

# 國內 原電制御室의 人間工學的設計에 관한 研究

## A Study on the Design Based on Human Factors in a Korean Nuclear Power Plant Control Rooms

申 鉉 國\*  
吳 仁 錫\*  
朴 謹 玉\*  
金 庚 杓\*\*

### ABSTRACT

The problems and current status of man-machine interface design through questionnaire survey and direct check of main control rooms are analyzed and methods for improvement man-machine interface are suggested. Particularly, a design of Korean operator console based on human factors is suggested in this paper.

#### 1. 서 론

원자력발전 시스템은 모든 공학기술이 통합되고 다수의 시스템들이 긴밀하게 연계된 복합 시스템으로서 고도의 안전성이 요구되는 시스템이다. 원자력발전 시스템의 구성요소중 특히, 운전원은 중요한 위치를 점유하며, 모든 시스템의 운전에 직접적인 영향을 미치고, 그 행위의 결

과는 원자력발전소의 안전성과 효율성을 결정한다.

최근 원자력발전소는 단위용량의 증대, 계측제어시스템의 기능추가 및 다양화, 안전성 강화를 위한 안전설비의 보강 등이 계속되었다. 이에 따라 중앙제어실은 더욱 복잡해졌고 운전원의 역할은 새로운 국면을 맞게 되었다. 현재의 원자력발전소 운전원은 자동화의 촉진에도 불구

\* 韓國에너지研究所 人間工學研究室

\*\* 韓國에너지研究所 經濟分析研究室

하고 안전운전을 위해 제동의 동작을 상세히 감시하고 이상을 진단해야 하며 사고, 고장에 대한 대응절차를 모두 기억해야 한다. 또한 사고시 폭주하는 원전 운전정보를 충분히 이해하고 신속정확히 조작해야 하는 등 업무의 부담을 안고 있다. 더구나 이로 인한 운전원의 실수와 피로가 가중되어 보조적으로 인한 원자력발전소의 정시 및 이상사고의 가능성을 내포하고 있다. 연구보고된 내부분의 원자력발전소 사고가 기계적 결함이나 시스템 자체의 문제라기보다는 시스템과 운전원을 연계시키는 Man-Machine Interface에서의 인적오류라는 것이 밝혀짐에 따라 원자력발전소에서의 인간공학적 제반문제의 해결이 중대한 과제가 되었다.

그리고 1979년에 발생한 미국의 TMI원전 사고의 최대 원인이 "인적오류"임이 밝혀지자, 선진 각국은 원자력발전소에 있어서 인간공학의 중요성과 필요성을 더욱 공감하고 연구개발을 적극적으로 추진하게 되었고, 최근에는 연구개발 결과의 실제적용 단계에 이르렀다. 또한 체르노빌 사고 역시 인간공학적 문제, 특히 Man-Machine Interface의 중요성을 재확인시켜준 사고였다.

두 사고의 평가결과, 사고에 내용할만한 충분한 안전설비가 있었으나 운전원의 착오로 부용되었다고, 원전의 위험성화에 대한 다양한 정보가 있었으나 운전원은 불필요한 정보에 집착하였다. 특히, 제어실 설계에 인간공학을 충분히 반영하지 않은 채 제어실이 설계, 운영되었음이 드러났다. 두 사고의 평가 결과는 Man-Machine Interface의 합리화를 위하여 인간의 역할과 자동화 시스템의 사상을 근본적이며 심층적으로 연구해야 할 필요성을 인식시켰고, Human Factor에 관한 기초적이고 체계적인 조사연구의 추진과 함께 합리적으로 운전원을 보조할 수 있는 시스템의 조속한 개발을 추진시키는 계기가 되었다.

원자력 선진국에서는 원전의 계측제어 자동화가 급격히 진행되었으나 제어반 운전원의 대응 능력에는 한계가 있으며 사고발생시 운전정보의

폭주현상은 중대한 문제임을 자각하고, 이에 대처하기 위한 효과적인 정보표시 장치의 인간공학적 설계, 신형제어반 설계, 운전원지원시스템 개발, 인간신뢰도분석, 인간오류분석, 운전원행위모델 개발, 운전원 작업분석 등 원자력발전소 운전환경 전반에 걸친 인간공학 연구를 수행하고 있다.

선진국의 활발한 인간공학 기술개발 활동에 비하면 국내 원자력계는 기반기술이 취약할 뿐만 아니라 인간공학기술을 시스템개발의 부수적인 종속기술로 취급하는 경향이 있었다. 그러나 현재 한국에너지연구소 연구진은 발전시스템 전체를 하나의 거대한 인간-기계 시스템으로 간주하여 설계중인 미국 CE(Combustion Engineering)사의 신형중양제어실 NUPLEX 80+ 개발에 공동연구를 수행하고 있다.

우리 실정에 맞는 국내 원자력발전소에 있어서 인간공학 기반기술개발의 일환으로 시작된 본 연구는 국내 원자력발전소 중양제어실의 Man-Machine Interface의 문제점을 파악하기 위하여 현장 방문을 통한 문제점 고찰과 운전원 설문조사를 통하여 비교·분석하였으며, 이에 의하여 개선방안을 제시하였다.

## 2. 고찰의 배경과 방법

본 연구에서 수행한 설문조사는 기존 원자력발전소 중양제어실의 Man-Machine Interface의 문제점도출 및 새로운 개발에 대한 운전원의 의견을 파악하기 위해 무기명 설문서 응답방식을 채택하여 시행하였다. 또한 국내 원전 제어실의 인간공학적 제반문제점을 직접 현장에서 고찰하고, 설문서의 분석 결과에 나타난 문제점과 비교·검토하여 앞으로의 국내 원전 Man-Machine Interface 개선 방안과 방향을 모색하였다.

- 설문서 배부대상 : 원자로조정사 보수교육과 (비 당해 포함, 95명)
- 설문서 배부일자 : '89년 4, 5, 6, 7, 9월 (5회)

- 설문서 주요내용 : 제어반의 크기, 각종 제어기기의 형태구분 및 배열상태, 중앙제어실의 정보표시 능력, 새로운 유형의 운전지원시스템 개발 방향, 주제어반 CRT(Cathod Ray Tube)의 효율 및 활용 정도, 주제어실의 크기 및 경보창의 배열상태, 운전절차서의 사용빈도 및 업무와의 연관성 등 전반적인 인간공학적 문제 및 개선요건을 도출하기 위한 내용

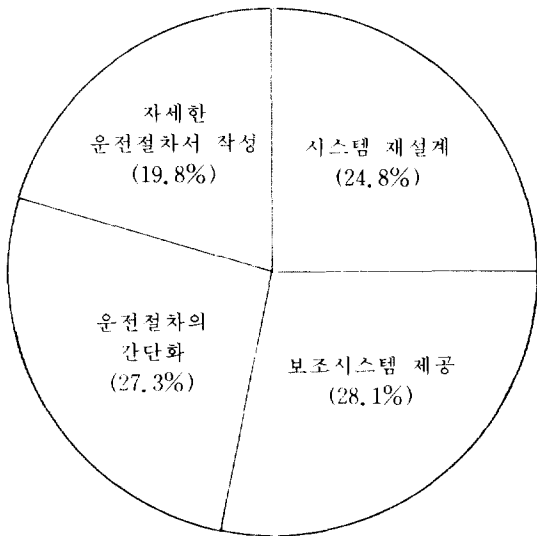
### 3. 설문서 분석과 국내 원전 제어실의 고찰

#### 가. 운전절차서 및 시스템 개선

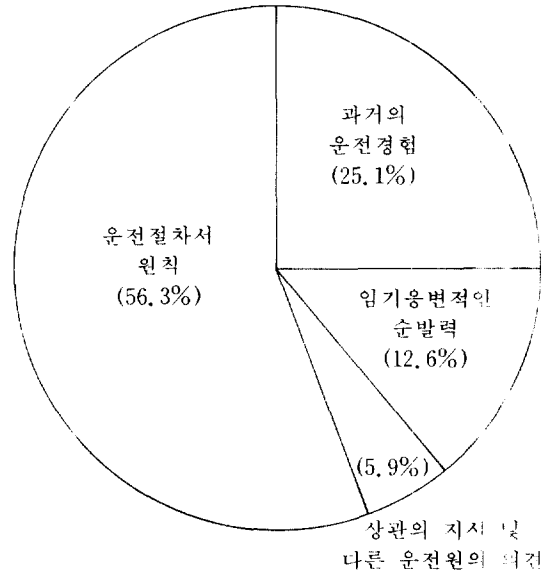
제어실내에서 운전원이 운전경험을 통해 운전 신뢰성과 편리성을 향상시킬 수 있도록 우선적으로 개선을 요구한 사항에 대해서는 (그림 1) 과 같이 “시스템 전반에 대한 설계 개선”, “보조시스템 제공”, “운전절차의 간략화”, “상세한

운전절차 제공” 등의 요구사항이 거의 비슷하게 나타났다. 그러나 특이할 만한 사항으로는 운전원의 운전 경력에 따라 개선을 요구한 사항이 조금씩 차이를 보이고 있는 점이다. 운전 경력이 비교적 풍부한 운전원은 절차서의 단순화보다는 주로 시스템의 전반적인 재설계 또는 변경 등의 하드웨어측면에서의 개선을 요구하고 있다. 그러나 운전 경력이 비교적 적은 운전원은 주로 시스템 자체의 변경이나 보조시스템의 첨가와 같은 하드웨어측면에서의 개선보다는 실제적으로 운전을 수행하는데 중요한 지침이 되는 운전절차서에 대한 개선을 요구하였다. 이러한 이유는 운전 경험이 적은 운전원은 시스템 전반에 대한 충분한 지식을 갖추지 못한 상태에서 또다른 변경이나 다른 시스템이 첨가되면 오히려 시스템을 이해하는데 부담이 되며 시스템 조작시 더욱 혼란을 초래할 것이라는 염려가 더포 되어 있다고 볼 수 있다.

그리고 정상운전중 이상현상 발생시 운전원이 가장 많이 참고로 하는 사항에 대해서는 특별한 운전지원 전문가시스템이 없는 한(그림 2)에서



(그림 1) 운전 오조작을 줄이기 위한 제어실내의 조치 요구사항



(그림 2) 이상현상 대처시 운전원들이 참고하는 사항

볼 수 있는 것처럼 운전절차서에 기록된 원칙에 따라 제어하는 것으로 드러났다.

따라서 운전 경험이 그리 풍부하지 못한 국내에서 원전 운전의 신뢰성을 추구하기 위해서는, 기존 발전소의 시스템에 대한 급진적인 변화보다는 점진적인 시스템개선과 운전절차개선에 보다 역점을 두는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

#### 나. 제어실의 규모 및 배치

제어실 전체의 크기 문제에 대한 응답자들의 대답을 분석해 보면, 제어실이 작다고 생각하는 응답자가 35.6%, 또는 상당히 넓어서 줄여야 한다는 응답자가 32.2%로써 상반된 의견을 갖고 있으므로 집약된 의견을 도출하기가 어렵다.

이러한 사실은 제어실 규모 자체의 문제가 아니라 제어실 공간의 활용에 따라 운전원이 운전 업무를 수행하면서 느낀 의견의 차이 정도에 따른 것이라 판단된다.

국내의 제어실 중에는 제어반의 형태에 따른 운전원의 이동거리 증가현상, 운전감시작업의 부담증가 등의 요인이 되고 있는 제어실이 있다. 그러나 운전원들이 제어실이 좁다고 생각하는 데 대한 중요한 요인으로 판단되는 것은 제어실 배치 및 공간 활용에 따른 문제점이다. 여기서 그 문제점을 개략적으로 살펴 보면, 주제어실내에 운전, 보수에 필요한 각종 기기와 그외의 비치품, 운전절차서 이용에 필요한 작업대와 책상의 무분별한 배치 그리고 제어실운전원 이외 비운전원의 자유로운 제어실 출입 및 제어반 접근 등으로 인한 산만한 제어실 분위기 등이 그 중요한 원인이라고 볼 수 있다.

따라서 제어실의 크기 문제는 제어반의 크기 및 형태, 제어실내의 공간배치 및 제어실 운전 인원과 밀접한 관계가 있으므로 제어실 설계시 처음부터 반드시 고려해야 할 사항이다. 또한 운전원의 감시 기능을 향상시키고 제어반에 쉽게 접근하기 위해서는 제어반의 형태를 U-Type으로 하여 최적의 Layout을 설계함으로써

써 보다 운전의 신뢰성을 향상시키고 운전의 편리함을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

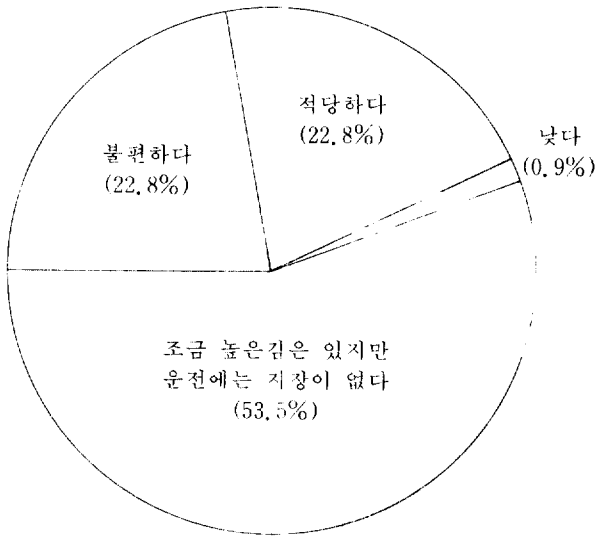
#### 다. 제어반의 크기

국내 원전 제어실을 살펴본 결과 입석식의 경우 제어기기 및 지지계기는 대략 195-210cm 사이에 위치하고 또한 제어반 수평면의 길이도 대략 80cm나 되어 국내 운전원의 체위에 적절하지 않는 구조로 되어 있다. 따라서 제어기기는 현 국인의 인체측정학적 구조로 볼 때 제어실 바닥으로부터 72-165cm 사이의 높이, 지지계기는 91-165cm의 높이, 그리고 제어반의 수평면의 길이는 65cm를 초과하지 않는 범위로 설계되어야 할 것이다.

또한 국내 원전의 경보창 높이는 비교적 높은 위치에 있어 경보창이 작은 경우에 경보창에 명시되어 있는 글씨를 식별하기가 어려운 실정이다. 따라서 경보창의 높이는 일반적으로 지지계기가 위치하는 최대 높이보다 35-40cm 사이의 높이 즉, 200-205cm 사이에 위치하도록 설계해야 할 것이다.

그리고 Alarm Board 높이의 적합성에 대한 설문 조사에서도 (그림 3)에서 보는 바와 같이 Alarm Board의 높이가 전체적으로 높다는 의견이 전체의 75% 이상을 차지하고 있어 제어반 설계시 재검토가 요망된다. 그러나 이 중에서 Alarm Board가 높은 감은 있지만 운전에는 지장이 없다고 생각하는 운전원이 52.6%나 있다. 이러한 사실은 현재 제어실의 운전원이 이미 제어실의 고정된 영상을 통해 습관화되어 버린 감시 행동에 따라 운전 업무를 수행하고 있다는 것을 의미하고 있다.

그리고 Alarm Board와 관련하여 또 다른 일반적인 사항의 대부분이 “경보창이 너무 많다”, 그리고 “정상운전중에도 Alarm Board상에 신호가 들어와 있는 것이 많고 또한 경보창의 글씨가 너무 작아 긴급한 이상상태 발생시 식별의 어려움이 따른다”라는 의견이 지배적이다. 이러한 의견들은 이미 고정된 기억영상을 가지고 정



(그림 3) Alarm Board의 높이

상운전하는 운전원에게 전혀 예상치 못한 비상 사태가 생길 경우 심리적 압박감으로 인해 오조작할 가능성이 있음을 보여준다. 따라서 제어실의 배치, 제어반의 크기 문제를 포함해서 경보창 등 제어실 전반에 대하여 설계가 재고되어야 할 것으로 판단된다.

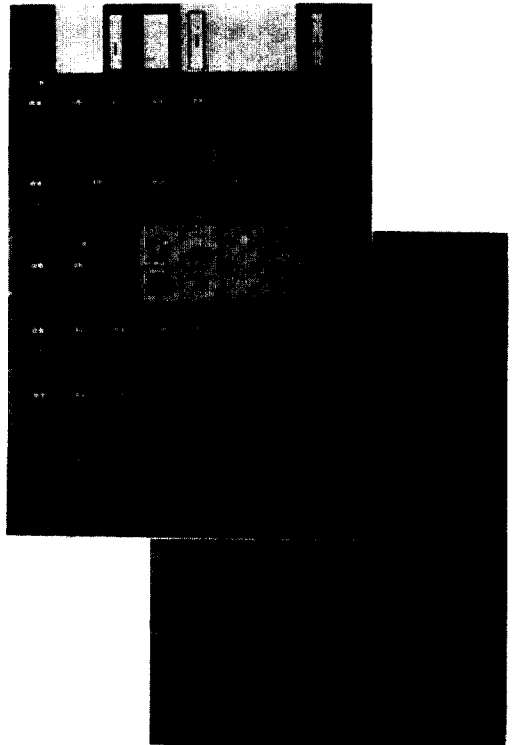
라. 계측계기 및 제어기기의 배열, 표시 방법

중앙제어반의 각종 소자배열은 (그림 4)처럼 운전조작의 기능별적 그룹별로 구분(Demarcation)하거나 각종 도형구조(Pictorial) 또는 Mimic을 사용하여 배열함으로써 운전원들이 계기와 제어기를 쉽게 인식하고 판단하는데 도움을 줄 수 있도록 설계하는 방법을 제시하였다.

그리고 제어기기, 지시계와 같은 구성소자가 모듈간에 별 관계없이 배치되어 있는 경우에는 모듈별로 Color-Coding 기법을 도입하여 시스템간의 구분을 용이하게 하도록 (그림 5)와 같이 Demarcation과 Color-Coding기법을 도입하여 시스템을 구분한 개선방법을 제시하였다.



(그림 4) 제어반 배열의 기본적인 두가지 방법



(그림 5) Color Coding 기법을 사용한 스위치의 기능적 구분

한편, 국내 주제어실의 지시계는 눈금간격이 300, 600, 900 및 22, 27, 32, 37로 표시되어 있어 운전원에게 혼란을 주는 경우가 많은 실정이다. 따라서 지시계의 눈금표시는 1, 2, 5의 간격으로 하거나 10의 배수로써 표시하여 인식하는데 편리함과 정확성을 높이도록 해야 할 것이다.

이같은 현장에서의 문제점과 더불어 제어반에 설치된 제어기기의 모양이 운전원에게 혼란을 주거나 운전원에게 불편한 형태이므로 운전 실수를 한 적이 있는가에 대한 설문조사에서도 (그림 6)과 같이 대부분의 응답자가 실수를 한 적이 있다고 대답하였다. 운전원들은 이러한 실수의 원인에 대해서 제어기기 자체의 모양 뿐만 아니라 제어기기 배열 및 조작기기와 계기위치의 일관성 결여를 지적하였다. 특히, 각종 스위치나 펌프의 기동정지시 나타나는 불빛 색깔이 일관성이 없고 통념적인 색깔 관념과는 다른 경우가 있음을 지적하고 있다. 예를 들어 밸브의 닫힘시에 어떤 것은 적색으로 되어 있고, 어떤 것은 청색으로 표시된 것이 있는데 미국 원자력규제위원회의 지침에 따르면 적색은 기동, 청색은 정지를

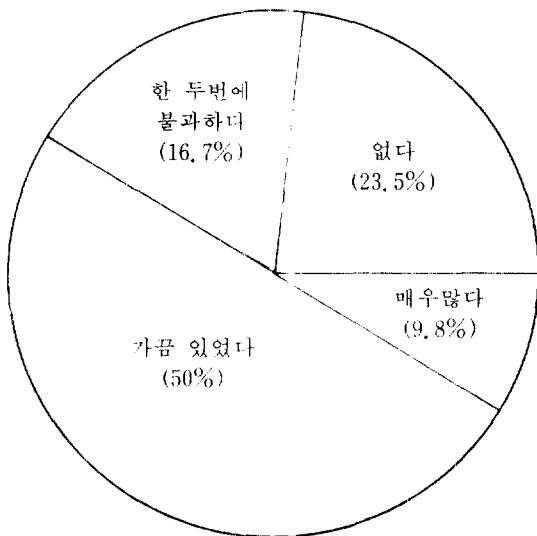
의미하도록 되어 있다. 따라서 이러한 점들을 유의하여 제어기기를 배열하거나 선택한다면 운전원의 인적오류를 방지하는데 더욱 도움이 될 것이라고 판단된다.

또한 기존 계측기기들이 운전원에게 필요한 만큼 충분한 정보를 제공하느냐는 질문에 대해서는 대부분의 운전원이 현재 계측기기를 통한 정보제공량은 충분하므로 더 이상의 정보제공을 위한 계측기는 필요없고 다만 계측기의 기능별 재배치나 Coloring을 사용하여 쉽게 인식하고 판독성을 높이는 방향으로 개선할 것을 요구하고 있다. 그리고 계측기기를 통한 정보제공 방식은 응답자의 90% 이상이 아날로그방식보다 디지털 방식을 선호하였다. 그러나 무조건 디지털 방식을 채택하는 것보다 운전원의 의견을 최대한 수렴하여 운전원에게 반드시 필요한 상황의 추세나 변화상태를 제공하는 계측기기는 아날로그방식을 채택하는 등 인간공학적인 사항을 충분히 배려하여 운전의 안전성과 편리성을 최대한 도모해야 할 것이다.

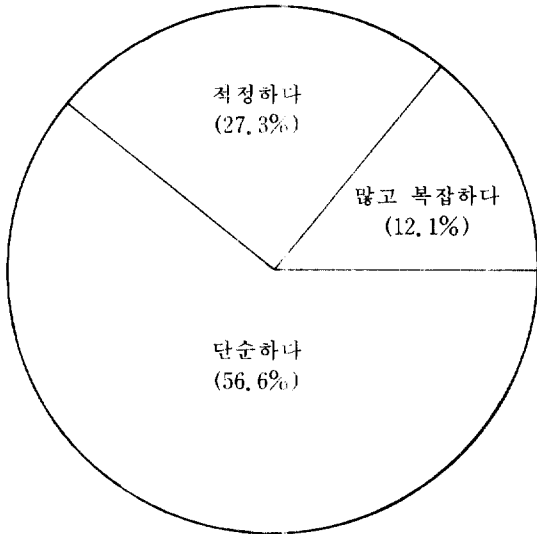
#### 마. CRT의 사용

CRT Display와 기존 Hard-Wired Display를 효율적으로 통합하여 사용함으로써 운전의 편리성과 감시성을 증진시키는 방안으로 CRT를 사용해야 할 것이다. 이때 CRT 화면상의 Formats, Color Coding, Illumination 등을 세고하여 운전원을 지원할 수 있도록 인간공학적인 배려를 해야 한다.

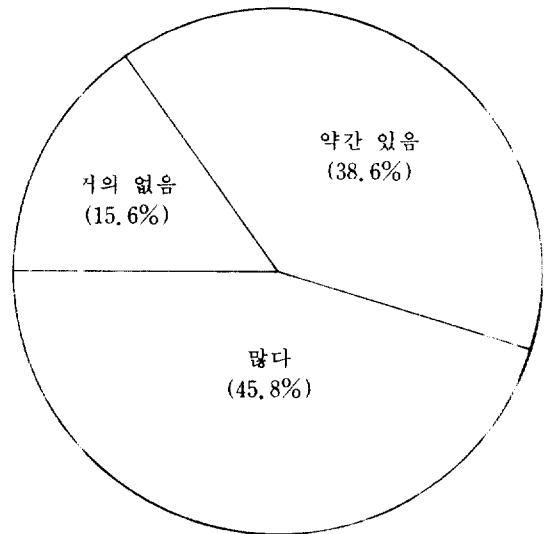
현재 CRT에 나타나는 정보형태와 앞으로 CRT상에 표시할 정보요구 설문 조사의 분석 결과, (그림 7, 8)과 같이 기존의 CRT 1 화면에 나타나는 정보는 너무 단순하여 운전원에게 별 도움을 주고 있지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 CRT에 의한 운전감시를 대부분의 운전원이 선호하고 있는 것으로 나타나 주제어실의 재검토나 설계시 현재의 중앙제어반에 사용중인 계측기나 지시기에 나타나는 운전정보들도 CRT를 통해 표시하고 또 여러 대의 CRT를 사용하여



(그림 6) 조작기기의 형태로 인한 운전원에게 혼란을 겪은 경험



(그림 7) CRT 한 화면으로부터 받는 정보의 양과 형태



(그림 8) CRT를 통하여 표시해야 한다고 생각하는 운전정보

필요한 운전정보를 운전원이 선택하여 시스템별 흐름이나 중요 파라미터들을 비교하면서 운전하도록 해야 할 것이다.

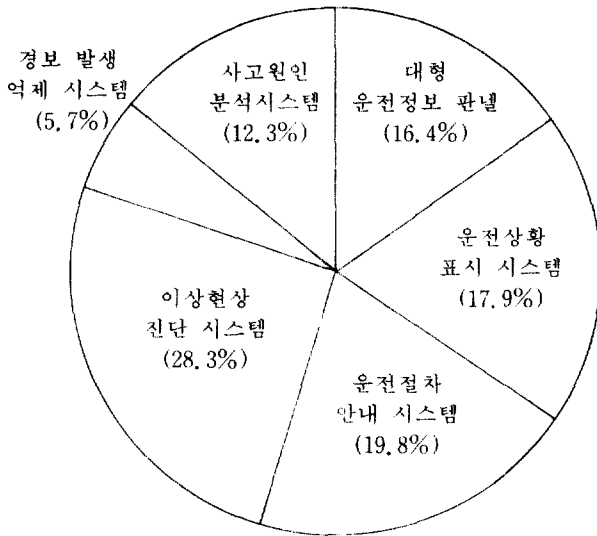
그리고 CRT에 제시되는 도형이나 정보표시가 자신이 운전하는 발전소 시스템들에 대한 영상과 속성을 충분히 반영하고 있는가에 대한 질문에 대해서는 잘 반영하고 있다고 생각하는 운전원은 단지 23.2%에 지나지 않아 CRT의 화면 설계시 이러한 점에 충분히 유의하여야 할 것으로 생각된다. 또한 CRT 화면 정보를 식별하는데 있어서 시각적인 피로감의 정도에 대한 질문에서는 피로감을 느끼지 않는다는 응답자가 20.8%에 지나지 않아 CRT 화면의 정보구성이나 배열에도 충분히 유의해야 할 것으로 판단된다.

#### 바. 운전지원 시스템

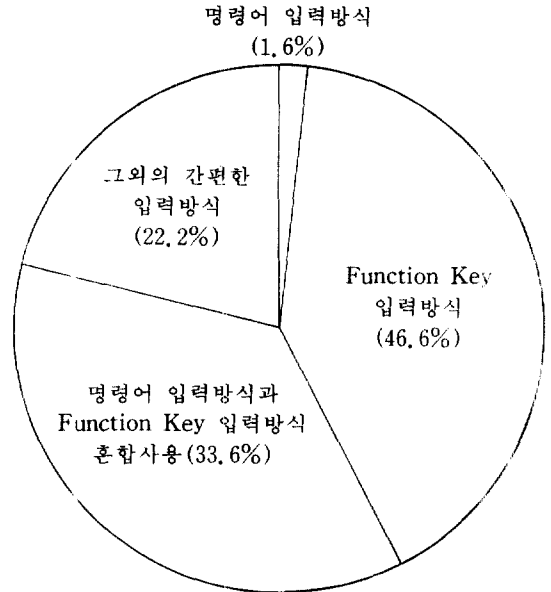
이상현상이나 사고발생시 CRT 화면으로 의사결정에 도움을 주는 정보제공의 필요성에 대해서 “매우 필요하다”는 응답이 69.8%, “조금 도

움이 되겠다”는 응답이 30.2%로써 응답자 모두가 이러한 시스템의 개발을 요청하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 이상현상이나 사고에 대처할 수 있는 시스템의 개발 종류를 크게 3종류로 구분하였을 때 우선적으로 정상·비상운전절차 보조를 위한 것이 54.3%, 이상현상에 대처하기 위한 것이 41.4%, 유지보수를 위한 것이 4.3%의 순으로 나타났다. 그러나 (그림 9)와 같이 주제어실을 개선하거나 새롭게 개발시 우선적으로 고리해야 할 시스템에 대한 응답에서는 전체적으로 이상현상이나 사고분석을 위한 시스템과 운전보조를 위한 시스템에 대한 요구가 거의 비슷하게 나타났다.

그러나 운전경력에 따라 운전경력이 적은 운전원(5년 이하)은 운전 보조를 위한 시스템을 우선적으로 요구하는 반면, 운전경력이 비교적 풍부한 운전원(6년 이상)은 운전안내 또는 운전 상황을 제공하는 시스템보다는 시스템의 이상사고나 사고의 사후 조치를 위한 시스템의 개발을 선호하였다.



(그림 9) 운전지원을 위해 우선적으로 개발해야 할 시스템



(그림 10) CRT에 표시되는 운전정보에 접근하는 방법

그리고 이러한 시스템들을 운전하기 위한 컴퓨터의 접근방법을 묻는 항목에서는 (그림 10)에서와 같이 응답자의 대부분이 특별한 경우가 아니고는 명령어 입력방식 보다는 Function Key 입력방식을 선호하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 국내 원전 제어실의 제반 문제점과 해결 방안은 앞으로의 Man-Machine Interface 개선을 위한 방향 설정에는 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

#### 4. 국내 운전원 콘솔의 Dimension 설계

원전 선진국들은 자국 운전원의 습성과 체형에 맞는 중앙제어반을 설계하려는 노력을 오래전부터 기울여 온 결과, 현재 자국의 운전원에게 적합한 주제어반과 운전원 콘솔을 사용하고 있다. 기존에는 주로 입석식 운전이었던 주제어반들이 이제는 운전원이 착석한 상태로 정상 및 비상운전을 수행할 수 있도록 설계하는 방향으로

로 나아가고 있다.

이에 따라 본연구에서는 현재 국내에서 사용 중인 원전 중앙제어실 운전원 콘솔의 제반 설계사항을 검토하여 국내 운전원의 체위에 보다 적합한 한국형 착석식 운전원 콘솔의 인체측정학적 Dimension을 산출하였다.

#### 가. 운전원 콘솔의 인체측정학적 적합성 검토

현재 국내 원전의 운전원은 운전원 콘솔에 착석하여 운전상태를 감시하거나 벤치보드형 입석식 주제어반의 전면에서 감시와 조작을 실시한다. 또한 입석식 벤치보드형의 전면에서 임의로 착석하여 운전하기도 한다. 따라서 운전원 콘솔과 벤치보드형 주제어반의 양자를 검토의 대상으로 하여야 하나 착석식 운전감시 및 제어방식의 세계적 추세에 따라 운전원 콘솔의 인체측정학적 검토를 우선적으로 실시하였다. 검토의 대상이 된 운전원 콘솔은 고리 원자력발전소 1, 2, 3, 4호기, 영광 원자력발전소 1, 2호기로 하였다.



각 운전원 콘솔들을 검토한 결과 고리 1, 2호기는 착석식 운전형식으로 고리 3, 4, 영광 1, 2호기는 입석식 운전 형식의 개념으로 설계되어 있다. 고리 1, 2호기의 운전원 콘솔은 발전소 컴퓨터 계통의 프린터 및 지시계만 설치되어 있어 운전참고용으로 사용되게 되어 있고, 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기는 발전소 정상 운전엔 필요한 지시계, 제어기, 컴퓨터 CRT 및 키보드 등이 구비되어 있다.

본 연구에서 조사한 인체측정학적 변수중 콘솔의 총 높이는 고리 1호기가 95cm, 고리 2호기가 103cm, 고리 3, 4호기, 영광 1, 2는 모두 118.7cm이다. 따라서 한국인 성인남자의 50%에 해당하는 앉은 자세의 눈높이가 약 118cm인 점을 감안하면 입석식으로 설계된 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기 콘솔도 운전원이 착석하여 콘솔후면에 위치한 벤치보드상의 운전정보를 감시할 수 있다.

운전원이 착석할 경우 팔꿈치의 높이에 해당하는 콘솔의 수평경사면 전단의 높이는 고리 1, 2호기의 경우 64.5cm, 68cm이고, 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기는 모두 71cm이다. 50%에 해당하는 한국인 표준체위의 값이 약 66cm인 점을 감안하면 고리 1, 2호기는 거의 근접하고 있고, 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기는 처음부터 입석식 설계 개념이므로 운전원이 착석한 상태로 편리한 조작을 위해서는 상당히 높은 편이다. 따라서 고리 3, 4호기, 영광 1, 2호기는 운전원이 착석하여 운전을 감시하는 데에는 무리가 없으나 조작하는 데에는 원할하지 못함을 알 수 있다.

#### 나. 착석 운전을 위한 인체측정학적 Dimension 설계

한국인의 체위는 국민생활 수준 향상에 따라 10년전보다 상당히 향상되었으나 현재의 국민체위에 대한 정확한 자료가 부족하여 10년전의 자료를 토대로 각종 하드웨어를 설계해왔다. 그러나 1986년에 국민 표준체위가 조사됨에 따라 현실에 맞는 치수의 하드웨어 설계가 가능해졌다.

인체측정학적 자료를 토대로 하드웨어를 설계할 경우 보통 50%에 해당하는 자료를 표본으로 선정하며 5% 이하와 95% 이상에 해당하는 체위는 고려되지 않는다. 우리나라 국민의 체위는 매년 약간씩 성장하고 있으므로 적어도 30년 이상을 운전하고 사용해야 할 콘솔의 설계에 이러한 점도 반영해야 한다.

따라서 본 연구에서는 연령별(21세 이상) 표준체위 50%의 값중에서 제일 큰 값을 선정하였다. 그러나 제일 큰 값과 각 연령별 50%의 평균과의 차이가 심할 경우에는 평균치에 근접하도록 약간 조정하였다. 그리고 운전원의 감시 시각이나 시거리 산출은 "Handbook of Human Factors, (G. Salvendy)"에서 연구된 결과를 적용하였다.

본 연구에서 Man-Machine Interface 향상을 위해 설계한 국내 원전 운전원의 인체측정학적 Dimension 유형은 Over Sight형으로 할 경우(그림 11)과 같고 이 그림의 각 항목의 주요 Dimension은 (표 1)과 같다.

## 5. 결 론

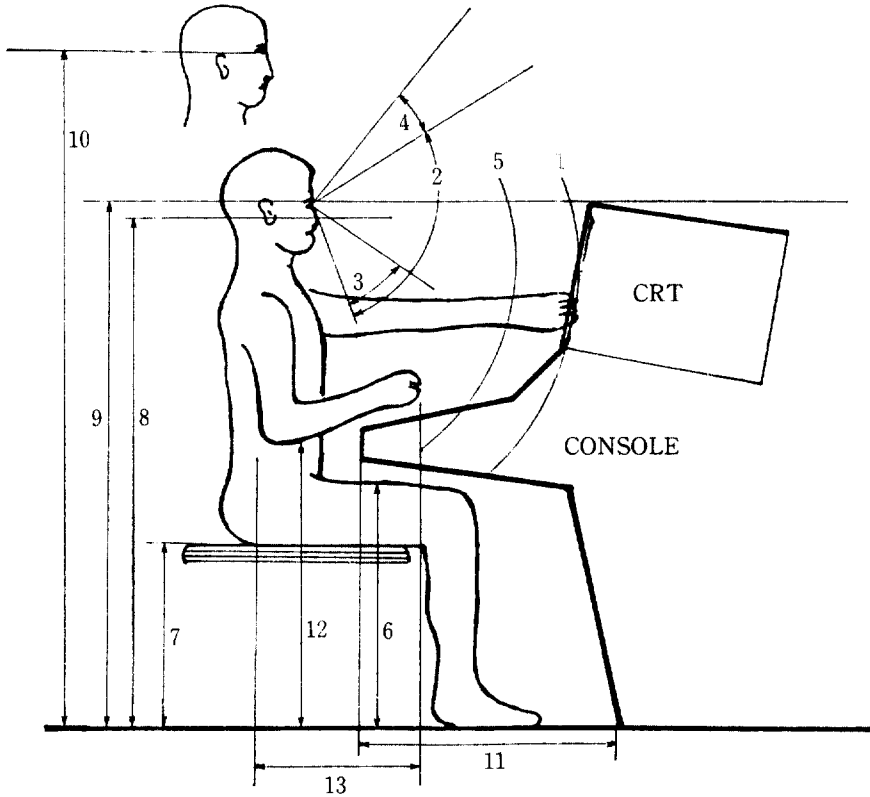
이상과 같은 설문조사 분석과 제어실의 고찰에서 나타난 것처럼 원전 중앙제어실의 개선은 중앙제어반의 인간공학적 설계, 중요도에 따른 정보의 배 배열과 폭주현상제거, 제어기기, 지시계, Label 등의 정보표시 소자 고도화, 운전정보의 효율적인 디스플레이를 위한 CRT 화면정보 설계 운전원의 행위특성에 적합한 지원 시스템 등의 설계개선 뿐만 아니라 선진각국의 Man-Machine Interface개선 사례를 참고삼아 앞으로 우리나라에서도 운전원의 의견을 충분히 반영한 시스템 개발에 각별한 관심을 기울여야 할 것이다.

본 연구의 일환으로 수행한 설문조사를 분석하여 제시한 설계 개선안을 국내 원전중앙제어실 설계에 반영함으로써, 앞으로 Man-Machine Interface개선을 위한 방향 설정에는 많은 도움

이 될 것으로 판단된다.

특히, 인간공학에 의거하여 제시한 국내 원전

운전원 콘솔의 Dimension은 후속기 원자력발전  
소에 반드시 반영되어야 할 것이다.



(그림 11) 착석시 운전원의 인체측정학적 Dimension

(표 1) 운전원 착석시의 인체측정학적 Dimension

번호	내용	Dimension	번호	내용	Dimension
1	최대작업영역	약 76cm	8	제어 눈 높이	80cm이하
2	정상 감시시각	90도	9	감시 눈 높이	약 80cm
3,4	최대상하방향 머리 이동 각도	각각 30도	10	서 있는 자세 눈 높이	약 157cm
5	정상 작업영역	65cm이하	11	다리의 공간	가변적임
6	대퇴위 높이	약 52cm	12	팔꿈치 높이	약 66cm
7	대퇴밑 높이	약 39cm	13	전관길이	약 45cm

## 參 考 文 獻

1. EPRI, (1982), "Human Engineering Guide for Enhancing Nuclear Control Rooms", EPRI NP-2411.
2. EPRI, (1984), "Human Factors Guide for NPP Control Room Development", EPRI NP-3659.
3. IEEE, (1988. 7.), "IEEE Fourth Conference on Human Factors and Power Plant".
4. IAEA, (1983), "Nuclear Power Plant Safety Human Factors Review of Korean NPP Control Room", IAEA-TA-2121.
5. IAEA, (1988), "Conference Proceedings Man-Machine Interface in the Nuclear Industry".
6. NUREG, (1980), "The Social and Economic Effects of the Accident at Three Mile Island", NUREG/CR-1215.
7. NUREG, (1981), "Guidelines for Control Room Design Reviews", NUREG-0700.
8. Salvendy, G., (1987), Handbook of Human Factors.
9. Woodson, Wesley E., (1981), Human Factors Design Handbook
10. 공업진흥청, (1986), "국민표준체위보고서".
11. 한국전력공사, (1987), "원자력발전소 표준화설계를 위한 조사용역보고서", 제6권.