그 대책을 운전원에게 적절히 제공하여 운전원을 지원하는 것을 목적으로 하는 것이다.

이 시스템은 원자력발전소의 運轉信賴性 및 稼働率의 何上을 도모하는 목적으로 실시 되는데 일본의 경우에는 日本通商産業省 補助事業 “原子力發電支援시스템開發”의 일부로 1980년도부터 5개년으로 개발되어 현재 實機適用을 검토하고 있다.

### 2. 인스트럭션 시스템의 開發方針

인스트럭션 시스템 개발목표는

(1) 원자력발전소에서 故障, 事故를 未然에 방지한다

(2) 원자력발전소에 異常·事故가 발생했을 때

보다 容易하게 그 상황을 인식할 수 있으며, 또 한 적절한 대응조치가 취할 수 있게 한다 등이다.

이 목표에 對應한 인스트럭션 시스템을 實機에 適用하는 경우 그 맨·머신 인터페이스가 CRT를 主体로 하고 있으므로 新型制御盤과 이 시스템을 組合시킨 綜合시스템을 基本概念으로 하여 각각의 시스템의 역할을 다음과 같이 했다.

(1) 新型中央制盤은 CRT를 대폭 活用하여 각종 플랜트 정보를 운전상태에 맞추어서 좋은 효율로 選擇·集約·集中 시켜서 운전원에 제공한다.

(2) 인스트럭션 시스템은 異常時, 事故時에 그 원인이 되는 事象 혹은 現狀을 진단한다.

이 결과에 따라서 플랜트의 정보와 操作가이드 정보를 新型制御盤의 기능에 附加해서 제공함으로서 운전원의 종합적인 플랜트狀況 판단과정을 지원하려는 것이다.

인스트럭션 시스템의 기능을 通常狀態에서 異常事象의 發生에서 운전원의 역할을 고려해서 그림 1에 展開했다.

(1) 플랜트 運轉條件의 確立

정상 운전조작의 지원 및 異常·事故의 발생에 대해서 설계한 대로 플랜트의 各種機器가 應答可能하도록 운전조건의 확립을 확인한다.

(2) 異常의 發生防止와 影響의 輕減

이상·사고가 되도록 발생하지 않도록 또한 이상·사고의 발생시는 이에 계속되는 過渡事象의 緩和를 도모하도록 운전을 지원한다.

(3) 플랜트 安全機能의 확보 및 사고의 수습

이상·사고가 발생하면 그 事象이 확대 되지 않도록 플랜트의 상태를 안전 상태로 유도하는 것을 지원한다.

이 機能展開에 따라서 인스트럭션 시스템이 개발되었는데, PWR에서의 기능개요는 다음과 같다.

3. PWR 인스트럭션 시스템

3.1 診斷가이드 시스템의 機能

진단가이드 시스템은 다음의 4 가지 기능으로 구성되어 있는데, 각각의 기능은 다음과 같다.

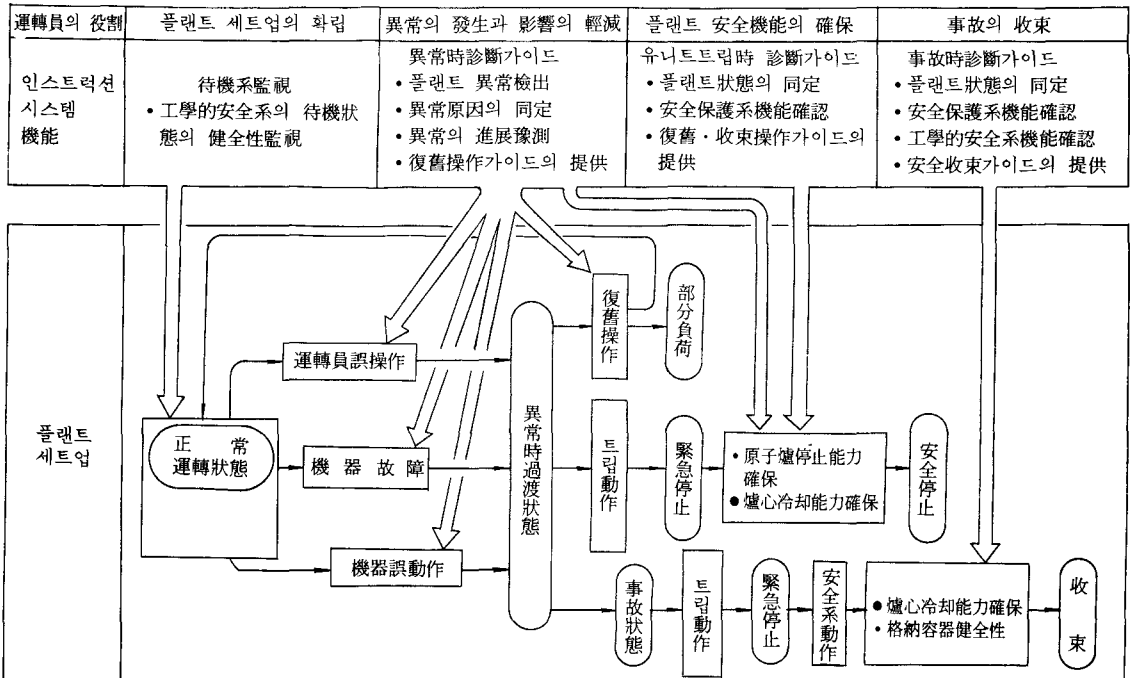
(1) 待機系監視機能

緊急時 事故時에 작동할 필요가 있으며, 通常 運轉中에는 대기상태에 있는 工學的安全系 혹은 安全保護系가 안전동작이 요구되었을때에 作動이 가능한 상태에 있는가 여부를 常時 감시하는 기능이다.

대상이 되는 공학적안전계 또는 안전방호계의 스위치위치·밸브위치·電源의 유무 및 각종 프로세스량을 계속 감시하여 이들의 基準狀態, 基準値와 비교해서 異常이 발견되었을때에 이상상태 및 操作가이드를 出力한다. 이 기능에 의해 운전원은 待機系의 異常을 早期에 발견할 수 있다.

(2) 異常時 診斷가이드機能

(그림 1) 플랜트 狀態에 따른 IS의 機能展開



플랜트의 통상운전중에 무엇인가 異常이 발생했을 때에 운전원이 警報·指示計·表示燈 등에 의해서 이상을 認知해서 플랜트의 상태를 판단하여 적절한 대응조치를 강구할 필요가 있다. 이 기능은 이와 같은 경우의 異常을 早期에 檢知하여 그 원인을 認知하고 적절한 操作가이드와 함께 異常의 波及予測情報를 出力하여 운전원의 판단·조작을 지원한다. 진단대상으로 하는 事象은 플랜트의 기본적 기능에 영향을 주는 것에 관하여 검토해서 表 1 과 같은 범위의 것으로 選定했다.

異常時診斷가이드 機能은 CTT (Cause Consequence Tree : 因果樹木)를 사용한 진단법을 채용하고 있다. 이것은 미리 실시한 故障解析의 데이터에 따라서 事象間·파라미터間的 因果關係를 수목의 형태로 표현한 플랜트 데이터베이스와 시시각각의 플랜트운전데이터를 組合시켜서 진단하는 방법이다. 또한 이 진단에서는 시스템 및 콤포넨트 레벨의 모델比較法을 供用하여 診斷確度를 높이고 있다.

(3) 트립時 診斷가이드機能

플랜트의 트립이 발생했을때에 운전원은 다수의 플랜트정보를 감시하여 운전상태를 판단하고

對應을 행할 필요가 있다. 또한 트립後에는 발생원인의 구명과 트립에 따르는 自動作動機器의 작동상황 확인 및 필요한 조작을 실행하여야 한다 이와 같은 기능이 진단 logic에 의해서 실행되며, 진단은 트립발생 시점부터 개시되어 다음과 같은 기능을 가진다.

- 트립原因診斷
- 트립時 플랜트 상태의 識別
- 트립後의 플랜트 異常診斷 및 操作가이드
- 主要 파라미터에 의한 이상진단 및 操作가이드

(4) 事故時 診斷가이드機能

安全注入系統設備 作動信號가 發信되었을 경우는 사고 상태로 想定되어 트립發生時와 마찬가지로 운전원은 다수의 플랜트정보를 감시하면서 대응조치를 취할 필요가 있다. 이 조치는 ①安全系統의 自動作動機器狀態의 확인, ② 事故事象의 識別, ③ 事故後에 取해야 할 手動操作의 실행이다.

운전원에게 요구되는 이와 같은 작업을 적절하게 정확히 실행할 수 있도록 이 가이드 기능은 안전주입 계통설비 작동신호가 발생하는 시점에서부터 개시하여 다음의 기능을 logic에 따

〈表 1〉 異常時 診斷의 對象 範圍

大 分 類 事 象	具 體 事 象	系 統
爐心出力制御에 影響을 주는 事象	制御棒의 異常驅動 1次冷却材 硼酸濃度の 異常變化	制御棒制御系 化學體積制御系
爐心冷却能力에 影響을 주는 事象	1次冷却材의 펌프異常 1次冷却材 壓力的 異常變化 蒸氣發生器保有水の 異常變化	化學體積制御系補機冷却系 加壓器壓力制御系 主給水制御系 主蒸氣系
1次冷却材保有水量에 影響을 주는 事象	加壓器水位의 異常變化 體積制御탱크異常	加壓器水位制御系 化學體積制御系
原子爐格納容器內로 1次冷却材의 放出우려가있는 事象	加壓器릴리프탱크異常	1次冷却系
主要機器의 機能維持에 影響을 주는 事象	補機冷却系의 異常	補機冷却系
蒸氣發生器水位에 影響을 주는 2次系事象	給水流量의 異常變化	給水系
터빈 및 補機의 運轉에 影響을 주는 事象	脫氣器水位의 異常 主터빈系의 異常 드레인系의 異常 冷却水系의 異常	復水系 主터빈系 드레인系 冷却水系

라서 실행한다.

- 自動作動機器·系統狀態의 확인
- 事故事象의 推定
- 사고후의 異常診斷 및 操作가이드
- 주요 파라미터에 의한 이상진단 및 조작가이드

### 3·2 맨·머신 시스템

인스트럭션 시스템 맨·머신 시스템은 운전원에 대한 최종진단 정보의 提供部이며, 운전원에 의한 정보의 入手라는 점에서 가장 중요한 부분이므로 新型制御盤의 정보체계와 統合해서 다음

과 같은 설계원칙으로 一元화된 情報体系로 했다.

(1) 플랜트 전체에 걸친 表示体系는 新型制御盤의 表示体系를 基本으로 한다.

(2) 인스트럭션 시스템의 出力은 플랜트의 異常狀態에 관한 警報情報로 취급한다.

(3) 인스트럭션 시스템의 出力情報와 관련된 정보표시는 全体表示系에 포함시킨다.

또한 정보제공 방법으로는 高密度의 폴 그래픽 CRT를 채용함과 함께 일부 주요 가이던스 메시지는 音聲告知裝置를 사용함으로써 상태의 인식을 용이하게 하고 있다.

## Ⅲ. 맨·머신 시스템

### 1. 시스템의 概要

#### 1·1 시스템開發의 目的

原子力發電所의 中枢인 中央制御室內의 制御 시스템은 制御盤의 맨·머신性 改善·運轉制御性 향상 등 여러 면에서 개선이 도모되며 또한 新技術의 적용이 도모되고 있다.

원자력발전플랜트의 맨·머신 시스템 개발은 원자력발전소의 모든 면에서 더욱 강력하게 운전원의 판단을 지원하는 것을 목적으로 개발되는 것이다.

#### 1·2 시스템의 概要

원자력발전플랜트의 맨·머신 시스템은 플랜트 데이터 베이스와 推論엔진으로서 되는데, 이 플랜트 데이터 베이스에 설계시에 계획 작성된 運轉節次 등을 수록함으로써 운전원의 Rule-based의 행동을 지원하는 시스템을 구축하는 것이 쉬워진다. 이 시스템은 Expert System의 設明機能에 의해 운전원의 問議에 충분히 답할 수가 있다고 기대된다. 플랜트 데이터의 擴張性에 의해 시스템의 柔軟性, 擴張性도 기대된다.

한편 노련한 운전원이 갖고 있는 운전의 know

how는 앞으로 Expert System의 知識獲得手法의 있다고 기대된다. 플랜트 데이터의 擴張性에 의해 시스템의 柔軟性, 擴張性도 기대된다.

한편 노련한 운전원이 갖고 있는 운전의 know how는 앞으로 Expert System의 知識獲得手法의 전진에 의해 이들이 널리 플랜트 데이터 베이스화되는 것이 기대된다.

특히 지원의 要求가 높은 knowledge-based의 행동은 인간의 直觀, 適應力 등과 관련하고 있어서 대단히 복잡하다. 이것은 이 행동이 설계시에 想定하지 못했던 未知事象도 취급하는 것이며, 통상의 플랜트 구조·기능에 관한 모델의 틀을 넘은 illdefined의 문제를 취급할 필요가 있다. 인간이 갖고 있는 抽象-具象의 여러가지 레벨에서 문제를 파악하는 방법, 假設檢定에 따라서 문제해결 등이 밝혀지고 있다. 이 knowledge-based의 행동을 적절히 지원하기 위해서는 운전원이 플랜트 모델을 적절히 리드할 수 있도록 정보를 제공할 것, 이 모델에 대응한 정보를 제공하는 것이 우선 생각된다.

knowledge-based의 행동에 관한 Expert system

의 적용에는 knowledge-based 행동에 대한 앞으로의 解明에 기대되는 것이 크나, 이미 記述한 것처럼 운전원의 思考에 적합한 정보를 제공하기 위해 운전원의 행동모델을 데이터로 수집한 Expert System이 기대된다.

이 시스템은 운전원의 對應, 특히 정보요구행위에 따라서 지금 무엇을 운전원이 생각하고 있는가, 어떠한 정보를 바라고 있는가를 플랜트데이터의 데이터에 따라서 推定하여 적절한 정보를 운전원에게 제공하는 것이다. 직접 플랜트의 異常診斷(knowledge-based level)을 행하는 외에 운전원의 진단과정을 적절하고 정확한 정보제공에 의해서 지원하는 것도 중요한 것이며, 이 기술은 Rule-based 행동으로 지원에도 유효하며 利用者에게 친숙한 맨·머신 인터페이스를 가능하게 할 것으로 기대된다.

knowledge-based의 행동에 있어서는 대상 플랜트의 기능·구조 외에 설계자의 설계의도, 검토범위, 설계근거 등도 異常診斷의 중요한 근거가 된다. 이들은 깊은 지식에 속하는 것이며 그 表現, 이에 따르는 推論方法 등은 앞으로의 개발에 기대되는 바가 크다.

以上을 정리하면 시스템 전체에 대한 요구사항으로는 다음 2가지로 集約된다.

(1) 운전원이 문제해결을 위해 이미 축적되어 있는 플랜트 데이터를 驅使하며 또한 운전원이 갖고 있는 데이터들도 통합한 形式으로 문제해결을 할 수 있는 機械系이어야 한다.

(2) 이들 일련의 문제해결을 위한 節次가 인간의 応答性を 고려한 다음에 적절한 시간내에 처리할 수 있을 것이 필요하다.

원자력발전플랜트 맨·머신 시스템의 機能構成圖는 플랜트 데이터 베이스, 플랜트 정보 및 3개의 서브시스템(플랜트데이터 編輯支援시스템, 運轉操作判斷시스템, 最適運轉監視시스템)으로 구성된다.

(i) 플랜트 데이터 베이스

이 시스템에서 사용되는 모든 지식을 포함하고 있으며 플랜트設計圖書 등의 문서화 된 지식에 추가해서 플랜트의 운전경험에서 얻어 지는 지식·대상의 物理的 特性和 機能·動特性的의 깊은 지식·운전원의 思考過程에 관한 지식 등을 포함한다.

(ii) 플랜트 情報

대상 플랜트에서 入力되는 프로세스 데이터, 機器狀態信號 등의 値이다.

(iii) 플랜트데이터編輯管理시스템

入力支援모듈 및 편집관리 모듈로 구성된다.

(iv) 運轉操作判斷시스템

운전조작판단관리모듈, 상태예측모듈, 플랜트 상태推定모듈, 플랜트상태예측모듈 및 操作가이던스모듈로 구성된다.

(v) 最適運轉監視시스템

應答質問管理모듈, 情報表現管理모듈로 구성된다.

## 2. 플랜트 데이터編輯管理시스템

### 2.1 시스템의 機能

플랜트데이터編輯管理시스템은 플랜트에 관한 데이터, 전문가가 가지고 있는 노하우 등을 대규모의 플랜트 데이터 베이스로 관리·구축하는 것이다.

이를 위해 여러가지 형태로 존재하는 데이터를 入力하여 계산기에서 이용할 수 있는 형태로 變換·表現하는 플랜트데이터入力機能, 入力플랜트 데이터의 正當性, 整合性 등을 체크하여 대규모의 플랜트 데이터 베이스로 구축을 도모하는 온라인推論實行時的 효율향상을 도모하기 위한 데이터의 表現形式을 변환하는 데이터 베이스編輯機能을 가진다.

### 2.2 시스템構成

시스템구성을 그림.1에 나타내었다.

入力支援모듈은 문제해결(推論)에 필요한 여러가지 플랜트 데이터를 入力한다. 대상이 되는



플랜트 데이터는 크게 2 종류로 大別된다. 第1은 엔지니어 등의 경험에 따르는 문제해결의 노하우이며, 第2는 설계도서 등에 기재되어 있는 대상 시스템의 구조, 기능 등에 관한 데이터이다. 특히, 前者의 노하우는 전문가와의 인터뷰에 의하는 등 對話를 통해서 얻는 것이 主가 되며 데이터의 分析, 獲得을 촉진하기 위해 데이터入力支援시스템이 있다. 데이터入力시스템은 데이터의 入力·形式變換을 행하는 editor, 入力된 데이터의 構文的인 error check를 하는 debugger를 포함한다.

편집관리모듈은 대규모의 플랜트 데이터 베이스를 효율적으로 구축하여 高速 access의 요구에 答함과 함께 데이터사이의 整合性, 一貫性을 유지하고 리던던시, 矛盾性을 排除하고 온라인의 이용 형태에 적합한 데이터베이스의 편집관리를 한다. 서브機能의 하나인 檢證機能에서는 프레임型表現言語를 갖는 inheritance(性質繼承) 기능을 高度化함으로서 새로 入力한 데이터의 正當性, 리던던시, 整合性을 체크한다. 格納機能은 檢證된 데이터를 적절한 표현형태에 의해 데

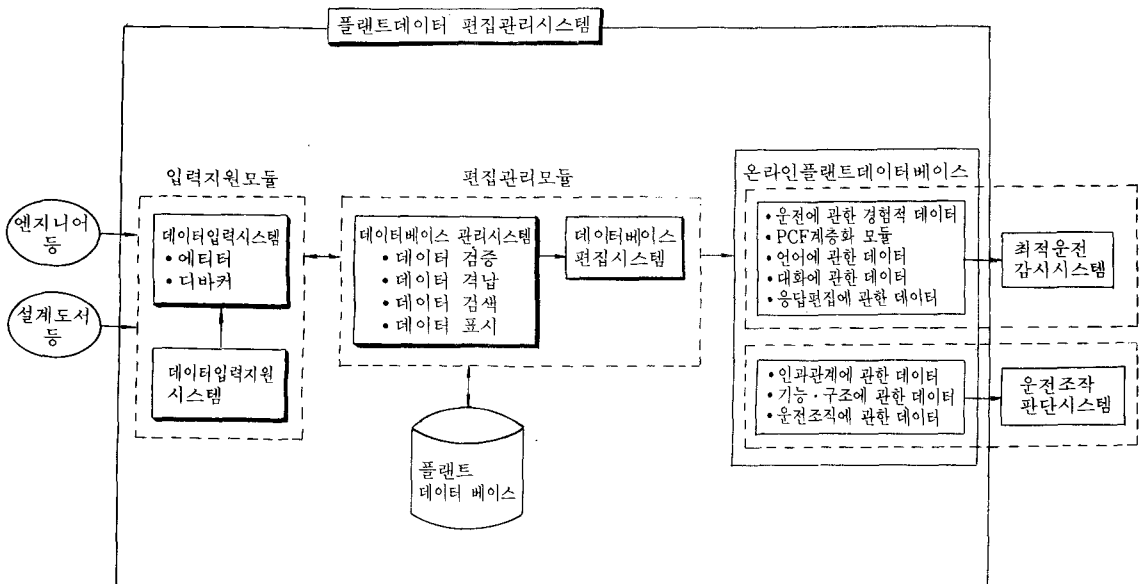
이터 베이스에 등록한다. 또 檢索機能은 데이터檢證時 혹은 데이터의 表示要求時에 데이터베이스를 효율적으로 검색해서 요구에 答한다. 이들이 데이터베이스管理시스템으로 統合되고 있다. 데이터베이스編輯시스템에서 온라인推論의 高速化를 목적으로 해서 표현형식의 變換, 즉 production rail의 경우에 네트워크형식으로서의 變換 데이터 베이스의 모듈化에 의한 檢索空間의 削減 등을 하여 온라인 플랜트 데이터 베이스를 구축한다.

이들은 이용의 목적에 따라서 분리되어 있으며 運轉操作判斷시스템, 最適運轉監視시스템에서의 온라인推論에 제공된다.

### 2.3 시스템 動作例

이 시스템의 기능을 확인하기 위해 프로토타입시스템을 작성하여 릴리프安全밸브漏洩사고를 例로 들어 應答을 평가했다. 그림 2는 관련된 데이터 베이스의 일부를 나타낸 것이다. 最上段은 外部電源(OFFSITE POWER)의 프레임 構成의 例로 發電機出力低下(GEN, POWER, L W)와 起動用變壓器로의 切替定了(POWER, S

〈그림 1〉 플랜트데이터編輯管理시스템의 構成



〈그림 2〉 데이터 베이스의 表示例

```
(PUTPROPS OFFSITE, POWER FRAME (OFFSITE, POWER (IE-A (VALUE AND NODE)
(IN, NODE (VALUE GEN, POWER, LW POWER, SWITCH) )
(EXPLAIN (VALUE 324) )
(OUT, NODE (VALUE GEN, POWER, DOWN) )

(PUTPROPS GEN, POPER, DOWN FRAME (GEN, POWER, DOWN (IS-A (VALUE OR, NODE) )
(IN, NODE (VALUE OFFSITE, POWER ONSITE, POWER) )
(EXPLAIN (VALUE 323) )
(OUT, NODE (VALUE T, TB, TRIP) )
```

WITCH)와의 論理積에 의해서 OFFSITE POW ER의 眞僞가 판단되는 것을 나타내고 있다.

### 3. 運轉操作判斷시스템

#### 3.1 시스템의 機能

운전조작판단시스템은 플랜트 데이터를 감시하여 플랜트의 상태를 판단하고 운전조작에 필요한 정보를 生成하는 것이다.

이 시스템은 플랜트에서의 異常 혹은 그 徵候를 早期에 검출하여 異常, 事故와 그 원인을 同定하는 기능, 즉 진단기능과 異常, 사고의 擴大를 방지하고, 또는 終息시키기 위해 필요한 운전조작방법을 제시하는 기능, 즉 操作가이던스

기능이다.

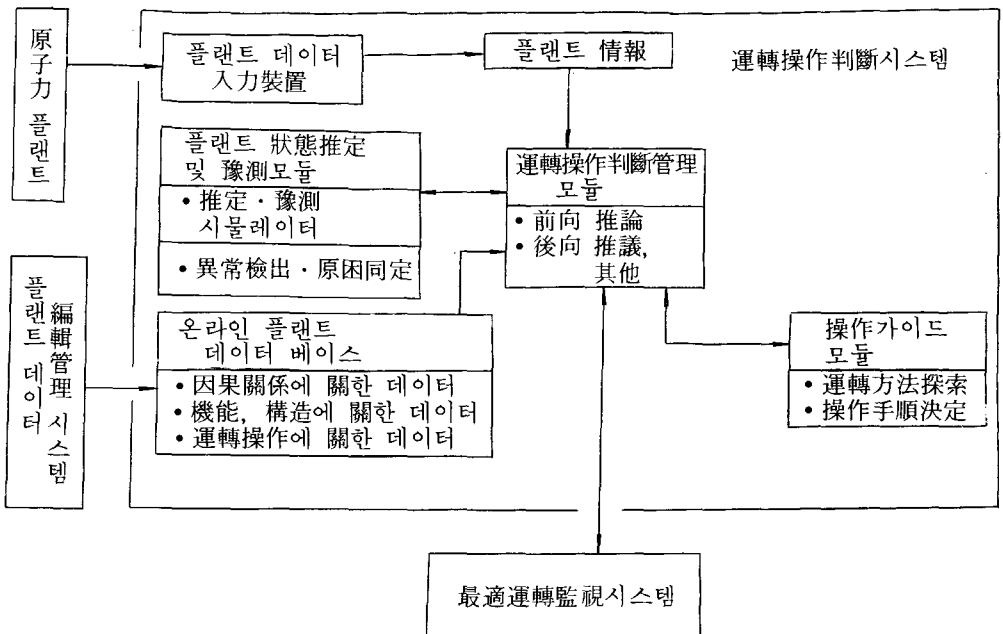
#### 3.2 시스템의 構成

시스템의 구성을 그림 3에 표시했다. 이 시스템은 플랜트 情報入力裝置, 診斷, 操作가이던스에 필요한 소프트웨어모듈 및 온라인 입력 data base로 구성된다.

운전조작판단관리모듈은 시스템 전체의 中心이며 진단, 操作가이던스에 필요한 推論處理와 각종 프로그램의 統括, 制御를 한다. 推論方法은 前向推論, 後論推論 등을 목적에 따라서 適宜 나누어서 사용한다.

플랜트상태推定 및 予測모듈은 異常 및 이상의 징후를 검출함과 함께 그 원인을 判斷한다.

〈그림 3〉 運轉操作判斷시스템의 構成



이 과정에서 검출한 異常이 플랜트에서 실제로 발생한 事象인가 혹은 計器의 고장에 의한 겉보기상의 事象인가를 판정하기 위해 계기 고장의 檢定處理도 행한다.

診斷, 操作가이드언스의 과정에서 非觀測데이터의 推定, 狀態變化의 予測 등이 필요할 때는 플랜트상태 추정·예측모듈의 數値시뮬레이터를 구동하여 시뮬레이션 결과를 推論의 入力데이터로 사용한다.

操作가이드모듈은 異常의 원인이 밝혀졌을 때는 필요한 운전조작을 판단하여 운전원에게 제시한다. 가능한 운전방법이 複數個 존재할 때는 CRT에 並列表示해서 운전원의 판단을 구한다.

처리에 필요한 지식은 플랜트에서의 事象의 發生, 波及에 관한 因果관계의 知識, 系統, 機器의 기능이나 구조에 관한 지식, 이상, 사고시의 운전조작방법에 관한 지식 등이다. 이들 지식은 플랜트데이터 編輯管理시스템에 의해서 편집되어 온라인處理용으로 變換한후 온라인 플랜트 데이터베이스에 入力해둔다. 처리에 필요한 정보가 부족할 때는 最適運轉監視시스템을 통해서

운전원에게 질문한다.

推論結果는 最適운전감시시스템에 의해서 사람이 이해하기 쉬운 形으로 편집해서 出力한다.

### 3.3 시스템動作例

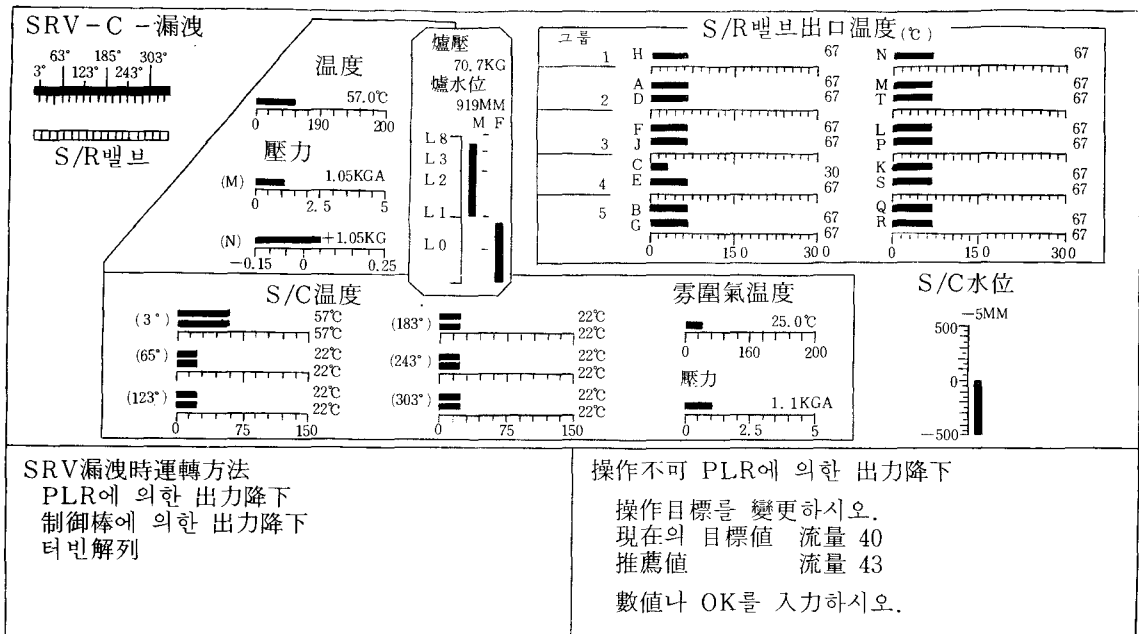
이 시스템의 기능을 확인하기 위해 테스트용 시스템을 작성하여 故障計器의 摘出을 포함한 異常의 검출, 入力 및 운전조작가이드언스가 가능하다는 것을 확인했다. 그림 4에 처리결과와 한 가지 예를 표시하였다. 이 예는 릴리프安全밸브漏洩사고시의 운전조작방법에 관한 가이드언스画面이다. 画面上部는 프로세스데이터를 표시하고 있다. 画面左下는 推論결과를 메시지로 표시하는 에리어이며, 이 예에서는 出力降下の 概略節次를 표시하고 있다. 画面右下는 對話用 에리어이며, 이 예에서는 운전제한조건을 고려해서 炉心流量의 目標値를 변경하도록 권고하고 있다.

## 4. 最適運轉監視시스템

### 4.1 시스템의 機能

最適운전감시시스템은 운전원의 思考프로세

(그림 4) 操作가이드언스畫面의 1例



스와 整合性이 취해진 정보제공기능 및 音声과 画像이 組合되고 多樣화된 커뮤니케이션채널에 따른 柔軟한 對話환경을 제공하는 것이다.

이 시스템은 운전원 주의의 焦點을 推定하고 정보제공을 最適化하는 応答관리부, 音声入力(터치패널, 키보드마우스 등)을 처리하는 質問管理部 및 音声告知와 画像表示의 선택, 처리를 행하는 구성이 된다.

4.2 시스템構成

시스템구성을 그림 5에 나타내었다. 이 시스템은 質問應答管理모듈, 정보표현관리모듈 및 인터페이스장치로 구성된다. 또 질문응답관리모듈은 다시 應答情報管理部와 質問管理部로 나뉘어 진다.

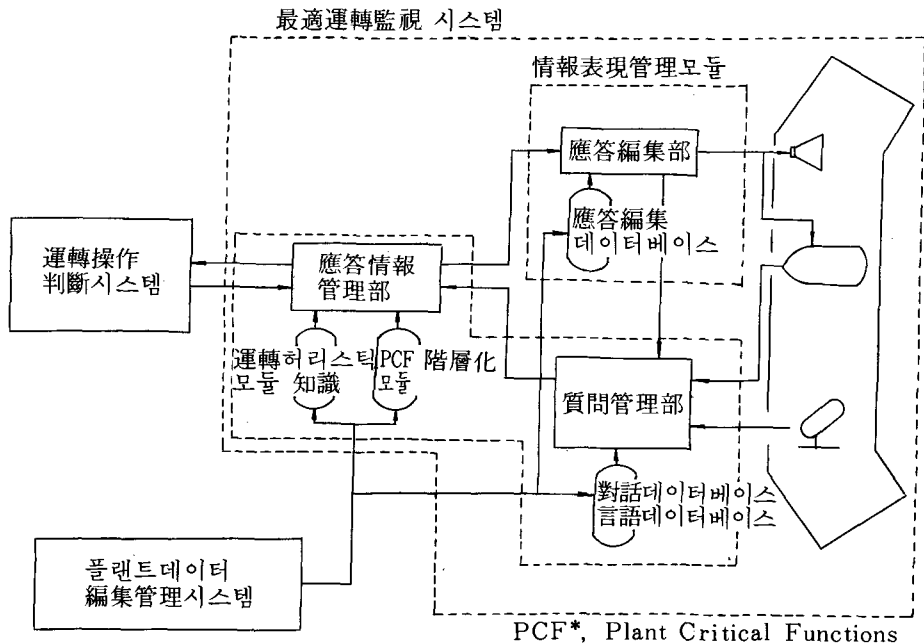
질문응답관리모듈은 응답정보관리부 및 질문관리부로 구성되며, 응답정보관리부는 運轉操作判斷시스템으로 부터의 정보(진단, 가이드스 정보), 운전원과 맨·머신 시스템과의 對話履歷에서 부터 운전원의 “注意의 焦點”을 推定하여, 이것에 따라서 필요한 정보의 수집, 운전원의 질문지시를 補完하기 위한 정보의 生成, 제공정보

의 組合 결정 등을 행하는 시스템의 中樞이다. 이들 기능은 “PCF階層化모델” 및 “운전 huristic 知識”이라 불리는 2개의 데이터 베이스에 의해서 달성된다.

“PCF (Plant Critical Function)階層化 모델”은 플랜트의 운전목표를 頂點으로, 이것을 달성하기 위해서 필요한 機能群을 階層的으로 기술한 것으로서 플랜트 기능에 관한 운전원의 mental image에 상당하는 플랜트 概念 모델이다. “운전 허리스틱知識”은 “PCF階層化 모델” 위에서 운전원이 잠재적으로 필요로 하는 情報群(잠재적주의 焦點)을 批定하고 또 이 중에서 어느時點에서 필요로 하는 정보군(注意의 焦點)을 推定, 선택하기 위해 사용되는 지식이다.

質問管理部는 音声入力 및 指示入力を 처리한다. 音声入力에는 言語對話구조에 관한 지식 및 “注意의 焦點”에 관한 지식에 따라서 불안정한 질문·지시를 보완하는 기능이 설치되어 있다. 여러가지 인터페이스장치를 組合시킨 커뮤니케이션채널의 多樣化를 앞의 音声入力機能의 채용에 의해서 보다 柔軟한 인터페이스를 실현하고 있다.

〈그림 5〉 最適運轉監視 시스템의 構成



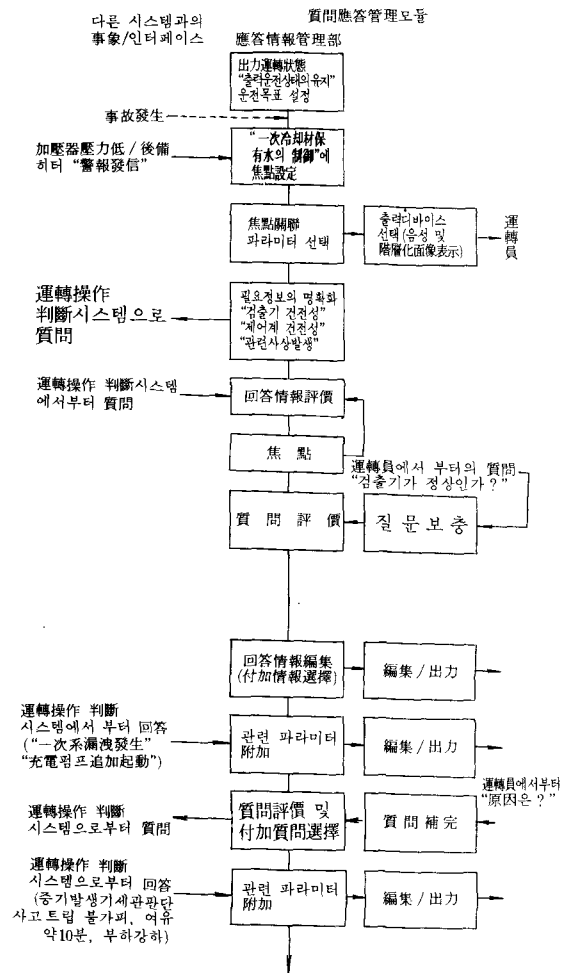
〈그림 6〉 蒸氣發生器細管破斷事故時的 시스템 動作

를 검토했다. 그림 6에 시스템 동작의 개념을 표시했다. 이 예는 蒸氣發生器細管破斷事故發生直後의 시스템 動作을 나타내고 있다.

### 5. 結 論

以上 記述한 것 처럼 知識工學을 適用한 原子力發電플랜트 맨·머신시스템은 그 概念設計를 거의 確定했다. 이 시스템은 종래의 시스템보다 利用者에게 편리한 시스템이며, 더욱이 원자력 플랜트에서의 有効한 판단지원을 운전에 제공할 것으로 기대된다.

앞으로는 實機에 對한 各種 분야로 의 적용을 想定하여 시스템의 試設計·製作·評價를 통해서 有効성을 확인해나갈 예정이다.



情報表現管理모듈은 質問應答管理 모듈에 의해서 선택된 提供情報群의 제공 형태를 결정한다. 제공 정보의 종류와 重要度에 따라서 音声告知에 의한 情報제공과 圖像表示에 의한 情報제공의 分別使用을 定한다. 또 圖像表示에 對해서는 圖像포맷의 선택, 배치도 定한다. 이들의 결정에 있어서는 운전원의 認知形態와 의 整合성이 고려된다.

#### 4.3 시스템 동작의 概念

이 시스템 실현방법의 妥當性 및 기능의 有効성에 關한 전망을 얻기 爲해서 시스템動作 상태

### 近 著 資 料 案 內

- Nucleonics Week (McGraw-Hill) Vol. 27, No. 46, 47
- Nuclear News (ANS) 11月號
- Nuclear Europe (ENS) 11月號
- Power (McGraw-Hill) 11月號
- Nuclear Engineering Int'l (NEI) 12月號
- Nuclear Industry (AIF) 10月號
- 原子力文化(日本原子力文化振興財團) 11月號
- 原子力産業新聞(日本原産) 1358 ~ 1362號
- 原子力工業(日本原産) 12月號