

Human Error에 의한 첩단장비의 사고 분석 연구

- The Accident Analyze of a Pointed-End Equipment for Human Error -

윤 용 구 *

Yoon Yong Gu

박 범 **

Park Peom

Abstract

The Study lay Emphasised on to Investigate Human Related Causes of a Pointed End Equipment Accident and the Basic data for Analyzing Human-Error Prevention Program.

Peter Son's Model of Human-Error Accident Causation and Cooper's Model of Safety Culture Were Applied to Analyze the Severe Cause of a Pointed End Equipment for Last 5 Years.

Through to Analyzing the Cause of Equipment Accident of Human-Error, Expert's Opinion and Experience Theory Method was Reflected.

The Analyses Showed What the Immature and Inexperient Error Were Major Causes of a Pointed and Equipment Accident.

The Cause of Human-Error was Found with Respect to Human, Tasks, Acknowledge, Organization.

Keyword : Human-Error, Safety Accident, Pointed-end Equipment

* 아주대학교 산업공학과

** 아주대학교 산업정보시스템공학부

1. 서론

1.1 연구의 필요성과 목적

첨단장비라고 하면 정밀산업 중에 반도체에 관계된 설비라고 정의하고 보면 반도체의 발전과정은 진공관->트랜지스터->집적회로의 변천과정을 가져오면서 특히 1904년 영국의 과학자 존 앰브로우스 플라밍의 2극관을 발명으로 시작해서 1947년 미국 벨 연구소의 쇼클리, 바딘, 블래틴 거쳐 트랜지스터시대 1958년 미국의 TI社의 잭 켈비에 의해 집적회로가 발명되면서 집적회로를 만들기 위한 첨단 설비의 적용은 향상되었고 전 세계적으로 반도체의 첨단장비의 생산적용은 끊임없이 집적도에 따라 발전되고 있으며, 첨단장비의 운용, 작동 및 가동에 필요한 인적요인들에 대한 사고가 발생되고 있는 것으로 알려져 있다[1]. 이로 인해 여러 분야 즉 첨단장비 운용에 대한 인적 요인에 대한 관심이 대두되고 있으며 인식의 필요성도 높아지고 있다.

이러한 인적요인의 연구 방법을 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 그 하나는 사전적 접근방법으로써 인적요인에 의한 사고 발생 이론을 개발하고, 이러한 이론을 바탕으로 인간, 환경 기계의 한계점을 예측, 평가하고, 그 한계를 극복하려는 것이며 다른 하나는 사후 접근 방법으로 과거에 발생한 사고나 사건으로부터 교훈을 얻는 것으로서 객관적이고, 과학적인 사고 조사를 통해 나온 결과를 반영하는 것이다[2].

사고 조사를 통해 시스템의 오류를 확인시키고 이로 인해 시스템의 오류를 근간으로 분석/대책을 세워 유효하게 함으로써 피드백을 구체화하고 Human-Error를 최소화하고 제거함으로써 사고의 재해를 사전예방 할 수가 있다.

본 연구에서는 기존에 발생하였던 첨단장비의 사고 분석 자료를 Peterson의 인과모델[3]과 Cooper의 안전문화 Model[4]을 적용하여 분석하였으며 이것을 근간으로 Human-Error 예방 Program 개발에 필요한 기초 자료를 제공함을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법 분석

국내의 반도체 생산 Line이 가동된 지 20년이 되어가지만, 공정운영에 적용되는 첨단 설비의 유형은 여러 형태와 작동 방법이 다르고, 국내 몇 개 안되는 첨단 공장 설비의 Human-Error의 Data는 더더욱 Data-Base 된 것이 없어 국내 첨단 설비의 과반 수 이상을 운영하고 있는 OO 회사를 근간으로 최근 5년간의 Human-Error를 중점적으로 분석하였다.

가급적 Data를 기존의 사고 보고서에 Human-Error 중심으로 원안대로 처리하였고, 사실 자료를 근간으로 해당 분야 Expert 들이 모여 Brain-Storming을 통해 2개의 Model (Peterson:인과모델, Cooper: 안전문화모델)을 적용하여 사고의 원인과 분석을 통하여 인적요인의 원인들을 추출하였다.

2. 이론적인 배경

2.1. Peterson의 인과모델

Dan Peterson 이 주장한 인과모델은 3단계로 구분하였는데 이것은 사고가 날 때까지의 연결고리를 설명하고 있다.

상해와 Loss로 이어지는 사고는 Human-Error에 의해 발생하는데, 이러한 인적 실수는 과부하, 인간공학적 미비점 : 함정 (Trap), 실수에 대한 결정으로 1차적 원인으로 적용한다.

여기서 과부하는 인간의 능력과 불일치하는 것으로 페럴 모델(Ferrell-Model)과 유사하고 인간공학적 미비점은 인간이 처한 환경이 인간공학적으로 고려가 되어 있지 않아서 발생하는 것 (함정)이며, 실수에 대한 결정 (의사결정 Error)을 하는 것으로 다시 정신적 능력, 무의식, 낮은 지각, 작업장 설계 및 2차적 원인으로 작용한다[5].

이 모델은 불안정한 행동의 이유에 대한 종류별로 분류하고, 원인에 대한 구체적인 확인과 관리자의 불안정한 행동의 경향성을 감소시킬 수 있는 항목들을 제공한다.

본 연구에서는 사고 통계 분석에서는 파악할 수 없는 인적요인의 세부적 요인들을 구체화하여 적용하여 분석하였다.

2.2 Cooper의 안전문화 모델

Cooper가 주관한 안전문화 모델은 조직의 안전관리시스템, 안전풍토(지각과 태도), 그리고 일상의 목표 지향적 행동 간에 상호적 관계가 있음을 나타내고 있다. 상호적 안전문화 모델은 각 구성원 간의 많은 관계가 여러 상이한 조직체에서 경험적 사실로 검증되고 있고, 안전문화를 여러 상이한 조직풍토 수준에서 다양하고 의미 있게 검토해 볼 수 있다.

또한 여러 부서 간에 안전문화의 비교가 가능하며 이러한 결과는 벤치마킹의 도구로도 유용하게 사용된다.

3. 인적요인에 대한 첨단장비 사고 분석

교육 요소기술과 설비 가동에 대한 인증 자격에도 불구하고 Human-Error가 발생하는 관점에서 보면 Engineer의 초급단계보다 3~5년이 경과하는 중급자가 더 발생하고 있으며, 설비 Maint 및 설비 기본 동작에 필요한 부분에서 인적사고가 발생하고 있어 문제해결을 위해서는 체계적인 분석이 필요하고 이를 위해서 본 연구에서는 Peterson의 인과모델과 Cooper의 안전문화 모델을 통해 체계적인 분석을 실시하여 해결방안을 모색하였다.

3.1 첨단 설비에 대한 분석 결과

완전 자동화되어진 시스템이라 할지라도 작동, 관리, 유지보수 및 검사하는 데에 필요한 사람이 있기 마련이다. 이 사람들이 의사결정을 하고 장비 및 다른 사람들과 상호작용을 하는데 여기에서 Human-Error가 때로는 자칫 중대하지 않게 생각되지 않을 수 있는 경우가 발생한다. 그러나 잘못된 상황에서 어떤 과실은 결정적인 시스템 결함을 야기하기도 하므로 Human-Error는 첨단장비의 설비의 의존성보다 사람의 의존성 못지않다[6].

3.2 Peterson의 인과 모델에 의한 분석절차 및 결과

최근 5년 동안 인적문제로 인한 사고 내역을 Data-Base화하여 원인 및 형태별로 사고사례를 열거하고, 5W1H 및 4M을 근간으로 사고의 문제/분석/대책을 통하여 관련된 인적문제를 분석하였다. 이때 사고의 1차적인 과부하, 인간공학적 미비점(합정), 실수에 대한 결정을 먼저 분석을 실시하였고, 이어서 2차적인 원인에 대한 정신적 능력, 무의식, 낮은 지각 및 작업장 설계 Monitor 계기와 Operation의 Control-Box 같은 중앙장치의 양립성에 대해서 분석하였다[7],[8],[9],[10],[11].

분석 결과는 1차적 요소에 대하여 세부적인 원인요소를 각각 기준을 정하고, 각 사고의 원인과 관련된 요소가 무엇인지 연관성 정도를 < 표 1 >의 분석기준에 따라 추론하고 이에 따른 분석 내용은 < 표 2 >와 같다.

2차적인 원인에 대하여 세부적인 원인요소를 각각 기준을 정하고 각 사고의 원인과 관련된 요소가 무엇인지를 연관성 정도를 < 표 3 >의 분석기준에 따라 추론하고 이에 따른 분석 내용< 표 4 >와 같다.

< 표 1 > 1차 원인에 대한 분석기준

관련정도	접수
관련이 아주 많다	2
관련이 조금 있다	1
관련이 없다	0

< 표 2 > 1차적 원인요소별 분석

구분	계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
과부하 (36%)	49	1	2	1	0	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1
인간공학 (합정) (23.5%)	32	0	1	2	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	2	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2
실수에 대한결정 (40.5)	55	2	1	1	2	2	2	0	2	2	1	2	0	2	2	2	1	2	2	2	2	1	0	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2

< 표 3 > 2차 원인에 대한 분석기준

관련정도	접수
관련이 있다	1
관련이 없다	0

< 표 4 > 2차적 원인요소별 분석

구분	계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
정신적 능력	35 (38.8%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
부의식	1 (1.1%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
낮은지각	28 (31.1%)	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	
작업장 설계	15 (16.7%)	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1
중앙장치 양립성	11 (12.2%)	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0

3.3 Cooper의 안전문화 모델에 의한 분석

거시적인 사건과 사고 발생과 미시적인 이상발생은 전체 체계에서 각 요소들과의 연관성과 복합성으로 인한 작용으로 Peterson의 인과모델로서는 원인과 관련 요인들을 구체적하거나 판별하기 어려웠다. 그로인해 Cooper의 안전문화 모델을 통해 사고가 발생하게 된 원인을 좀 더 구체적으로 분석하였다. 분석 절차는 다음과 같다.

최근 5년 동안 발생했던 Human-Error에 의한 사고를 각 사례별로 사고의 원인, 결과, 현황, 분석, 진행, 대책 등을 상세히 공유하고, 안전문화 Model의 각 차원의 하위 세부요인별로 기준을 설정하였다.

특히 안전풍토의 「사람」 관점에서 보면 「인지의 관점」은 문제처리의 위험도/중요도/심각도에 대한 인식 및 자/타사의 안전사고에 대한 공유 및 적용성, 「직무에 대한 역할」은 각 사고사례에 대한 업무역할에 대한 충분하고 합당한 정의 및 숙지한 정도, 작업에 대한 난이 Stress, 사고 당사자 및 협력자에 대한 난이도에 대한 분석 및 시간에 대한 Stress가 기준이 있다.

이렇게 각 세부요소에 대한 기준을 설정하고, 그 요소에 대한 환경안전 STAFF 인원이 안전문화와 사고의 배경원인을 도출하였다. 배경원인은 환경안전 Staff의 Brain-Storming으로 합리적 방법으로 도출하였다.

< 표 5 >는 안전문화 모델의 사람, 작업, 조직을 상황별로 요소별로 추정해서 중요한 자들을 선별하여 반복성/중요성 관련 요소들을 도출하여 정리한 것이다.

< 표 5 > 안전문화 모델 분석표

안전분위기 차원	행동-기초 접근 차원	안전관리 시스템 차원
■사람 - 과정보다는 결과중시 - 상황별 중요성/심각성 위험성의 인식 저하 - 역할분담에 대한 직무 기술이 거시적 - 담당자에게만 환경안전 일반적 업무일임 - 시간에 대한 강박관념	■사람 - 체계적인 업무처리보다 경험위주의 업무 - 안전의식의 부족 - 차별화된 업무공유로 일체화가 안된 행동화 - 역할분담의 Loss Point 다수 - 직무에 대한 Level 결여	■사람 - 조직목표와 개인목표의 불일치 - Time-Management 부족 - 표준의 실행보다 입안이 많음 - 체계적 능력 향상보다 일시적 능력 향상
■작업 - 작업절차에 대한 안전 Map이 미비 - 시간에 대한 작업제약을 많이 받음 - 고정적, 기계적 작업패턴 - 시간에 대한 신속성 강조 - 상위하달 위주의 의사 소통	■작업 - Shift간에 정보공유 부족 - 복합 조건 및 상황 대비 미비 - 다기능, 고기술에 대한 작업 패턴의 환경변화 부적응 - Shift간 팀장의 의사결정 상이 - 신속성 위주의 업무 처리 (서두름)	■작업 - System 개선보다 단발성 위주의 업무 치중 - 표준/지침/규정 절차의 개연성(안전<생산관점) - 업무의 안전평가가 실적 위주 치중 - 업무에 따른 절차상 문제 (불합리) - 안전평가 Tool 미비 - 경험위주의 일반적 안전 평가
■조직 - 의사결정에 대한 경직성 - 위험요소의 Close-Maind 대두 - 안전담당자 역할 현장 경험 위주로 업무 운영 - 외형적 성과위주 - 감성지수 반영 곤란	■조직 - 편중되어 있는 안전Mind - 자발적인 안전대책보다 지시형 업무처리 - 과정보다는 결과중시 (눈에 보이는 일에 치중) - 현장 안전의 VOC에 대한 처리의식 미비	■조직 - 안전평가에 대한 Program 미흡 - 안전훈련 체험장, 실습장 적극 활용 미비 - 의사소통의 책임/한계 권한 모호 - 기본절차의 행동화 교육 체계 미비 - 목표와 안전의 분리

4. 결론 및 향후 연구

첨단장비의 사고분석을 근거로 Peterson의 인과 모델과 Cooper의 안전문화 모델을 적용하여 인적요인인 Human-Error에 의한 사고의 원인 및 배경 원인을 도출하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 통계 분석 결과 인적요인에 의한 Human-Error의 사고는 지속적으로 발생하였으며, 특히 직무습득 및 표준절차에 대한 작업, 착각 및 설비 및 부대설비의 조작 실수 등의 요소로 인해 사고가 발생되고 있는 것으로 분석되었다.
- 2) Peterson의 인과 모델을 적용한 대부분의 결과가 인적요인에 의한 Human-Error로서 실수에 대한 결정, 과부하, 인간공학적(합정)순으로 나타났고, 특히 전체 사고 중 비중이 큰 40.5%는 실수에 대한 의사 결정으로 발생하였다. 이러한 결과는 작업/업무의 명확한 숙지 및 시간에 관련된 산업이라 신속한 조치가 요구되고, 각 개인의 다수의 업무의 능력에 관련된 것으로 처리량이 많이 있기 때문인 것으로 분석된다.
- 3) Cooper 안전문화 모델을 적용하여 분석한 결과 안전 분위기 차원에서는 각 구성원들이 위험에 대한 심각성, 중요성, 위험도의 인식이 낮고, 시간에 대한 강박관념으로 작업절차에 대한 준수가 잘 이행이 안 되었으며 의사결정에 대한 각자의 기준이 달랐고, 위험요소에 대한 Close-Mind가 대두되었다. 행동-기초 접근차원에서는 체계적인 업무처리보다 경험위주의 처리가 많고, 직무에 대한 명확한 Define이 안되었으며 자발적인 업무처리보다 지시형 처리로 작업 Pattern이 이루어지고 있어 문제점으로 드러났다. 또한 안전관리 시스템차원에서는 조직목표와 개인목표의 불일치, 업무의 안전평가가 실적위주로 운영되고, 구성원의 교육체계 미비, 안전작업 절차상의 불합리가 전반적으로 형성하고 있어 안전을 위한 다방면의 체계적이고 과학적인 접근이 이루어지지 못하였다. 따라서 위험평가에 대한 운영, 관리, 인증 및 작업자에 대한 표준절차가 각 작업성마다 안전 Map으로 구체적이지 못한 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시한 Peterson의 인과모델과 Cooper의 안전문화 모델을 적용한 인적 요소에 대한 분석은 사고에 기인하는 Human-Error의 Classification된 원인을 규명할 수는 있었으나 분석 단계에서 관련분야 전문가(Expert) 집단의 Brain-Storming을 수반해야하며 구성된 전문가들의 전문성에 의존한 의견에 의해 다른 해석이 도출될 수 있는 한계가 있었다. 향후 보다 보편적이고 일반화된 해석이 가능하도록 분석 단계에서 시스템 안전 기법과 연계한 FTA(Fault Tree Analysis System)를 도입하여 재해 요인을 도시화하여 규명하고 안전 대책에 관한 이론적 검증 방안을 모색할 예정이다.

5. 참 고 문 헌

- [1] "반도체 기술입문", 삼성전자(주). 2004
- [2] 장성록, 황지태, 배동철, "인적 오류에 의한 항공사고 분석", 부경대학교 논문집, Vol. 6, pp. 307
- [3] Peterson, D, Safety-Management, "A Human-Approach (2nd Edition)", Aloray Inc., pp. 9~18, 1988
- [4] Cooper, D, "Improving Safety Culture", A Practical Guide, John Wiley & Sons,

- pp. 20~24, 1998
- [5] 권영국, "개정판 산업안전공학", 형설출판사, pp. 133, 1998
- [6] S Whalley-Lloyd, "Reducing the Impact of Human-Error", the Safety & Health Practitioner, PP 21, 1998
- [7] 1994년 환경안전 사고사례집, 1999
- [8] 2000년 환경안전 사고사례집, 2000
- [9] 2001년 환경안전 사고사례집, 2001
- [10] 2002년 환경안전 사고사례집, 2002
- [11] 2003년 환경안전 사고사례집, 2003

저 자 소 개

윤 용 구 : 아주대학교에서 공학 석사 학위를 취득하고(2002), 현재 아주대학교 산업공학과 박사과정에 재학 중이다. 삼성전자(반도체) System LSI 환경안전부에 재직 중이며 주요 관심분야는 산업안전, HCL, 감성공학 등이다.

박 범 : 아주대학교 산업공학과를 졸업하고 미국 Ohio Univ. 산업공학 석사, Iowa State Univ.에서 산업공학 박사학위를 취득하였고, 한국 전자통신 연구소에서 Human-machine Interface 업무에 선임 연구원('93-'95)을 역임하였으며, 현재 아주대학교 산업공학과 부교수로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 인간공학, 감성공학, HCI, 설비안전이다.