

# 안전에 관한 휴먼 팩터의 제 문제

## 1. 서 언

최근 급속한 기술 진보, 정보 혁명, 에너지 생산은 일찍이 경험하지 못한 풍부한 물질문명을 가져오게 된다. 반면에 기술시스템의 거대화, 복잡화, 에너지 대량 소비는 사고, 재해의 대형화, 지구 규모의 환경 오염, 자원 고갈 등 심각한 사회 불안이나 기술발전으로의 의심을 높여가고 있다.

노동작업도 기계화, 자동화의 도입으로 작업량이 감소하고, 작업효율도 증가하여 안전성도 향상되었지만, 상대적인 면에서 사고원인으로 Human Factor (이하 : H.F.라 칭함) 문제가 각 업종에서 급속하게 대두되었다.

표1은 각종 사고의 H.F.에 기인하게 된 비율을 나타내며, 50-90%가 H.F.이다. 그러나 항공분야를 시작으로 H.F.의 정의가 고쳐지고 있다.

분 야	H.F.에 기인하는 사고의 비율	발 표 자	년도
구조물 사고	90% 이상 78%(800건 중) 66%(287건 중)	Allen Hauser 前田	1975 1979 1983
제조업사고 로봇사고	40% 이상 45%(18건 중)	노동성안전년감 杉本	1984 1979
전자장치(고장) 화학플랜트사고	50-70% 60% 이상	Christensen들 林 大島	1981 1979 1980
석유화학콤비나트 화재·폭발	45-65%(483건 중)	고압가스보안협회 보안정보센터	1978- 1982
해상석유굴착사고 위험물공장 화재	70% 50%(1,270건 중)	Jensen 上原	1982 1985
선박사고 선박기관손상사고	63.6% 83%(600건 중)	Meister 池西	1971 1985
항공기사고	70-80%	笠松 黒田	1979 1979
항공기·선박 발전소사고	70-90%	Rubinstein Danaber Billings	1979 1980 1981
의료사고	80% 이상(16건 중)	古橋	1980
자동차사고	90% 이상	橋本	1979

## 2. H.F.의 정의에 대해서

안전면에서는 “Human Error”라는 말이 일반적으로 사용되고 있으나, “Error”라든가 “Miss”라는 것은 누군가에게 결함이 있다는 “부적절한 행위”로서 개인의 본질적인 특성은 아니다. “Error”는 인간과 환경, 기계 혹은 시스템의 인터페이스에 발생하는 부적절한 사실과 현상을 말하고 있다. 따라서 사고 원인을 단순히 인간 특성이나 심리현상으로서 취급하는 것은 문제 해결을 위한 최선의 방법은 아니다. 복잡한 기술시스템과 인간의 관계는 시스템의 급속한 진보와 함께 같은 속도로 변해 가고 있다. 특히, 정보기기의 발달은 종래의 단순한 인간-기계의 인터페이스가 아니고, 인간의 정보처리 과정에 뛰어난 認知的 인터페이스를 생각하지 않으면 안된다. 사고는 계획, 경영, 디자인, 제조, 설치, 운용, 보수, 관리, 경영, 규제 등 모든 인간이 관여하는 단계의 요인, 즉 넓은 의미의 H.F.의 연쇄적으로 관여하여 발생한다고 생각해야 할 것이다.

## 3. 인간행동의 특성

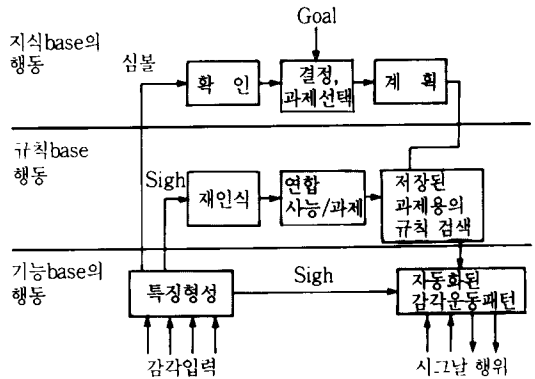
인간행동의 특성은 컴퓨터의 기능과 비교하면 크게 다르다. 우선 다량으로 다양한 입력정보  $10^9$ 비트/초 이나, 중추처리 용량은  $10^2$ /초로 적고, 단일 채널 처리계이다. 그러나, 출력은  $10^7$ 비트/초로 크게 증폭하는 것이 가능하다. 한편, 기억 용량은  $10^{20}$ 비트로 생각되고 있다.

시각, 청각 등 입력 감각기는 외계 자극을 물리적 척도로서 전달하는 것은 아니며, 복잡한 감각의 룰에 의하여 변형되어 입력된다.

라스무센에 의하면, 인간의 행동 패턴은 지식base, 규칙base, 기능base의 3개 base로 나눌 수 있다고 한다.

중추 정보처리계 전체를 경과하여 실시된 지식base의 행동은 반복하여 연습하는 데에 따라서 점차 단락회로를 작성하여 일정한 룰을 통하여 행동하게 된다. 이것이 규칙base의 행동이다. 더욱이 연습이 진행됨으로써 외계 자극이 행동의 방아쇠가 되어 일련의 행위 셋트가 거의 무의식으로 발동되게 된다. 이것이 기능base의 행동이다. 이와 같은 행동 패턴의

이행은 단순히 채널 처리계에 관계하지 않고, 병렬행동을 실시하기 위한 “Mental Energy의 효율화 원칙”에 따른다고 생각된다. 이 모델은 그림1에 나타나 있다.



【그림 1】 라스무센의 인간행동의 간이 모델  
J.Rasmussen (1986)

지식base의 행동에서는 선택실패에 의한 잘못된 의사 결정, 목전의 일에 사로잡혀 상황인식의 잘못, 지식의식의 과신 등이 보여지며, 규칙base의 행동에서는 적절한 룰의 적용을 잘못된 예로서 이전에 성공한 전례에 사로잡힌다거나 유사 상황에 유혹된다.

또한, 완전히 잘못된 룰을 채용하여 의심도 없이 부적절한 행동을 의식적 체크가 행해지지 않고, 관습적 행동을 취하기 때문에 뜻밖의 실수 또는 조작의 탈락, 다른 정보 개입에 의한 치환 등의 문제이다.

잘못된 행동은 언뜻 보기에 같아 보이나 행동의 단계에 의해서 대책은 완전히 다르므로 행동 패턴의 상세한 분석이 필요하다.

## 4. 실행에 영향을 주는 요인

인간을 둘러싸고 있는 많은 요인이 직·간접적으로 수행에 영향을 미치고 있다. 때로는 “스에인”은 표2에 나타난 바와 같이 외적 요인, 스트레스 요인, 내적 요인으로 대별하여 상세한 항목을 열거하고, 이것을 수행 형성 인자라 하고 있다.

노동재해의 심리적 요인으로서 중요시되어야 하는 것은 다음의 요인이다.

- 1) 안달 - 초조miss
- 2) 체면, 충실성 - 성실miss

3) 교반-확신타미스

4) 분도-지리멸렬 또는 포기미스

5) 불안-부지미스

특히, 시간적 스트레스로서의 초조미스와 조직으로의 높은 귀속성에 의한 성실미스가 많이 나타나며, 이의 방지에는 개인적인 노력보다는 안전관리의 본연의 자세에서 그 대책을 구하지 않으면 안된다.

개인적 요인으로서 중요시 되어야 하는 것은 의식

수준의 저하를 초래하는 각종 질환이나 질병 때문에 투여된 약제의 부작용이다. 또한, 일반생활에서 수행에 영향을 주는 생리적 요인으로서 피로, 수면부족, 결식, 숙취, 작업-휴양 리듬, 시차 등이다. 물론, 작업환경의 물질적 특성으로서의 온도, 기압, 산소농도, 방사능, 소음, 진동, 밝기, 작업공간 나아가 유독물질 등 많은 요인에 대해서 고려하지 않으면 안된다.

【표 2】 수행 형성인자

A.D.Swain(1983)

I 외적요인

I-1 상황적 특성

- 시공상의 구조
- 환경
  - 온도, 습도, 공기, 방사선
  - 조명
  - 소음, 진동
- 일반적 정동상태
- 작업시간/휴식
- 전용설비, 기구나 공급물질의 이용성과 충분함
- 인원계획
- 조직형태
  - 권한, 책임, 연락망
- 감독자, 협력자, 대표자, 규제 담당자의 능력과 기여
- 보수, 평가, 은혜
- 바른 자세

I-2 직무·작업의 지시

- 절차서(기재된 것과 기재되지 않은 것)
- 문서 또는 구두 지시
- 주의, 경고
- 작업방법
- Plant Policy(Shop의 실천 상황)

I-3 작업과 설비면에서의 특징

- 지각상의 요구사항
- 행동상의 요구사항 (속도, 강도, 정확성)
- 조작기구/표시의 관련성
- 사전에 예상하는 요구사항
- 해석(의미 부여)
- 의사결정
- 정보처리의 부하 (복잡성)
- 작업의 폭
- 빈도와 반복
- 작업의 중요성
- 장기/단기의 기업
- 계산성의 요구사항
- Feed Back(결과에 대한 식견)
- 연속성(간헐적이거나 연속적인가)
- 팀의 구성과 커뮤니케이션
- 인간-기계 사이의 인터페이스
  - 주된 기계의 형태
  - 테스트용 기기

· 제조기용 기기

· 직무 지원용 기기

· 제 기기·비품

II 스트레스 요인

II-1 심리적 스트레스 요인

- 돌발성
  - 스트레스에 걸리는 시간
  - 작업 속도
  - 작업 부하
  - 위험성
  - 압박감(실패나 실직에 대하여)
  - 일의 단조로움, 품격, 무의미함
  - 길어서 아무 일도 하지 않는 감시
  - 직무수행상의 갈등
  - 재훈련의 결여
  - 자극이 없음
  - 주의 그 자체(소음, 눈부심, 움직임, 어쁜 거림, 색채)
  - 모순되는 단서
- II-2 생리적 스트레스 요인
- 스트레스가 걸리는 길이
  - 피로
  - 고통, 불쾌감

• 공복, 갈증

• 극단적인 온도조건

• 방사선

• 과대한 중력

• 기압

• 산소결핍

• 진동

• 움직임의 제약

• 운동 부족

• 리듬의 혼란

III 내적 요인

III-1 개인적 요인

- 지금까지의 훈련/경험
- 최근의 실무능력·기능
- 성격, 지능적 자질
- 동기과 태도
- 정서, 감정
- 심적 또는 육체적 긴장
- 표준적으로 요구되는 지식
- 성적 차이
- 몸의 상태
- 가정이나 주위 사람으로부터의 영향
- 직장 그룹의 특성

## 5. 인간과 기계와의 관련성

인간과 기계와의 인터페이스의 본연의 자세에 대해서는 옛날부터 인간공학의 과제로서 많은 조사가 연구가 되어 왔다. 특히, 제2차 세계대전 및 전후의 유인 우주개발을 통하여 조작기구로서의 스위치, 로프 등의 형상, 크기, 조작 방향, 조작에 필요한 힘, 배열 등에 대해서 크나큰 진보를 가져왔다. 오조작방지를 위한 guard, cover, 인터록 등에 대해서도 연구가 진행되어 왔다.

한편, 인간의 감각 입력으로서의 계기류의 크기, 표시, 지침의 상태, color coding 등에 대해서도 많은 연구가 집중되었다.

그러나, 전자기술의 급속한 발달에 따라 자동화가 신장되고, 계기류나 조작구의 상태로 크게 변화하여 인간과 기계의 사이에 개입하는 시스템이 많아지고, 복잡화되었다. 컴퓨터의 도입에 따라 우선 인간의 작업량은 현저히 감소되었으며, 나아가 인간의 사고를 보조적으로 대체하게 되었다.

따라서 종래의 인간-기계 인터페이스라기 보다는 전술한 바와 같이 새롭게 人知的 인터페이스가 생기게 되었다.

분명히 자동화에 따라 작업량은 감소했으나 다음과 같은 새로운 H.F.의 문제가 발생되었다.

그것은 상황 인식력의 상실, 시스템 이해력의 불충분, 기량이나 숙련도의 저하, 오신호에 의한 에러, 단조로움, 무료함에 의해 생기는 에러, 위험에 대한 경계심의 저하, 자동화에 대한 무비판적인 과도한 의존성, 일하는 보람의 상실, 정신적 작업량의 증가 등이다.

이와 같이 문제는 최근 발생한 소위 하이테크 항공기의 사고원인으로서 중요시되어 인간을 중심으로 한 자동화에 대한 재검토가 이루어지고 있다.

## 6. 안전관리의 이상적 자세

안전에 관계하는 H.F.의 문제로서 안전관리의 이

상적인 자세는 가장 중요한 키 포인트이다.

1986년에 발생한 구 소련의 체르노빌원자력발전소 사고 후 국제원자력기구의 원자력안전자문위원회는 안전관리에 대해서 다음과 같이 말하고 있다.

“업무에 종사하는 모든 사람 및 조직 행동의 상호 제후가 안전문화에 의해서 지탱되고 있다지만, 사람들의 헌신적인 태도나 책임감이 근본적으로 이루어지지 않으면 안된다.

이를 위해서는

- 1) 조직 전체의 안전에 관한 정책의 확립
- 2) 그 목적에 전원이 일치 협력하여 환경을 창출한다.
- 3) 책임의 명확화
- 4) 상호 확실한 의사전달
- 5) 정확한 수순 작성과 준수
- 6) 안전활동에 대한 내부감사
- 7) 에러에 관한 솔직한 보고와 그것을 받아들이는

개방된 조직의 자세

이러한 조직의 안전문화는 원자력 업무에 한정되는 것이 아니며, 모든 업무에 공통적이라는 것이다.

세계적인 규모이면서 우수한 안전 성과를 이룩하고 있는 듀폰사, 40년 이상에 걸쳐 무사고를 달성하고 있는 칸타스항공에서도 그 근간이 되는 것은 Top down과 Bottom up의 안전에너지가 훌륭하게 조화를 이루는 안전문화로 지탱하고 있다고 해도 좋을 것이다.

## 7. 맺는 말

안전은 인간에 의해서 지탱되고 있다. 업무의 높은 안전성을 유지하기 위해서는 인간의 개인적 및 집단적 H.F.를 충분히 파악한 뒤에 안전전략을 쌓아올릴 필요가 있다. 또한, 인간능력의 변동폭을 커버할 수 있는 에러·허용의 방책이 필요하지 않을까.

Safety Engineering 제21권 / 제4호, 95.3에서 발췌