

안전분야 - 연구자료
연구 원 99-28-98
S-RD-I-99-28-98

화학공장의 휴먼에러 분석에 관한 연구

A Study on the Human Error Analysis in Chemical Industries



한국 산업 안전 공 단
산업안전보건연구원

차 례

제 1 장 서 론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 기간	2
3. 연구방법 및 범위	3
제 2 장 화학공장 휴먼에러 통계분석	4
1. 산업재해통계 분석과 인적요인	4
2. 화학공장의 휴먼에러 특성	15
3. 근로자에게 영향을 주는 에러 제인자	21
제 3 장 휴먼에러 실태분석 및 고찰	27
1. 사업장 실태조사	27
2. 실태분석 및 고찰	29
3. 개선방향	40
제 4 장 휴먼에러 방지대책	41
1. 화학공장의 휴먼에러방지 대책	41
2. S/W개발 및 적용방법	42
3. 현장적용 기대효과	54
제 5 장 결 론	56
참고문헌	57
부 록	59

표 차 례

[표 2-1] Rasmussen 업무 수행 에러	10
[표 2-2] 인적기능에 영향 형성인자(A.D Swain)	12
[표 2-3] 에러의 분류	14
[표 2-4] 에러 영향 요인 분류체계	15
[표 2-5] 연도별 산업별 중대사고 발생 추이	16
[표 2-6] 산업별 장치별 사고 발생 현황	18
[표 2-7] 의식단계에서 일어날 수 있는 뇌파형태와 의식수준	25
[표 2-8] 의식단계에서 일어날 수 있는 에러 행동의 유형	25
[표 3-1] 1차 설문조사 문항 구성	28
[표 3-2] 2차 설문조사 문항 구성	28
[표 3-3] 업종별 분포	29
[표 3-4] 인원수별	29
[표 3-5] 벨브표시	34
[표 3-6] 배관표시	34
[표 3-7] 색채표시 에러방지 기대치	36
[표 3-8] 오조작이 많은 시간대	36
[표 3-9] 인수인계 사항	37
[표 3-10] 인간 정보처리 과정의 에러 분류	39

그 립 차 례

[그림 2-1] 관리적 원인별 사고	4
[그림 2-2] 전 산업의 불안전 행동원인별 사고	5
[그림 2-3] 제조업의 불안전 행동요인	6
[그림 2-4] 인간 행동 에러	10
[그림 2-5] 인간의 정보처리 과정	11
[그림 2-6] 인간에러 발생 과정	13
[그림 2-7] 산업별 사고 현황	16
[그림 2-8] 사고 원인별 분류	17
[그림 2-9] 가스누출 특성 요인	19
[그림 2-10] 휴먼에러 구성인자	20
[그림 3-1] 사고발생시 기계설비의 상태	30
[그림 3-2] 가동중 기계설비의 상태	30
[그림 3-3] 사고발생 원인 중 인간 실수	30
[그림 3-4] 사고발생 시 작업형태	30
[그림 3-5] 스위치 밸브의 설치상태	31
[그림 3-6] 표찰 부착 방법	31
[그림 3-7] 계기류의 식별오차의 잘못해석의 유무	32
[그림 3-8] 계기류의 고장시 비상벨 파이롯 램프의 작동여부	32
[그림 3-9] 조작기기의 색상 구별	32
[그림 3-10] 배관의 색상 구별	32
[그림 3-11] 설비사고의 형태	33
[그림 3-12] 오조작 방지의 지침의 작성유무	33
[그림 3-13] 오조작이 일어난 상황	33
[그림 3-14] 오조작이 일어난 원인	33
[그림 3-15] 오조작이 일어난 때	34
[그림 3-16] 기호, 번호 명시의 유무	34

[그림 3-17] 핸들의 열림/닫힘의 표시판 색채	35
[그림 3-18] 서전봉의 금지표찰	35
[그림 3-19] 안전/긴급 등 중요밸브의 색채표시	35
[그림 3-20] 긴급차단밸브의 개폐 표시등 유무	35
[그림 3-21] 배관의 유체명칭/흐름방향 명시유무	35
[그림 3-22] 배관내 유체에 대한 태곤의 색채표시	35
[그림 3-23] 색채표시에 따라 인간 오조작 방지의 기대치	36
[그림 3-24] 인수인계에 요하는 시간	37
[그림 3-25] 인수인계 내용항목의 명시유무	37
[그림 3-26] 작업 후 미팅 유무	37
[그림 3-27] 오조작 방지 활동	38
[그림 3-28] 지휘명령을 위해 사용하는 것	38
[그림 3-29] 오조작 트러블 발생 요인 체크리스트 유무	38
[그림 3-30] 오조작 방지 대책 지침서(매뉴얼)의 유무	38
[그림 3-31] 화학 프랜트에서 컴퓨터를 이용하는 배경	39
[그림 4-1] 시스템 개요	43
[그림 4-2] 시스템 상세 설계	43
[그림 4-3] 초기 화면 구성 내용	44
[그림 4-4] 사고 등록 대장	44
[그림 4-5] 사고 등록 화면	45
[그림 4-6] 사고 수정 화면	45
[그림 4-7] 사고 삭제 경고 화면	46
[그림 4-8] 사고 상세 분석	46
[그림 4-9] 사고 개요 기술 구성 화면	47
[그림 4-10] 원인 요소 분석 화면	47
[그림 4-11] 액러 상황 분석 화면	48
[그림 4-12] 액러 상황 입력 화면	48
[그림 4-13] 사고 경위 분석 화면	49
[그림 4-14] 사고 경위 입력 화면	50

[그림 4-15] 상태/행위 선택 화면	50
[그림 4-16] 휴면 에러 분석 화면	51
[그림 4-17] 구체적인 휴면 에러 원인 선택 화면	51
[그림 4-18] 사고 개요 보고서 양식	52
[그림 4-19] 원인 요소 분류 및 대책 보고서 화면	52
[그림 4-20] 에러 상황 보고서 양식	53
[그림 4-21] 사고 경위/휴면에러 보고서 양식	53
[그림 4-22] 통계 분석 자료 화면	54
[그림 4-23] 휴면에러별 발생건수	54

여백

화학공장 등의 휴먼에러 분석에 관한 연구

요 약 문

인간은 완벽하지 못하므로 누구나 상황에 따라 언제, 어디서나 에러를 범할 가능성이 있다. 특히, 화학공장에서 취급되는 화학 물질의 성질, 자동 연속 생산공정, 작업 방법 등 생산규모에 따른 관리시스템이 다증 다양하여 생산과정에서 누설, 이상폭주반응 등에 따라 온도, 압력이 갑자기 상승하여 화재, 폭발 등의 대형재해가 발생할 위험성이 항상 잠재하고 있다. 따라서 사고의 발생 계기는 위험물질을 취급하고 시설을 운전관리하는 근로자들의 인지, 판단, 행동 단계의 신뢰성 여부에 따라 주로 좌우될 수 있다고 사료된다. 그러므로 화학공장의 산업재해예방은 근로자들의 공통적인 인적인 휴먼에러 요소들 사전에 파악하여 제거시킬 수 있는 구체적이고 과학적인 분석 연구가 요구되고 있다.

본 연구는 이와 같은 필요성을 인식하고 휴먼에러에 관련된 문헌과 자료를 분석하여 이론적인 감소방안을 정립하고 화학공장 중 23개 사업장의 근로자, 관리 감독자 대상으로 현장에서 각자가 직접 체험했던 휴먼에러 인자와 앞으로 발생 가능성이 있는 인자를 설문문을 통해 분석한 DATA와 중대사고 사례 원인 분석에서 발췌한 휴먼에러 DATA를 기반으로 연구 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인간 정보처리과정에서 인지단계 에러가 조작행위 에러보다 3배가 높다. 따라서 인지감지 기능 향상을 위한 교육, 훈련 개발 보급이 요구되며 인간 휴먼에러 평가에 따른 인간행동 특성 분석이 선행되고 이에 따라 안전대책이 수립되고 추진되어야 한다.

2. 근로자들의 휴먼에러 방지를 위하여 시설배관계장 등 고유 색채 표시의 표준화가 시급히 통일되어야 하고, 인간관계 개선 등 상호 보완적인 휴먼에러 제거를 위한 전사 참여 풍토 조성이 요망된다.
3. 신뢰성 있는 휴먼에러 D/B를 구축하여 이를 공유화하여야 한다.
4. 휴먼에러 방지를 위한 「전문가 양성 및 자격제도 보완 구축」 등 정부의 정책적 배려가 강력히 추진되어야 한다.
5. 지속적인 휴먼에러 방지 연구가 기업 특성에 맞게 연구되어야 하며 산학연 공동 연구 추진이 확산되어야 한다.

이상의 결론에서 화학공장에서 근로자들의 실수는 대형재해를 야기시킬 수 있으므로 업종별 각종 사고사례를 중심으로 휴먼에러 방지 지침서(안) 개발과 휴먼에러 방지를 활성화시킬 수 있는 소프트웨어를 개발, 보급이 적극 추진되고 점진적인 업그레이드 기술 보완이 요망된다.

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성

산업이 급속히 발달함에 따라 화학프랜트 시설도 대형화로 복잡하고 연속 자동화로 운전됨으로서 대형 잠재위험성이 내재하고 있다. 이 시설은 소수인원에 의해서 운전되므로 휴먼에러가 발생시 막대한 물적, 인적인 경제적손실을 초래하는 결과를 가져올 수 있다. 실제로 국내적으로 '92년 해양도시가스 폭발사고, '94년 아현동 도시가스 폭발사고, ○○정밀화학 위험물 건조설비 폭발사고, '95년 대구지하철 가스폭발사고, '98년 부천 LPG충전소 폭발사고, 국외적으로 '79년 Three Mile Island, '86년 Chernobyl의 원자력 누출사고, '84년 Bhopal시의 MIC누출사고등 모두가 휴먼에러가 주원인이었다.

인간은 완벽하지 못하기 때문에 그 상황요인에 따라 언제 어디서나 행동의 변화에 의한 Error를 범할 가능성을 가지고 있다.

'97년 산업재해통계에 의하면 총재해자 66,770명중 폭발화재 이상은도 접촉등에 의한 재해자가 2.95%였고, 중대재해 사망자 2,742명중 화학제품 및 그 관련 제조업의 재해자가 88명으로 1년미만의 미숙련자가 30명(34.1%), 5년이상 숙련자도 25명(28.4%)를 차지하고 있으며, 폭발화재로 11명이 사망하여 화학물질 취급부주의나 운전조작 미숙, 교육훈련 미숙 등 인간의 오류에 의한 사고였다.

특히 화학공장에서 취급되고 있는 생산제품이 생산반응 과정에서 이상 폭주반응 등으로 압력이나 온도가 갑자기 상승하여 가연성 증거나 유해화학물질이 누출 착화되어 화재폭발이 발생되므로써 근로자들은 물론, 지역 주민들에게도 막대한 경제적 손실을 초래하게 된다.

화학공장은 취급되는 물질의 성질(특성 가연성, 부식성 등)이나 생산공정(연속식, 회분식), 작업방법(자동제어형, 노동집약형), 생산규모 관리시스템 등이 다종 다양하며, 시설 규모도 대형석유화학 Plant부터 소규모 펌프타일로 화학공장에 이르기까지 많은 위험성들이 상존하고 있다.

따라서 이들 화학물질관리나 설비 보수관리, 작업공정관리가 종합적으로 신뢰성 있고 안전하게 관리되지 않으면 안된다. 그러나 이러한 관리에는 직·간접적으로 근로자들이 개재되어 있어 휴먼에러 잠재위험성은 항상 뒤따르게 된다.

거의 완벽하다고 믿었던 시스템도 운전관리자와 관리감독자간에 의사소통이나 정보전달 체계상에 에러가 발생할 수도 있다.

'88년부터 '97년까지 우리나라 석유화학, 절밀화학, 기타관련 화학물질 취급공장에서 발생한 중대재해 115건의 사례를 분석해 보면 설비관계의 물적상태가 33.04%, 운전관계 인적원인이 66.96%를 차지하고 있으며, 이들 인적원인은 근로자, 관리감독자들의 휴먼에러에 의하여 대부분 발생된 것이다.

일본의 경우 석유화학 콤비넨트사고 828건중 설비적인 하드면에서 38.8%, 인적인 소프트웨어면이 61.2%로 대부분 휴먼에러에 의한 것이었다. 즉, 오조작(정보전달 미비, 인지확인 미스, 오판단 등) 기능미숙, 지시명령 미비, 점검보수 불비, 작업기준 미비등으로 나타났고, 휴먼에러 1,784건(콤비넨트 보안조사결과)등 인지확인 미스 737건(41.3%), 오판단 455건(25.5%), 정보제공 미스 243건(13.6%), 오조작 행동미스 232건(13%), 조작후 확인미스 117건(6.6%)으로 나타나 있다.

이와같이 화학공장의 사고는 주로 인적에러에 의한 것이 대부분이므로 이에 따른 현장의 실제 휴먼에러 분석 연구가 요구되고 있다. 더욱이 최근 IMF로 인한 박달현상에 따른 기업의 구조조정으로 경험이 풍부한 숙련된 안전관리 기술인력이 조기퇴진으로 전송된 안전관리 노하우가 부족한 근로자가 어수선한 상태에서 운전조작의 실수는 대형재해의 위험성을 안고 있다고 해도 과언이 아닐 것이다.

따라서 화학공장의 인적인 안전확보와 생산성을 향상시키기 위해서는 중대재해의 인적에러를 사전에 찾아 제거시킬 수 있는 방안이 제시되도록 구체적이고 과학적인 휴먼에러 분석연구가 절대적으로 필요한 것이다.

특히 국내 화학공장이나 제조업의 휴먼에러방지를 위한 연구가 전무상태며 세계 각국에서도 근래에 연구가 추진되고 있는 실정으로 더욱 요구되는 시점이다. 따라서 본 연구는 화학공장의 이와같은 문제점에 주안점을 두고 그 대안책을 제시하는데 목적을 두고 있다.

2. 연구기간

1998. 1. 1 ~ 1998. 12. 31

3. 연구방법 및 범위

가. 본 연구를 수행하기 위하여 Human Error에 관련된 관련서적과 논문을 수집·조사·분석하여 Human Error를 감소시킬 방안을 정립하고 휴먼에러 인자를 실제사고나 앗차사고 사례를 분석하여 인간의 정보입수관계로부터 행위 실시에 이르는 과정의 추이를 분석하였다.

나. 화학공장의 실제사례와 휴먼에러 잠재성을 파악키 위해 석유화학 계열 및 정밀화학공장 200여개 사업장등에서 무작위로 24개사업장을 선정하여 근로자와 관리자등 대상으로 휴먼에러에 관련된 설문안을 작성하여 직접 현장을 방문하여 인터뷰 후 배포하고 작성토록 한 후 회수하여 통계처리 하였다.

다. 특히 휴먼에러 발생과정의 특성인자를 밝히기 위하여 안전교육 전문과정(화학분야) 입교한 수강생 200여명을 대상으로 별도 설문을 배포·작성하여 휴먼에러 유형별 추이 비교를 위한 통계분석을 했다. 이 DATA를 기반으로하여 소프트 프로그램을 개발하였고, 현장적용을 2차에 걸쳐 실시후 보완했다.

라. 화학공장의 근로자가 쉽게 적용할 수 있는 실제 이론을 근거로 하여 국내외 사고 사례 중심으로 편집된 휴먼에러 방지지침서를 별책으로 제작하여 휴먼에러 잠재위험을 사전에 제거할 수 있도록 제시하였다.

본 연구의 범위는 화학공장에서 공통적으로 에러가 발생할 수 있는 현장 운전부서, 보수정비부서 요원들을 주로 연구대상으로 했으며, 소프트프로그램 개발은 안전관리부서 및 안전관리자가 활용할 수 있도록 범위를 한정했다.

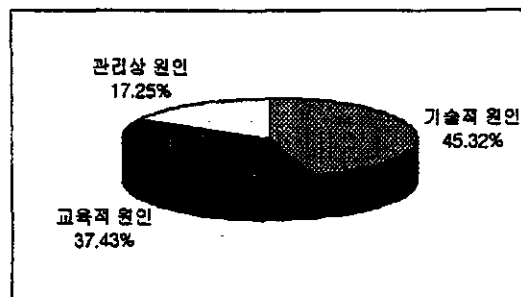
휴먼에러방지 지침서는 휴먼에러 발생 공통문제점 및 사례, 반드시 기업에서 준수해야 할 착안점 등으로 구성하여 정상운전, 이상시운전, 정기 비정기 보수과정 등에서 발생할 수 있는 공통적인 에러를 대상으로 안을 편집 제시했으며, 일본 등 선진국 사례를 인용하였다.

제 2 장 화학공장의 휴먼에러 통계분석

1. 산업재해 통계분석과 인적요인

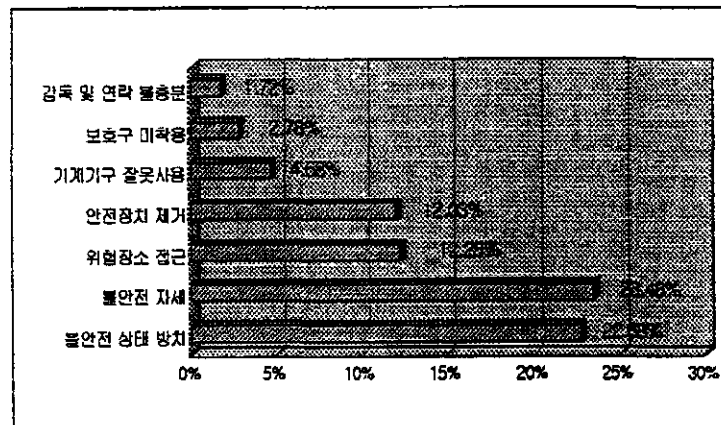
1) 산업재해 통계분석

우리 나라의 '97년도 산업재해 보상보험법 적용사업장 227,564개소의 근로자 8,236,641명중 4일 이상 요양을 요하는 재해자가 66,770명이 발생했다. 이로 인한 경제적 손실금액은 7조 7천 8백억원으로 추정된다. 이들 재해자들은 300인 미만 사업장에서 전체재해의 75.69%(50,539명)를 차지하여 50인 미만 소규모 사업장에서 전체재해의 51.3%(34,261명)가 발생하였고 이중 제조업이 28,103명으로 42.09%를 점유하고 있다. 적용대상 227,564개 사업장에서 발생한 표본조사 대상자 3,484명을 관리적인 원인별로 보면 기술적 원인 1,579명(45.32%), 교육적 원인 1,304명(37.43%), 작업관리상 원인이 601명(17.25%)이었다. [그림 2-1] 참조



[그림 2-1] 관리적 원인별 사고

그리고 직접 원인별 불안전 행동 중에 불안전 자세 동작이 818명(23.48%) 불안전 상태 방치 790명(22.68%) 위험장소접근 428명(12.28%) 안전장치제거 419(12.03%) 기계기구의 잘못사용 163명(4.68%) 복장, 보호구 잘못사용 97명(2.78%) 감독 및 연락 불충분 60명(1.72%) 순으로 되어 있다. [그림 2-2] 참조

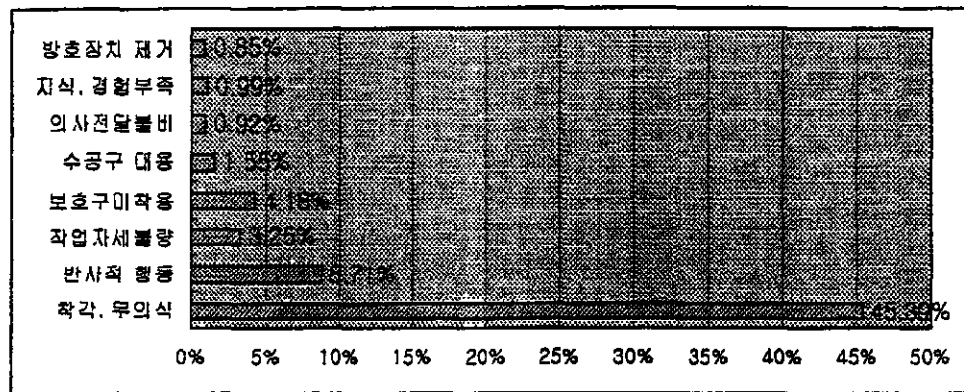


[그림 2-2] 전 산업의 불안전 행동원인별 사고
(3484명 표본조사)

작업 내용별로 기계장치 설비 작동 1,551명(44.52%)으로 가장 많고 건축토목공사 866명(24.86%) 원자재 및 물자 취급 274명(7.86%) 기계 장비 설비 보수 254명(7.29%) 건축 구조물 보수 149명(4.28%) 순이었다. [그림 2-2]의 불안전행동별 원인 분석 특히, 97년도 사망재해자 2742명의 불안전 행동 분석중 착각, 무의식, 과신, 오조작, 접촉 등 Human Error에 의한 것이 519명(18.9%)이었다. 인화성/가연성/폭발성 물질 취급 미확인, 인식 부족이 24명(0.87%)이었다. 재해자 66,770명 중 표본조사한 3,150명의 불안전 행동 중 공통적인 착각, 무의식, 부주의, 과신, 오조작 등에 의한 자가 1,422명(45.14%)으로 가장 높은 점유율을 갖고 있으며 특히, 인화성/가연성/폭발성 물질을 취급하고 있는 중에 미확인, 인식 부족에 의한자는 0.2%로 극히 미비한 숫자이나 재해가 발생하면 대형재해로 나타날 수 있고 피해도 크다.

또 중대재해자 933명 중 폭발, 화재, 과열, 유해물질 접촉, 질식, 중독 등에 의한 재해자가 103명(11.04%)이었다. 특히 화학제품제조업에서 발생한 중대재해는 전 사업장의 4.72%를 점유하고 있으며 제조업 중에는 14.7%를 차지하고 있다. 기인물별로는 화학설비가 0.96%, 전조설비 0.64% 유해위험물질에 의한 것이 7.25% 였다.

이와 같은 산업재해는 산업구조의 변화, 인간기계의 변화, 작업환경 상태 변화, 근로자의 연령 구성이나 안전에 대한 생각하는 방법의 변화, 사회의 경제상태, 근무형태 등 다양하고 복잡한 사회변화에 따라 발생하는 양상도 영향을 받게됨을 알 수 있다. 그리고 종래 유효한 안전대책도 제요인의 다변화에 따라 유효치 못할 때도 있게 되므로 시기에 맞는 가장 유효 적절한 안전 방법을 창출하지 않으면 안된다.



[그림 2-3] 제조업의 불안전 행동요인

97년도 전 산업 재해 가운데 제조업에서 발생한 1,412건의 산업재해를 불안전 행동요인 소별로 분석하면 담당자의 착각, 무의식, 부주의가 641건으로 45.39%, 무리한 동작, 반사적 행동이 123건(8.71%), 작업자 위치 자세 불량 46건(3.25%), 보호구 미착용, 부적절한 사용 59건(4.18%), 수공구 대신 손 발 사용 22건으로 1.55%, 공동작업 내용 의사전달 미비 13건으로 0.92%, 지식경험 부족 오조작 14건으로 0.99%, 안전방호 장치 및 시설 제거 12건 0.85% 등으로 휴먼에러에 관련된 것이 65.86%를 점유한 것으로 나타났다.

[그림 2-3] 참조

일본의 경우, 석유화학 콤비나트 사고 1,099건 중 설비관계 474건(43.13%) 운전관계가 625건(56.86%)으로 나타나 있다. 설비의 신뢰성은 대단히 향상 개발되었으나 이를 취급 사용 조작하는 인간시스템의 신뢰성은 향상되지 않고 있어 기계계와 사람간의 정보시스템의 신뢰성은 떨어지게 되는 것이다.

인간은 누구나 완벽하지 못하기 때문에 언제, 어디서나 순간적으로 실수를 범하여 불안전 행동으로 나타나 사고로 이어진다.

2) 인적요인 및 에러 분류

문명의 경이적인 발달에 따라 복잡한 기계-인간 시스템도 고도화되고 있다. 이 복잡한 시스템의 오조작은 사고의 악영향으로 필연적인 산업재해를 발생시킨다. 산업재해발생 과정에서 인간이 범하는 에러는 사고를 유발시킬 가능성을 높이는 요인이 된다. 이 불안정한 행동은 인간이 갖고 있는 결함요소에 의해서 발생되고 있다. 즉, 인간이 갖고 있는 신체적인 골격, 근육, 기관, 정신적으로 갖는 지능 성격 등의 선천적 요소와 후천적으로 지식, 기능, 태도의 요소들을 갖고 있는데 이 요소들이 미숙하거나 불충분할 때는

인적 결합요소로 나타나게 된다.

의식수준이나 주의력이 낮다. 순서를 지키지 않는다. 고민하고 잇는다. 과오, 과실, 착오, 관련 지식의 부족, 적절한 접근 방법이 미숙, 불량한 태도, 기량이 미숙하다. 등 다양한 양상이 있다. 인간이 범하는 에러는 개인 특성으로 자질과 의지에 따르며 개인의 능력은 긴장 수준, 생리적 리듬, 피로상태(스트레스), 교육 훈련으로 분류하고 환경조건은 상태 변화와 상태악화에 따라 좌우된다. 이것들은 인간행동에 직접적으로 기인한 인위적인 원인이 되고 인간 기계계 구성의 안전성을 손상시키는 계기가 된다. 즉, 의욕결함, 주의집중력 저하, 습관적인 발생이 인적인 중대한 장애요인이 되고 있다. 인간에러 요인으로 작업자의 개인적 특성, 직장의 성격, 작업자체의 특성과 환경조건, 작업자의 교육훈련, 인간과 기계사이 인간공학 및 안전공학적인 설계상의 결함 등으로 불충분한 지식과 능력, 경험, 성격, 습관, 신체조건, 저조한 사기 의욕 및 동기 부여 등은 개개인이 갖고 있는 특성으로 분류할 수 있다. 무리한 작업시간, 무리한 작업계획, 무관한 직장분위기 및 관리체제 등은 직장의 성격 특성을 나타내며 작업상 근로자의 육체적인 부하조건, 복잡한 조건의 작업, 불균형 작업, 애매한 형식, 주의력 지속 작업, 소음/진동 등 환경 조건 등은 작업특성에 따른 환경조건이다.

근로자들의 교육훈련 부족 감독지도, 작업표준 불비, 의사소통의 불비 등은 직장 교육훈련 지도가 부족하여 에러 요인이 될 수 있다. 특히 신호형태 표시 등의 어려움, 흩어져 있는 식별이 어려운 표시기기와 조작 기구, 방향성이 일치하지 않는 표시, 공간 비좁음, 부적절한 운반방법 등은 인간공학적 또는 안전공학적 설계가 예외시되어 에러를 발생시키는 요인이 될 수 있다.

Malone, T. B.는 스리마일드 중앙제어실 디자인과 운전원의 조작 작업의 인간공학적 평가(NUREG/CR-1270)에서 인간에러 요인을 ① 인간개인의 요인, ② 작업상의 요인, ③ 설계상의 요인, ④ 순서의 요인, ⑤교육 훈련 요인으로 분류하였다. 휴먼에러는 인간의 심신의 특성 중에 심리적으로 일으키기 쉬운 실수를 함께 내재하고 있는 것으로 외부조건이 이것을 조장하도록 작용하여 양방향의 변화가 자주 우연히 결합함에 따라 현실사고 재해현상으로 발현하는 것이다.

Kurt Hewin은 인간행동의 기본은 인간 및 환경과의 관계변수에 따라 결정됨을 제시하고 있다. 이 결과는 사고로 이어지는 직접계기가 될 수 있다. 인간의 정보처리과정 특성에서 개인 경험, 기능의 특성, 소질, 성격 등은 비교적 장기적으로 지속되어 형성된 인

자이다. 사고발생 시는 비교적 단기간에 형성된 인간의 상태로 피로 상태, 감정적으로 흥분상태 등의 인자의 영향과 작업을 수행하는 과정의 환경조건, 작업특성, 기계 특성 등의 변동성이 크게 작용하며 또, 인적인 관계자간의 의사소통의 나쁨 등이 휴먼에러를 유발하는 계기가 되고 있다. Human Error 현상은 인간의 인지하지 못한 행동의 특별한 성질을 조사해서 인간자체가 갖고 있는 성질 가운데 이것을 일으키기 쉬운 약점이 어떤 것인가 도대체 내재하고 있는 것이 무엇인가 또 어떤 종류의 외부 조건이 이것을 부추기고 작용하며 내적 외적 조건 어느 쪽이 복합되고 있는 상황인가를 조사할 필요가 있다.

A. T. Welford는 인간 인지행동의 기본원리를 정보처리과정으로 하여 그 기본 모델을 입력-변형-출력으로 자극이나 정보를 받아서 입력된 것을 선별 정리하고 기억하고 생각하는 변형과정을 거쳐 동작이나 언어를 통해 출력하는 3단계 과정을 거치고 있다고 말하고 있다.

97년도 재해 통계에서 인적요인 중 휴먼에러에 의한 재해자가 45.8% 사망재해자는 18.9%였다. 인적요인에 의한 사고가 발생하는 것을 사전에 모두 파악하기는 어렵지만 많은 사고나 시설 고장을 분석해 보면 공통적 요인의 변화추이를 찾을 수 있다. 특히 인간과 기계간의 접촉관계에서 일치하지 않는 점, 규칙 위반, 안전의식 저하, 작업표준순서 생략 등 사고원인 중에 인적요인과 깊은 관련이 있게 됨을 알 수 있다.

사고발생 시 규칙위반 사항을 벌하는 것만으로는 문제가 해결되지 않으므로 사고의 배후요인을 찾아내는 것이 우선 선결사항일 것이다. 삼풍백화점 붕괴사고, 인도의 MIC 가스 누출 사고, 스리마일섬의 원자력 발전소 사고 등 과거의 사고를 보면 어떤 인적요인에 의하여 발생되었음을 알 수 있다. 운전자의 실수, 정보전달의 미비, 판단 에러 등은 인간의 정보처리과정에서 자율중추신경계와 운동전달 기구와의 조화가 잘되지 않아 발생된 이상현상에서 기인된 인적요인이다. 특히, 석유화학계열의 사고는 하드웨어적인 시설설계, 재료, 계장 결함보다는 소프트웨어 쪽의 인적인 오조작, 기능미숙, 지시명령 미비, 점검 보수 미비, 조직의사소통 등에 의한 사고가 2:3의 비율로 오조작이 인지, 확인을 하지 않은데 기인하여 발생하고 있어 인적요인의 직접원인 가운데 인지확인에러에 의한 것이다. 휴먼에러를 지각, 판단, 조작의 3가지로 분류할 때 지각에 관계된 에러도 인간공학적인 설계가 요구되며 누설사고는 열교환기 정상작업에 많고, 펌프, 배관 밸브, 후렌지 접합부 등에서 누설이 되어 있으며 특히 현장에 작업표준은 있으나 지키지 않는

경우가 많아 기능 미숙 등 오조작시 대형재해로 이어질 가능성이 높게 내재하고 있다.

유해가스에 의한 중독사고는 반응기의 배관연결부분인 후렌지에서 유해위험물질이 누설되는 예가 많으며 그 원인은 작업지휘 명령이 확실적으로 내려지고 관련지식이 부족한 판단에러에 의해서 발생하는 경우가 많다. 특히 플랜트 상의 일시정지가 일어나는 경우 압축기, 모터, 펌프류의 공장은 제작 시 또는 보수수리 시 재질상의 결함도 있으나 그 원인을 추적해보면 조작 잘못이나 기계제작 조립과정에서 실수가 원인이 되는 경우도 있다.

이와 같이 작업기준이 제정되어 있지 않거나 제정되었어도 교육훈련 홍보 미비로 잘 지켜지지 않거나 신입사원들의 지식부족 기능미숙에 따라 정보는 주어졌으나 올바르게 인지할 수 없는 감지상의 결함(보지 못함, 듣지 못함, 느끼지 못함) 시간에 쫓김 등의 문제가 존재함을 알 수 있다.

인적요인에 의한 실수는 인간에게 시스템이 적절하지 않아 잘못된 행동을 하게 하는 시스템에러와 인간이 정해진 작업표준을 실행하지 않는 인간본래의 파오인 인간에러로 나눌 수 있어 인간특성과 작업특성상의 불균형을 가져와 사고로 유발될 수 있는 요인이 된다.

인간은 물리적으로 두드러진 정보만을 선택적으로 받아들이는 특성이 있어 빠른 인식과 검출에는 도움이 되고 있으나 그렇지 못한 미비하지만 커나가는 중의 잠재한 위험정보는 놓치게 된다. 근로자들은 항상 일상적인 과정에 익숙해 있어 계기 고장에 따른 지시의 검증을 잘하지 않고 지나쳐 버리기 때문에 시스템에러 상태를 방치하여 그에 상응한 정보를 받아드릴 수 없어 일시적인 정보과다나 혼란시는 비상사태에 대처할 시기를 놓치게 되는 경우도 있다. 또 상황이 긴박할 경우 불안, 공포분위기의 정신상태에 빠져 일단 결정한 조작이나 상황이 변경되어 적절치 않은데도 고집을 세워 대처하지 않는 습관이 있다. 즉 지금까지 익숙해진 인식, 판단, 행동에 습관이 되어 이것도 같은 것으로 추측하여 판단을 하고 행동하여 사고로 이어지는 인적요인도 있다.

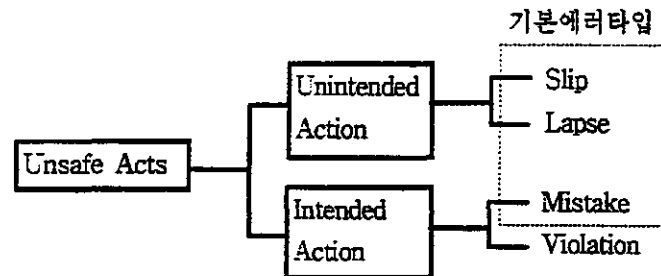
Rasmussen은 인간의 에러는 숙련도 기본수준에 따른 실행시의 실패 또는 기억의 실패에 따라 의도한 행동이 불가능하여 일어나는 Slip과 Lapse 경우와 지식 정도의 계획에 따라 행동하고 있으나 행동자체가 목적에 대해서 부적당하게 일어나서 실수나 실언하는 경우가 있다고 제시하고 있다.

[표 2-1] Rasmussen의 업무수행 에러 형식

행동 수행 수준	에러형식	발생계기
Skill Based Level	Slip, lapse	반복행동, 문제검출 선행단계-주의체크생략, 돌림
Rule Based Level	Mistake	해결책 탐색시 발생, 변화시기와 방법이 미지(한정
Knowledge Based Level	"	된 주의 초점), 예지 되지 않은 변화

따라서 인적요인의 하드웨어적 기기개발이나 작업환경을 위한 개선, 작업기준, 작업표준순서, 체크리스트 등 관리적인 측면이나 의식 고취나 교육훈련 향상을 꾀할 수 있는 인적요인의 연구 개선에 필요한 노력이 요망된다.

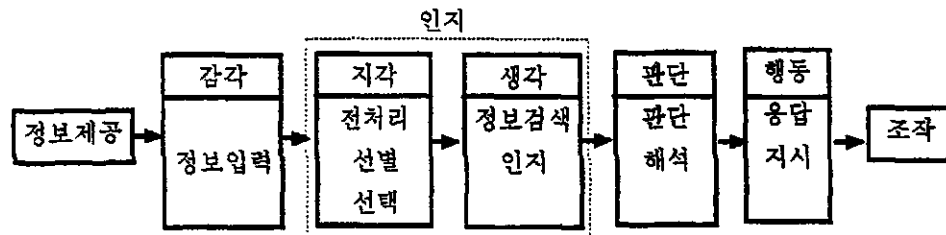
James Reason은 인간 에러는 불안전행동을 야기시키는 무의식행동과 의식동작행동으로 동작의 반복으로 실수(저하), 동작의 잘못이해, 작업순서의 행동을 잊음(생략), 동작의 혼입에 의해서 발생된다고 제시하고 있다.



[그림 2-4] 인간 행동 에러

인간이 갖고 있는 위험에 대한 임시응변의 대응자세를 모든 기계로 대체하기에는 어려운 점이 있다. 또 설령 기계로 자동화시켰다해도 인간의 뛰어난 능력이 개입되지 않으면 안되므로 인간의 에러가 존재치 않을 수 없다. 따라서 인간에러에 대한 연구는 심리학, 생리학, 인간공학, 인지과학, 노동 과학 및 안전공학 등으로 학문적인 접근이 필요하다. 따라서 화학공장의 휴먼에러 문제에 관한 것도 이에 관련된 각종 문헌이나 Data 등의 수집이 요구되고 있다. 이 수집된 내용을 정리하여 체계화시키고 화학공장의 근로자들을 중심으로 문제를 해결할 수 있도록 노력할 필요가 있다. 즉 휴먼에러의 다각적인 학문연구를 하여 그 연구성과를 현장에 응용하는 기술이 필요하다. 이와 같이 휴먼에러가 일어날 가능성을 사전에 수집하여 목록을 작성하기는 어렵지만 많은 사고, 고장, 잇차사고 사례 등을 분석해 보면 공통적인 요인을 파악할 수 있어 불안전요인을 제거시키는 데 효율적이다. 인간과 기계, 인간과 인간간의 의사소통과정에서 부정확함 즉, 정보자체가 부정확하므로 인간이 받아들일 때 실수나 과오가 뒤따르고 처리과정에서 인지상의 에러가 행동에까지 이르는 예가 많이 있다.

더욱이 이같은 에러는 시시각각으로 변화하는 작업상황하에서 시스템과 인간, 인간과 인간사이의 상호반응에서 발생되기 때문에 영향을 받게되는 것이다. 그렇다고 반드시 인지에러가 행동에러로 이전된다고는 단언 할 수 없을 것이다. 그러나 외적요인이나 내적요인이 동시에 발생한다면 에러에 영향을 받게될 것이다.



[그림 2-5] 인간의 정보처리 과정

사람들은 사물을 보고 머리속에 인지하고 판단하여 어떻게 행동하라고 신경계를 통해 손발로 지시하면 행동으로 옮겨지게 되는데 이때 올바르게 옮겨지면 바른 행동, 잘못 이루어지면 불안전 행동으로 부르게 된다.

시스템이 대규모 복잡화에 따라 인간의 기능이 부정확하고 기계 환경 등의 요인과 결합되는 과정에 인간의 내적상태 기계계상태 환경조건 등이 작용하여 인간이 실수를 행하는 과정을 말한다. 특히 기계계의 신뢰성을 과학기술의 진보에 따라 매년 높아지는데 비해 사람측은 이것에 뒤따르지 못하고 있어 문제가 되고 있다. 인간은 상황에 따라 임기응변의 처치와 단순한 일은 지나쳐 버리는 특성이 있다. 따라서 에러가 발생한다.

캘리포니아대 Norman은 인지심리학적 분류로 ① 감각지각시 : 입력에러, ② 정보매개 처리 단계 : 매개에러, ③ 신체에 따른 반응을 일으킬 때 : 출력에러로 동작을 의도한 단계에러를 Mistake, 의도한 동작을 실행한 단계 에러를 Slip로 칭하고 있다.

L. W. Look은 에러의 분류를

- ① 인간공학적 설계에러
- ② 조작에러
- ③ 검사에러
- ④ 설치 및 보수 에러
- ⑤ 조작에러

⑥ 취급에러로 분류하여 제품의 설계단계부터 사용단계까지 다양하게 발생하는 에러의 종류를 제시하고 있다.

S. D. Swain은 인간이 원인이 되는 예러가 작업자의 작업상황에 따라 개인특성, 심리적, 생리적 스트레스 외적 요인에 따라 실수를 하기 쉬우며 그 형성인자는 [표2-2]와 같다.

[표 2-2] 인적기능에 영향 형성인자(A.D Swain)

I. 외적인자
I-1. 상황적 특성
- 시공상 구조, 환경(온도, 습도, 공기, 방사선, 조명, 진동, 소음, 일반적 정돈상태) - 작업시간/휴식 전용설비, 기구나 공급물질 Ability의 충분성 - 인원계획, 조직형태(권한, 책임, 연락망) - 감독자, 협력자, 대표자, 규제담당자의 기능과 기여 - 보수, 평가
I-2. 직무작업지시
- 매뉴얼, 문서 또는 구두지시, 주의, 경고, 작업방법
I-3. 작업과 설비면 특성
- 지각상 요구사항, 행동상 요구사항(속도, 강도, 정확도), 조작기구, 표시관련성 - 사전에 상정되는 요구사항 - 해석(의미부여), 의지결정, 정보처리부하 - 작업폭, 빈도, 작업중요성 - 장기/단기 기억, 계산상 요구사항 - 휘드백 결과지연 - 연속성, 팀구성 커뮤니케이션 - 인간기계간의 인터페이스 - 주된 기계형태 테스트용 기기 - 제조용 기기 - 직무자원용 기기, 계기구, 비품
II. 스트레스
II-1. 심리적 스트레스
- 돌발성 스트레스 시간 - 작업속도, 작업 부하, 위험성, 압박감(실패) - 업무의 단조로움, 쫓겨, 무의미, 장시간 감시 - 직무수행상 갈등, 재훈련 결함 - 자극, 주의(소음, 색채) - 모순된 보조
II-2. 생리적 스트레스
- 스트레스 길이 피로, 불쾌감, 진통 - 공복, 갈증, 극단온도조건, 방사선 - 과대한 중력, 기압, 산소결핍, 진동, 활동제한

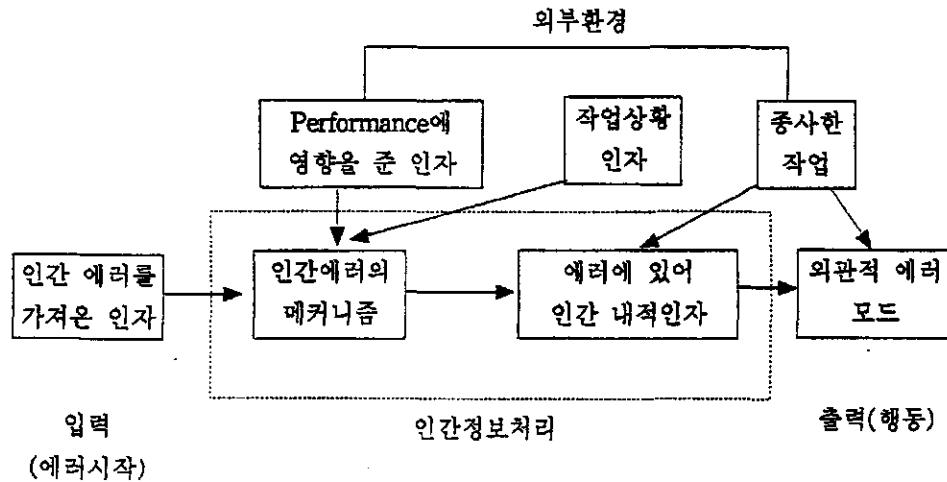
- 운동부족, 일상리듬 혼란

III 내적요인

III-1. 개인적 요인

- 지금까지 훈련경험, 최근 실무경력, 기능
- 성격, 지능적 자질, 동기와 태도
- 정서, 감정, 심리 육체적 긴장
- 표준적으로 요구되는 지식, 성적차이
- 체격조절, 가정 주변 사람에게 영향
- 직장그를 특성

Rasmussen의 에러 발생과정은 다음 그림과 같다.



[그림 2-6] 인간에러 발생 과정

[그림 2-6]에서 인간의 에러를 가져오는 원인에는 시스템이나 기기에 관련된 외관적인 것, 특정한 상황에 대한 무리한 작업, 지시 부정확, 작업자 능력에 손상을 주는 질병, 부상, 무의식적 과오 등 이런 것이 입력에러요소로 인간에러메커니즘을 만드는 에러로 식별이 집중되던가 습관에 따라 빠뜨리거나 실패하는 등의 입력정보처리 해석이나 탐색 잘못, 주의력 부족, 기억의 톨립 등이 있다. 특히 인간의 에러를 구성하는데는 업무수행 인자에 영향을 주는 작업내용, 목표, 지식, 감정, 시간의 절박감 등이 작용하고 작업상황에 따른 작업특성, 조명, 온도, 소음 등 물리적인 요소나 작업시간의 특성 등 외부 환경적인 요인이 작용하게 된다고 한다. 이런 것들이 인간이 갖고 있는 내적인자 즉 검출하고 상태확인, 목표상태 선택, 대응조작 선택, 상태의 확인 등이 작용하며 외관적 에러모드로 출력되게 된다. 이때는 에러 시에 종사한 작업(순서, 조립, 점검, 운전, 테스트)도

영향을 받게 된다. 이와 같이 인간정보처리과정의 외부환경이 작용하므로써 행동에러로 나타나게 된다.

Miester는 에러의 분류를 [표2-3]과 같이 했다.

[표 2-3] 에러의 분류

시스템 개발 단계	에러 타입	에러 원인
설계	설계에러	- 부적절한 기능 분배 - 필요조건 불만족 - 인간공학적 설계 미비
제조	제작에러 점검에러	- 부정확한 지도서 - 부정확한 지시, 도구 - 부정확한 환경 - 부정확한 훈련, 기술 - 인간공학적 설계가 아님 - 배치 잘못
검사	조작에러 설치에러 보전에러	- 부적당 불완전 기술 DATA - 부적당 정비보관 - 인간공학적 설계 미비 - 배치 잘못
조업	조작에러 설치에러 보전에러	- 상동 - 부적당한 환경조건 - 업무 복잡

Swain분류 체계 및 Surry의 분류와 Garwron 분류법, Reason 분류법 등을 종합해서 화학공장에 영향을 미치는 에러인자로 근로자 특성요인, 작업특성요인, 작업환경요인, 화학공장 특성요인으로 나누고 각각 세분하여 [표 2-4]과 같이 분류하였다.

[표 2-4] 에러 영향 요인 분류체계

대분류	중분류	소분류
근로자 특성요인	· 신체적 요인 · 정신적 요인 · 심리적 요인	· 연령, 신체조건, 감각, 운동능력 · 성격, 태도, 소속감, 책임감, 지식 습득 정도, 경험, 수면정도 · 동기부여, 감정상태, 피로정도, 불안감, 교통, 배고픔, 자신감, 만족감
작업특성요인	· 시설장비 특성 · 물리적 업무 특성 · 인지적 업무 특성	· 표시, 정보, 조절장치 · 기간의 적합성, 작업시간, 의사소통, 적합성, 빈도, 반복성, 정보유무, 휴식시간 · 작업부하, 위험도, 단조로움, 경계, 자격요건, 운동요건, 적합성
작업환경요인	· 물리적 요인 · 화학적 요인 · 상해 내적 요인	· 주변소음, 기계적 진동, 조명, 온도, 기후, 작업 공간 · 방사선, 유해물질 폭로, 청결, 위험물 저장, 환기 · 재해정도, 장비보호구유무, 자동화(Fail-safe)
화학공장 조직특성	· 화학공장 특수요인 · 조직부서 관련요인	· 안전문화, 조직풍토, 경영시스템, 노사관계 · 근로자 사기의욕, 기술지원, 인간관계 · 부서간 의사소통, 협력, 팀구성 유대관계

2. 화학공업의 산업재해와 휴먼에러 특성

1) 화학 공업의 산업재해

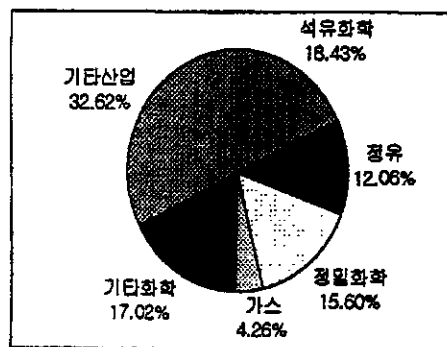
화학공장에서 취급되는 물질, 생산공정, 작업방법, 생산규모관리시스템이 다종다양하고 생산현장 근로자들의 수준도 다양하므로 오류를 범하는 양상도 서로 틀린다.

화학공장은 화학물질의 관리, 설비관리, 작업관리 이것을 유기적으로 연관성있게 관리하는 종합관리가 중요하며 이러한 요소가 되는 관리 항목에는 직간접적으로 인간의 오류가 포함이 되어 있다. 물질의 위험성을 평가하는 사람, 설비를 설계하는 사람, 작업에 대한 교육훈련을 시키고 받는 사람들 사이에서 오류 내지 실수가 발생하여 화학공장의 가스누출 등으로 화재 폭발같은 대형 재해가 발생되고 있다. 88년부터 98년 6월까지 화학공장에서 발생한 중대산업사고 추이를 보면 [표2-5]와 같다.

[표 2-5] 연도별 산업별 중대사고 발생 추이 (주) '98 KISCO 중대사고사례집 p. 27

연도 산업	계	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
정 유	17			2	2		2		1	2	8	
석유화학	26	2	1	6	1	1	2			1	8	4
정밀화학	22		1		3		7	5	1	1	4	
가 스	6					2	3					1
기타화학	24					5	5	4	1	3	5	1
기타산업	46		1		1	6	15	5	2		14	2
계	141	2	3	8	7	14	34	14	5	7	39	8

'92년부터 '94년까지 발생한 건수가 총 62건으로 43.97%를 점유하고 있으며 '97년에 발생한 건수는 39건으로 전체 27.65%를 차지하여 제일 많이 발생한 것으로 나타났다. 특히 산업별로 보면 비화학제품 제조업(조선, 철강, 전자 등)에서 발생한 비율이 32.62% 다음이 석유화학 18.43%, 정유 12.06%, 기타 화학(섬유, 고무, 식료품, 화학 제조업 등) 17.02%, 정밀화학 15.6%, 가스 4.26% 순으로 나타났다.



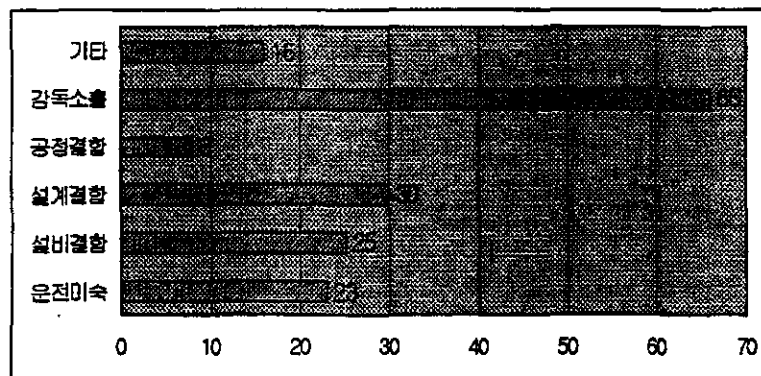
[그림 2-7] 산업별 사고 현황

사고 발생 형태별로는 폭발이 53.9%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 다음이 화재 25.5%, 누출 12.1%, 기타 4.96%, 분진 폭발 2.13%, 파열 1.42%순으로 나타났다. 화학공장의 사고 형태는 폭발화재가 전체 79.4%를 점유하고 있어 한번 재해가 발생하면 대형재해로 손실금액도 막대한 비용이 손실됨을 알 수 있다.

화학공장에서 인화성 가스가 누출되는 요인을 보면 관리적 요인의 인자가 대부분으로 밸브의 오조작 또는 밸브나 파이프 재질의 노후부식 등 점검 미흡에 따른 수리 교체 지연 등으로 발생하는 경우를 볼 수 있다. 즉, 조직 구성전체의 의지저하, 여러 사람의 점

검의 눈으로 세심하게 찾아내는데 게을리하므로써 사고가 발생하는 경우가 있다. 또 관리자나 감독자들의 의식적인 결함에러가 계기가 되어 발생하는 경우도 있다.

특히, 관리적이나 기술적인 원인별로 볼 때 관리감독 소홀이 66건으로 46.8%를 차지하며 설계결함이 30건 21.3%, 설비 결함이 25건으로 17.7%, 운전조작 미숙이 23건으로 16.3%, 공정결함이 8건으로 5.7%, 기타 26건으로 11.3%로 불안전행동에 의한 것이 63.1%를 차지하고 있어 안전의식 작업표준 준수, 점검 등 휴먼에러에 의한 문제가 있음을 지적할 수 있다. 특히, 석유화학공장은 관리감독 및 운전 조작 미숙에 의한 휴먼에러 요인이 65.6%를 점유하고 있다.



[그림 2-8] 사고 원인별 분류

장치별로 볼 때 배관 밸브 계기류가 19.9%를 점유하고 있으며 공정기기, 반응기는 37.6%, 저장탱크가 13.5%로 나타났다. 특히, 석유화학공장은 공정기기와 반응기 사고가 17건으로 65.4%를 차지하고 있다. 이와 같이 화학공업에서 발생하는 산업재해는 타산업에 비해 각종 유해 위험성이 큰 물질을 다량으로 제조 취급하는 과정에서 시설상의 결함은 있으나 보다 인적인 인간의 휴먼에러에 기인하여 발생하는 쪽이 더 많아 중대 산업재해가 대형화되고 있다는 것이 특징이다.

[표 2-6] 산업별, 장치별 사고 발생현황

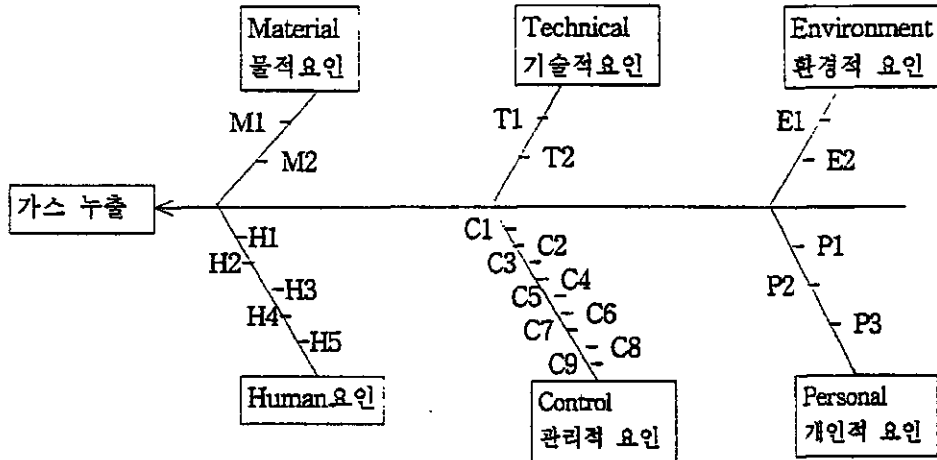
구분	정유	석유화학	정밀화학	가스	기타화학	기타산업	계
배관관계	4	2	4	4	4	6	24
공정기기	3	14	8		5	16	46
저장탱크	3	4	3	1	4	4	19
반응기		3	2		1	1	7
계기류	2						2
밸브류		1		1			2
폐수처리장	2	1					3
선박	1					3	4
탱크로리등						3	3
피트			2				2
전기실	2						2
기타		1	3		10	13	27
계	17	26	22	6	24	46	141

이들 사고 대부분이 가연성 물질의 누출시 용접불꽃이나 비방폭 등을 사용함으로써 인화하는 등의 Human Error에 의한 사고가 대부분이라 추정된다. 화학공장은 탑조류 열교환기 등 복잡 다양한 고소 시설에 연결되는 각종 배관밸브 계기류가 얽혀져 구성되었고, 원료가 반응하는 과정에서 고온 고압 고열의 위험이 상존하는 설비 장치속에서 근로자들이 생산활동에 참여하고 있다. 이와 같은 위험이 현존하는 상황에서 근로자들에게 관리감독자들의 불분명한 작업지시나 근로자들 개개인 특성에 따른 Human Error가 발생하면 대형재해를 초래할 가능성이 대단히 높다.

사전에 교육훈련을 구체적으로 시키지 않고 작업지시를 하여 작업시킨다면 기업은 안전대책비 투자에 인색하던가 근로자들이 경보나 인터록을 바이패스 시킨다. 등의 실책 외에 상사 동료 부하간에 상의 없이 독단적인 결정은 에러를 일으키기 쉽다. 또 과거의 경험으로부터 얻어 진 지식을 미래지향적으로 판단했을 때의 시간적 오차 등 관리자 개인의 지식 능력 성격결함이나 조직상의 인간관계 정보망 등에 따른 오류도 흔히 볼 수 있는 일이다. 또 작업자 자신의 행동상 결함으로 착각, 절차 생략, 무심히, 지레짐작, 긴장상태, 작업표준의 불명확 등 개인과 작업 환경 등과 관계에서 에러가 발생한다. 더욱이 IMF에 따른 구조조정 빅딜 등으로 충분한 안전습관이 전승되지 못한 현장에 운전 조작, 정지, 설비 보수가 익숙치 못한 작업자가 다른 협력사들과 동시에 보수 증설공사가 이루어지는 경우, Human Error에 주의를 요하는 특별 안전관리가 요구되고 있다. 따라서 화학공장의 다양성있는 잠재위험을 제거시키기 위하여 인간실수의 본질을 알아보

고 화학공장 구성요원들의 각 계층별 휴먼 에라 근본요인을 파악해야할 것이다.

화학공장에는 각자에게 분배된 업무를 행하는 사람들을 어떠한 형태로 종합적인 관리를 할 것인가를 세심하게 고려하지 않으면 안된다. 화학공장에서 가스누출사고가 발생한 사례를 예로 보면 그 원인에 따른 Human Error 인자를 벨브의 오조작이 요인 전체 가운데 어떠한 위치에 있는가를 찾아볼 수 있어 Human Error의 방지를 생각지 않을 수 없다.



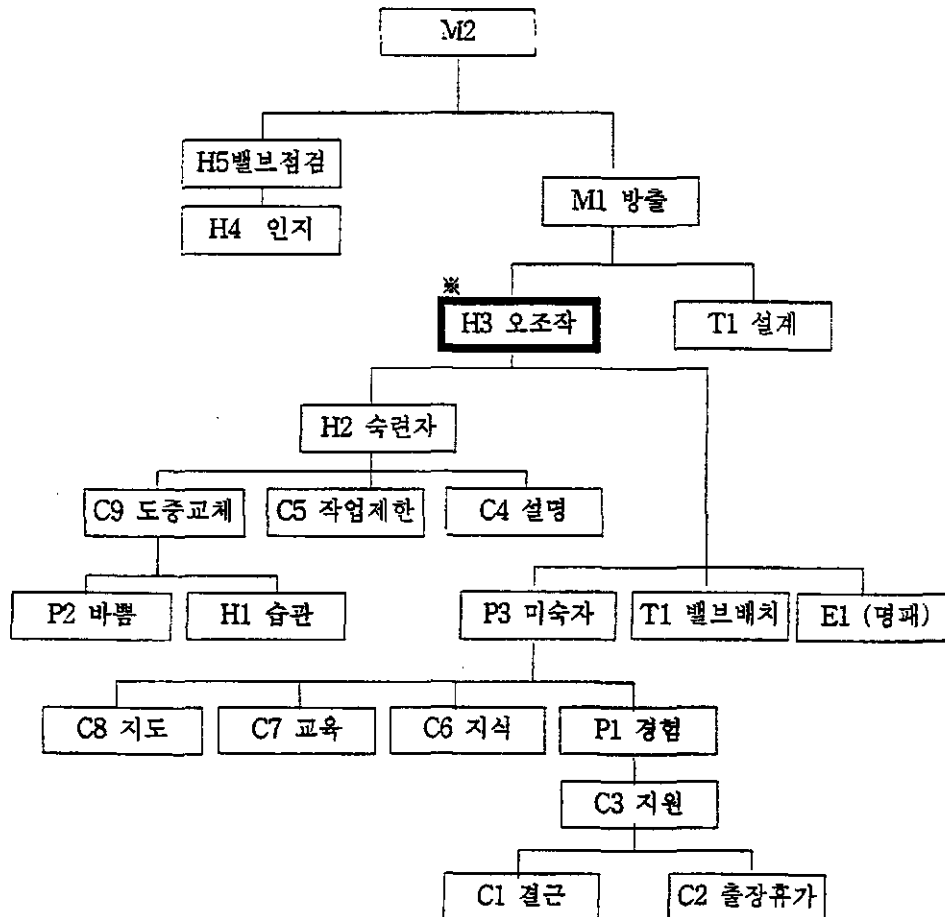
[그림 2-9] 가스누출 특성요인

오조작 사고가 발생한 사례에서 숙련작업자가 결근(C1), 출장휴가(C2) 등으로 현장인원이 부족하자 현장실습생을 지원배치(C3)하였다. 관련안전지식(C6)이나 실무교육(C7)도 경험(P1)도 전혀 없는 미숙련자를 선배작업자가 사전작업지도(C8) 없이 벨브조작에 대한 지식이 없는 미숙자(P3)에게 벨브조작을 시켰다. 미숙자와 같이 작업한 숙련자는 너무 바빴고(P2) 습관적으로 상사의 허가를 얻지 않고(H1) 타작업자와 작업도중에 교대(C9)했다. 숙련자에게 실습생의 지원에 대한 설명도 없었고(C4) 작업범위나 제한 등 지시도 없었다(C5). 협동작업을 하고 있던 숙련자는 미숙자에게 작업에 대한 특별한 협의 없이 벨브 조작 작업을 시켰다(H2). 벨브는 같은 형태 같은색으로 근접해 몇 개가 배치되어 있었으며 명패부착도 없었다(E2). 따라서 오조작이 발생했다(H3). [그림 2-10] 참조

화학공장은 화학물질-설비-인간에 따라 구성된 시스템으로 이 시스템가운데 사람이 어떠한 위치에 관계되는가를 고려하는 것은 Human Error대책을 검토하는데 아주 중요한 점이다. 화학공장에서 중대한 고장은 사람이나 설비결함이 복합해서 일어나는 것으로 1개의 휴먼에러가 직접 중대한 사고의 원인이 되는 것이 적지 않다.

화학공장에서 관리결함의 요인으로서 3가지가 있다.

- ① 관리자 개인 : 지식 경험 능력 의욕 성격 등
- ② 조직 : 정보망 인간관계 운용연계 등
- ③ 외적 요인 : 외압 잡음



[그림 2-10] 휴먼에러 구성인자

관리자 개인 문제로서 전문직보다 관리자우대 풍조로 소질없이도 적재적소에 배치되어 그 결과 적절한 판단이 불가능하며 시야가 좁고 상사에게 보고하는 부하의견을 귀담아듣지 않고, 인맥의 결함으로 적절한 조언을 얻지 못하고, 관리자 교육을 받고도 그 역할을 잘못하는 등 문제가 발생한다. 조직문제로서 화학공업은 다양성이 있는고로 시뮬레이터에 의한 교육시스템이 만들어지지 않는다. 방대한 운전기준서를 충분하게 활용이 곤란하다. 외적요인으로 석유화학의 고도성장기에는 조금무리해서 안전을 희생하면서 운전을 계속하였으나 최근에는 대형프랜트의 운전정지권을 직장에게 주어 판단을 맡겨서 뜻대로 하는 케이스가 거의 대부분이다. 긴급시 조치는 고도 정신집중을 필요로하므로 제3

자의 잡음을 피하는 방법이 좋다.

화학공장의 다양성에 있어 판단(결정) 에러와 행동에러로 분류되는데 의식적인 결정에러로부터 무의식적인 행동에러에 이르기까지 위험에 도전하는 적극적인 에러로부터 관리를 소홀히 하는 소극적인 에러에 이르기까지 그 범위가 넓다. 따라서 Human Error의 근본적인 연구가 구체적인 개선에 초점을 두고 인간공학적으로 접근시켜 심리학적 생리학적 공학적인 측면에서 추진되어야 한다.

1980년 일본의 석유화학에서 발생한 463건 중 운전관리에 관한 건이 492건(사고 중복 집계) 중 정보전달 미비, 인지확인 미스, 오판단 등 휴먼에러가 35%였다. 특히, 석유 콤비나트 사고의 55%가 오퍼레이션 에러로 이중에 25%가 근로자의 책임이고 75%는 관리자 책임으로 보고되고 있다. 우리나라 115건의 화학공장 중대사고 중 운전관계는 66.95%로 관리자 책임이 38.96%, 근로자 책임이 61.04%였다.

1981년 Joshchek 보고에 의하면 미국화학산업(CPI)에서 발생한 사고 중 80~90%가 인적오류에 의해서 발생했다. 미국 Dupont의 휴먼에러 발생 확률 D/B에 의하면 표준 상태 $10^{-4} \sim 10^{-2}$, Stress 상태 $10^{-2} \sim 1$ 이 발생 확률을 갖고 있으며, 미국 Fullwood는 정비 작업 342건 중 작업상 인간과오율은 1000건 당 1.4건의 과오가 발생하고 있다고 보고되고 있다.

3. 근로자들 행동에 영향을 주는 에러인자

산업현장에서 근로자들이 작업을 수행하는 과정에 영향을 미치는 모든 요인들을 Swain은 작업수행 형성요인이라 칭하고 인간의 행동에 에러를 유발시킬 수 있는 요인을 내부적인 요인, 외부적(상황적) 요인, 스트레스로 분류하고 있다. 근로자들의 행동은 자율적이든 타율적이든 교정이 가능하다. 그러나 근로자와 작업환경, 인간과 기계사이에서 에러를 발생시킬 수 있는 각종인자를 고려하지 않기 때문에 복합적으로 연계되어 사고원인이 되고 있다. 따라서 행동에 영향을 주는 인자는 일상 작업 중에 안전을 저해하는 생리적요인과 심리적요인을 심층분석하지 않으면 안된다.

생리적 요인에는 인간의 생리변화에 따른 의식 수준, 인지도, 주의집중 등을 저해하는 요인이외 스트레스, 피로, 수면부족, 과음, 건강상태, 성격이상 등은 내적요인으로 온도, 조명, 소음, 진동 등은 환경적 요인으로 안전을 저해하는 인자로 존재한다.

신체적인 요인으로 신체기능의 형태, 수치, 성별차에 의한 것은 판단착오를 일으키는 요인이 된다. 고도정밀 작업 시에는 일시적인 의식장애를 일으키는 신경장애는 중대사고의 원인이 되고 스트레스를 받으면 이상행동 반응을 일으키는 사람은 특히 정밀작업에 부적합하다.

심리적 스트레스 요인으로서는 스트레스 지속, 작업속도, 단조로운 작업, 고위험성, 모순된 신호, 작업부하, 업무수행에 대한 갈등, 주의 산만, 지각상실 등이 영향을 미치게 된다. 외부적인 요인에는 상태특성으로 환경특성, 작업시간, 인원배치, 조직구조, 감독자 행위 등이 문제가 될 수 있으며 업무지시시 순서, 정보전달, 경고, 작업방법 등이 있으며 업무와 설비특성에는 인지동작, 예측의 필요성, 판단, 복잡, 빈도, 기억, 팀구조 등이 문제가 될 수 있다.

일반적으로 사업장에서 근로자들이 범하기 쉬운 에러로는

- ① 복잡한 운전 조작은 생략한다.
- ② 작업 효율을 저해하는 안전장치는 의도적으로 배제한다.
- ③ 쉽게 파악할 수 없는 긴급조치는 실시하지 않는다.
- ④ 고장이 났을 때는 아무 스위치나 눌러본다.
- ⑤ 작업 중에 실수결과에 대해 신경을 쓰지 않는다.
- ⑥ 가동 중에 회전장치는 멈추려하지 않는다.
- ⑦ 기계 오퍼레이터는 장치를 멈추려하지 않는다.
- ⑧ 시간적 여유가 있으면 반드시 다음에 실시 예정인 작업에 손을 댈다.
- ⑨ 이상이 있을 경우 모두 현장에 모인다.
- ⑩ 이전에 아무 탈없이 실행했던 불안전 조작은 반복한다.

인간은 감각 수용기를 통해 109비트/초의 정보를 입력하여 중추신경의 최대 정보처리 능력은 102비트/초로 입력정보의 1000만 분의 1에 불과하다. 지각 기반 처리 능력은 6-7 비트/초로 반복행동을 할 경우 정보처리를 생략하거나 합쳐서 규칙기반행동으로 이행하며 습관화될수록 예측된 행동 패턴과 입력정보의 적합성만 체크하고 준비된 행동을 하게 된다.

이것이 Rasmussen의 SRK 모델로 각 인지 행동단계에서 에러가 개입된다. 숙련이 될 때는 행동을 의식적으로 체크하지 않는 단점이 있다. 이 때문에 부주의 에러가 개입되는 것이다. 습관에 의한 조작 실수 중추에 의한 조작 탈락, 유사한 지각 정보의 혼동, 타 정

보의 개입으로 치환이 생기며 주의 과잉 현상일 때는 본질적인 조작의 탈락, 습관적인 반복행동을 취해 자신 의도와 정반대로 손발이 자동으로 행하는 에러가 발생된다.

또 완전히 새로운 경험을 하거나 자극의 의미를 잘못 판단했을 때 규칙적응을 그르치게 되며 정보과잉 시 어떤 규칙을 적용해야 좋을지 판단할 수 없게 된다. 또 유사한 상황을 접했을 때 혼란을 겪게된다. 더욱이 관련지식이 부족할 때는 전혀 예상치 못한 의사결정결과를 초래하여 올바른 파악을 못하는 에러를 범하게 된다. 특히, 인간이 행동하는 중에 에러를 유발시키는데 영향을 주는 인자로 낯기, 작업달성, 긴급사항으로 시간적인 스트레스가 행동순서의 생략이나 혼란을 촉진시키는 초조감, 체면, 충실성, 자만 등도 한 인자가 된다. 자만감, 피로, 단조로움, 지루함 등은 동일한 작업을 반복하므로써 정보처리 능력이 저하되는 영향이 있고 인간관계, 안전장치 고장 빈발, 무리한 작업요구는 정서를 혼란시키고 당황, 불안, 고장으로 인한 당황스러움, 대응책이 없을 경우 생리적, 심리적으로 퇴화현상이 일어나는 현상이 미치게 되므로 근본적인 안전장치, 경보표시 경고를 인적대응 등의 대책이 요망된다. 특히, 이와 같은 영향은 여러 요인이 복잡한 연관성을 갖고 있어 전사적인 안전의식이 중요하다.

이같은 배경으로는

- ① 급속한 기업성장과 조직의 능력차가 격심할 때
- ② 신규시스템 도입시 숙련이 부족할 때
- ③ 최고 경영자의 안전의지 결단과 안전실천력이 부족
- ④ 전사적인 안전문화의식이 부족하여 사고가 빈발할 때
- ⑤ 인간관계가 결여되어 조화성이 없을 때
- ⑥ 형식적인 안전추진 및 대책이 미비할 때

⑦ 상하간에 세대교체로 숙련차가 극심할 때 는 근로자들의 행동에 여러 요인의 에러인자가 작용하여 사고로 이어질 수 있으므로 위험에 대한 사전평가로 안전대책이 수립되어 실시되어야 한다. 최근에 발생하는 사고들은 인간의 고차원적인 기능인지 구성에 의한 것이 많으므로 인간의 행동은 인지행동의 기본원칙을 지킨다는 점에 유의해야 하며 관리체계에 따라 우발적인 에러, 의도적인 에러는 예측하기 어려우므로 인간의 심리적, 생리적 인지행동에 따른 D/B를 구축하여 인간행동의 정확한 이해와 관련지식의 확보 개인 특성에 대한 안전대책이 충분히 검토되어야 할 것이다.

인간의 에러에 영향주는 요인을 개선하기 위해서는 인간이 감각기관에 무엇을 감지하

여 입력하면 선별적인 인지를 하고 판단하여 운동기관이 필요한 행동을 하기까지 단계별로 오조작을 방지하지 않으면 안된다.

가. 작업정보제시 단계

작업정보를 표준화된 작업기준을 명확하게 정하여 충분한 이해가 되도록 교육훈련을 실시할 필요가 있다. 작업을 지시하고 명령할 때 듣기는 했으나 잊어버리거나 잘못 인식하는 경우가 있으므로 서류화시켜 자기의 의사를 상대방에게 정확히 전달하도록 하고 지시한 후 확인을 반드시 할 필요가 있다. 기계운전시는 기계로부터 나타나는 정보를 받을 때 계기의 지시 경보음의 변화에 따라서 인지한 내용을 확실히 구분하여 행동할 수 있도록 중요한 계기의 배치, 경보음의 종류를 충분히 익혀 구분할 수 있도록 대처한다.

나. 인지확인 단계

상사나 기계로부터 지시명령을 받은 경우 자신이 복창 확인하는 단계가 필요하다. 인간의 의식 수준에 따라 주의력이 변화한다.

- ① 주의력은 개인 육성환경이나 지식 경험에 따라 개인차가 크다.
- ② 주의력은 범위와 방향성에 한도가 있고 고정되기 쉽다.
- ③ 주의력은 시간에 따라서 변화한다.
- ④ 주의력은 흥미를 감지하지 못할 때 단조 또는 연속적으로 업무 저하
- ⑤ 주의력은 다른 관심사나 마음가짐 저하
- ⑥ 주의력은 피로가 쌓여 저하
- ⑦ 주의력은 흥미있을 때 사명감에 탈 때 높다.
- ⑧ 주의력은 교육훈련 습득에 따라 높이는 것이 가능하다.

미국 원자력발전소의 안전성평가 보고서 WASH-1400에 의하면 보통 작업 에러율은 $10^{-4} \sim 10^{-2}$, 과긴장상태 에러율 $10^{-2} \sim 1$ 로써 인간에러는 의식에 기인하는 것이 제일 많다. 그러므로 인간 의식은 대단히 피로할 때는 모두 귀찮다고 느끼므로 에러가 발생하기 쉽고, 인지를 준비하지 않은 상태에서 정보가 주어지면 혼란상태에서 인지를 잘못하여 판단에러에 결정이 잘못판단되어 행동에러가 된다. 따라서 주의력은 대단히 중요하다. 특히 어떤 상황에 주의력을 빼앗기면 당황하여 조작을 잘못하는 에러가 발생한다.

하시모토구니에는 의식단계에서 일어날 수 있는 뇌파형태와 의식수준을 [표 2-7]와 같이 나타냈다.

[표 2-7] 의식단계에서 일어날 수 있는 뇌파형태와 의식수준

단계	의식상태	주의작용	생리적상태	신뢰성	뇌파형태	뇌파변화
0	무의식, 실신	없음	수면, 뇌발작	0	δ 파	0.5-3.5Hz
I	정상이하(Subnormal), 의식둔화	부주의	피로, 단조로움, 졸음	0.9이하	θ 파	4-7Hz
II	정상(Normal), 이완(Relaxed)	수동적, 내향적	안전기점휴식, 정상작업	0.99-0.99999	α 파	8-13Hz
III	정상(Normal), 명쾌(Clear)	능동적, 전향적, 위협예지 주의력 범위넓음	적극활동	0.999999이상	β 파	14-30Hz
IV	초정상(Hypernormal), 흥분(Excited)	한점에 고정, 판단 정지	감정흥분 긴급 방위 반응 당황, 공포 반응	0.9이하	β 파, 전간파	

[표 2-8] 의식단계에서 일어날 수 있는 여러 행동의 유형

단계 I (I) 눈앞의 신호, 정보를 빠뜨린다. 무관심하다. 오인하다. (I) 귀찮다고 하는 기분이 앞서 점점, 확인을 생략한다. (I) 지시, 연락사항을 까맣게 잊음. (O) 눈앞의 사건에 안이하게(상황이나 결과를 생각하지 않고) 손을 내놓는다. (O) 감정적으로 난폭하게 취급한다. (O) 빨리 작업을 중단한다.
단계 II (I) 예상하지 않은 사태에 말려들어(예측부족) 확인하지 않고 인지를 잘못한다. (I) 예측과잉, 확인하지 않고 믿고 점점을 틀리게 한다. (I) 지레짐작, 틀리게 읽는다. (P) 위험하다고 알고 있으면서 그 순간 위험을 잊었다. (P) 확인할 필요가 없이 확실하다고 믿고 점점을 하지 않았다. (P) 앞에서도 성공하였기 때문에 이번에도 틀림없다고 생각했다. (P) 상대는 알고 있다고 생각하여 연락하지 않았다. (P) 용건은 끝났다고 생각하여 다음의 작업을 시작했다. (P) 다음의 작업에 신경을 쓰고 수준을 빠트렸다. (O) 근도반응, 단락 동작 (O) 순간위험을 잊는다. (O) 약간의 시간을 기다리지 못하고 다른 일에 손을 대고 시기를 잃었다. (O) 습관동작이 튀어나오는 것을 컨트롤할 수 없었다. (O) 반사적으로 손을 댔다.(의지에 대한 억제가 되지 않는다.)

단계 III
(P) 시간의 절박, 상황의 급변으로 즉시 판단을 몰아친다.
(P) 한쪽의 고장의 수리에 열중하여 당면의 시간경과를 잊어 시동이 늦었다.
(P) 작업관계가 복잡하여 생각에 잠기다.
단계 IV
(I) 목적의 돌발사태에 1점 집중하여 다른 정보를 무시한다.
(P) 파도의 긴장, 흥분 때문에 판단불능이 되었다.
(P) 화내고 공포 때문에 냉정한 판단을 잃는다.
(O) 무목적, 무의식하게 동작을 반복한다.
(주) : (I) 인지/확인의 에러, (P) 판단/기억의 에러, (O) 동작/조작의 에러

화학공장의 기기배관이 복잡하게 설치되어 있으므로 비슷한 기기, 밸브, 펌프는 색채로 구분하여 표지를 부착하여 구분을 명확하게 한다.

다. 기억판단 단계

인간의 기억 용량 10^{11} 피트로 알고 있어도 생각나지 않는 기억이 많으므로 기억이 인출되도록 교육 훈련이 필요하다.

라. 동작조작 단계

화학공장에서는 자동화가 되 수동조작하는 개소는 적다. 오조작을 일으키기 쉬운 것은 인터록 자동화 Fail-safe, Fool-proof 등을 안전화를 꾀하고 수동작은 조작이 틀리지 않게 충분한 인간공학적 배려가 필요하다.

제 3 장 휴먼에러 실태분석 및 고찰

1. 사업장의 실태조사

1) 목적

화학산업이 급속히 발전됨에 따라 화학 장치의 고압, 고열 반응에 따른 복잡화 및 유해 위험물질을 다량 취급, 제조함에 따라 폭발화재 등의 잠재 위험성이 대단히 증가하고 있다. 특히 복잡한 설비장치의 운전, 점검보수 중에 근로자들의 순간적인 판단행동 실수로 오조작 등이 중대사고로 이어져 막대한 경제적 손실을 초래하고 있다. 사람과 시설의 역할분담 중에 인간의 에러가 높은 비율을 차지하고 있어 수준 높은 안전성을 달성키 위해서는 현실적인 화학공장의 휴먼에러 발생과정의 근원적 원인을 파악하여 잠재위험을 사전에 제거할 수 있도록 조치하지 않으면 안된다. 그러므로 화학공정에 인간과 기계 시석, 인간과 환경 시스템의 어떤 위치에서 어떤 문제가 인간행동의 에러로 연결되는가를 파악하는 것이 휴먼에러 대책을 검토하는데 아주 중요한 포인트가 될 수 있다. 따라서 휴먼에러 과정을 파악하기 위해서 설문안을 작성하여 우리나라 실정에 알맞는 대책을 제시하고 휴먼에러방지 지침서를 작성하는데 그 목적을 두고 실시하였다.

2) 실시방법

화학공장의 휴먼에러 실태를 조사하기 위해 무작위로 선정한 24개 사업장(울산 석유화학단지 10개소, 여천 석유화학단지 7개소, 대산단지 3개소, 기타 4개소)의 근로자, 감독자, 관리자 130명을 대상으로 직접 현장을 방문하여 인터뷰 후 직접 설문을 작성시켜 회수 했으며, 산업안전교육원 화학공정 위험성 평가 등 전문교육과정에 입교한 수강자 200명을 대상으로 2차 설문안을 작성하여 배포 후 회수하였다. 회수 후, 무성의한 답 작성자는 제외하고 산술평균하였다. 조사기간은 1차가 5월 6일부터 7월 16일, 2차는 교육원 교육생을 중심으로 8월 24일부터 10월 24일까지 실시하였다.

설문조사문항의 구성은 [표 3-1],[표 3-2]와 같다. [부록참조]

[표 3-1] 1차 설문조사문항 구성

구 분	항 목	세 부 구 성 항 목
근로자	상황분석	사고제목, 분류, 영향, 발견시기, 발견시설, 장소, 발견자소속, 발견계기, 행위모드, 행동발달, 재발성 작업실시빈도, 발생작업단계, 업무내용, 인원수, 긴급성, 반복성, 작업부하 경력, 근무시간, 근무체제 등 28개 항목
감독자	사업장개요 사고관련 사고 실제 작업진행	사업장 주 업종, 소재지, 근로자 수, 근무형태, 안전 부서 유무, 자격PSM실시, 사고건수, 설비, 사고발생 중 인간에러, 작업상태, 생산설비, 연락 상태 등 관련 38개 항목 휴먼에러발생 당시 근무체제 상황, 내용 등 2개 항목
관리자	사업장 개요 휴먼에러와 시설관계 교육훈련	사업장 주 업종의 6개항목 휴먼에러 방지기준 등 31개항목 안전보건교육 3개항목

[표 3-2] 2차 설문조사문항 구성

구 분	항 목 요 인	세 부 항 목	비 고
정 보 제 공	정 보 불 비	4개 항목	
감 각 입 력	정 보 생 각 안 남	3개 항목	
선 택 인 지	정 보 잊 음	2개 항목	
	확 인 못 함	2개 항목	
	정 보 잘 느 낌	2개 항목	
인 지	알 지 못 함	4개 항목	
	잘 못 기 억	3개 항목	
	생 각 나 지 않 음	3개 항목	
판 단	판 단 잘 못	4개 항목	
	판 단 혼 란	5개 항목	
	순 서 확 인 잊 음	1개 항목	
행 동 지 시	동 작 잘 못	3개 항목	
	동 작 혼 란	5개 항목	
조 작 행 위	조 작 틀 립	5개 항목	
	조 작 실 수	1개 항목	

2. 설문실태분석 및 고찰

1) 설문분석

감독자에게 설문조사한 내용중에 사업장의 주 업종으로 석유화학정제가 82.6%로 제일 많았고, 제약이 8.6%, 가스와 일반화학이 각각 4.3% 순이었다. [표 3-3]참조

[표 3-3] 업종별분포

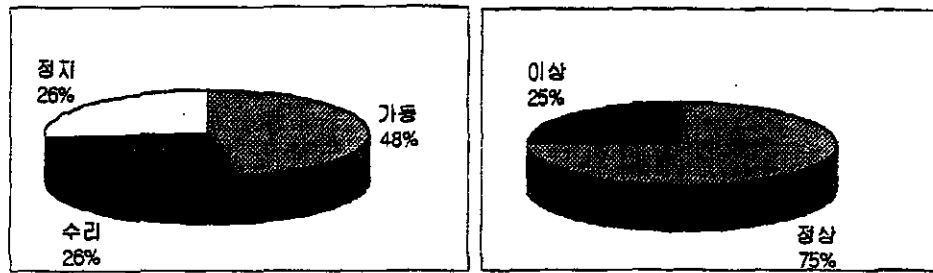
업종	석유화학	제약	가스	화학
%	82.6	8.6	4.3	4.3

근로자의 수별로는 [표 3-4]에서 보는 바와 같이 100명 이상 대기업이 39.1%, 101~300명이 26.1%, 51~100명 이하가 8.7%였다.

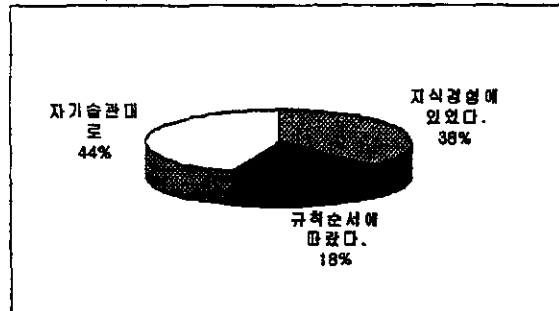
[표 3-4] 인원수별

인원수	점유율	인원수	점유율	인원수	점유율
101~300명	6(26.1%)	301~500명	4(17.4%)	501~1000명	2(8.7%)
1000명 이상	9(39.1%)	51~100명	2(8.7%)		

[그림 3-1]과 같이 사고가 발생했을 때, 기계설비 상태로는 '가동 중이었다'가 48%, '정지상태' 26%, '수리상태였다' 26% 로 가동 중에 사고가 많이 나고 있으며, [그림 3-2]에서 사고발생시 '기계설비상태는 정상'이 75%, '이상' 25%로 나타나 정상상태에 사고가 비정상보다 3배나 더 많이 발생하고 있었다. 특히 사고가 발생한 원인중 인간의 예러가 '지식경험에 기인된 것'이 38%, '자기습관대로 한다' 44%, '규칙순서에 따랐는데 사고가 발생했다' 18%로 회사의 규칙순서 제정상에 문제가 있거나, 지키지 않는 근로자들을 준수하도록 교육훈련지도가 안되었거나, 또는 작업자의 습관을 시정치 못한 안전훈련 계획 실시상의 문제 및 지식경험에 기인된 것은 교육훈련상에 문제가 있음을 지적할 수 있어 안전교육훈련 전반에 문제점을 지적할 수 있다. [그림 3-1] [그림 3-2] [그림 3-3]

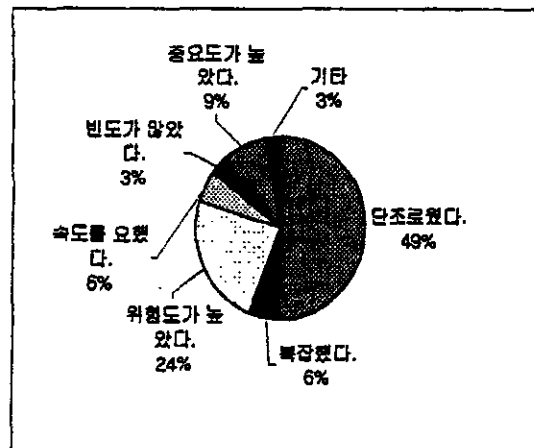


[그림 3-1] 사고 발생시 기계설비의 상태 [그림 3-2] 가동 중 기계설비의 상태



[그림 3-3] 사고발생 원인 중 인간실수

사고발생시 작업상태는 [그림 3-4]와 같이 '작업이 단조로웠다' 49%를 차지하여 매너리즘에 빠질 수 있고, '위험도가 높았다' 24%는 주의력이 부족했거나 이해, 판단능력이 부족했음을 알 수 있다. [그림 3-4]

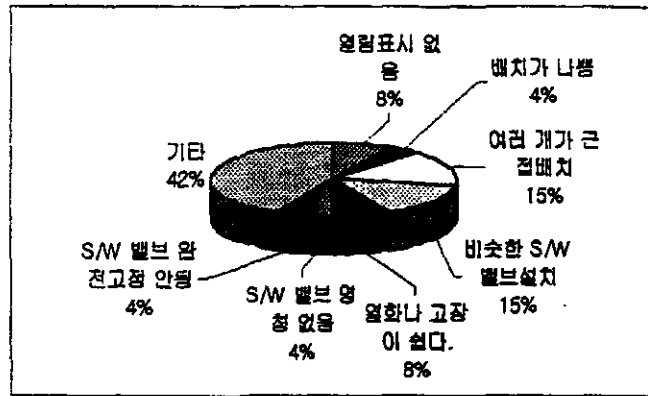


[그림 3-4] 사고 발생시 작업형태

시설상의 선별인지나 판단에러의 주원인인 '작업정보의 연락상태가 불충분했다'가 10.7%로 감독자가 답한 것과 에러발생을 '정보전달이 미미했다' 16.7%로 근로자의 답과는 비슷하나, 근로자들이 '정보가 인지되지 않았다' 26.2%, '지시정보가 판단되지 않았다' 21.4%, '판단결과가 올바르게 실행되지 않았다' 35.7%로 답하고 있어 대부분 근로자 자

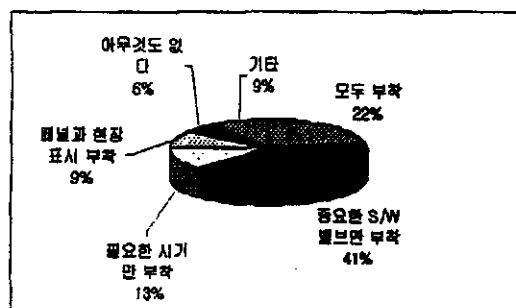
신의 인지판단 능력에 문제가 있음을 알 수 있다.

현장시설상의 스위치벨브 설치상태에서 비슷한 스위치 벨브가 '근접배치되었다'가 34%, '벨브명칭이나 표시가 없다' 12%, '자체 고장이나 고정안됨' 12%, 기타 42%로 되어 근로자의 휴먼에러 발생을 제공해 주고 있다. [그림 3-5]



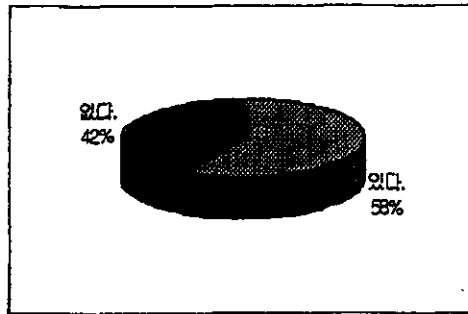
[그림 3-5] 스위치 벨브의 설치상태

표찰부착방법에는 중요부분만 부착이 41%, 필요시기에만 부착이 13%, 현장표시9%, 모두부착22%, 없다6%, 기타9%로 거의 표시는 하고 있으나, 표찰기록상태는 있다 52%, 없다 32%, 기타16%로 점점시 표찰기록상태가 없다고 답한 32%는 개선이 요망된다. [그림 3-6]

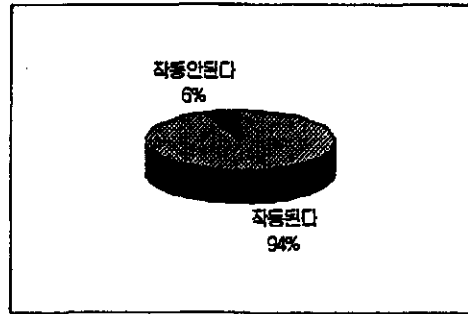


[그림 3-6] 표찰 부착 방법

계기판의 배치, 조명 등 식별할 수 있어 좋다고 답했으나, '계기류의 식별오차 해석에는 잘못해석된 적이 있다' 58%, '없다'는 42%로 '계기류는 필요한 데이터를 신속, 정확하게 식별할 수 있다' 96.3%의 긍정적 답과는 큰 차가 있는 것은 근로자의 인지 판단에러에 문제가 있음을 알 수 있다. 계기류 고장시 '비상벨 파이롯트램프 작동된다' 94%, '안된다' 6%로 안되고 있음은 적으나 휴먼에러에 의한 판단잘못을 범할 수 있다는 것에 유의해야 할 것이다.[그림3-7] [그림 3-8]참조.

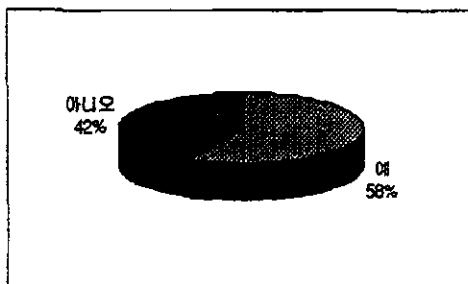


[그림 3-7] 계기류의 식별오차의 잘못해석의 유무

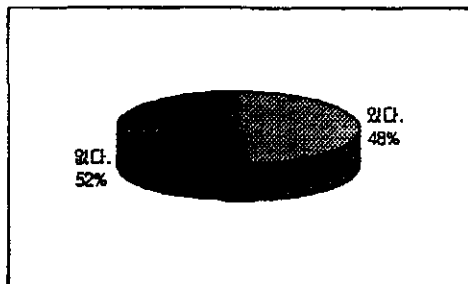


[그림 3-8] 계기류의 고장시 비상벨 파이롯 램프의 작동여부

‘조작기기는 그룹별로 색상을 다르게 배치했는가’라는 질문에 ‘다르게 배치했다’ 58%, ‘안했다’ 42%로 조작기기의 혼동을 가져올 수 있음을 암시하고 있다.[그림3-9] ‘배판은 전부 또는 부분적으로 색상구분이 되어있는가’라는 질문에 ‘되어있다’48%, ‘안되어있다’52%로 나타났으며, 관내 유체흐름방향의 명시는 ‘있다’85%, ‘없다’15%로 색상구분과 유체명시가 안되어있는 부분은 수리시 판단혼동을 가져와 에러를 발생할 수 있는 잠재위험성을 예시해 주고 있다.[그림 3-10]



[그림 3-9] 조작기기의 색상 구별



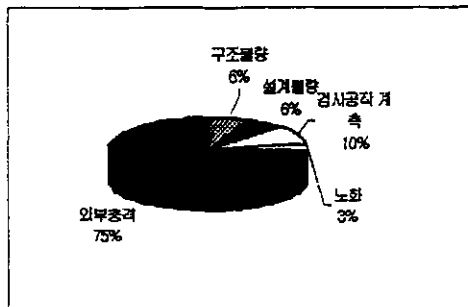
[그림 3-10] 배판의 색상 구별

발생할 수 있는 긴급알람이 여러 개 부착되어 있는데 동시작동시 음색관별이 대단히 중요하다. 그러나, 구분되어 있다는 기업은 67%, 없다 33%로 즉시 개선이 요망된다. 스리마일섬의 원자력발전소 사고 시에도 원인중에 음색구분에 문제가 있었음을 지적하고 있다.

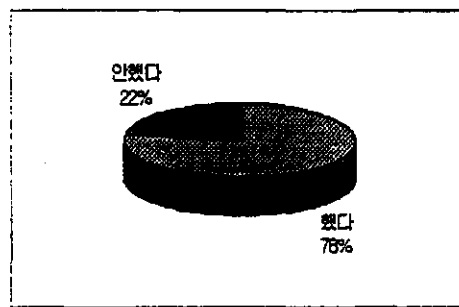
설비사고는 주로 외부충격이 75%, 검사공작계측불량이 10%, 구조, 설계불량이 각각 6%, 노화가 3%로 답하고 있어 인간에 의해 충격이 있음을 예시하고 있다.[그림 3-11]

관리자들의 설문조사에서 ‘인간 오조작 방지에 관한 기준지침이 작성되어 있다’ 78%,

‘안되었다’ 22%로 검토중에 있는 기업도 86%, 없다 14%이다. 운전지침서나 설계기준에 오조작방지사항이 있다 93%, 없다 7%로 대답하고 있다. 특히 오조작에 기인한 앗차사고 처리방법에 대한 기준이 있다 69%, 없다 31%로 오조작 방지를 위한 구체적인 대안이 미비함을 알 수 있다. [그림 3-12]참조

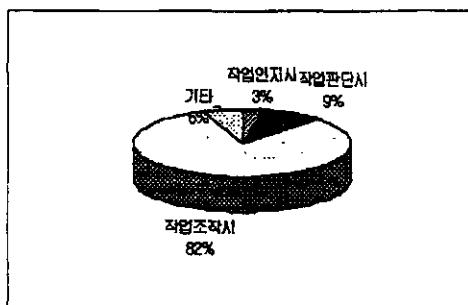


[그림 3-11] 설비사고의 형태

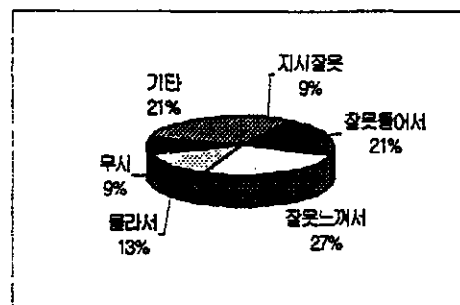


[그림 3-12] 오조작 방지의 지침의 작성유무

[그림 3-13]에서 오조작이 일어난 상황별로는 작업조작시(행동) 82%, 작업판단 9%, 작업인지시 3%, 기타로 나타나고 있어 정확한 오조작 발생과정의 분석없이 불안전 행동 결과만을 답한 것으로 사료된다. [그림 3-14]에서 근로자들이 오조작을 일으키는 것을 관리자측에서 생각할 때 오조작이 일어난 원인은 주로 ‘잘못 느껴서’가 27%, 잘못 들어서 21%, 몰라서 13%, 지시잘못, 무시 각각 9%, 기타 21%로 나타나있다.



[그림 3-13] 오조작이 일어난 상황

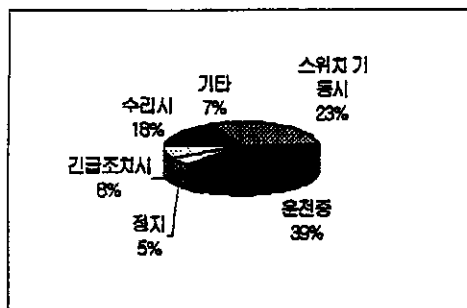


[그림 3-14] 오조작이 일어난 원인

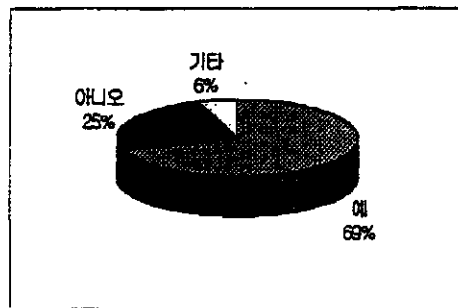
오조작이 일어났을 때 작업내용은 정상이 60%, 비정상이 32%, 기타 8%로 나타났으며 [그림 3-15]에서 오조작이 일어났을 당시는 운전중 39%, 스위치 기동시 23%, 수리시 18%, 긴급조치시 8%, 정지시 5%, 기타 5% 순으로 오조작이 일어났으며, 직접 오조작이 일어난 설비개소로는 컴퓨터오조작이 18.4%, 수동밸브15.8%, 누름버튼, 전기스위치, 공

구 조정벨브가 각각 10.5%, 제기실제기 5.3% 순으로 되어있어 인지 확인상 어려가 주종을 이루고 있다.

벨브표시 방법에 있어 색체표시가 '되어있다' 83%, 안되어있다 14%, 모른다 5%로 색체표시는 대부분되어 있는 것으로 나타났으나, [그림 3-16] '기호나 번호가 명시 되어있다' 69%, 없다 25%, 기타 6% 로 벨브의 번호가 명시안되었을 때 착각을 일으켜서 에러를 발생시킬 가능성이 있으므로 개선이 요망된다. 또 '핸들의 열림, 닫힘 표시판 색체가 정해져있는가'라는 물음에 '되어있다' 59%, 없다 38%, 모른다 3%로 벨브의 열림 표시가 안되어있을 때 잘못 열거나 닫아서 문제가 일어날 수 있다. 벨브 색체 표시는 [표 3-5]와 같다.



[그림 3-15] 오조작이 일어난 때



[그림 3-16] 기호, 번호 명시 유무

[표 3-5] 벨브표시

	항 목	있다	없다	모른다	비고
1	안전, 긴급 벨브 색체	58%	38%	4%	
2	긴급차단벨브 개폐표시등	63%	34%	3%	
3	개폐금지벨브 시건표시	85%	14%	1%	

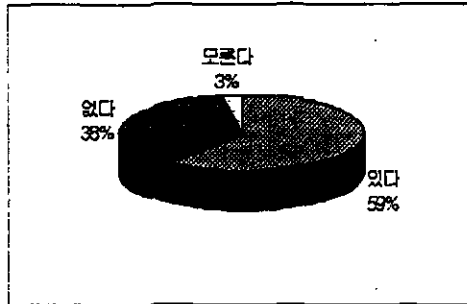
배관상태의 흐름 방향표시 색체, 표시는 [표 3-6]과 같다.

[표 3-6] 배관표시

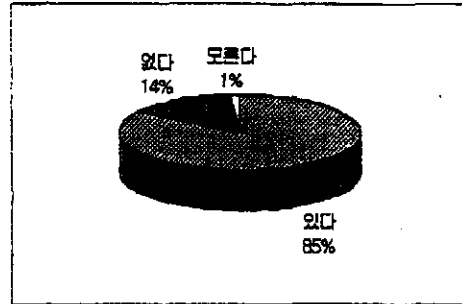
	항 목	있다	없다	모른다	비 고
1	유체 명칭, 방향표시	93%	7%	0%	
2	유체별 색체표시	92%	8%	0%	
3	야간구별	54%	46%	0%	

배관의 색체표시 관계는 관리자 조사항목과 중복이 되고 있으나 감독자는 '배관표시가 되어있다' 48%, 안되어있다 52%[표 3-6]와 너무 차가 크다. 유체의 흐름방향도 있다 85%, 없다 15%로 8%정도의 차이가 있다. 배관의 유체 표시는 전체적으로 색체표시가

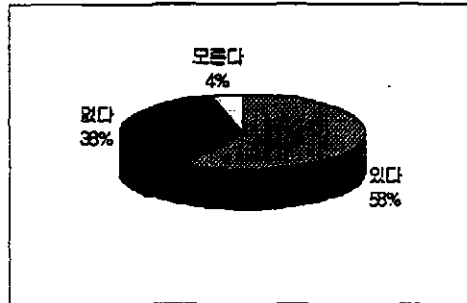
있다 32%, 부분적이다 68%로 따로 부분별로 표시하고있는 것이 2배이다. [그림3-17] ~ [그림 3-22] 특히, '색채 표시에 따라 인간에러 방지기대치는 어느 정도인가'라는 질문에 [표 3-7]과 같이 60~80% 기대치가 45%로 제일 높다.



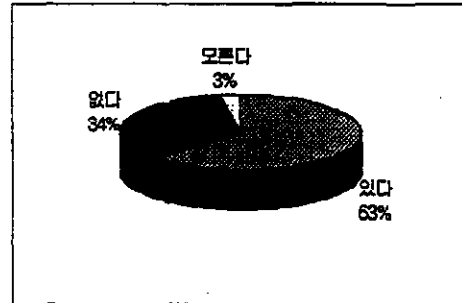
[그림 3-17] 핸들의 열림/닫힘의 표시판 색채



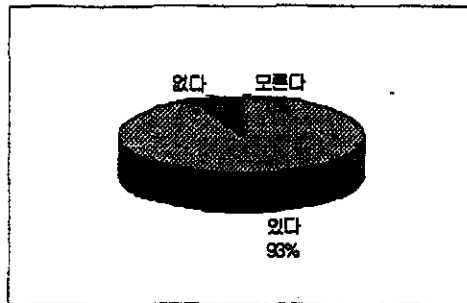
[그림 3-18] 시건봉의 금지표찰



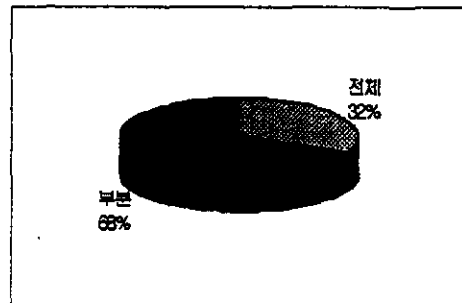
[그림 3-19] 안전/긴급 등 중요벨브의 색채표시



[그림 3-20] 긴급차단벨브의 개폐 표시등 유무



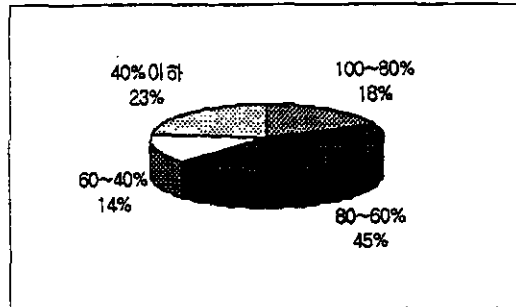
[그림 3-21] 배관의 유체명칭/흐름방향 명시유무



[그림 3-22] 배관내 유체에 대한 배관의 색채표시

[표 3-7] 색채표시 에러방지 기대치

기 대 치	점 유 율(%)	비 고
100 ~ 80 %	18	
80 ~ 60 %	45	
60 ~ 40 %	14	
40% 이하	23	



[그림 3-23] 색채표시에 따라 인간 오조작 방지의 기대치

오조작이 일어나는 시간대 별로는 [표 3-8]과 같다.

[표 3-8] 오조작이 많은 시간대

시간대	08-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
%	3.7	7.5	3.7	22.2	3.7	3.7	-	7.5
시간대	24-02	02-04	04-06	06-08				
%	7.5	22.2	18.5	-				

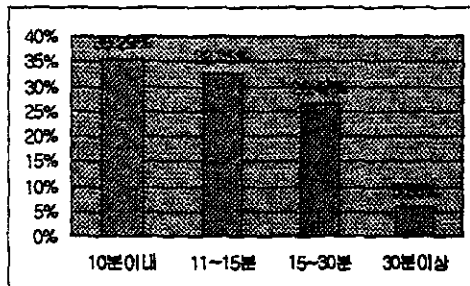
근로자들의 오조작이 주간보다는 야간 작업시에 더 많이 발생하고 있어 인간의 생리적 현상과 깊은 관계가 있음을 제시하고 있으며, 피로, 수면과 관계가 깊다고 사료된다. 오조작자의 연령대는 21세~30세가 73.9%, 31세~40세가 21.8%, 41세~50세가 4.3% 순이며, 경력도 1년미만 21.7%, 1~3년미만 56.5%, 4~10년 17.3%, 10년이상 4.3%로 경력이 적을수록 에러 발생률이 높다.

운전조건 변동시 작업지시는 문서로 전체에 지시한다 72%, 일부 지시 28%로 나타나 작업 변동시에는 철저한 관리를 하고 있는 것으로 나타났다.

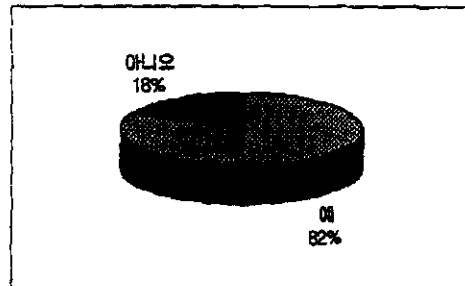
교대근무시에 관한 사항으로 인수인계 관계는 [표 3-9]와 같다.

[표 3-9] 인수인계 사항

NO	항목	%	NO	항목	예	아니오
1	인수인계인원	조반장 12 담당자 28 전 원 60	3	인수인계 내용설정있는가	82%	18%
2	인수인계시간	10분 35.3 11~15분 32.4 15~30분 26.5 30분이상 5.9	4	현장확인 유무	87%	13%
			5	비정상작업 인수인계 유무	75%	25%



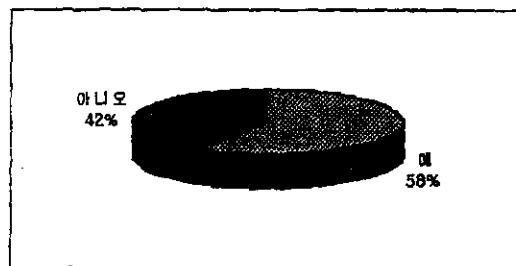
[그림 3-24] 인수인계에 요하는 시간



[그림 3-25] 인수인계 내용항목의
명시유무

직반장의 작업전에 지시 보고는 모두하고 있으며 그 미팅시간은 15분이하가 70.8%, 15~30분이 20.8%, 30분이상 8.3%로 나타나 모두 작업전 지시를 위한 미팅을 간단히 하고 있으나 거의 대부분이 생산 품질관계 내용으로 안전상 주의점은 반드시 추가 되어야 할 사항이다.

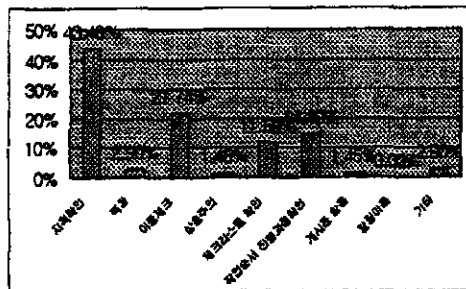
작업후에 미팅을 하고 있다 58%, 안한다 42%로 끝날 때 감독자에게 보고하는 것이 의무로 되어 있는가에 대해서 의무로 되어있다 87%, 아니다 13%였다. [그림 3-26]



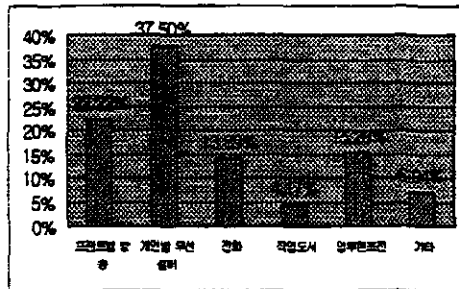
[그림 3-26] 작업 후 미팅 유무

작업점검 사항으로 근로자의 현장점검은 의무적인가에 대해 예 90%, 아니오 10%로 거의 대부분 회사에서 근로자들에게 점검을 직접하도록 하고 있다. 오조작 예방활동은 하고 있는가, 하고 있다 93%, 아니오 7%였으며 그 방법은 [그림 3-27]과 같이 지적확

인이 가장 많이 행하고 그 다음으로 2중 체크, 작업순서 진행과정 확인, 체크리스트 순
으로 되어 있다. 특히 관리자들이 지휘명령을 철저히 하기 위해서 채택하고 있는 것은
[그림 3-28]과 같이 개인 무선 설비 활용, 방송, 업무협조전, 전화 순으로 실시하고 있다.

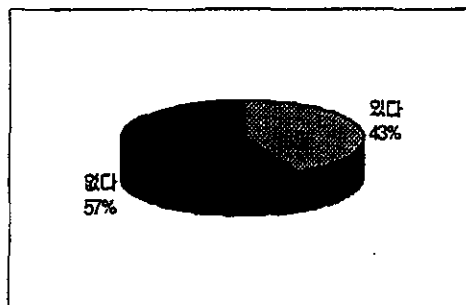


[그림 3-27] 오조작 방지 활동

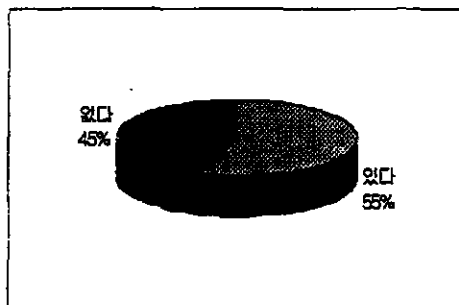


[그림 3-28] 지휘명령을 위해 사용하는 것

오조작 트러블 발생 요인평가 체크리스트 양식이 있는가라는 질문에 대해 있다는
43%, 없다 57%로 요인 평가 체크리스트가 없는 기업이 더 많으며 오조작 방지 대책을
위한 지침서(매뉴얼)은 있는가에 대해서도 있다 55%, 없다 45%로 비슷하며 휴먼에러를
위한 기업의 안전대책이 미비함을 알 수 있다. [그림 3-29][그림 3-30]참조

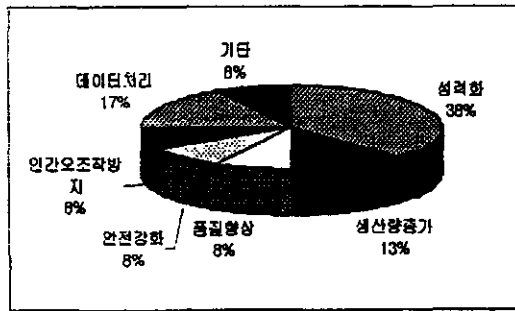


[그림 3-29] 오조작 트러블 발생 요인
체크리스트 유무



[그림 3-30] 오조작 방지 대책
지침서(매뉴얼)의 유무

화학 프랜트에 컴퓨터를 이용한 배경은 성력화가 38%, 데이터처리 17%, 생산량 증가
13% 순으로 자동화 시스템에 대한 휴먼에러 방지는 겨우 8%에 해당되어 좀더 개선 연
구가 요구되고 있다. [그림 3-31]



[그림 3-31] 화학 플랜트에서 컴퓨터를 이용하는 배경

특히, 구체적인 컴퓨터 이용목적으로 배려된 항목은 운전관리치의 정보와 최적 제어화가 1위였으며 다음은 공정상의 계장시스템의 충분한 관리, 운전조작 순서의 자동화 기능 체크, 복잡한 수작업을 하지 않기 위해, 오조작 트러블의 본질 안전화나 위험 장소 차단화 등 안전관계는 제일 마지막으로 처지고 있어 안전관리의 재구성이 요망되고 있다.

인간의 정보처리 과정에서 실수로 인한 중대재해연결은 지나칠 수 없는 중요한 문제다. 인간의 정보처리과정을 7단계로 나눠 2차 설문조사한 결과를 보면 작업정보제공단계에서 정보가 불비하여 에러 발생이 7.93%, 감각기에 의한 입력시 정보가 생각나지 않은 것이 7.64%, 선택인지 단계에서 정보를 잊었거나 확인못하고 잘못 감지해서 발생한 에러에 의한 것이 25.45%, 완전인지단계에서 알지 못했거나 잘못기억했거나 알고 있었으나 즉시 생각나지 않은 데서 발생한 에러가 17.88%였으며, 판단단계에서 판단을 잘못했거나 판단의 혼란, 순서 확인을 잊어서 판단상에 에러가 발생한 것이 18.31%였으며, 행동지시단계에서 동작이 잘못되었던가, 동작의 혼란으로 행동지시가 잘못되어 에러가 발생한 것이 10.38%였으며, 행동으로 옮기는 조작단계에서 조작 행위가 틀렸던가 조작 확인을 하지 않은 에러가 12.41%였다.

[표 3-10] 인간 정보처리 과정의 에러 분류

구분	건수	점유율	5	10	15	20	25	30(%)
작업제공단계	110	7.93						
감각기입력	106	7.64						
선택인지	353	25.45						
인지	248	17.88						
판단	254	18.31						
행동지시	144	10.38						
조작행위	172	12.41						
계	1387	100						

휴먼에러 중에는 오관을 통해 입력하여 선택인지, 인지 단계까지 에러가 50.9%를 차지하고 있다.

3. 개선 방향

설문실태 분석에서 살펴본 바와 같이 화학공장의 사고 발생원인은 대체적으로 근로자들의 에러에 의해서 발생되고 있음이 증명되었다.

가. 근로자들의 습관 지식 경험의 미비에 의한 교육적인 안전개선이 요망된다. 특히 정보를 받아들일 때 정보자체의 부정확이 인지선별과정과 인지과정에서 에러로 시시각각 변화하는 상황의 외부인자와 함께 영향을 받아 근로자 자체 내부인자와 겹쳐서 발생되므로 근로자 측의 영향인자 개선에 노력해야 할 것이다.

나. 작업 특성 환경관리 상태의 영향인자 관리개선이 요망된다. 작업의 단조로움, 긴장감, 신규반복작업, 작업공간, 위치 등 작업의 정상상태나 비정상상태에서 기준, 작업표준 등을 만들어 준수하도록 점검, 확인이 필요하다.

다. 현장 작업시설상의 영향인자 개선이 요망된다. 화학플랜트의 밸브, 배관, 계기류 등의 색체표시, 스위치류 ON/OFF 위치 방법, 배관 내의 흐름방향 계기류의 상한/하한 표시 등 오조작을 일으킬 수 있는 잠재위험이 상존하고 있는 것을 개선한다.

라. 휴먼에러 방지에 관한 분석기준 지침 작성이 요망된다. 현장 근로자들의 휴먼에러 발생 요인이 산재해 있으나 이 대책을 제시할 구체적인 기준 지침이 작성되어있지 않으면 교육훈련은 불안전행동 개선을 위한 방안제시가 세부적으로 DATA에 의한 계획수립이나 실시가 되기 어렵다. 따라서 오조작이 발생했을 때 작업내용, 일어난 상황, 처리 방법 등 인적인 대책이 제시되고 훈련이 되도록 할 필요가 있다. 특히 앗차사례 수집 대책과 피드백은 중요하다.

마. 휴먼에러 분석 D/B 구축에 따른 전문적인 분석이 요망된다. 현장에서 휴먼에러가 발생되어 각종 사고로 연결될 때 전문적 휴먼에러 발생과정에 따른 경과상태를 추적하여 이에 따른 적정 대책이 강구되어야 한다.

제 4 장 휴먼에러 방지 대책

1. 화학공장의 휴먼에러 방지 대책

화학공업에 있어 한번 잘못하면 폭발, 화재와 직결되는 사고 위험을 제거하는데 노력하지 않으면 안된다. 산업재해 중에 휴먼에러의 점유율이 높음으로 안전을 위해서는 잠재위험을 숨기지 않는 분위기 조성이 구축되어야 한다. 이와같은 풍토조성은 하루아침에 이루어지기 어렵고 각 기업의 구성원들이 다같이 노력하는 의지가 있을 때 실행될 수 있다.

특히, 석유화학 플랜트와 같이 24시간 자동연속적인 고온고압의 거대한 생산시설이 가동됨에 따라 다량의 유해위험물질을 다량생산취급 중 공정에 누출되어 화재, 폭발 사고가 발생하는 주된 원인으로 근로자의 인지, 확인, 판단미스, 오조작, 작업기준의 불비, 의사전달의 착오, 표시미비 등을 심층분석하여 휴먼에러가 발생할 수 있는 근원을 찾아 대응방법을 검토하여 나쁜 습관이 교정되도록 교육훈련지도를 실시하고 향상된 안전기술의 노하우를 쌓아가지 않으면 안된다. 특히, 자질구레한 작은 사고가 계속 일어나고 있으나 사고 원인을 「왜」라는 문제에 부딪히면서도 뚝족한 대책이 나오지 않고 지나쳐 버리는 경향이 많이 있다. 평상시에 소홀한 안전관리대책이 반복되어 중대사고를 키우는 격이 되어선 안된다.

화학공장의 작은 잠재위험성도 근원을 정확히 조사분석하여 휴먼에러가 재발되지 않도록 사전조치를 심리적 측면에서 꿰뚫어 볼 수 있는 대안이 마련되어야 하며 안전기술의 전승이 될 수 있는 세심한 검토가 되지 않으면 안된다.

물질의 위험성을 평가하고 근원적인 설비의 안전성이 확보되도록 설계하며 안전심리적 작업지도, 교육을 생활화하는 인성 종합관리 기술이 유기적으로 실현되도록 관리 감독자의 노력이 필요하다. 그러기 위해서는 기본적인 화학공장의 휴먼에러를 방지할 수 있는 기본지침서가 고안되어 현장적용에 안전 노하우가 기업규모에 관계없이 활용될 수 있도록 해야 한다. 이러한 지침서가 되기 위해서는 휴먼에러 발생과정을 충분히 이해, 설득할 수 있는 기초 이론 기반이 확립되어야 하고 많은 사고 사례를 통한 휴먼에러 문제점을 도출하여 분석하고 구체적인 대책이 체계적으로 제시되어야 하며 이를 토대로 반드시 준수하고 실행할 수 있는 방안이 만들어져 실행되어야 한다.

본 연구에서는 조사내용을 토대로 우리나라 화학공장 실정에 맞게 휴먼에러 방지 지침서를 국내 및 선진국 각종 자료를 조사 검토하여 재편성 보완하여 별책으로 만들었다.

2. 소프트웨어 개발 및 적용 방법

휴먼에러의 방지를 위하여 현장에서 쉽게 적용할 수 있는 휴먼에러 분석 프로그램을 개발하였다.

가. S/W 개발 필요성 및 목적

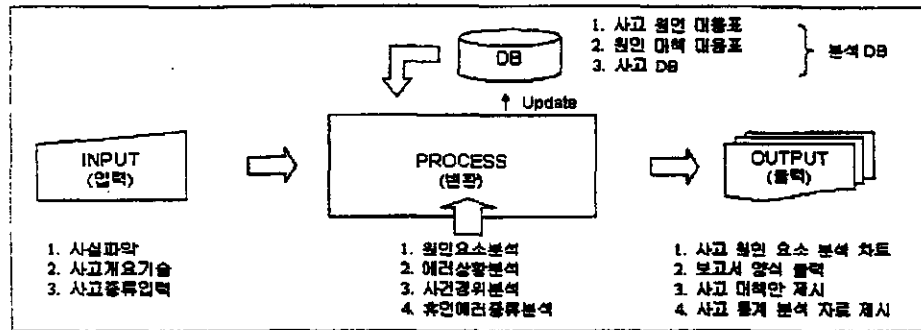
KISCO-HEAS(KISCO-Human Error Analysis System)는 화학공장의 근로자들이 업무수행과정에서 발생되고 있는 인적오류의 전산화를 통해 효율적인 산업재해 및 잠재요인의 분석을 지원하고, 적절한 정보를 담은 분석보고서의 자동 도출을 통해 안전부서의 분석 노력 업무를 경감시키며, 효과적인 근로자들의 인적행위 연구 및 대책안을 구체적으로 수립하여 적극적 안전추진 활동이 가능하도록 분석지원기능을 보유한 전산 프로그램이 필요하다. 시스템은 화학공장의 각종 사례를 D/B화하여 인적행위의 발생추이를 비교할 수 있도록 통계 지원기능을 구현하여 화학공장에 대한 각종 데이터베이스를 구축하고 사고 분석과정에서 활용할 수 있으며, 인간의 작업 환경에 잠재하고 있는 여러 Human Error 가운데 인간의 정보 처리 과정에서 발생할 수 있는 Error를 평가하는 것을 목적으로 한다. 특히, 인간의 정보 불비, 인지확인 미스, 판단 결정 미스, 조작 동작 미스, 조작후 확인 미스 등으로 구성된 정보 처리 과정에서 가장 많은 Error가 점유된 업무에 대해 보다 구체적인 원인과 대책안을 수립해서 인간의 에러로 인한 산업재해 방지와 적극적인 의사결정을 지원할 필요가 있다.

나. S/W 구성 과정

KISCO-HEAS는 크게 입력 과정, 변환(처리) 과정, 출력 과정 등으로 구성되어 있다.

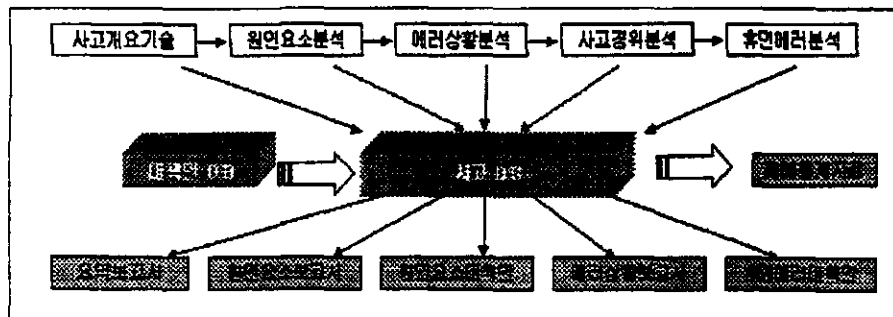
① 입력 과정은 사고(잠재위험 포함)에 대한 기본 요소(사실과악)를 입력하고, 그 사고에 대한 개요를 기술하여 사고 종류의 결과를 입력하는 것으로 나눌 수 있다. ② 변환(처리) 과정은 입력과정에서 입력된 자료와 사고 개요 분석 자료, 원인 요소 분석 자료, 에러 상황 분석 자료, 사고 경위 분석 자료, 휴먼 에러 종류 분석 자료 등을 서로 연결시켜 가장 중요한 원인을 찾아 대책제시 과정이다. ③ 출력 과정은 대책안 제시, 보고서 출력, 통계 자료 출력 등으로 사고에 대한 필요 자료를 출력할 수 있다. 이에 대한

설명은 [그림 4-1]에 잘 나타나 있다.



[그림 4-1] 시스템 개요

그리고 KISCO-HEAS를 통해 Human Error에 관련된 재해를 방지하기 위한 추이를 사고 자료에 대한 통계 분석으로 회사의 재해 경향을 분석할 수 있도록 하여 적극적인 재해예방 추진 활동에 활용토록 한다. 아래 [그림 4-2]은 프로그램에 대한 상세 분석 과정을 나타낸 것이다.



[그림 4-2] 시스템 상세 설계

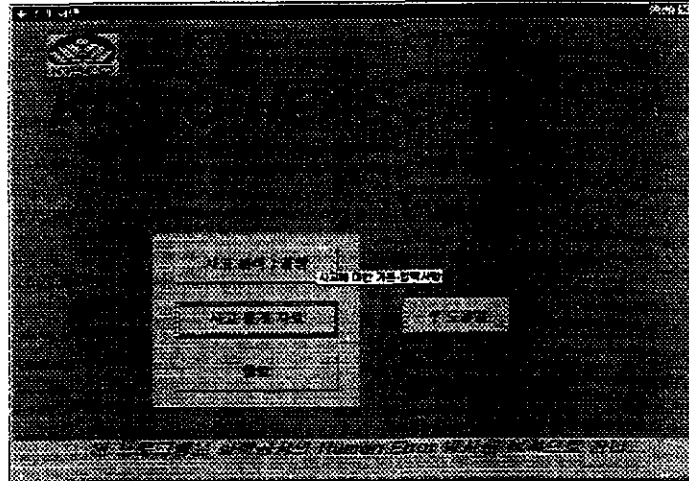
1) KISCO-HEAS의 사용환경

- Windows 95/98
- RAM: 16MB 이상 (32MB 이상 권장)
- Hard Disk: 20MB 이상의 여유공간

2) 초기화면

초기 화면은 아래 [그림 4-3]과 같이 4가지 선택 사항으로 ① 사고 분석/열람, ② 사고 통계 자료, ③ 종료, ④ 도움말 로 구성되어 있다. ① '사고 분석/열람'에서는 사고 등록 대장으로 사고 등록, 사고 삭제, 사고 수정, 사고 열기 등 기본적인 요소와 사고 열기를 통한 사고 상세 분석을 포함하고 있다. 사고 상세 분석에는 사고 개요 기술, 원인 요

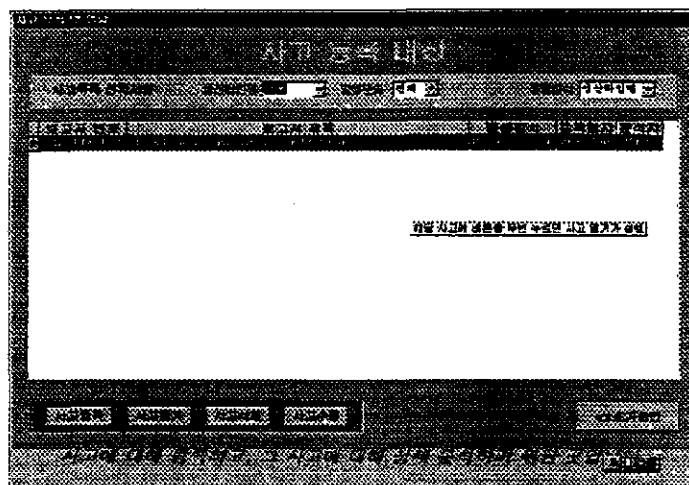
소 분석, 에러 상황 분석, 사고 경위 분석, 휴면 에라 분석 등과 같은 기본적인 사고 원인을 분석하는 것들과 보고서 출력 양식 등으로 구성되어 있다. ② '사고 통계 자료'는 등록된 사고에 대한 통계 분석하여 재해의 경향을 분석할 수 있게 했다. ④ '도움말'에는 기본적으로 시스템에 대한 설명과 사용 방법에 대한 설명을 포함한다



[그림 4-3] 초기 화면 구성 내용

3) 사고 등록 대장

아래 [그림 4-4]과 같이 사고 등록을 할 수 있는 곳이다. 생산라인별, 발생년도별로 사고를 검색 및 정렬할 수 있도록 했으며, 사고에 대한 보고서 번호, 보고서 제목, 발생일시, 등록일자, 분석자 등을 표시하도록 했다. 사고 등록 대장은 사고 등록, 사고 열기, 사고 삭제, 사고 수정을 기본 내용으로 하고 있다.



[그림 4-4] 사고 등록 대장

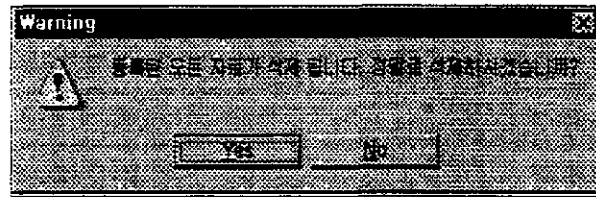
① 사고 등록을 클릭할 경우, 아래 [그림 4-5]와 같이 나타난다. 생산라인명, 기기명, 발생년도, 보고서 제목, 발생일자, 발생시간, 등록일자, 분석자, 책임자를 입력하도록 되어있다. 생산라인명은 회사에 따라 달라지게 되며, 기기명은 화학공장에서 공통적으로 사용하고 있는 기기들을 모두 등록해 놓았다.

[그림 4-5] 사고 등록 화면

② 사고 수정을 클릭할 경우, 이미 등록된 사항들을 그대로 보여주고 수정할 곳을 수정할 수 있도록 했다. [그림 4-6]

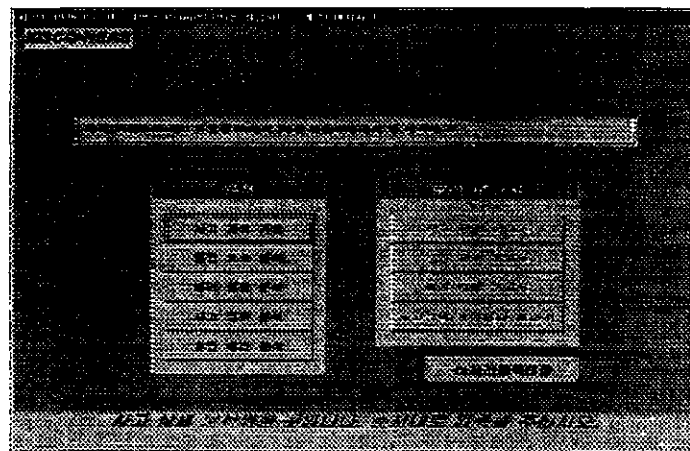
[그림 4-6] 사고 수정 화면

③ 사고 삭제를 클릭할 경우, '정말로 삭제하시겠습니까?'라는 경고 메시지를 보내어 오류를 최소화 하도록 했다. [그림 4-7]



[그림 4-7] 사고 삭제 경고 화면

④ 사고 열기를 클릭할 경우 [그림 4-8]과 같이 사고 상세 분석 메뉴를 보여주게 된다. 선택한 사고에 대한 보고서 번호와 보고서 제목을 보여주어 분석하려는 사고에 대한 기본 자료를 제공한다. 사고 상세 분석 메뉴에는 사고 개요 기술, 원인 요소 분석, 에러 상황 분석, 사고 경위 분석, 휴먼 에러 분석 등 사고를 분석할 수 있는 메뉴와 사고 개요 보고서, 원인 요소 보고서, 에러 상황 보고서, 사고 경위/휴먼에러 보고서 등 보고서 메뉴로 구성되어 있다.



[그림 4-8] 사고 상세 분석

4) 사고 상세 분석

앞서 설명했듯이, 선택된 사고에 대한 구체적인 사항을 입력하는 메뉴창이다.

‘사고 개요 기술’을 클릭할 경우, [그림 4-9]에서 보듯이, 선택한 보고서 번호, 발생일시, 보고서 제목을 확인토록하기 위해 보여주고, 사고 개요와 사고의 결과, 사고 분류, 피해 상황을 기술 하도록 했다. 이미 등록된 사고일 경우에는 아래와 같이 직접 화면으로 그 내용을 확인 할 수 있으며, 바로 수정하여 내용을 저장 할 수 있도록 했다. 상단 오른쪽에 각 진행 과정대로 입력할 수 있도록 ‘이전’과 ‘다음’버튼을 만들었고, 각 메뉴에 대한 ‘도움말’을 제공하고 있다. ‘사고 상세 분석’ 버튼을 클릭할 경우에는 ‘사고 상세. 분

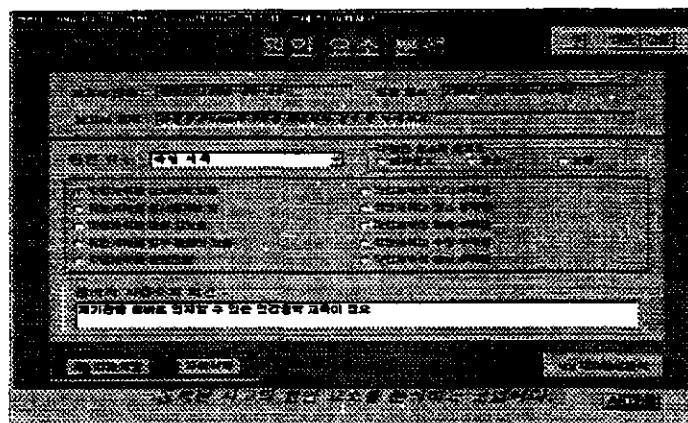
석' 메뉴창을 보여주어 원하는 과정을 직접 클릭하여 들어 갈 수 있도록 했다.



[그림 4-9] 사고 개요 기술 구성 화면

5) 원인 요소 분석

'원인 요소 분석'은 작업자의 작업수행에 영향을 미친 주변환경, 즉 생산 시스템/기기·작업조작/계획·작업환경·관리상에서의 문제점, 개인적인 문제점, 의사전달의 문제점 등을 분석한다. [그림 4-10]은 '원인 요소 분석'에 대한 구성 화면을 보여주고 있다.



[그림 4-10] 원인 요소 분석 화면

[그림 4-10]에서 보듯이 사고에 대한 기본적인 내용을 보여주어 사고 원인 요소를 정확하게 선택할 수 있도록 했으며, 각 원인 요소에 대한 중요도를 '매우 중요', '중요', '보통'으로 구별하여 각 원인에 대해 직접적인 원인과 간접적인 원인을 구별토록 하였다. 또한 '관리자 사정조치 의견'을 넣어 관리자가 그 사고에 대한 대책이나 원인 등을 간단히 기술하여 현장감을 감미하였다. 이렇게 선택된 내용은 '자료 저장' 버튼을 클릭하면 저장이 되고, 다시 처음부터 입력을 원할 경우에는 '자료 삭제' 버튼을 클릭하여 잘못 입

력된 자료를 정확히 입력할 수 있도록 했다.

6) 에러 상황 분석

‘에러 상황 분석’은 사고가 발생하게된 상황을 설문을 통해 조사한 결과를 그대로 입력하는 곳이다. 언제·어디서·무엇·직무범주/경험·교대일정/작업주기·직무관련자료 등에 해당하는 에러 상황 정보를 분석하는 단계로서, 분석 항목에 따라 분석하게 된다. [그림 4-11]은 ‘에러상황분석’에 대한 구성 화면을 나타낸 것이다.

[그림 4-11] 에러 상황 분석 화면

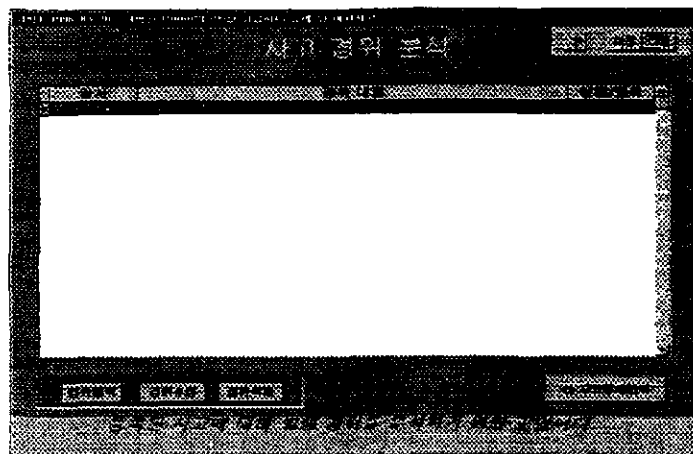
[그림 4-11]에 나타난 것과 같이 이상 감지 여부, 발생한 작업, 발생 작업의 빈도, 발생 단계, 발견자의 직무, 근무 체제, 긴급도, 직무 부하 등 에러가 발생할 수 있는 상황에 대하여 상세하게 선택할 수 있다. ‘에러 상황 입력’ 버튼을 클릭할 경우에 이를 메뉴로 손쉽게 한가지씩 선택할 수 있도록 했다. 이는 [그림 4-12]에 나타내었다.

[그림 4-12] 에러 상황 입력 화면

7) 사고 경위 분석

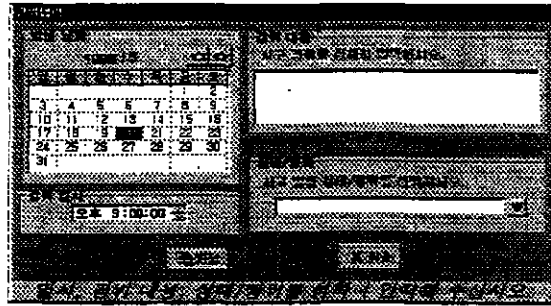
‘사고경위분석’은 사고분석에서 대단히 중요한 위치를 점하는 것으로, 시스템의 상태나 운전원의 행동을 개조식으로 발생일시를 명기하여 순서대로 기술하는 것입니다. 사고경위분석은 후속되는 휴먼 에러의 분류와 사고 및 원인요소 차트와 논리적인 연관관계를 갖도록 구성되어 있으며, 따라서 사고경위를 제대로 구성하면 이후의 분석작업은 상당히 손쉽게 할 수 있다.

각 사고에 대한 상세한 경위를 분석하는 화면이다. 사고 경위 일시, 경위 내용, 상태/행위를 구체적으로 명시하면, 사고의 원인을 도출할 수 있다. [그림 4-13]과 같다.

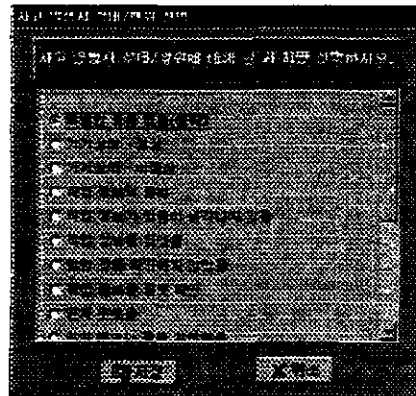


[그림 4-13] 사고 경위 분석 화면

① ‘경위입력’ 버튼을 클릭할 경우, 사고가 발생한 경위를 시간별로 나누어 분석할 수 있도록 했다. [그림 4-14] 참조. ‘경위 입력’은 경위 내용, 상태/행위로 구성되어 있다. ‘경위내용’은 직접 그 시간에 발생한 중요점을 기술하면 된다. ‘상태/행위’에 대한 내용 ‘▼’버튼을 클릭하면 [그림 4-15]에 나타난 입력창에서 사고전 내용에 있어서 작업의 상태/행위를 선택할 수 있도록 나타나며, 이는 상태/행위가 어떤 에러 때문에 발생했는지 에러명이 출력되어 나타나게 된다. 상태/행위는 화학공장에서 발생할 수 있는 여러 가지 재해 중에서 정보를 인지, 판단, 행동으로 이어지는 인간의 정보 처리 과정에서 발생할 수 있는 Human Error가 상당히 크게 나타나는 실정이므로 이를 방지하기 위해 메뉴를 구성하였다.



[그림 4-14] 사고 경위 입력 화면



[그림 4-15] 상태/행위 선택 화면

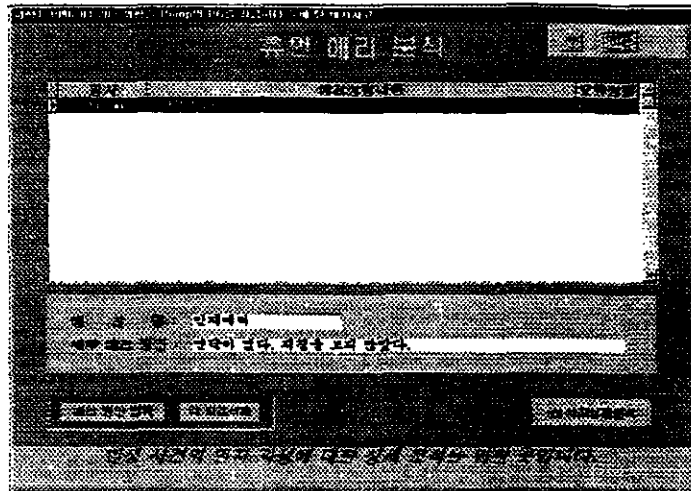
② '경위수정'은 입력과 마찬가지로 과정을 거친다. 단지 이미 입력된 경위가 그래도 내용에 출력되어 수정이 쉽도록 하였다.

③ '경위삭제' 버튼을 클릭할 경우 등록된 사고 경위가 삭제 된다.

8) 휴면 에러 분석

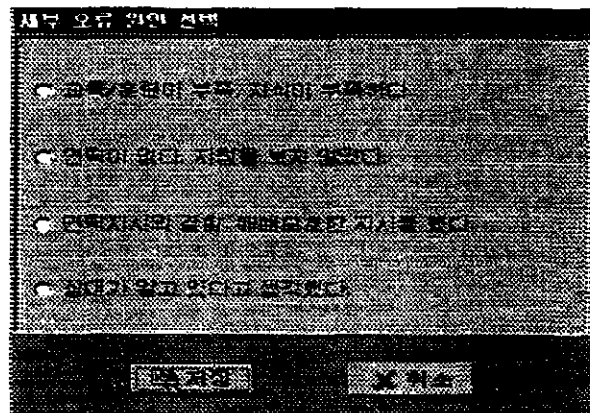
'휴면에러분석'은 사고경위분석 단계에서 파악된 에러가 구체적으로 어떤 내용 때문에 발생했는지를 선택할 수 있도록 했다. 이미 선택된 에러 상태/행위에 따라 선택할 수 있는 에러내용이 나타난다. [그림 4-16]은 '휴면에러분석' 화면으로 '에러원인입력'버튼을 클릭할 경우 [그림 4-17]이 나타나게 된다.

① '휴면 에러 분석'화면에서 '각 자료삭제'버튼은 여러 사고 경위에 따라 다른 에러내용이 입력되기 때문에 잘못 입력된 각 경위별 자료를 삭제하고 다시 정확히 입력할 수 있도록 했다.



[그림 4-16] 휴먼 에러 분석 화면

② [그림 4-17]은 '에러 원인 입력'버튼을 클릭할 경우 나타나는데, 이는 앞 사고 경위에서 입력한 에러 상태/행위에 대한 구체적인 원인을 선택할 수 있도록 했다.



[그림 4-17] 구체적인 휴먼 에러 원인 선택 화면

이상과 같이 순서대로 사고에 대한 내용을 입력 또는 선택하게 되면 그 내용에 따라 구체적인 대책안과 휴먼에러에 대한 개별 대책, 작업관리 대책 등을 출력할 수 있으며, 사고에 대한 사고 개요 보고서, 원인 요소 보고서, 에러 상황 보고서 등도 출력할 수 있다.

9) 보고서 양식

보고서 양식은 '사고 상세 분석' 화면에서 선택할 수 있으며 사고 개요 보고서, 원인 요소 보고서, 에러 상황 보고서, 사고 경위/휴먼에러 보고서 등으로 구성되었다.

① '사고 개요 보고서'는 사고에 대한 보고서 번호, 보고서 제목, 발생 일시, 등록 일자, 분석자, 책임자 등의 기본 사항과 사고 개요에 대한 내용을 중심으로 이루어져 있다. [그림 4-18] 참조. '인쇄'버튼을 클릭할 경우에 프린트로 결과가 출력된다.

사고 개요 보고서		
☞ 사고 발생 개요		
보고서 번호 : 한원1-1998-03-20	발생 일시 : 1998-03-20 21:00	
보고서 제목 : 학원용 Pump의 PG를 취급하다 눈에 쏘아 맞고		
등록 일자 : 1998-12-08	분석자 : 김대성	책임자 : 김두환
☞ 사고 개요 설명 및 결과		
사고 분류 : 니어미스	피해 상황 : 인적	

[그림 4-18] 사고 개요 보고서 양식

② '원인 요소 보고서'는 등록된 사고에 대한 원인과 그에 대한 대책안을 출력할 수 있는 곳이다. '대책' 버튼을 클릭할 경우 원인에 대한 대책안을 상세히 나타낸 화면을 출력할 수 있다. [그림 4-19] 참조

원인 요소 분류	
☞ 관련 상황 문제	
보고서 번호 : 한원1-1998-03-20	발생 일시 : 1998-03-20 21:00
보고서 제목 : 학원용 Pump의 PG를 취급하다 눈에 쏘아 맞고	
☞ 원인 요소	
A 작업 계획 : 작업계획을 실시하지 않음	서 교육 훈련 : 교육 훈련을 실시하지 않음
B 작업 실시 : 작업 실시 방법이 적절치 못함	I 관련 감독 :
C 작업 확인 : 작업을 확인하지 않음	J 작업 조건 :

[그림 4-19] 원인 요소 분류 및 대책 보고서 화면

③ '에러 상황 보고서'는 등록된 사고에 대한 개괄적인 상황을 선택한 내용이 출력되는 곳으로 사고 당시의 작업장 상황을 파악하는데 사용된다. 또한, 본 결과를 통해 통계 분석 자료에 관련 정보들이 출력되게 된다. [그림 4-20] 참조.

④ '사고경위/휴먼에러 보고서'는 사고 경위에 따른 휴먼에러와 그에 대한 대책을 한 눈에 볼수 있는 보고서로 휴먼에러에 대한 전반적인 내용과 정보 처리 과정에서 어떤 휴먼에러가 가장 많이 발생하고 있는지가 선택되어 출력된다. [그림 4-21] 참조

에러 상황 보고서	
에러 상황 개요	
보고서 번호 : 1998-03-20	발생 일시 : 1998-03-20 21:00
보고서 제목 : 시험용 Puro의 PG를 시험하다가 발생한 에러	
에러 상황 설명	
미상 입자 대류 : PHASE	발생 원인 장소 : PHASE
발생한 원인 : PHASE	입력 부하 : PHASE
작업 일시 : PHASE	발생자 소속 : PHASE

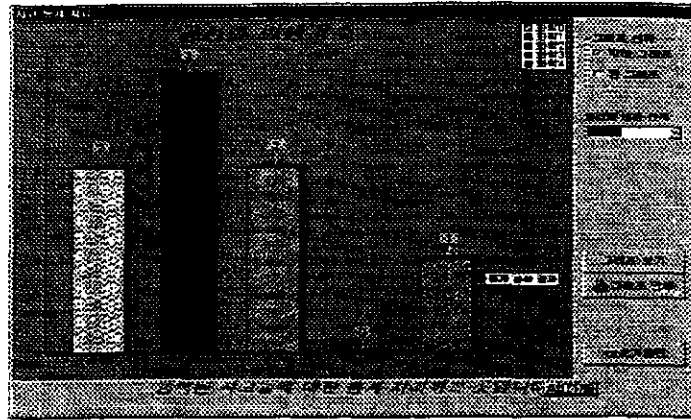
[그림 4-20] 에러 상황 보고서 양식

사고 경위/휴먼에러 보고서	
사고 경위/휴먼에러 개요	
보고서 번호 : 1998-03-20	발생 일시 : 1998-03-20 21:00
보고서 제목 : 시험용 Puro의 PG를 시험하다가 발생한 에러	
사고 경위/휴먼에러 설명	
미상 입자 대류 : PHASE	발생 원인 장소 : PHASE
발생한 원인 : PHASE	입력 부하 : PHASE
작업 일시 : PHASE	발생자 소속 : PHASE
작업 관련 내용 : 1. 작업 목적, 2. 작업 내용, 3. 작업 결과, 4. 작업 방법	
작업 관련 내용 : 1. 작업 목적, 2. 작업 내용, 3. 작업 결과, 4. 작업 방법	
작업 관련 내용 : 1. 작업 목적, 2. 작업 내용, 3. 작업 결과, 4. 작업 방법	
작업 관련 내용 : 1. 작업 목적, 2. 작업 내용, 3. 작업 결과, 4. 작업 방법	

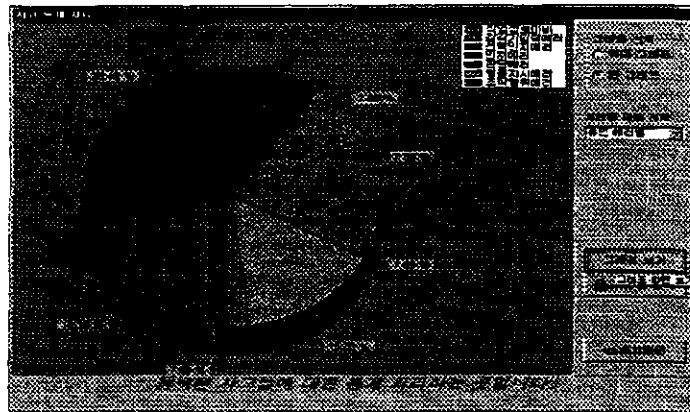
[그림 4-21] 사고 경위/휴먼에러 보고서 양식

10) 통계 자료 분석

'초기 화면'에서 '사고 통계 자료'버튼을 클릭할 경우에 원하는 통계자료를 얻을 수 있다. 예로 [그림 4-22]는 연도별 발생 건수를 나타낸 것이다. 통계 자료 분석은 '사고 등록/열람'에 등록된 사고 전체를 통계 분석하도록 했다. 공정별, 근무 경력별, 연도별, 월별, 사고 유형별, 피해 상황별 등 다양한 결과를 화면 또는 프린트로 결과를 얻을 수 있다. [그림 4-23]은 휴먼에러별 발생건수를 나타낸 것이다.



[그림 4-22] 통계 분석 자료 화면



[그림 4-23] 휴먼에러별 발생전수

3. 현장 적용 기대 효과

휴먼에러 방지를 위한 지침서와 소프트웨어를 개발하여 화학공장에 적용함으로써 다음과 같은 효과가 기대된다.

- ① 대형 폭발, 화재 및 누출사고를 사전에 극감할 수 있는 기반이 구축될 수 있을 것이다.
- ② 휴먼에러 예측 분석으로 안전조업 유지와 생산성 향상으로 국가 산업 발전에 기여할 수 있을 것이다.

③ 휴먼에러 유형을 통계처리함으로써 발생 추이를 알 수 있고 이에 따른 대책을 구체적으로 제시하여 인적 불안전행위를 개선할 수 있으며 반면, 시설의 근원적 안전화에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

④ 사업장의 자율안전활동 추진의 활성화를 적극적으로 유도할 수 있어 산업재해예방에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

⑤ 사고 사례연구의 전문화로 안전기술 축적의 수준을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

제 5 장 결론

본 연구에서 화학공장의 휴먼에러 방지를 위한 실태 조사 심층분석 결과

1) 인간 정보처리 과정의 첫단계인 정보입력에서 인지단계에러가 조작행위 에러보다 3배가 높다. 따라서 인간의 감지기능 향상을 위한 기업의 안전교육훈련, 개발 보급이 우선되어야 하며, 기업자체의 꾸준한 휴먼에러 평가에 따른 인간 행동특성 분석이 선행되고 이에 따른 안전대책이 수립되어 추진되어야 한다.

2) 근로자들의 습관적인 휴먼에러 방지를 위하여 기계, 배관, 계장 등 각종시설의 색체표시의 표준화가 시급히 통일되어야 한다. 노사가 휴먼에러 방지의 신뢰성을 구축하기 위해서는 인간관계 개선의 상호보완적인 인간특성 분석 보완과 휴먼에러 제거를 위한 전사적 참여의지의 확보와 실천력이 본심에러 일어나와 선행되는 풍토조성이 요망된다.

3) 신뢰성 있는 휴먼에러 D/B 구축이 공유화되어야 한다. 각종사고(앗차사고, 증대사고 등) 통계비중이 동등하게 취급되어 작업시작부터 사고 시점까지 구체적으로 시간변화에 따라 에러변환과정을 심층분석할 수 있도록 전문 분석 기술 능력향상이 지속적으로 배양되어야 한다.

4) 휴먼에러 방지를 위한 연구요원의 장기육성 및 기능 활성화 등 정부의 정책적 배려가 강력히 추진되어야 한다. 휴먼에러 방지 전문가 양성 및 자격제도 보완 등 세계추세에 맞게 법적인 재육성 기반 구축이 필요하다.

5) 기업 특성에 맞게 자체 휴먼에러 방지를 위한 지속적인 인간공학적 연구가 자발적으로 이루어져야 한다. 또 산학연 공동연구가 추진되도록 정책적 장려가 되어야 효율적인 산재감소에 크게 기여할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 김두환, 안전관리실무론, 중앙경제사, 1996.
2. 박필수, 산업안전관리론, 중앙경제사, 1996.
3. 김두환, 화학공장의 휴먼에러방지 당면과제, 인지공학회, 1998.
4. 김두환, 기업의 앗차위험 실태분석과 대책방안에 관한 연구, 한일기술사 심포지움 1997.
5. 노동부, 산업재해분석, 1996, 1997.
6. 한국산업안전공단, '98중대사고사례집, 1998.
7. 과학기술처, 인적행위 분석기법 개발, 한국원자력연구소, 1995
8. 安全性検討委員會, パシチ方式 及び プロセスの 安全性, 中災防, 1989.
9. 運轉マニュアルに 關した 報告書, 高壓Gas保安協會, 1985.
10. 誤操作防止에 關한 報告書, 高壓Gas保安協會, 1985.
11. 赤羽刊昭, パシチプロセスと 連續プロセス, 化學工學協會.
12. 黒田勲, ヒュマン・フアターズを 探る, 中災防, 1988.
13. 高壓Gas保安協會, ユンビナート事故事例集, Vol.4, 1991.
14. 内藤勝次, Human Error의 原因과 방지대책, 안전staff자료관(노동신문사), 1995.
15. 古田勝久, 山本重彦, 森亨一 外 1명, プラントの 安全操業と 制御 systemの 信頼性・安全性 計裝 Vol.38 No.9, 1995.
16. 西谷紘一, 藤原健史, 黒岡武後, 北島頼二, 福田罈, プラント運轉制御systemに 對する ユーザビリティテストの 試み, 日本プラント・ヒュマン・フアターズ學會 誌, Vol.1 No.1, 1996.
17. 吉村誠一, 高野謙一, 佐相邦英, 運轉チーム行動モデルと運轉員の思考メカニズムに對する 一提案 計測自動制御學會 論文集 Vol.31 No.10, 1995.
18. 芳賀繁, うっかりミスは なぜ 起きるか, 中災防, 1992.
19. 全日本空輪(株) 総合安全推進委員會事務局, ヒュマン・フアターズへの實踐的 アプローチ, 1993.
20. 井上威恭, Human error에 의한 災害事故 시스템제어 Vol.32 No.3, 1988.

21. 青木通佳, 化学プラントにおける人的要因事故の 分析手順の 試案と安全対策, 安全工学 Vol.21 No.2, 1982.
22. 官野文友, Human error 메카니즘, 日科技連, 1980.
23. 橋本邦衛, 安全人間工学, 中災防, 1988.
24. Hallangel E., Human reliability analysis context and contral, Academic press, 1993.
25. Reason. J., Human error, combridge university press, 1990.
26. D.Mister, Human factor theory & practices, John wiley & sons, 1971.
27. Rasmussen J., Classification system for reporting events involving human malfunction, Risom-2240, 1981.
28. Reason. J., Lapses of atlentin in everyday life, In R, parasuraman & D. R. davies(eds) varieties of attention, Academic press, 1984.
29. Norman D. A., Categorization of actionslip, Psychological Review, Vol.88, 1981.
30. Vicente K.J, Rasmussem J, The ecology of human machine systemII Mediating "Direct perception" in complex work domains, Ecological psychology Vol.2 No.3, 1990.

부 록

여 백

안녕하십니까 ? 우리들은 누구나 업무수행 중에 한번쯤 실수를 경험한 적이 있을 것입니다. 그때의 상황에서 볼 때 '요인' 중에 하나를 먼저 선택하시고, 그 요인에 관계되는 '세부요인' □에 √ 표시하여 주십시오. 인간 오류 방지용 지침서 작성에 참고로 사용코져 하오니 적극 협조 바랍니다.

실수과정	요인	세부요인	
작업정보의 제공	정보의 불비	정보가 주어지지 않았다.	☐
		작업 내용이 명확하게 표시되어 있지 않았다.	☐
		정보 전달 수단에 문제가 있어 이해가 어렵다.	☐
		주변환경에 혼동하기 쉬운 정보가 있다.	☐
감각기에 의한 입력	정보가 생각나지 않음	한 작업에 집중했다.	☐
		특별한 것에 주의를 집중했다.	☐
		감각기능이 저하되어 있다.(귀마개, 노안, 피로 등)	☐
		주의가 지속되지 않음	☐
	정보를 잊었다	예기치 않은 상황에 주의가 집중	☐
선택인지	행한 것을 확인하지 못함	확인할 것이 없다고 생각되었다.	☐
	정보를 잘못 느낌	확인 안해도 좋을 것이라 믿었다.	☐
		착각 또는 표시가 잘못되어 다른 것과 바뀌었다.	☐
		길이, 모양, 계기눈금을 잘못 읽었다.	☐
인지	알지 못했다	교육/훈련이 부족 또는 지식이 부족하다.	☐
		연락이 없거나 지침을 보지 않았다.	☐
		연락지시의 결합이나 애매모호한 지시를 했다.	☐
		상대가 알고 있다고 생각했다.	☐
	잘못 기억했다	교육/훈련이 불명확했다.	☐
		시간이 절박해서 당황했다. 서둘렀다.	☐
		단순해서 기억하지 않았다.	☐
	알고 있으나 생각나지 않음	깜박 잊어 생각나지 않음	☐
		특수한 상황에 필요이상으로 긴장했다.	☐
		신기한 상황에 마음이 끌렸다.	☐
		감각적으로 결정이 잘못되었다.	☐
	판단을 잘못했다	상황 판단을 잘못했다.	☐
		반사적으로 판단했다.	☐
		성공한 유사한 경험에 있다.	☐
판단	판단의 혼란	시간이 절박하여 사태처리에 급급했다.	☐
		시간적 여유가 많았다.	☐
		같은 형태 동작이 단순 반복적이다.	☐
		판단이 어렵다.	☐
		다른 종류의 작업이 끼어들었다.	☐
	순서확인을 잊음	조작 순서가 생각나지 않았다.	☐
	동작이 잘못되었다	잠시 쉬는 것이 가능하다.	☐
		습관적인 동작이 튀어나온다.	☐
		반사적으로 손이 나간다	☐
행동지시	동작이 혼란	동작이 희미해진다.	☐
		힘과 속도가 왕성했다.	☐
		근육피로, 자세피로로 동작이 어렵다.	☐
		외식이 없어서 혼란이 온다.	☐
		질병이 있다.	☐
조작(행위)	조작(행위)의 틀림	표시의 식별이 곤란하다.	☐
		배열이 틀리기 쉽게 되어있다.	☐
		생각이 잘못되었다.	☐
		방향 잘못, 시기 잘못	☐
		손발이 의도대로 따르지 않았다.	☐
	조작 미스	결과를 확인하지 않았다. 할 마음이 없다.	☐

안녕하십니까

본조서는 사고예방을 위한 인간의 실수에 의한 사고 발생요인을 세부적으로 조사하여 우리나라 실정에 알맞는 인적태도와 안전기술 배양을 위한 교육 자료를 제공합니다. 성의있는 답을 제시하여 수준높은 실제 안전기술 발전에 기여할 수 있도록 협조에 주사가 바랍니다.

1. 사업장 개요

1) 사업장의 주업종 : (기계, 가스, 전자, 전기, 화학, 건설, 서비스, 통신, 철강, 석유정제, 섬유, 프라스틱, 운수, 창고 기타)

2) 귀사 소재지 : ()

3) 근로자 수 : 50명 이하 51-100명 101-300명
301-500명 501-1000명 1000명 이상

4) 교대근무 : (있다, 없다) 있다면 ()교대

5) 안전관리부서 : (있다, 없다) 안전부서 인원 (명)

규제완화 후 안전부서 감소 (있다, 없다)

안전관리자 자격 : (안전기사, 건설안전기사, 가스기사, 위험물주임, 전기기사, 기타)

6) PSM은 자체 요원으로 (한다, 외부에 의뢰, 안한다)

2. 사고 관련

1) 사고 건수(미세한 것까지)

년 도	총 건수	설비 단계	운전관리 관계
9 6	건	건	건
9 7	건	건	건
9 8	건	건	건

2) 사고가 발생했을 때 기계설비는 (가동, 수리, 정지) 상태였다.

가동중이었을 때 기계설비 상태는 (정상, 이상이 있었다.)

3) 사고발생 원인중 인간실수는 (지식 경험에 있었다, 규칙순서에 따랐다, 자기습관대로, 기타)

- 4) 이 때 작업상태는 (단조로웠다, 복잡했다, 위험도가 높았다, 속도를 요했다, 빈도가 많았다, 중요도가 높았다, 기타)
- 5) 사고가 발생했을 때 생산설비 상태는 (정상, 진동, 내압이상, 막힘, 고장,유독가스누출, 기타)
- 6) 작업자는 생산설비 상태를 (알고있었다, 몰랐다, 별로 신경쓰지 않았다)
- 7) 작업정보의 연락상태는 (충분했다, 불충분했다, 모르겠다)
- 8) 작업순서는 (정해져있다, 정해지지않았다)
- 9) 사고 원인과 직결된 기준미비 사항이 있다면 (여러 스위치 밸브를 한번에 조작토록 되어있다, 작업중 다른 조작이 가능토록 되어있다, 관계자가 아니어도 조작할 수 있다, 순서가 없다, 스위치 밸브에 상태확인 표시가 없다, 체크리스트가 없다, 기타)
- 10) 스위치 밸브의 상태는 (정상, 접촉만으로 움직인다, 돌리기 힘들다, 반대방향으로 돌리는데 시간이 걸린다, 기타)
- 11) 스위치 밸브의 설치상태 (열림표시 없음, 색 구별 없음, 배치가 나쁨, 여러개가 근접배치, 비슷한 S/W밸브설치, 기능 구분없음, 열화나 고장이 쉽다, 설치장소 부적당, S/W밸브 명칭 없음, S/W밸브 완전고정 안됨, 기타)
- 12) 표찰 부착방법 (모두부착, 중요한 S/W밸브만 부착, 필요한 시기만 부착, 패널과 현장표시 부착, 아무것도 없다, 기타)
- 13) 표찰 기록상태 (기록이 있다, 없다 , 기타)
- 14) 작업자의 어떤 조작에 애러가 발생했는가 (올바르게 조작, 순서바뀜, 조작빠짐, 다른 S/W밸브조작, 조작방향 혼돈, 기타)
- 15) 경계표시는 필요한 거리에서 잘 읽을 수 (있다, 없다)
- 16) 표시방법은 이해하기 (쉽다, 어렵다)
- 17) 계통이 같은 표식은 형태 크기 색상이 지정되어 (있다, 없다)

- 18) 계기판의 배치는 쉽게 알 수 (있다, 없다) 조작은 (쉽다, 어렵다)
- 19) 조명이 계기반에, 계기류는 식별하기 (쉽다, 어렵다, 반사되어 안보인다)
- 20) 경고 표시등은 주의를 요하는 장소에 배치되어 (있다, 없다)
- 21) 계기류는 필요한 데이터를 신속, 정확하게 식별할 수 (있다, 없다)
- 22) 계기류는 식별 오차가 잘못해석된 적이 (있다, 없다)
- 23) 계기류의 고장이 있거나 가동여부는 비상벨 파이롯램프가 (작동된다, 안된다)
- 위험물이 상존하는 장소에 S/W류는 방폭용 (이다, 아니다)
- 24) 압력, 온도, 유량 등은 상,하한 설정값이 명시되어 (있다, 없다)
- 25) 조작기기는 그룹별로 색상을 다르게 배치했다. (예, 아니오)
- 26) 시동정지 긴급 비상보턴은 오작동방지의 구별, 카바시전 장치가 되어 (있다, 없다)
- 27) 조작기기의 작동방향과 계기류 바늘 움직임이 (일치한다, 안한다)
- 28) 계기실내 환기는 잘 (된다, 안된다) 기온, 습도등은 쾌적한 범위에 (있다, 없다)
- 29) 계기실내 신경쓰이는 소음은 (있다, 없다) 조명은 적절한 기준치 (이다, 아니다)
- 30) 작업복은 정전기가 방지 (된다, 안된다)
- 31) 순찰점검 경로가 정해져 (있다, 없다) 출입구 통로 공간에 부딪힐 수 있는 장애물이 (있다, 없다)
- 32) 계단은 필요한 난간이 설치되어 (있다, 없다)
- 33) 차량 등 접촉위험이 있는 설비에 가드레일 보호설비가 (있다, 없다)
- 34) 배관은 전부 또는 부분적으로 색상구분이 (있다, 없다)
- 35) 배관류는 관내 유체명칭과 흐름방향을 명시하고 (있다, 없다)
- 36) 여러개 긴급 알람은 음색변경을 하고 (있다, 없다)

- 37) 정보지시등은 확실한 색상구분이 보이도록 배치되어 (있다, 없다)
- 38) 작업 인수인계는 기록으로 반드시 남기고 (있다, 없다)
- 39) 모든 작업은 감독자 등의 지휘하에 규칙적으로 (행한다, 안한다)
- 40) 비상 연락체계 순서는 모두 알고 (있다, 없다)
- 41) 작업기준 매뉴얼은 알기쉽게 (보관, 부착) 이용이 (된다, 안된다)
일정기간 재검토, 수정이 (된다, 안된다)
- 42) 점검은 체크리스트로 (작업자, 감독자)가 시행하고 상사가 확인
(한다, 안한다)
- 43) 설비사고는 주로 (구조불량, 설계불량, 재질불량, 검사공작 계측, 노화,
외부충격)에 의한다.

2. 인간오조작 방지에 관한 기준, 지침의 검토 및 작성유무
 - 1) 검토되어 작성 (했다, 안했다)
 - 2) 검토중에 (있다, 없다) 운전매뉴얼, 설계기준에 오조작방지 사항이 (있다, 없다)
 - 3) 특정시설에 대해서만 작성 (한다, 안한다)
 - 4) 오조작 기준작성부서는 (제조, 공무, Q.C, 안전, 기타)
3. 오조작에 기인한 맛차사고 처리방법등에 대한 기준이 (있다, 없다)
4. 맛차위험, 잠재위험은 사원에게 알리는가 (예, 아니오)

(예)일 경우 알리는 한계는 (발생부서내, 타부서, 전부서)

알리는 방법은 (구두로, 문서로, 회람으로, 게시판에 게시)
5. 인간에라 오조작에 의한 연간 건수는

(10건이내, 11~20건, 21~30건, 31~40건, 41~50건, 51~100건, 101~200건, 201~300건, 300건이상)
6. 오조작이 일어난 상황은 (작업인지시, 작업판단시, 작업조작시, 기타)
7. 오조작이 일어난 원인은

(지시잘못, 잘못들어서, 잘못느껴서, 몰라서, 무시, 기타)
8. 오조작이 일어났을 때 작업내용 (정상, 비정상, 기타)

오조작이 일어난 때 (수위치기동시, 운전중, 정지, 긴급조치시, 수리시, 기타)
9. 직접 오조작한 설비상의 개소

(수동밸브, 자동밸브, 현장조정밸브, 차단밸브, 누름버튼, 계기실의 계기, 컴퓨터 오조작, 전기스위치, 공구, 보호구류, 콤편, 기계치차, 구동부, 회전부, 기타)
10. 오조작의 요인은 어떤 것이 많은가 (새로운 것, 반복재발, 신규반복 반반)
11. 현장의 오조작 방지대책으로 설비면에 활용되는 것을 써 주십시오

기계시설 : _____

계 기 류 : _____

표시등 중 상태표시등과 경계표시등은 분리되어 있는가 (예, 아니오)

12. 현장에 설치된 상태표시등과 경보표시등의 색채구분은

색 채	상태표시등	경보표시등
적 색		
황 색		
녹 색		
청 색		
백 색		
검정색		

13. 밸브의 표시

- 1) 색채표시는 개폐방향이 명시되어 있는가 (예, 아니오, 모른다)
- 2) 기호, 번호명시는 되어 있는가 (예, 아니오, 기타)
- 3) 핸들을 회전하는 것은 열림과 닫힘의 표시판 색채가 정해져 (있다, 없다, 모른다)
- 4) 일상 개폐금지 밸브는 (안전, 긴급방출)의 시건봉인 금지표찰이 (있다, 없다, 모른다)
- 5) 안전, 긴급등 중요한 밸브는 별도의 색채가 정해져 있는가 (있다, 없다, 모른다)
- 6) 긴급차단밸브등에는 개폐를 표시하는 표시등이 있는가 (있다, 없다, 모른다)

14. 배관상태

- 1) 배관은 유체명칭과 흐름방향이 명시되어 있는가 (있다, 없다, 모른다)
- 2) 배관내 유체에 대한 배관의 색채표시는 (전체, 부분)으로 (있다, 없다, 모른다)
- 3) 이 색채는 야간에도 구별이 (된다, 안된다)

15. 기기 및 계기류

- 1) 기기, 계기의 중요 스위치, 레바는 색별을 하고 (있다, 없다)
- 2) 주요 계기류는 상, 하한 경계표시가 (있다, 없다)
- 3) 기기, 계기류 고장시는 별도로 경보음, 경보등이 (있다, 없다)

16. 색채표시에 따라 인간 오조작방지의 기대치는

(100~80%, 80~60%, 60~40%, 40%이하)

17. 오조작이 많이 일어나는 시간대

(08~10시, 10~12시, 12~14시, 14~16시, 16~18시, 18~20시, 20~22시, 22~24시, 24~02시, 02~04시, 04~06시, 06~08시)

18. 오조작자의 연령

(18~20세, 21~30세, 31~40세, 41~50세, 51~60세)

그 작업의 종사년수 (1년미만, 1~3년미만, 4~10년미만, 10년이상)

19. 밸브 개폐표찰, 밸브조작, 스위치 로크장치의 구체적 실례를 써 주십시오.

20. 운전조건 변경등의 작업지시는 어떤 방법으로 합니까?

(구두, 문서) 및 (전체, 일부, 안함)

21. 교대근무

1) 교대인수인계 인원단위는 (조반장간, 담당자간, 전원)

2) 인수인계에 요하는 시간 (10분이내, 11~15분, 15~30분, 30분이상)

3) 인수인계 내용항목은 명확히 설정되어 있는가 (예, 아니오)

4) 인수인계 중요사항은 현장확인을 하고 있는가 (예, 아니오)

5) 비정상작업 (점검, 수리, 시험등)을 인수할 경우 기준을 규정하고 있는가
(예, 아니오)

6) 직·반장 작업지시보고는 작업전에 미팅을 (한다, 안한다)

그 미팅시간은 (15분이하, 15~30분, 30분이상)

7) 작업전 미팅은 그날 작업계획 담당자를 명확하게 하고 있는가(예, 아니오)

8) 실제 작업이 끝날 때 감독자에게 보고하는 것이 의무로 되어 있는가(예, 아니오)

9) 공동작업에는 지휘자를 필히 정하고 있는가 (예, 아니오)

10) 작업도중 담당자가 바뀔 경우 기준을 명확히 하는가 (예, 아니오)

11) 작업후에 미팅을 하고 있는가 (예, 아니오)

22. 작업점검

1) 작업자의 현장점검은 의무적인가 (예, 아니오)

2) 매일 작업항목에 대한 점검목표를 정하고 있는가 (예, 아니오)

3) 이음, 냄새, 변색, 진동, 소음 등이 발생시 보고하는가 (예, 아니오)

4) 건강이상시는 직접 보고하는가 (예, 아니오)

5) 오조작 예방활동을 행하고 있는가 (예, 아니오)

6) 중요한 작업조작을 시킬 담당자를 특별히 정하는가 (예, 아니오)

7) 같은 형태의 반응기, 밸브, 스위치가 다수 있는 경우, 오조작방지는 어떻게 하고 있는가, 실예를 기입하시오.

8) 1인 작업에 대한 오조작방지 체크는 어떻게 하고 있는가

23. 안전보건교육

1) 신입사원이 배치전 OJT 안전교육을 (한다, 안한다)

 행할 경우 그 내용은 (안전상 주의, 사원마음가짐, 교대근무시 방법)

 또한 오조작방지 교육을 (실시한다, 안한다)

2) 평균 안전교육시간 (1일이하, 2~3일, 3일~1주, 2~4주, 1개월이상)

3) 타직장에서 전환배치된 사원은 (공정상 안전, 오조작발생요인 대책, 오조작사례, 기타) 교육을 실시 (한다, 안한다)

24. 오조작방지를 위한 활동으로 (지적확인, 복창, 이중체크, 상호주의, 체크리스트 확인, 작업순서 진행과정 확인, 게시판 활용, 알림이용, 기타)

25. 지휘명령을 철저히 하기 위해서 채택하고 있는 것은

(프랜트별 방송, 개인별 무선설비, 전화, 작업도서, 업무협조전, 기타)

26. 작업표준(SOP)은 필요시 작업자가 쉽게 찾아볼 수 있는 위치인가 (예, 아니오)

27. 주기적으로 개정 제정시 관계작업자 참여시스템이 되어 있는가 (예, 아니오)

28. 오조작 트러블발생시 요인평가 체크양식이 (있다, 없다)

29. 오조작방지 대책을 세운 매뉴얼이 있는가 (있다. 없다)

30. 컴퓨터를 이용한 Plant시설이 있는가 (있다. 없다)

31. Plant에 컴퓨터를 이용한 배경은

(성력화, 생산량증가, 품질향사, 안전강화, 인간오조작방지, 테이터처리, 기타)

32. 구체적인 컴퓨터 이용복적으로 배려된 항목의 우선순위는

- 1) 운전관리치의 경보와 최적제어화 ()
- 2) 운전조작순서의 자동화 체크기능 ()
- 3) 복잡한 수작업을 하지않기 위한 주목적 ()
- 4) 공정상 계장시스템의 충분한 관리 ()
- 5) 오조작에 기인한 트러블등 발생위험확률이 높은 것의 본질안전화로 컴퓨터화 ()
- 6) 위험장소와의 차단화 관리 ()

♣ 감사합니다 ♣

화학공장 등의 Human Error 분석에 관한 연구

(안전분야-연구자료 안전연 99-28-98)

발 행 일 : 1999. 5.

발 행 인 : 원 장 정 호 근

연구수행자 : 수석연구원 김 두 환

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전보건연구원

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032) 5100-860
