

인적오류를 고려한 중대재해 조사항목의 개선

Improvement of Investigation Items of Fatal Industrial Accidents Considering Human Error Characteristics

이 동 하* · 나 윤 균*

Dhong-Ha Lee · Yoon-Kyoon Na

(1998년 9월 30일 접수, 1998년 12월 12일 채택)

ABSTRACT

This study investigated human error characteristics of the 42 fatal industrial accidents reported by staff members of Korea Industrial Safety Corporation. Various types of human error were judged to be primary contributing factors in about 74 percent of the cases. Most of human error made by involved industrial operators resulted from two types of mistakes: (1) mistake in judgement of work situation, and (2) omission in daily check. It was concluded that preparation/observance for work procedure manuals, danger predication training and enforcement/education of daily check routine would be effective preventive tools for these types of human error attributable to fatal industrial accidents.

1. 서 론

인적오류(human error)는 안전상의 중요한 문제를 일으키거나 일으킬 가능성이 있는 부적절하고 바람직하지 않은 인간의 의사결정이나 행위로 정의된다¹⁾. 산업시스템이 복잡해지고 속도가 빨라지는 반면 인간작업자의 정보처리 능력 및 수공능력은 이를 따라가지 못해 대형재해의 주원인이 인적오류로 판명되는 경우가 점차

증가하고 있다. 인적오류는 재해관련자의 책임 소재 규명과 책임추궁의 문제를 야기하기 때문에 재해조사과정에서 은폐되거나 조작되는 경우가 많아 오류의 원인을 파악하거나 적절한 대책을 세우기가 어렵다. 특히 피재자가 사망한 경우에는 재해발생과정에서의 인적오류과정을 피재자로부터 밝히기가 불가능하고 주변 관련자의 증언이나 정황으로부터 추론하는 수밖에 없기 때문에 인적오류분석이 더욱 어렵다.

인적오류의 원인으로 Pulat²⁾은 고의적 행위,

* 수원대학교 산업공학과

임무요구에 미치지 못하는 인간의 능력, 부족하거나 과도한 스트레스, 비인간공학적으로 설계된 작업, 불충분하거나 부정확한 교육/훈련을 들었고 이러한 원인이 전체 인적오류의 95% 이상을 설명할 수 있다는 가설을 제시했다. 인적오류의 종류에 대해서는 여러 학자들이 적용분야에 따라 다양한 분류방법을 제시하였다. Swain과 Guttman³⁾은 누락에 따른 오류와 부정확한 수행에 따른 오류로 구분하였고 Rouse와 Rouse⁴⁾는 항공, 항해, 및 발전소 제어 운전원의 인지과정 (상태관찰, 목표설정, 절차선택, 절차실행)에 적용할 수 있는 분류체계를 개발했으며, Rasmussen⁵⁾은 기능(skill) 기반 행위에 따른 오류, 규칙(rule) 기반 행위에 따른 오류, 지식(knowledge) 기반 행위에 따른 오류로 구분하였다. 이정운 등⁶⁾은 이상의 인적오류분류체계를 토대로 한국 원자력발전소 특성에 맞는 인적오류분류체계를 제안했다.

산업재해에 있어서의 인적오류에 의한 재해 발생비율은 산업분야별로, 인적오류 분류체계별로 달라질 수 있다. 보험회사 자료에 근거한 Heinrich⁷⁾ 연구에 따르면 재해의 88% 정도가 불안정한 행동에 기인한다고 하였다. Sanders와 Shaw⁸⁾는 338건의 지하굴착상해 사례분석에서 재해의 80%정도가 일부 인적오류에 기인하였으며 50%정도는 인적오류가 재해의 주요인이었다고 분석하였다.

본 연구에서는 원자력발전산업 이외의 국내 사례에 대해서는 거의 연구가 이루어지지 않은 일반산업 재해에 있어서 피해자 및 재해관련자의 인적오류 비율 및 관련 특성을 한국산업안전공단에서 작성하는 중대산업재해표를 토대로 분석하였다. 또한 중대재해조사표에 의거하여 인적오류를 분석하는데 있어서의 현행 기록방식의 문제점을 평가하고 이에 대한 보완점을 토의하였다.

2. 중대재해조사표의 구성

한국산업안전공단에서 각 지역소재 (서울, 의정부, 인천, 수원, 춘천, 안산, 대구, 구미, 창원, 울산, 포항, 대전, 청주, 전주, 여수) 본부나 지도

원을 통해 작성토록 하고 있는 중대재해조사표는 피해자를 사망케 한 중대산업재해가 발생할 때마다 작성하도록 되어 있다. 중대재해조사표에 기록되는 자료의 필드 구성은 Table 1과 같다.

Table 1 Current data fields of fatal industrial accident records

| 기록항목대분류 | 기록항목 세분류 | 비고 |
|-----------|--|-----------------------|
| 조사자 내역 | 조사자 성명, 직급, 소속부서명, 재해조사 요청일, 재해조사일, 담당지방노동관서 | |
| 사업장 개요 | 사업장명, 사업주명, 사업장주소, 전화(팩스)번호, 산재번호, 설립연도, 주요생산품, 업종, 총근로자수 | 건설업인 경우 추가 기록 사항 있음 |
| 재해발생과정 개요 | 언제, 어디서, 누가, 무엇을, 어떻게, 왜 | |
| 재해자 현황 | 재해자성명, 주민번호, 연령, 성별, 국적, 직종, 직위, 입사일, 부서명, 동종경력기간, 고용형태, 학력, 자격증종류, 자격증등급 | |
| 재해발생현황 | 발생일시, 목격자유무, 목격자성명, 목격자 부서, 정규작업시간, 발생까지시간, 근무시간형태, 휴식시간, 재해발생장소, 단독작업 장소여부, 근무작업공정, 동시작업인원, 작업내용, 동작(움직임), 총인적피해, 총물적피해, 사망일시, 상해종류, 상해부위, 휴업 예상일수, 정지예상일수, 응급조치여부, 응급조치시간, 미설시사유 | |
| 재해발생형태 | 재해발생형태분류, 관련중장비, 추락높이, 추락장소 감전전압, 점화원, 유해물질명, 기인물, 가해물, 기인물동작, 재해발생요인 | 특정 기인물에 대한 검사실시 여부 추가 |
| 개인보호장비 | 장비(설비)명, 유무여부, 적절적합여부, 사용작동여부 | 안전장치 및 방호설비 포함 |
| 원인 및 대책 | 불안전 행동, 불안전 상태, 동종재해 예방 대책 | |
| 재해발생과정 | 재해발생과정 상술 | |
| 재해발생원인 | 재해발생원인 상술 | |
| 재해예방대책 | 재해예방대책 상술 | |

중대재해조사표의 기록사항은 크게 조사자 내역, 재해발생 사업장 내역, 재해발생과정의 개요, 재해자 현황, 재해발생현황, 재해발생형태구분, 개인보호장비 관련여부, 원인 및 대책 요약, 재해발생과정 상술, 원인 및 예방 대책에 대한 상술로 구성되어 있다.

조사자 내역은 조사자 및 중대재해조사표에

대한 기록자의 신분, 재해조사 일정으로 구성된다. 사업장개요에는 사고가 발생한 장소에 소재한 사업장 관련정보가 기록된다. 인적오류를 유발한 작업자가 하청작업차 또는 방문하여 작업 중 사고가 났을 경우에는 인적오류유발자가 소속된 사업장의 정보가 기록될 수 없다. 따라서 실제 사고를 유발한 작업자가 소속된 사업장에서 발생하지 않은 재해의 경우에는 사업장개요가 주는 정보의 가치가 떨어진다.

재해발생과정의 개요에는 재해발생과정이 언제, 어디서, 누가, 무엇을 어떻게 왜 했는가의 양식으로 간략하게 기술된다. 재해자현황에는 피해자의 인적사항, 소속부서, 직무, 경력, 학력 등의 정보가 기록된다. 이 정보 또한 피해자가 인적오류 유발자가 아닌 경우에는 재해조사에 그다지 도움이 되지 않은 정보가 될 수 있다. 재해발생현황에는 재해발생 시간, 장소, 목격자, 작업내용, 인적물적피해, 응급조치여부 등의 정보가 포함되어 있다.

재해발생형태에는 재해형태분류, 재해현장의 물리적 화학적 기인물, 가해물에 대한 정보와 재해발생요인을 기록한다. 재해발생현황이나 재해발생형태에 소속된 자료 중 인적오류유발자가 누구인가를 구분하는 정보는 포함되어 있지 않다.

개인보호장비에는 안전장치 및 방호장치가 포함된 보호장비의 사용여부가 기록된다. 원인 및 대책 필드에는 재해발생에 직접적이고 1차적인 불안전행동, 불안전 상태를 기록한다. 또한 재해원인의 불안전행동과 불안전상태에 대응이 되는 예방대책을 기록한다. 재해발생과정상술, 재해발생원인상술, 및 재해예방대책상술 필드에는 재해발생과정의 개요나 원인 및 대책에 요약 기술한 내용보다 자세하게 해당 내용을 상술하도록 되어 있다. 특히 재해발생과정 상술 필드에는 시간 순서로 재해발생과정을 재구성하도록 되어 있어서 인적오류의 발생경위를 쉽게 파악할 수 있어서 인적오류 분석에 중요하다.

3. 중대재해사례에 대한 인적오류분류

재해에 있어서 인적오류가 차지하는 비율은 인적오류범위를 어디까지 설정하고 어떻게 분류

하는냐에 따라서 달라지므로 분류체계의 선정은 중요하다. 기존의 분류체계의 대부분은 실제 일반 산업현장에서 수행되는 작업내용과 동떨어지거나 너무나 인지적인 사항에 치우쳐 있어서 verbal protocol 등 작업자의 인지구조를 밝혀내는 특수한 방법을 사용하지 않으면 분류가 어려우므로 본 연구에서는 이러한 점을 개선한 이정운 등⁶⁾의 분류체계를 이용하였다. 이정운 등⁶⁾이 제안한 인적오류분류체계를 바탕으로 본 연구에서 재구성한 인적오류분석에 관련된 자료구성은 Table 2와 같고 인적오류에 대한 상세분류방식은 Table 3와 같다.

Table 2 Data composition for human error analysis for fatal industrial accidents

| 필드명 | 설명 |
|---------|--|
| 업종 | 피해자가 소속된 사업장의 업종 |
| 직종 | 피해자가 재해를 입을 당시 사업장에서의 신분 |
| 경력 | 재해를 입을 당시 수행하던 직무와 동종의 직무수행 경력(년) |
| 근무시간 형태 | 1 정상근무, 2 2교대, 3 3교대, 4 시간외, 5 휴일, 6 기타 |
| 고용형태 | 1 상용, 2 일용, 3 임시, 4 시간제, 5 무급(가족), 6 기타 |
| 학력 | 1 무학, 2 국졸, 3 중졸, 4 고졸, 5 전문대졸, 6 대졸, 7 대학원졸, 8 기타 |
| 작업공정 | 피해자가 수행하던 직무를 포함하는 공정단위 |
| 작업내용 | 재해당시 피해자가 수행하던 직무 |
| 작업인원 | 동일 작업장소에서 피해자와 같이 근무한 작업자 수 |
| 기인물 | 재해발생에 근본적 원인이 된 기계, 물질, 물체, 환경 등 |
| 가해물 | 재해발생 당시 재해자와 직접 접촉하여 상해를 준 것 |
| 재해형태 | 1 추락, 2 전도, 3 낙하비대, 4 붕괴도괴, 5 협착, 6 잠림, 7 감전, 8 폭발, 9 파열, 10 화재, 11 충돌, 12 교통사고, 13 유해물질접촉질식중독, 14 이상온도접촉, 15 빠짐의사, 16부리한동작, 17 기타 |
| 오류유발자 | 1 피해자, 2 동료, 3 기타 |
| 불안전 행동 | 오류유발자의 불안전 행동 |
| 불안전 상태 | 주변환경의 불안전 상태 |
| 인적오류분류 | 1 작업시점상의 잘못, 2 작업수행방식의 잘못, 3 작업대상 잘못 4 잘못된 작업순서, 5 작업누락, 6 작업수행의 정량적 결함 7 작업수행의 질적 결함, 8 잘못된 작업의 수행, 9 작업미수, 10 인적오류 아님 |
| 예방대책 | 인적오류 재발방지 대책 |

인적오류분석에 관련된 자료구성에서 오류유발

Table 3 Human error classification applied to fatal industrial accidents

| 인적오류 대분류 | 인적오류세분류 |
|--------------|--|
| 작업시점상의 잘못 | 1 too early, 2 too late. |
| 작업수행방식의 잘못 | 1 too fast, 2 too slow, 3 wrong direction. |
| 작업대상 잘못 | 1 train, 2 similar, 3 unrelated. |
| 잘못된 작업 순서 | |
| 작업누락 | 1 일상점검 소홀, 2 상태표시확인 누락, 3 경보원인 제거 누락, 4 선행조치 누락/다음작업착수, 5 마무리조치 누락, 6 성능시험 누락, 7 일부대상에 대한 조치 누락, 8 작업전체 누락 |
| 작업수행의 정량적 결함 | 1 too much, 2 too little |
| 작업수행의 질적 결함 | 1 청결불량, 2 기준미달 작업, 3 기준미달자재 사용 |
| 잘못된 작업의 수행 | 1 영향 간과한 잘못된 조치, 2 의도되지 않은 동작, 3 불필요한 조치 |
| 작업 미숙 | |
| 인적오류 아님 | |

자 필드와 인적오류분류 필드를 제외한 나머지 항목들은 중대재해조사표의 해당항목자료를 그대로 수용했다. 오류유발자 필드에는 인적오류를 유발한 사람이 피재자 본인인지, 같은 작업장에서 일하던 동료 작업자인지 아니면 기타 제 3의 인물 또는 요인인지를 분류하는 항목으로서 중대재해조사표의 재해발생과정에 상술된 정보로부터 재구성하였다. 인적오류분류필드는 재해발생과정에서 관련된 인적오류를 분류하는 항목으로서 분류체계는 이정운 등이 원자력발전소의 발전정지사례에 관련된 인적오류를 분류하기 위해 적용했던 분류체계를 그대로 사용하였다.

방대한 자료처리에 드는 시간과 비용을 절약하기 위하여 본 연구에서는 97년도에 보고된 중대재해사례 중에서 경인지역에서 발생한 42건의 사례표본을 임의 추출하여 상기 분류체계를 적용하였다.

중대재해사례표본 중 인적오류사례를 추출한 결과 총 31건 (74%)이 인적오류에 기인하는 것으로 판정되었다. 인적오류에 의한 사망사고사례를 업종별로 구분하면 Fig. 1과 같다. 16 업종에 걸쳐 인적오류와 관련된 중대재해가 발생했고

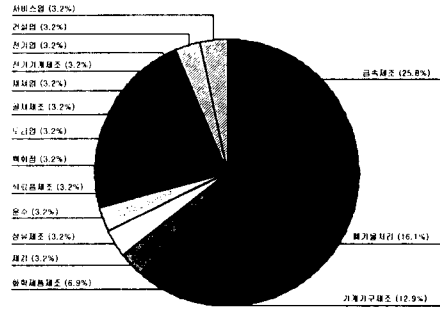


Fig. 1 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by industry type

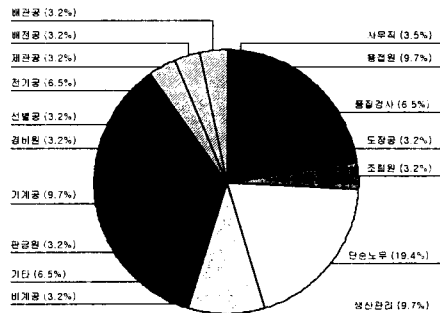


Fig. 2 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by occupational type

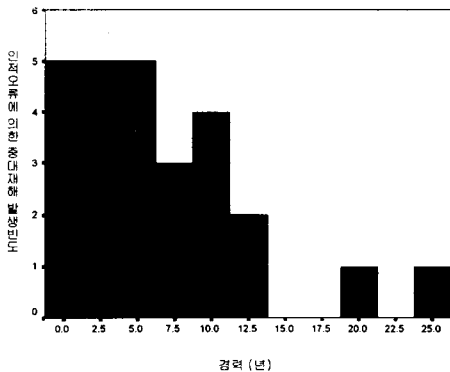


Fig. 3 Histogram of fatal industrial accidents attributable to human error by job experience

이중 금속제품제조업체에서의 사망사고가 전체의 25.8%를 차지하였다. 피재자의 직종별로 보면 16개 이상의 직종 종사자들이 인적오류에 의

한 중대재해를 당하였고 이중 단순노무직이 19.4%를 차지하였다 (Fig. 2). 피해자의 해당 직무경력에 따른 중대재해의 발생빈도는 뚜렷한 패턴을 보이지 않아 경력의 다소에 관계없이 인적오류에 의한 중대재해가 발발하고 있음을 보여주었다(Fig. 3).

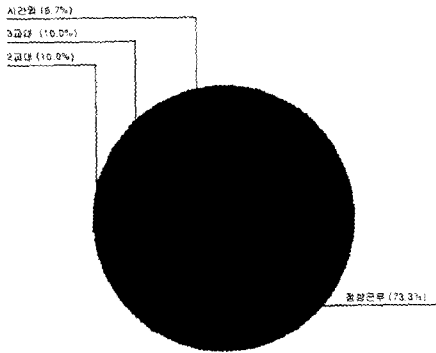


Fig. 4 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by shift type

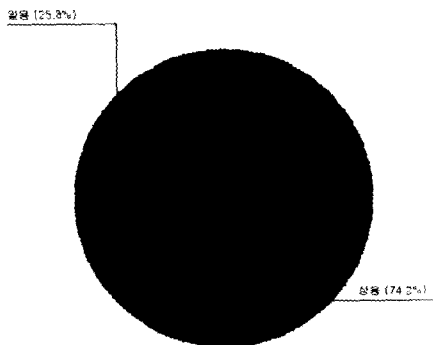


Fig. 5 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by employment type

인적오류에 의한 중대재해는 정상근무 중에 가장 많이(73.3%) 발생하는 것으로 나타났고 (Fig. 4). 정규직 이외에 일용직으로 고용된 피해자의 비율 (25.8%)이 높았다 (Fig. 5).

학력별로 보면 고졸 이하의 학력소지자의 비율이 93.4%로서 대부분을 차지하였는데 이는 현장근무작업이 주로 고졸 이하의 학력소지자들이 담당하기 때문이다(Fig. 6).

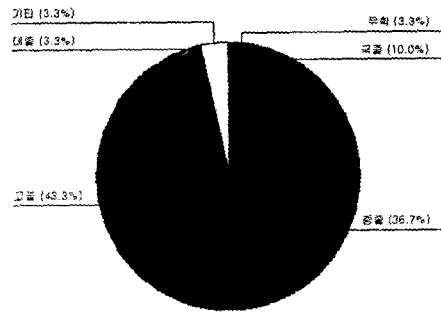


Fig. 6 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by academic career

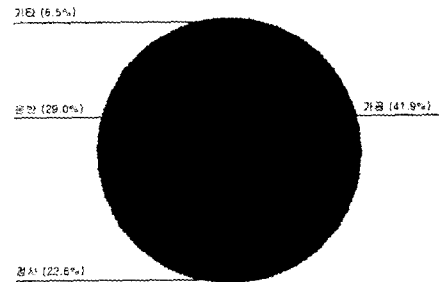


Fig. 7 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by process activity type

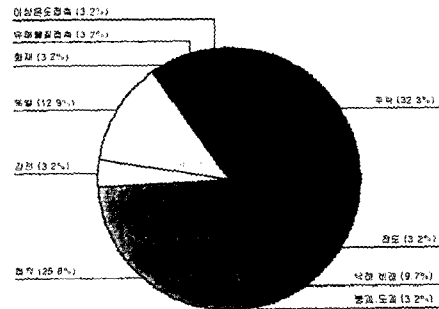


Fig. 8 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by accident type

ASME에서 표준화시킨 공정분류체계에 따라 작업공정을 가공(operation), 검사(inspection), 운반(transport), 저장(storage), 정체(delay)로 분류했을 때 인적오류에 의한 중대 재해는 가공(41.9%), 운반(29%), 검사(22.6%) 공정에서 대부분 발생하였다(Fig. 7). 재해형태로 보면 추락(32.3%),

협착(25.8%), 폭발(12.9%), 낙하비래(9.7%) 순으로 발생빈도가 높았다(Fig. 8). 인적오류를 피재자 본인이 직접 유발한 경우가 대부분(83.9%)이었지만 같이 일하던 동료작업자의 오류에 의한 재해도 16.1%나 되었다(Fig. 9). 인적오류의 대부분은 잘못된 작업을 수행함으로써 이루어졌고(61.3%), 작업누락(19.4%)과 작업수행의 질적 결함 (9.7%) 순서로 발생빈도가 높았다(Fig. 10). 인적오류형태를 좀더 세분해보면 잘못된 작업 중에서도 영향을 간과한 조치가 전체 19건 중 17건(89%)을 차지하였고 그 외 의도되지 않은 동작과 불필요한 조치가 각 1건(5.5%)씩 있었다. 작업누락의 경우 총 6건 중 6건 (100%) 모두 일상점검 소홀에 기인한 것으로 판정되었다. 작업수행의 질적결함은 총 3건에 3건 (100%) 모두 기준미달의 작업 수행에 기인한 것으로 판정되었다.

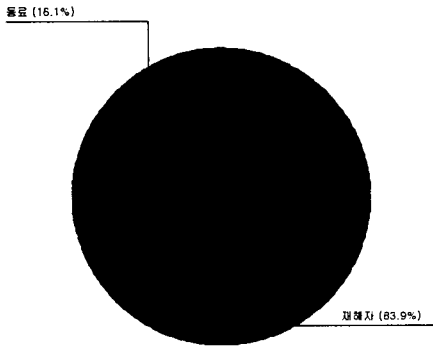


Fig. 9 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by error initiator type

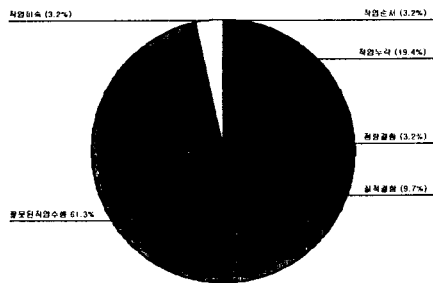


Fig. 10 Percentage of fatal industrial accidents attributable to human error by human error type

이상의 인적오류에 의한 중대재해사례 발생 원인을 요약하면 영향을 간과하고 무모하게 이루어진 잘못된 선택된 작업, 일상점검 소홀이 주요인으로서 인적오류 전체의 74%를 차지하였다. 이에 대한 대책으로는 안전 작업방법에 대한 교육, 위험 예지훈련, 상세 단계까지 수록된 작업 절차서의 작성/준수의 생활화, 안전점검강화 교육이 효과적이라 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 한국산업안전공단에서 치명적 재해가 발생할 때마다 제도적으로 전국 각 지역의 본부 및 지도원을 통해 기록하고 있는 중대 재해조사표로부터 인적오류분석을 수행하고자 할 경우 분석에 요구되는 자료의 구성상의 문제점을 평가하고 경인지역소재 산업체로부터 기록된 97년도 중대재해사례 표본으로부터 인적오류에 의한 중대재해의 발생비율 및 인적오류형태를 분석하고 예방대책을 토의하였다. 총 42건의 중대재해사례 표본 중 31건(74%)이 인적오류에 기인하여 발생하였고 인적오류에 의한 중대재해 중 23건(74%)이 작업의 안전성에 대한 판단 착오로 인해 무모하게 강행되다 발생하거나 일상 점검 소홀로 인해 초래되었다. 이러한 유형의 인적오류를 예방하는 대책으로는 안전작업방법에 대한 절차서 비치, 교육, 작업 중 발생할 수 있는 위험예지훈련 등이므로 산업안전관리자들은 이 분야에 대한 안전관리활동비중을 높여야 할 것이다.

현재 작성되는 중대재해조사표로부터 인적오류를 체계적으로 분석할 수 있기 위해서는 현행 피재자 위주의 기록체계를 오류유발자 위주의 기록체제로 전환하는 것이 바람직하다. 오류유발자 위주의 기록체계에는 오류유발자 구분, 오류유발자의 인적 및 회사 관련사항, 작업내용, 오류유발 당시의 주변정황, 인적오류 형태 및 요인 등에 관한 정보가 추가되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) M.S. Sanders, E.J. McCormick, Human

- Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill, pp. 655~695, 1992.
- 2) J.M. Pulat, Fundamentals of Industrial Ergonomics, Englewood Cliffs, Prentice Hall, pp. 298~332, 1992.
 - 3) A.D. Swain and H. Guttman, Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications(NUREG/CR-1278), Washington DC, Nuclear Regulatory Commission, 1983.
 - 4) W.B. Rouse and S.H. Rouse, "Analysis and Classification of Human Error", IEEE-SMC, Vol. 13, pp. 539~549, 1983.
 - 5) J. Rasmussen, "A Taxonomy for describing Human Malfunction in Industrial Installations", Journal of Occupational Accidents Vol. 7, pp. 113~123, 1982.
 - 6) 이정운, 이용희, 박근옥, "국내 원자력발전소 인적오류사례의 추이 분석", 대한인간공학회지, Vol. 15, No. 1, 1996.
 - 7) H. Heinrich, Industrial Accident Prevention(4th ed), New York, McGraw-Hill, 1959.
 - 8) M. Sanders and B. Shaw, Research to Determine the Contribution of System Factors in the Occurrence of Underground Injury Accidents, Pittsburgh, Bureau of Mines, 1988.
-