

안전공학 강의노트

1998

한양대학교 산업공학과

박지수

제1장 안전관리

1. 안전관리의 개요

·안전관리(safety management) : 사전적 정의인 “안전은 상해, 손실, 감원, 위해 또는 위험에 노출되는 것으로부터의 자유” 라고 설명되어져 있으며, “안전은 그와 같은 자유를 위한 보관, 보호 또는 가드(guard)와 안전보호장치(lock system) 등 질병의 예방에 필요한 기술 또는 지식” 이라고 기술되어 있다

생산성의 향상과 재해로부터의 손실을 최소화하기 위하여 행사는 것으로 재해의 원인 및 경과와 규명과 재해방지에 필요한 과학과 기술에 관한 계통적인 지식체계의 관리나 비능률적인 요소인 재해가 발생하지 않는 상태를 유지하기 위한 활동, 즉 재해로부터 인간의 생명과 재산을 보호하기 위한 계획적이고 체계적인 제반활동

·안전의 어원 : 우리들이 안전이라고 하는 말을 사용할 때 그 의미는 보통으로는 상처 즉 상해가 없는 것을 가리키고 있다. 그러나 안전의 의미를 정확하고도 간결하게 표현하는 것은 쉽지 않다. 안전이라는 말 자체는 넓은 개념을 가지고 있고, 예를 들면 안전 보장이라고 하는 경우의 안전은 안전 관리의 경우의 그것과는 의미가 다르다는 것을 알고 있는 것이다.

「安」의 어원은 집안에 여자가 있다는 의미이며 안녕 정숙인 것, 즉 편안하고 조용하다는 뜻이다. 「奎」이란 사람과 왕이 합쳐진 글자에서 왕은 구슬 玉의 본자, 즉 수중에 지닌 보석을 의미하고, 순수한 완전무결인 것을 말한다. 따라서 「안전」이란 안정되며 위험하지 않는 상태를 말할 뿐만 아니라 그것이 완전한 상태에 달해 있고, 재차 부족한 일이 없는 상태를 말하는 것이다.

1.1 안전공학의 정의

자기자신의 생명과 건강을 안전하게 유지하기 위하여 자기를 방어하는 것은 인간의 기본적인 욕구에 기초한다. 광의의 산업안전의 의미로는 인간생활의 복지향상을 위하여 산업을 통해 직접 또는 간접적으로 어떤 형태의 생존권 침해도 받지 않는 상태를 말하며, 적극적 안전이라고 볼 수 있으며, 협의의 산업안전으로는 산업을 통한 재난으로부터의 보호를 말한다. 즉, 사고의 결과인 재해로부터 인명과 재산을 보호하는 것을 의미하며 소극적 안전이라고 볼 수 있다.

※ 안전 : 위험(risk or danger)으로부터 상대적으로 얼마나 멀리 떨어져 있느냐 하는 것을 측정하는 것.

① 안전(安全)의 동양적 해석

안전이란 동양적 의미는 安이 宇+女로서 여자가 집에 있다는 뜻으로 정서적인 안정을 뜻하며, 奎은 八+王으로 나라의 위계 질서를 상징하는 왕이 궁궐에 앉아 위엄을 갖추고 있는 상태로서 질서가 유지되는 것을 뜻한다.

② 안전(SAFETY)의 서양적 해석

안전이란 서양적 의미로는 SAFETY에 나타난 단어의 앞글자를 각각 따서 다음과 같이 해석한다.

- S : Supervise (관리감독, 관찰)
- A : Attitude (태도기술)
- F : Fact (현상파악)
- E : Evaluation (평가분석 및 대책수립)
- T : Training (반복훈련)
- Y : You are the Owner (주인의식 철저)

위의 두가지 해석에 의하면, 안전이란 불안전 상태 및 행동을 6개소(S.A.F.E.T.Y.)를 통해 사고가 없는, 마음이 평온하고 몸을 온전한 상태로 만드는 것을 의미한다.

③ 안전의 사전적 정의

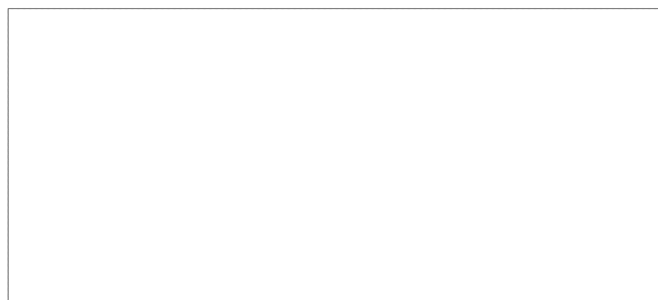
- 안전이란 위험하지 않은 것
- 마음이 편안하고 몸이 온전한 상태

④ 하바드 대학의 로렌스 교수

- 안전이란 허용 한도를 초과하지 않은 것으로 판단된 위험성
- 위험이란 허용 한도를 초과한다고 판단된 것에 의한 사고발생

⑤ 레브라스카 대학의 스미스 교수

- 안전이란 그 사람의 마음의 상태



⑥ 산업발달로 인하여 산업제일주의가 만연됨에 따라 인간을 생산에 필요한 도구로 생각하는 풍토가 생기게 되어 필연적으로 파생되는 산업재해는 점점 증가하게 되었다. 산업안전이란 이러한 산업재해의 제거수단으로 전개된 안전운동을 말한다.

안전공학이란 안전을 공학적 즉, 과학적인 방법으로 체계적으로 연구하는 것이라 할 수 있다. 쉽게 말하면, 사고를 없애는 것이라 할 수 있다.

1964년부터 1995년까지 32년간 총재해자수는 292만명, 이중 산업재해 사망자수는 4만 2천명, 직업병자수는 3만명으로 집계, 1년 평균 9만명의 재해자와 1천 3백명의 사망자가 산업현장에서 발생. 1995년 현재 전국 산업현장에서 하루 평균 260명(사망 9명)의 재해가 발생.

⑦ 산업재해의 정의

- 넓은 의미의 산업재해(Industrial Accidents) : 노동과정(근무) 중의 사고로 인한 재해 외에 대기오염 등의 공해나 교통재해를 포함
- 산업안전보건법 : 근로자가 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환되는 것
- 근로기준법 : ‘업무상 부상 또는 질병’에 있어서의 산업재해는 사고로 인해 발생하는 경우만을 규정(직업병은 별도로 취급)
- H. W. Heinrich : 물체, 물질, 사람 또는 복사의 작용 또는 반작용으로 인하여, 사람에게 상해를 초래하거나 초래할 가능성이 있는 계획되지 않고 제어되지 않는 사상

1) 안전공학의 역사

① 유럽에서의 안전공학

- 1700년 이태리 Padua대학 교수인 라미찌니가 세계최초로 “공무원 및 직장인의 질병(41종)”을 출판하여 직업병의 증상과 예방책에 논함.
- 1867년 민간 안전협회인 무르즈 재해예방협회가 프랑스의 알사스 주 무르즈에서 창립됨.
- 1885년 독일의 비스마르크 수상에의해 근로자 보상법규가 이루어짐.
- 1903년 유럽의 대부분의 유럽국가들이 근로자 보상법규 채택
- 1889년 파리에서 제1회 국제 산업재해 예방회의 개최
- 1916년 런던에서 안전제일협의회 창설

② 미국에서의 안전공학

- 1800년대 초부터 산업혁명에 이르는 동안 가내 수공업 생산에서 기계공업 생산으로 변천
- 1892년 일리노이주 철강회사인 졸레트공장에서의 비행기바퀴 폭발사고로 인하여 안전프로그램이 만들어짐.
- 1906년 밀워키 제강공장에서 안전제일운동 시작
- 1911년 연방근로자를 위한 근로자보상법규 적용 1948년 미시시피주를 마지막으로 모든 주가 법규 채택
- 1912년 미국립안전협회(National Safety Council; NSC) 창립
- 1970년 “직업안전 및 건강협회(OSHA Law)의 대법규가 통과되고 미국 국립 직업안전 및 건강기관(National Institute of Safety and Health; NIOSH) 창립

③ 한국에서의 안전공학

- 1468년 세조 13년 예조계장빙사목에 의하면 겨울철 벌빙작업에서 작업도중 사고가 자주 발생하자 큰 동아줄을 작업장에 종횡으로 매어놓고 작업을 하게 하였다는 기록이 있음.
- 1952년 육군본부 인사참모부내 자재과에 안전계를 두어 육군의 안전업무를 시작한

것이 안국안전관리의 효시가 됨.

- 1965년 내무부 치안국 교통과에 교통안전 전담부서를 두고 대통령령 제2280호로 교통안전위원회를 설치하고 노무청 노정국내 산업안전계를 둠.
- 1973년 대한산업안전협회 발족
- 1981년 노동부에 산업안전과를 두고 1981년 산업안전 보건법 시행

2) 관련제도 및 법

- ① 산업안전보건법(1981)
- ② 노동기준과 무역조건의 연계(BR; Blue Round)
- ③ 국제안전인증제(ISO 18000 : International Organization for Standardization)

※ 산업안전관리론

- ① 안전관리론
- ② 산업심리론
- ③ 인간공학 및 시스템안전공학
- ④ 직업안전기술
 - ㉠ 기계위험방지기술
 - ㉡ 전기위험방지기술
 - ㉢ 화학설비위험방지기술
 - ㉣ 건설안전기술

3) 안전공학의 특징

- ① 안전공학은 신규분야를 가지는 공학
- ② 안전공학은 인도주의에 바탕한다.
- ③ 안전공학은 소극적이지만 산업능률의 향상에 기초를 제공한다.

4) 산업에 관련하여 발생하는 재해의 종류

- ① 노동재해 또는 폭발에 의한 재해
- ② 공업중독 및 직업성 질병
- ③ 화재 또는 폭발에 의한 재해
- ④ 파괴 또는 붕괴에 의한 재해
- ⑤ 환경오염 또는 산업공해

1.2 안전공학의 목적

1) 안전공학의 목적

- ① 인간존중(안전제일이념)
- ② 사회복지(경제성 향상)
- ③ 생산성 향상 및 품질향상(안전태도 개선과 안전동기 부여)
- ④ 기업의 경제적 손실예방(재해로 인한 재산 및 인적 손실예방)

2) 안전공학의 목표

① 인명존중의 실현

- 인간의 생명을 무엇보다 귀중하게 여김
- 인명존중의 인도적 신념을 실현함

② 경영의 합리화

안전관리는 산업재해를 예방함으로써 산업재해로 야기되는 생산손실을 사전에 막아 주므로써 경영합리화를 도모함

③ 사회적 신뢰성 확보

재해가 많이 발생하는 기업체는 그 기업이 만든 상품의 이미지까지도 실추되므로 산업재해 예방을 통해 사회적 신뢰성을 유지하고 확보하여야 한다.

3) 안전관리의 대상

① Man(인적인 요소)

- 상호인간관계와 지시, 명령 및 연락체계에 영향을 미치는 요소

② Machine(기계설비적인 요소)

- 기계설비, 방호장치, 통로, 수공구, 운반기기 등 인간공학적인 요소

③ Media(작업방법적 요소)

- 인간과 기계설비간의 상호매개 역할을 하는 것으로 작업정보, 작업방법, 작업환경 등

④ Management(관리적 요소)

- 안전법규·기준 작성 및 정비, 안전관리조직, 교육훈련, 지휘·감독 등의 관리체제에 임하는 것으로 작업정보, 작업방법, 작업환경 등

4) 안전의 확보를 통한 기대효과

① 생산성향상

② 작업의욕 고취

③ 이익증대

5) 안전의 3원칙

- ① 점검정비의 철저화 - 작업의 목적에 가장 적합한 기계, 기구, 공구를 올바른 작업 순서에 따라 작업할 수 있도록 점검
- ② 정리정돈의 생활화 - 불필요한 것은 제거시키고 취급하기 쉽게 일정한 장소에 정리
- ③ 생산작업의 표준화 - 생산작업의 요소단위를 충분히 검토하여 유효적절하게 작업 진행을 하여 안전조건을 습관화

1.3 안전과 기업경영

경영이란 경영의 3요소인 자본(money), 기술(engineering), 인간(human)으로 구성되어 생산을 둘러싼 위험(risk)을 제거하고 이익을 확보하는 기술이다. 따라서 경영자는 ‘안전을 생산에 우선시켜야 한다.’ 라고 하는 안전관리의 기본 이념에 대한 확고한 인식이 있어야 하며 안전 우선이라는 것은 동시에 생산성 향상과 연결되며 품질개선에도 바람직한 영향을 미치게 하는 것이다.

경영의 3요소가 합리적으로 운용되기 위해서는 안전의 3요소인 교육(education), 기술(engineering), 독려(enforcement)의 요소가 뒷받침되어야만 원하는 안전경영이 이루어지는데 교육을 통해서 시정 방법을 선정하고 기술적인 요소로 기계, 장비 및 시설을 철저히 이행하도록 강요해야 한다.

안전과 경영의 조화는 함께 공존하는 것이며 상호 대치 관계의 균형이 유지될 때 경영적 부가가치는 보장되고 증대되는 것이다.

1) 안전관리의 효과

- ① 근로자의 사기진작
- ② 생산율 향상
- ③ 신뢰성 유지 및 확보
- ④ 비용절감
- ⑤ 이윤증대

2) 기업의 안전과 생산관계

- ① 안전은 생산성 향상의 기본이다.
- ② 안전은 인간관계를 향상시킨다.
- ③ 안전은 생산목표 달성의 척도가 된다.
- ④ 안전은 불필요한 경비지출을 제거시킴으로써 경비절감의 근원이 된다.

1.4 생산성과 산업안전

1) 안전생산작업의 추진단계

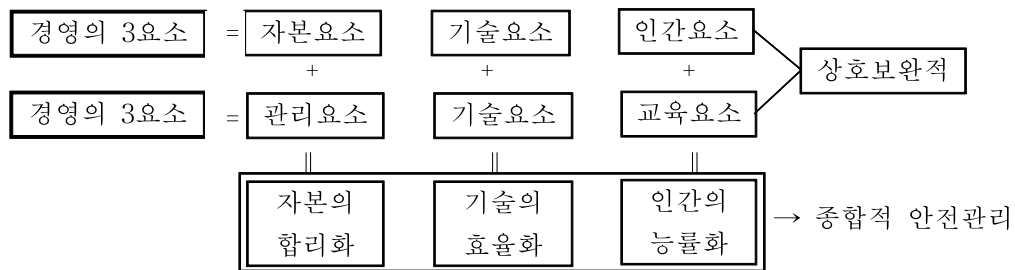
- ① 기초단계 : 안전보건 기초확립
- ② 1 단계 : 안전기반 조성
- ③ 2 단계 : 안전보건 확보
- ④ 3 단계 : 안전실현

2) 경영의 기능 - 계획, 조직, 조화, 지도, 제어

3) 경영의 3요소 - 자본(money), 기술(engineering), 인간(man)

안전의 3요소 - 교육(education), 기술(engineering), 관리(management)

상호보완적 요소 - 손실억제, 위험제거, 능력극대화



4) 경영합리화

재해예방비용이 적으면 최적안전도는 적어져 위험에 따른 재해비용이 커지게 된다. 반대로 위험에 따른 재해비용을 적게하면 재해예방비가 커지므로 이에 대한 적정치가 유지되므로 경영합리화가 이루어질 수 있다.

재해예방비용 + 재해비용 = T(전 코스트)라 하면,

$$T1 = A + B1 \dots\dots\dots \text{적정치}$$

$$T2 = A + B2 \dots\dots\dots \text{적정치}$$

여기에서 재해비용 = 재해손실, 손해배상 비용

재해예방비용 = 작업개선비, 설계제작비, 계획연구비 등

5) 경영자의 안전정책

- ① 잠재적 손실의 파악
- ② 회사의 목표에 미치는 영향의 측정
- ③ 원인을 제거하기 위한 최선의 방법선택
- ④ 필요한 제어조치의 보완

6) 위험경영관리

위험경영관리란 노출된 손실(loss exposure) 즉, 작업손실의 파악 및 분석을 하고, 가능한 위험경영의 측정수단을 평가하며, 선택된 측정방법을 보완해 나가는 것을 말한다. 위험경영관리의 목적은 “조절되지 않은 손실의 우연성에서 기업의 재정구조에 주는 심각한 영향을 예방하는 것”이다. 궁극적으로 전체소득을 늘리면서 비용을 줄여 이익(이익 = 소득 - 비용)을 크게 하는 것이다.

제2장 안전관리체제 및 운영

1. 재해방지의 원칙

1.1 재해의 정의

- 1) 사고의 정의 : 사고란 생산활동에 지장을 초래하는 비계획적이고 관리되지 못한 사건으로 인적재해, 물적손실 및 환경적 손실 등을 포함한다. 또한 사고는 원하지 않는 스트레스(Stress)를 넘어 스트레인(Strain)된 사상(Evntent)이다.

- ① 사고는 원하지 않는 사상(事象 : Undesired Event)
- ② 사고는 비효율적인 사상
- ③ 사고는 변형된 사상(Strained Event)

2) 안전사고와 재해의 정의

- ① 안전사고(Accident) : 고의성 없는 어떤 불안정한 행동이나 조건이 선행되어 작업능률을 저하시키며 직접 또는 간접적으로 인명이나 손실을 가져올 수 있는 사건
- ② 재해(Loss, Calamity) : 안전사고의 결과로 일어난 인명피해 및 재산손실, IL0(국제노동기구)에서는 사람이 물질 또는 그 작업방법 등에 의해서 상해를 입는 것.
- ③ 산업재해(Industrial Losses) : 사전적으로는 통제를 벗어난 에너지(Energy)의 광란으로 인하여 입은 인명과 재산의 피해 현상을 말하고, 법에서 정의하는 산업재해란 “근로자가 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업, 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환되는 것”을 의미한다.
- ④ 중대재해(Major Injury) : 중대재해란 “산업재해 중 사망 등 재해의 정도가 심한 것”으로서 다음과 같은 재해를 말한다.
 - 사망자가 1인 이상 발생한 재해
 - 3월 이상의 요양을 요하는 부상자가 동시에 2인 이상 발생한 재해
 - 부상자 또는 직업성 질병자가 동시에 10인 이상 발생한 재해
- ⑤ 자연재해 : “지진 등 천재지변에 의해 발생하는 재해”로서 조기에 예견하여 그 피해를 최소화시키는 대책을 수립해야 한다.
- ⑥ 인위재해 : 원칙적으로 예방가능한 재해이며 전체재해의 97%를 점유한 재해로 산업 종류별로 공장재해, 광산재해, 교통재해, 항공재해, 선박재해 등이 있다

3) 사고(Accident)와 상해(injury)

- ① 상해 : 인명 피해만을 초래하였을 경우
- ② 사고 또는 손실 : 인명 피해 없이 물적 피해만을 수반할 경우
- ③ Near Accident : 인적이나 물적으로 일체의 피해가 없는 사고

1.2 사고와 재해의 종류

1) 물적사고와 인적사고

① 물적사고

- 물건의 낙하, 토사의 붕괴, 구조물의 붕괴, 차량의 탈선, 용기의 파열, 로프의 절단, 파편, 위험물질이나 유해물질의 누출, 압력용기로부터의 내용물의 분출, 가열장치의 과열, 플랜트의 폭발, 위험물질의 착화, 전기기기의 누전, 동력원의 정전, 기타

② 인적사고

- 전도, 추락, 충돌, 협착, 격돌, 압중, 감전, 중독, 질식, 기타

2) 자연적 재해와 인위적 재해

① 자연적 재해

- 지진, 태풍, 홍수, 번개, 이상기온, 가뭄, 적설, 동결 등

② 인위적 재해

- 공장 재해, 광산 재해, 교통 재해, 항공 재해, 선박 재해(해난), 도시 화재, 도시 공해, 가정 재해, 공공 재해(군중 재해) 등

3) 에너지 형태의 차이점에 의한 분류

- ① 화학적 위험 - 가연성 가스 및 인화성 증기의 화재·폭발
- ② 물리적 위험 - 자외선, 방사선, 소음, 진동에 의한 재해
- ③ 기계적 위험 - 프레스·전단기에 의한 절단, 협착재해
- ④ 전기적 위험 - 감전, 누전 등
- ⑤ 기타 중량물 운반, 추락 등

4) 재해 발생원인에 의한 재해

- ① 동력운전재해
- ② 특수위험재해
- ③ 비상시재해
- ④ 기타 원인 재해
- ⑤ 공해

2. 안전관리조직

2.1 안전관리의 기본조직

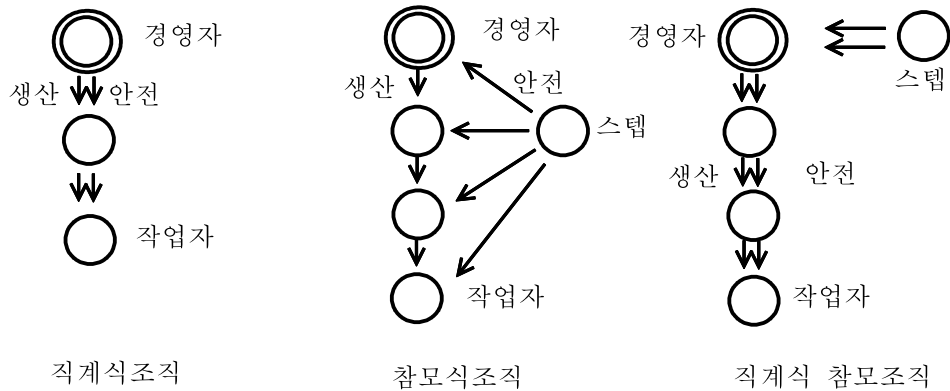
- 1) 조직의 목적 : 기업의 안전을 근본적으로 확보하고 책임 있는 안전관리활동을 전개 하여 조직적인 사고예방활동의 추진으로 모든 위험요소의 제거와 기술수준 향상 및 재해를 예방하고 감소시켜 단위당 예방비용의 절감을 목적으로 한다.

2) 조직의 의무

- ① 정부의 의무
- ② 사업주의 의무
- ③ 근로자의 의무
- ④ 안전책임자의 의무
- ⑤ 안전관리자의 의무
- ⑥ 산업안전보건위원회

3) 안전관리 조직의 구비조건

- ① 회사의 특성과 규모에 맞게 조직하여야 한다.
- ② 조직의 기능이 충분히 발휘되도록 체계를 갖추어야 한다.
- ③ 조직을 구성하는 관리자의 책임과 권한을 명확히 해야 한다.
- ④ 생산라인과 밀착된 조직이어야 한다.



4) 직계식조직(Line system)

- ① 비교적 규모가 작은 100명 내외의 소기업 생산체제에서 적용하는 방식
- ② 안전관리요원을 따로 두지 않는다.
- ③ 안전에 대한 지시가 생산 라인과 함께 병행되므로 지시나 조치가 철저하고 실시효과가 빠르게 나타난다.
- ④ 명령과 보고가 상하 관계 뿐이므로 간단 명료하다
- ⑤ 예산절약의 장점을 가지고 있으나 안전에 대한 정보가 빈약하여 안전업무가 다소 빈약할 수 있고 라인에 과중한 책임이 지워짐

5) 참모식조직(Staff system)

- ① 비교적 규모가 큰 기업(100명 ~ 500명 미만)에서 적용하는 방식
- ② 안전활동을 전담하는 부서를 두고 안전관리자가 업무를 추진하기 때문에 조직적으로 안전관리를 할 수 있다.
- ③ 안전전문 기술이나 정보의 축적이 가능하고 안전관리 계획수립, 재해조사, 점검 등 기획이 용이하다.
- ④ 생산조직과 안전관자가 간에 협력을 얻기 힘든 단점을 가지고 있으며 생산현장에

지시 및 적용이 쉽지 않고 통제수속이 복잡하다

6) 직계식 참모조직(Line staff system)

- ① 복합형으로 1,000명 이상 등 대규모에 적합하다
- ② 직계식과 참모식의 장점만을 골라 절충한 방식으로 안전스텝은 기획, 조사, 연구를 행하고, 라인은 관할 관리감독자에게 책임과 권한을 부여한다.
- ③ 안전관리자가 생산부의 지휘계통에 따라 시행하게 하는 관리방법
- ④ 전체 근로자가 자율적으로 안전업무에 직접 참여할 수 있다
- ⑤ 라인과 스태프간에 월권 또는 상호 의견충돌이 생길 수 있는 단점이 있다.

7) 안전위원회

- ① 안전전문가와 현장근로자 및 경영자측이 위원회를 구성하여 적극적인 사고 방지계획의 수립과 시행한다
- ② 정기적인 주기를 두고 안전위원회가 개최되기도 하지만 특별한 상황이 발생했을 때, 최고경영자의 요청에 따라서 개최되기도 한다.

8) 안전관리 조직체계별 책임과 업무 내용

- ① 경영자 - 쾌적하고 안전한 작업환경을 조성하고, 안전한 기계설비를 작업자에게 공급할 총체적인 책임을 진다.
- ② 관리감독자 - 경영자의 방침을 실현하고 책임과 권한을 위임받아 관할 작업자에 대한 안전과 보건에 대한 책임을 진다.
- ③ 작업자 - 관리감독자의 지시 및 명령을 받아 스스로 안전하게 작업을 행할 책임이 있다.

9) 안전관리 업무 내용

- ① 경영자
 - 안전조직 편성
 - 안전한 기계설비 및 환경유지
 - 안전 예산의 책정
 - 기본방침 및 안전시책의 시달
- ② 안전·보건관리자
 - 보호구 및 방호장치 적격품 선정
 - 재해발생 원인조사, 대책수립
 - 교육계획 수립 및 실시
 - 규정위반한 근로자에 대한 조치 건의
 - 순회 점검·지도 및 조치의 건의
- ③ 관리감독자
 - 안전작업방법 교육
 - 부서 안전회의 주재
 - 작업감독 및 지시
 - 재해발생시 보고 및 응급조치

- 부서 안전점검
- 안전스텝에 협조, 조언

10) 안전관리 책임자를 두어야 할 사업

- ① 상시근로자 100인 이상의 사업장
- ② 상시근로자 100인 미만의 사업장중 10억원 이상인 공사를 시행하는 건설업
- ③ 상시근로자 50인 이상 100인 미만을 사용하는 별도의 사업
 - ㉠ 기타 광업 중 토사석 채취업
 - ㉡ 목재 및 나무제품 제조업
 - ㉢ 화합물·석유·석탄·도구 및 플라스틱제품 제조업
 - ㉣ 비금속광물제품 제조업
 - ㉤ 제1차 금속산업
 - ㉥ 조립금속제품 기계 및 장비제조업

11) 안전관리 목표설정

- ① 최근 재해동향과 동종업종의 재해율을 고려 달성가능한 수치보다 약간 상회해서 설정함
 - 예)·재해율 기준 : 전년도 대비 30% 감소
 - 강도율 기준 : 전년도 대비 40% 감소
- ② 정성적 목표치도 함께 부여하여 과정에 대한 평가
 - 예) 교육목표 대비, 앓차사고 개선 등

제3장 재해조사 및 통계분석

1. 산업재해의 원인

1.1 재해발생의 기본요인

1) 인적 요인(Man Factor)

- ① 심리적 원인 : 망각, 고민, 집착, 억측판단, 착오, 생략행위
- ② 생리적 원인 : 피로, 숙면부족, 신체기능 저하, 음주, 고령
- ③ 직장적 원인 : 직장의 인간관계, 리더쉽 부족, 팀웍결여, 대화부족

2) 설비적 요인(Machine Factor)

- ① 기계설비의 설계상 결함(안전개념 미흡)
- ② 표준화 미흡
- ③ 방호장치의 불량(인간공학적 배려 부족)
- ④ 정비·점검 미흡

3) 작업적 요인(Media Factor)

- ① 작업정보의 부적절
- ② 작업자세, 작업동작의 결함, 작업방법의 부적절
- ③ 작업공간 부족, 작업환경 부적합

4) 관리적 요인(Management Factor)

- ① 관리조직의 결함
- ② 교육훈련 부족
- ③ 규정, 매뉴얼 비치, 불철저
- ④ 부하에 대한 지도·감독 결여
- ⑤ 적성배치 불충분, 건강관리의 불량

1.2 관리적 원인

1) 기술적 원인

- ① 건물, 기계 장치 등의 설계불량
- ② 구조재료가 적합하지 못함
- ③ 생산방법이 적당하지 못함
- ④ 점검, 정비, 보존 불량

2) 교육적 원인

- ① 안전지식 부족
- ② 안전수칙을 잘못 알고 있음

- ③ 경험, 훈련 등 미숙
- ④ 유해하고 위험한 작업에 대한 교육이 충분하지 못함

3) 작업관리상 원인

- ① 안전관리 조직이 잘 되어 있지 않음
- ② 안전수칙이 제정되어 있지 않음
- ③ 작업준비가 충분하지 못함
- ④ 인원배치가 적당하지 못함
- ⑤ 작업지시가 적당하지 못함

1.3 직접원인

1) 불안정한 행동(인적 요인)

- ① 위험장소 접근(추락, 전도, 압력, 매몰, 폐쇄물, 위험물 취급장소 접근)
- ② 안전장치의 기능제거
- ③ 복장보호구의 잘못 사용(미착용, 용도착오, 착용의 잘못)
- ④ 기계·기구의 잘못 사용
- ⑤ 운전중인 기계장치의 손질(주유, 수리, 점검, 용접, 청소)
- ⑥ 불안정한 속도조작(과속, 저속, 불필요한 조작)
- ⑦ 위험물취급 부주의(화기, 가연물, 폭발물, 압력용기, 중량물 등의 취급시 안전조치 미비)
- ⑧ 불안정한 상태방치(기계장치 운전중의 방치와 불안정한 상태의 방치, 정리, 정돈의 불량)
- ⑨ 불안정한 자세와 동작
- ⑩ 그 밖의 원인

2) 불안정한 상태(물적 요인)

- ① 물질자체의 결함(조잡, 불량, 거칠음, 뾰족함, 미끄러움 등)
- ② 안전방호장치 결함(미비, 부적당)
- ③ 보호구의 결함(성능미달, 미비, 불결)
- ④ 배치 및 작업장소 결함(배열의 잘못, 공간부족, 통로협소)
- ⑤ 작업환경의 결함(부적당한 조명, 온도, 습기, 배기, 과도한 소음)
- ⑥ 생산공정의 결함
- ⑦ 경계표시, 설비의 결함
- ⑧ 그 밖의 원인

1.4 가해물질에 의한 원인

1) 동력기계

- ① 원동기(전동기, 발전기, 증기기관, 터빈, 내연기관, 수차)
- ② 동력전달장치(회전축, 벨트, 풀리, 기어)
- ③ 목재가공용 기계

- ④ 건설용 기계(트랙터, 향타기, 굴진기, 포장기, 제설기)
- ⑤ 일반동력기계(선반, 연삭반, 프레스, 해머, 원심기계, 혼합기, 분쇄기, 로울러기)
- ⑥ 그 밖의 동력기계

2) 운반기계

- ① 동력 크레인(크레인, 엘리베이터, 리프트, 곤돌라, 원치)
- ② 동력 운반기계(트럭, 포크리프트 트럭, 궤도장치, 컨베이어)
- ③ 승용차량(승용차, 버스, 철도차량)
- ④ 그 밖의 운반기계

3) 그 밖의 장치

- ① 압력용기(보일러, 가열기, 반응기, 증발기, 압축공기)
- ② 화학설비
- ③ 용접장치(가스용접 및 아크 용접장치, 기타 용접장치)
- ④ 노(전기로, 고로, 평로, 전열로, 용선로)
- ⑤ 전기설비(송·배전선, 전력설비)
- ⑥ 용구(사다리, 고리걸이 용구, 로프, 바이스)
- ⑦ 인력기계공수(인력 크레인, 인력운반기, 수공구)
- ⑧ 그 밖의 장치(냉동설비, 집진장치 등)

4) 가설건축 구조물

비계, 지보공, 개구부, 지붕, 작업상 통로, 건축물, 구조물 등

5) 물질(재료)

- ① 위험·유해물(폭발성 물질, 인화성 물질, 가연성 가스유해물, 방사선)
- ② 재료(금속재료, 목재, 축재 등)

6) 적재물

컨테이너 상자, 포장물, 드럼통 등 운반용기

7) 환경

지반, 암석, 입목, 물, 고운, 정온, 이상환경 등

8) 그 밖의 원인

- ① 그 밖의 가해물질 : 병균이나 세균
- ② 가해물질이 없는 경우
- ③ 분류불능

1.5 재해발생형태

1) 단순자극형에 의한 재해발생 - 불안정한 행동만으로 사고가 발생한 경우

재 해	
--------	--

2) 연쇄형에 의한 재해발생 - 하나의 원인이 기초가 되어 다른 원인을 유발하거나 자극함으로서 연쇄반응으로 재해가 발생하는 경우 또는 여러 가지 원인이 상호작용을 하는 경우

재 해	
--------	--

3) 복합형에 의한 재해발생 - 많은 위험요소가 서로 얽혀서 재해를 발생시키는 경우. 즉 불안정한 행동과 불안정한 상태가 함께 작용해서 발생하는 재해

재 해	
--------	--

4) 재해발생의 흐름도

--

--

1.6 불안전한 행동

1) 불안전한 행동의 4원인

- ① 부적당한 태도
- ② 지식의 결여 또는 미숙련
- ③ 신체적인 부적합
- ④ 부적당한 물리적인 환경

2) 불안전한 행동의 대책

- ① 개인적 치료법
- ② 훈련, 지시, 설득과 호소
- ③ 개인의 조정
- ④ 기술개선

2. 산업재해예방대책

1.1 재해방지의 4원칙

1) 예방가능의 원칙 : 재해는 원칙적으로 근원적인 원인만 제거하면 모두 예방이 가능하다.

2) 손실우연의 원칙 : 재해손실은 사고발생시 대상 조건에 따라 달라지므로 사고의 결과로서 생긴 재해손실은 우연에 의해 결정된다. 따라서 재해방지의 대상은 우연에 의해 좌우되는 재해손실 방지 보다는 사고 발생 자체의 방지에 힘써야 한다.

안전관리 조건 - ①작업조건, ②기상조건, ③환경조건, ④생산조건, ⑤운영요건

3) 원인연계의 원칙 : 모든 재해는 필연적인 원인에 의해서 발생한다. 즉 사고와 손실과의 관계는 우연적이지만 원인과의 관계는 필연적인 계기가 있다.

- ① 기술적 요인
- ② 교육적 원인
- ③ 신체적 원인
- ④ 정신적 원인
- ⑤ 관리적 원인

4) 대책선정의 원칙 : 가장 적절한 예방대책의 선정은, 이들 원인을 정확히 분석함으로써 얻어진다.

· 하아리(Harry J.H.)의 3E 시정방향

- ① 기술적 대책 : 기술적 원인 제거(Engineering)
- ② 교육적 대책 : 교육적 원인 제거(Education)

③ 관리적 대책 : 관리적 원인 제거(Enforcement)

- 적절한 기준설정
- 엄격한 규칙준수
- 전사원의 기준이해
- 경영자·관리자의 솔선수범
- 부단한 동기부여와 사기진작

7) 하인리히 사고예방대책 5단계(기본원리)

① 1단계 : 안전관리 조직

- 안전관리 조직과 책임부여
- 안전관리 규정 작성 제정 및 시행철저
- 매년 안전관리 계획을 수립 시행

② 2단계 : 현상파악(사실의 발견)

- 각종 재해통계 및 사례 등 자료를 수집
- 안전점검 및 진단을 실시하고 그 결과를 토의 분석하여 위험작업·공정 확인
- 정밀검사 및 진단을 통해 정확한 현상파악

③ 3단계 : 분석평가

- 재해를 정확히 조사·분석하고 진단결과를 평가
- 재해의 직접원인과 간접원인을 규명

④ 4단계 : 시정책의 선정(대책선정)

- 기술적인 개선안
- 교육훈련 등 교육적인 개선안
- 관리제도적 측면의 개선안 등 효과적인 개선방안을 선정

⑤ 5단계 : 시정책의 적용

- 시정책에 대한 목표를 설정
- 3E에 대한 대책을 철저히 실시
- 그 결과를 재평가하며 개선된 목표와 시정책을 적용

3. 산업재해통계

3.1 산업재해통계의 목적

재해통계에 의해 재해요인의 분포를 파악하고 그것에 근거해 대상집단의 경향과 특성 등을 수량적·총괄적으로 해명할 수 있다. 그와 같은 정보를 통해서 효과적인 대책을 강구함으로써 동종재해 및 유사재해의 재발을 방지할 수 있다.

1) 산업재해통계의 고려사항

- ① 활용목적 만족
- ② 구체적으로 작성
- ③ 안전활동 기초자료
- ④ 단순한 통계자료
- ⑤ 경향과 성향의 활용

2) 산업재해통계의 활용

- ① 설비상의 결함 : 개선, 시정
- ② 근로책임에 의한 결함 : 관리자의 수준향상
- ③ 관리책임에 의한 결함 : 관리자의 수준향상

3.2 사고의 원인분석방법

1) 개별적 원인분석

- ① 상세한 원인분석
- ② 특수재해, 중대재해

2) 통계적 원인분석

- ① 퍼레이드(parade)도 : 사고의 유형, 기인물 등
- ② 특성요인도

3) 클로즈(close) 분석 : 2개 이상의 문제 분석

4) 관리도 : 관리상한(UCL; upper contril limit), 중심선(Pn), 관리하한(LCL)

3.3 각종 재해통계

1) 사업장단위의 재해통계

- ① 월별통계
- ② 직장별 통계
- ③ 직종별 통계
- ④ 요일별 통계
- ⑤ 시각별 통계
- ⑥ 근속년수별 통계
- ⑦ 연령별 통계
- ⑧ 부상부위별 통계
- ⑨ 기타

3.4 산업재해조사

1) 조사목적

같은 종류의 재해가 되풀이해서 일어나지 않도록 재해의 원인이 되는 위험한 상태 및 불안정한 행동을 미리 발견하고, 이것을 분석·검토하여 올바른 재해예방대책을 세우는 데 그 목적이 있다.

- ① 재해의 원인을 모든 면에서 조사한다.
- ② 발견한 원인은 철저히 분석·검토한다.

2) 재해조사시 유의사항

※ 참고서적자료

- ① 사실을 수집한다(이유와 원인은 뒤에 확인)
- ② 목격자 등이 증언하는 사실이외의 추측이나 본인의 의견 등은 분리하고 참고로만 한다.
- ③ 조사는 신속히 실시하고 2차 재해방지에 대한 조치를 한다.
- ④ 인적, 물적 요인에 대한 조사를 병행한다.
- ⑤ 객관적인 입장에서 공정하게 2인 이상 실시한다.
- ⑥ 책임추궁보다 재발방지에 역점을 둔다.
- ⑦ 피해자에 대한 구급조치를 우선한다.
- ⑧ 위험에 대비 보호구를 착용한다.

2) 재해조사 방법

- ① 재해발생 직후 실시(현장보전에 유의)
- ② 현장의 물리적 흔적(물적증거)을 수집한다.
- ③ 재해현장은 사진을 촬영하고 기록·보관한다.
- ④ 목격자, 현장관계자의 진술을 확보한다.
- ⑤ 재해 피해자를 면담한다(직전상황청취)
- ⑥ 특수사항은 전문가에게 자문 의뢰한다.
- ⑦ 불안정한 상태나 행동을 찾아내고 그 배경이 되는 지시·감독 및 관리, 교육적인 결함과 작업방법, 순서 등의 문제점도 조사한다.

3) 산업재해조사표 작성

- ① 재해발생 일시와 장소
- ② 재해유발자 및 재해자 신상명세
- ③ 재해의 원인과 결과
- ④ 조사자의 의견

3.5 상해의 발생형태

- | | |
|------------|------------|
| 1) 추락 | 2) 전도 |
| 3) 충돌 | 4) 낙하 및 비래 |
| 5) 붕괴 및 도괴 | 6) 협착 |
| 7) 감전 | 8) 폭발 |
| 9) 파열 | 10) 화재 |
| 11) 무리한 동작 | |

3.6 상해의 종류

- | | |
|-------|-------|
| 1) 골절 | 2) 동상 |
| 3) 부종 | 4) 자상 |
| 5) 좌상 | 6) 절상 |

- | | |
|-------------|----------|
| 7) 중독·질식 | 8) 찰과상 |
| 9) 창상 | 10) 화상 |
| 11) 청력장해 | 12) 시력장해 |
| 13) 그 밖의 상해 | |

3.7 재해조사 항목

- 1) 발생 년, 월, 일, 시간, 장소
- 2) 피해자의 인적사항(나이, 성명, 성별, 경험, 학력)
- 3) 피해자의 작업, 직종
- 4) 피해자의 재해정도(재해부위, 정도, 성질)
- 5) 사고의 형태(기인물, 가해물)
- 6) 피해자의 불안전한 행동, 인적요소
- 7) 기인물의 불안전한 상태
- 8) 관리적 요소의 결함 등
- 9) 기타 필요사항

4. 재해율과 재해 코스트

4.1 재해율

1. 연천인률(명, 건)

1년간 평균 근로자 1,000명당 재해발생일수를 나타내는 재해율 통계(단, 근로자수나 근로일수의 변동이 심한 경우 적합하지 않음)

$$\text{연천인률} = \frac{\text{재해건수(재해자수)}}{\text{연평균 근로자수}} \times 1,000$$

ex) 연평균 근로자수가 200명이고 연간 2건의 재해가 발생했을 때,

$$\text{연천인률} = \frac{2}{200} \times 1,000 = 10\text{건}$$

2. 빈도율 또는 도수율(Frequency rate of injury)(건)

100만시간 작업시 몇 건의 재해가 발생하는가 하는 재해발생빈도율을 나타내는 통계

$$\text{빈도율(도수율)} = \frac{\text{재해발생건수}}{\text{연평균 근로시간수}} \times 1,000,000$$

※ 연평균 근로시간수 = 8시간/일 × 25일/월 × 12개월 = 2400시간/년

ex) 연간 재해발생건수가 2건일 때,

$$\text{빈도율} = \frac{2}{2400} \times 1,000,000 \approx 833.33\text{건}$$

3. 연천인율과 도수율의 환산

$$\text{연천인율} = \text{도수율} \times 2.4$$

$$\text{도수율} = \frac{\text{연천인율}}{2.4}$$

4. 강도율(Severity rate of injury)(일)

연평균 근로시간 1,000 시간당 발생하는 근로손실일수를 구하여 재해의 강도를 알아보는 통계

$$\text{강도율} = \frac{\text{근로손실일수}}{\text{연평균 근로시간수}} \times 1,000$$

※ 근로손실일수 = 재해에 의한 휴업일수 × 300 / 365

ex.1) 작업장에서 연간 1명의 사망자가 발생했을 때,

$$\text{강도율} = \frac{7,500}{2,400} \times 1,000 = 3,125\text{일}$$

ex.2) 작업장에서 14등급의 재해판정을 받은 연간 1명의 재해자가 발생했을 때,

$$\text{강도율} = \frac{50}{2,400} \times 1,000 \approx 20.83\text{일}$$

신체장애등급	1급	2급	3급	4급	5급	6급	7급
근로손실일수	7500	7500	5500	4000	4000	3000	2200
신체장애등급	8급	9급	10급	11급	12급	13급	14급
근로손실일수	1500	1000	600	400	200	100	50

장애등급별 근로손실일수(단, 사망은 7500로 한다.)

5. 연 근로시간

$$\text{연 근로시간} = \text{실근로자수} \times \text{근로자 1인당 1년간 근로시간수}$$

6. 만인율 : 근로자 10,000명당 1년에 발행하는 재해로 인한 사망자수

$$\text{만인율} = (\text{사망자수} \div \text{근로자수}) \times 10,000$$

7. 평균강도(일,건)

재해 1건당 평균손실

$$\text{평균강도} = \frac{\text{강도율}}{\text{도수율}} \times 1,000$$

8. 환산강도율과 환산도수율

한 작업장에서 한 사람이 평생 근무를 할 때 재해로 인하여 어느 정도의 근로손실일수 및 몇건의 재해를 당하는가를 알아보는 통계

$$\text{환산강도율(일)} = \text{강도율} \times 100 = \frac{\text{근로손실일수}}{\text{연근로시간수}} \times \text{일평생근로시간수}$$

$$\text{환산도수율(건)} = \text{도수율} \div 10 = \frac{\text{재해건수}}{\text{연근로시간수}} \times \text{일평생근로시간수}$$

$$\begin{aligned} \text{※ 일평생 근로시간수} &= 8\text{시간/일} \times 25\text{일/월} \times 12\text{개월/년} \times 40\text{년} + 4,000\text{시간} \\ &= 100,000 \text{ 시간} \end{aligned}$$

9. 종합재해지수 또는 도수강도치

도수 및 강도치를 나타내며 어느 기업의 위험도를 비교할 때 사용

$$\text{종합재해지수} = \sqrt{\text{도수율} \times \text{강도율}}$$

10. 세이프 티 스코어(Safe T. Score)

과거와 현재의 안전성적을 비교분석하는 방법

$$\text{세이프티스코어} = \frac{\text{도수율(현재)} - \text{도수율(과거)}}{\sqrt{\frac{\text{도수율(과거)}}{\text{근로총시간수(현재)}}} \times 1,000,000}$$

- +2.00이상 : 과거보다 심하게 안전도가 나쁨
- +2.00 ~ -2.00 : 과거와 차이 없음
- -2.00이하 : 과거보다 안전도가 좋아짐

11. 안전활동률

안전관리활동의 결과를 정량적으로 표시하는 기준(안전개선 건수, 불안전 행동 및 불안전 상태 발생 건수, 안전화의 건수, 안전홍보 건수 등). 근로시간 1,000,000 시간 당 안전활동건수

$$\text{안전활동율} = \frac{\text{안전활동건수}}{\text{근로시간수} \times \text{평균근로시간수}} \times 1,000,000$$

12. 재해사망률(사망만인율)

$$\text{재해사망률} = \frac{\text{사망자수}}{\text{근로자수}} \times 10,000$$

13. 안전관리도

안전활동의 목표값의 상한·하한을 설정해 놓고 현재의 안전활동률이 안에 맞게 조정한다.

$$\text{상한계(UCL)} = A + 2576\sqrt{\frac{(A(1-A))}{MA}}$$

$$\text{하한계(UCL)} = A - 2576\sqrt{\frac{(A(1-A))}{MA}}$$

$$A = X \div MH$$

여기에서, X = 각 기간 사이의 재해 건수

M = 근로자수

MH = 동일 기간 내 근로 총시간

H = 근로시간수

14. 생산량에 따른 주행거리당 재해발생률

$$\text{생산량 100톤일 경우 재해발생률} = \frac{\text{재해건수}}{\text{생산톤수}} \times 100$$

$$\text{주행거리 104K당 재해발생률} = \frac{\text{사고건수}}{\text{주행거리}} \times 104$$

4.2 재해 코스트

재해코스트는 재해발생으로 인하여 생기는 직접적 또는 간접적 물적손실 및 인적손실을 경제적인 측면에서 평가하는 것을 말한다.

1. 재해손실비의 산정방법

1) Heinrich의 빙산의 법칙

·총 재해 손실비는 직접비가 1이라면 간접비는 4배를 적용하여 전체 5라 함

·직접비 : 법으로 정한 재해자에게 지급되는 산업재해 보상비

(휴업, 장애, 요양, 유족 보상비, 장의비, 특별보상비 등)

·간접비 : 재산손실, 생산중단 등으로 기업이 입는 손실

2) Bird의 수정 빙산의 법칙

·총 재해 손실비는 직접비(가시금액)가 1이라면 간접비(비가시금액)는 5배를 적용하여 전체 6이라 함

·가시금액 : 보험비(의료비, 보상금)

·비가시금액 : 미보험회계비용 + 보험회계비용

(건물손실, 도구 및 장비손실, 제품 및 재료손실, 작업중단 및 지연, 시간조사, 교육, 임대 등 기타 항목)

3) Simonds 방식

·총 재해 손실비 = 산재보험 코스트 + 비보험 코스트

·비보험 코스트 = (휴업상해 건수 × A) + (통원상해 건수 × B)
+ (응급조치 건수 × C) + (무상해사고 건수 × D)

※ A, B, C, D는 장애정도별 비보험 코스트의 평균치 임.

2. 재해의 분류

① 휴업상해

·영구 일부노동 불능

·일시 전노동 불능

② 통원상해

③ 응급조치상해

④ 무상해사고

3. 우리나라에서 사용되고 있는 재해 코스트 방식

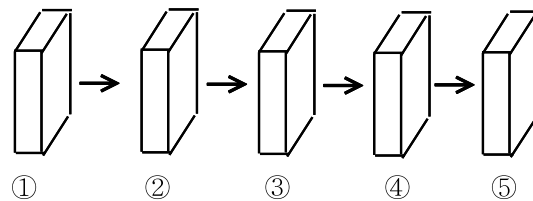
- 주로 하인리히방식 사용

5. 재해예방대책

재해의 98%는 예방이 가능하며, 특히 작업중 인간이 원인이 된 재해는 전 재해의 88%

5.1 도미노(domino) 이론

1) Heinrich의 Domino이론 : 보험분석 전문가인 Heinrich가 사고는 골패가 쓰러지는 것처럼 연쇄적으로 발생한다는 사고연쇄이론인 Domino 이론을 발표하였다. 이 이론은 재해는 일련의 재해요인들이 연쇄를 이루어 발생하게 되므로 이중 하나라도 제거하면 재해는 예방할 수 있다. 특히 3단계인 불안정 상태와 불안전행동은 가장 주의깊게 관리하여야 한다.



- | | |
|---------------------------|--------|
| ① 사회적 환경 및 유전적 요소(선천적 결함) | (간접원인) |
| ② 개인적인 결함(인간의 결함) | (간접원인) |
| ③ 불안정 행동 및 상태(인적원인과 물적원인) | (직접원인) |
| ④ 사고 | |
| ⑤ 재해 | |

·사회적 환경 및 유전적 요소(선천적 결함) - 인간의 무모함, 완고함, 탐욕스러움 등 바람직하지 않은 특질은 유전적으로 전해질 수 있으며, 좋지 않은 사회환경은 이러한 유전적 형질이 계속 증폭되도록 할 수 있음

·개인적인 결함(인간의 결함) - 유전적으로 받은 선천적인 결함성향과 후천적으로 길러진 결함성향이 합쳐져 불안정한 행동을 유발하는 개성적 결함이 됨

·불안정 행동 및 상태(인적원인과 물적원인) - 방호장치를 무효화하거나 제거한 위험기계·기구의 구동 및 작업부위, 손잡이 없는 계단, 어두운 조명아래서의 기계설비작업, 높은 장소, 고열, 냉온 장소, 보호구 없이 작업하는 경우 등과 같이 불안정한 상태에서 불안정한 행동이 합쳐져서 사고를 유발함

·사고 - 사고는 생산활동에 지장을 초래하는 모든 사건을 의미하지만, 하인리히는 인적재해를 유발하는 것을 사고의 주체로 함

·재해 - 인적인 재해를 의미함

2) Bird의 수정 Domino 이론

- | | |
|------------------|-----------|
| ① 통제의 부족(관리의 부재) | - 관리, 경영 |
| ② 기본원인 | - 기원, 원인론 |
| ③ 직접원인 | - 징후 |
| ④ 사고 | - 접촉 |
| ⑤ 상해 · 손해 | - 파손, 손실 |

·통제의 부족(관리의 부재) - 안전관리를 원활하게 추진하기 위해서는 우선 관리자가 안전관리의 내용 중 전문적 관리의 원리(tenets of professional management)를 충분히 이해하여야만 하는데, 전문적 관리란 계획, 조직, 지도, 통제의 4가지 기능을 말한다. 여기서 통제에 관한 부족은 관리결함으로서 경영자, 안전관리자 등 안전감독기관이 안전에 대한 제도, 조직, 지도, 관리 등을 소홀히하는 것을 의미한다. Bird's가 강조한 관리적 요인은 재해발생의 기본원인이며, 사고는 인간의 과오로 인하여 발생한다는 것이 Bird's의 1단계 이론이다.

·기본원인 - 이 단계는 원인론으로서 고도로 신뢰할 수 있는 시스템은 존재 불가능하므로 재해 또는 사고의 기본적 또는 배후적 요인 즉, 개인적 또는 작업에 관련된 요인이 존재하는 단계이다. 여기서 기본원인은 간접원인을 말하며, 이 기본원인이 잘못되면 직업원인으로 연결된다. 원인론은 문제의 원인을 취급하는 것으로서 기본적 또는 배후적 원인과의 적절한 관계 부여를 통하여 근원으로 되는 원인을 발견하는 단계이다.

·직접원인 - 직접원인은 불안정한 행동 또는 불안정한 상태를 말하는 것으로 Heinrich의 연쇄이론에도 재해의 연쇄 가운데서 가장 중요한 것으로 취급되어 온 요인이다. 징후를 추구하는 것으로만 기초로 되는 문제를 확인하지 않는 경우에는 연속적인 재해 예방에 대한 가능성이 희박하게 된다. 따라서 계속적인 제어를 위하여는 먼저 징후를 효과적으로 발견하고 그 징후의 배경이 된 기본적 원인을 규명하여 조치하여야 한다.

·사고 - 사고란 육체적 손상, 상해, 재해의 손실에 귀결되는 바람직스럽지 못한 사상으로 사고를 신체 또는 구조물의 구분치를 넘어서 에너지원과의 접촉 또는 정상적인 신체의 작용을 저해하는 물질과의 접촉이라고 할 수 있다. 연쇄이론에 있어서의 사고는 접촉의 단계라고 말할 수 있다.

·상해 - 재해연쇄의 요인 속에서 사용되는 상해라는 말에는 작업 장소에 생기는 정신적, 신경적 또는 육체적인 영향과 함께 외상적 상해와 질병의 양자를 포함하는 인간의 육체적 손상을 포함하고 있다. 이론을 요약하면 사고는 인간의 과오 때문에 발생하므로 사고발생 5단계 중 어느 단계라도 잘못되면 상해와 손실이 발생한다는 이론이다.

- 3) Adams의 Domino 이론 : 사고의 기초가 되는 원인을 재정의, 경영조직상의 과오는 관리자나 감독자의 운영상의 과오를 야기시키며, 이것은 다시 작업자의 전술적 과오를 일으킨다는 것이다. 재해의 직접원인을 전술적 에러라고 개칭하였다. 이 관리이론은 전술적 에러(tactical error)의 기초가 되는 원인이 관리자나 감독자에 의해서 만들어진 작전적 에러(operational error)로부터 야기된다고 주장하였다.
- 4) Weaver의 Domino 이론 : 직접원인과 사고, 상해는 모두 운영과오의 징후라고 주장, 사고연쇄반응이론에 작전적 에러의 발견(탐색)과 지적(명시)이라는 새 개념을 결합시켜 불안정한 행동이나 상태와 사고 및 상해(재해)까지도 작전적 에러의 징후라고 결론
- 5) Zabetakia의 Domino 이론 : 실수원인이론으로 직접원인은 예기치 못한 형태의 에너지나 위험물질의 방출이라는 개념 도입, 근본적 원인은 경영상, 개인적 요인, 환경적 요인이라고 주장
- 6) 휴의 이론 : 인간-기계체계(man-machine system)에서 단일, 복합, 통합 인간-컴퓨터(man-computer system)로, 소품종 다량생산에서 다품종 소·중·다량생산으로 복잡한 생산환경의 급속한 변화에 맞추어 5가지 요인으로 수정하여 제시
 - ① 심리적 요인 - 작업자의 심리적인 불안
 - ② 기계적 요인 - 시스템 체계의 문제점
 - ③ 환경적 요인 - 직무환경적 요인
 - ④ 기술적 요인 - 인간특성의 고려하지 않은 기계설계 및 보수와 수리의 어려움, 안전성의 미흡 등
 - ⑤ 인위적 요인 - 작업자에 의한 여러 가지 요인

5.2 재해발생비율

1) Heinrich의 1:29:300 법칙

1920년대 5000여건의 보험사고를 분석. 하인리히(Heinrich; 미국)는 통계상 그루터기에 의한 전도사고가 총 330회 일어났을 경우, 그 중 300회는 다치지 않는 Near Miss(무상해, 앗차사고, 고장포함)가 발생하고, 29회는 가벼운 상처(경상), 나머지 1회는 골절과 같은 치명적인 중대재해를 입는다고 하였다.

- 중대재해(Major Injury) - 중대재해는 330번의 사고 중 첫 번째 발생될 수도 있는 사고로 보험회사와 주정부에 보고해야 하는 재해임
- 경미한 재해(Minor Injury) - 굵히거나 데이거나 찢어진 상처 등 응급처치한 재해를 포함
- 앗차사고(Near Miss) - 미끄러짐, 떨어짐, 운반하는 도중 걸려 넘어짐, 부딪칠 뻔함, 칼날, 톱날 등에 접촉할 뻔함 등의 재해를 유발할 잠재성을 내포한 예비 사고로서 중대재해나 경미한 재해를 예방하기 위한 본보기임
- 불안전한 행동과 상태

2) Bird의 재해발생 비율

1960년대 175,300여건의 보험사고를 분석하여 Heinrich가 처음 주장한 사고발생연쇄 이론을 수정하고 641건의 사고중 중상, 경상, 무상해 사고, 무상해 무손실 사고의 비율이 약 1:10:30:600이라고 함.

- 중대재해, 중상 또는 폐질(Major Injury) - 중대재해 641번의 사고중 첫 번째 발생될 수도 있는 사고로 극소수 중대재해에 전노력을 들이는 것은 어리석은 것이라고 말하고 있다
- 경미한 재해, 경상(Minir Injury) - 긁히거나 데이거나 찢어진 상처 등 응급처치한 재해를 포함한다(인적·물적 손실)
- 무상해사고, 물적손실(Property Loss) - Heinrich와는 달리 사고로 인해 야기되는 기계설비 및 환경손실인 물적손실까지도 사고의 범주에 넣음
- 무상해·무사고 고장, 앓차사고(Near Miss) - 미끄러짐, 떨어짐 등 불안정한 행동이나 불안정한 상태에 의해 유발되는 재해나 물적손실을 수반하지 않는 사고

3) 국제노동기구(International Labor Organization; ILO)

안전사고 230건 중 중상해 1건, 경상해 29건, 무상해 200건 발생(하인리히의 상해 분포보다 강함)

제4장 산업재해구분

3. 산업재해의 해석

8.1 산업재해의 정도별 구분

- ① 중상해 : 부상으로 14일 이상 노동손일을 가져오는 상해
- ② 경상해 : 부상으로 1일 이상 14일 미만의 노동손실을 가져오는 상해
- ③ 경미상해 : 부상으로 8시간 이하의 휴무 또는 작업에 종사하면서 치료를 받는 상태
- ④ 사망 : 안전 사고의 부상으로 생명을 잃는 것
- ⑤ 영구 노동불능 상해 : 부상의 결과로 노동 기능을 완전히 잃는 것
(신체장애등급 제 1,2,3급에 해당)
- ⑥ 영구 부분 노동불능 상해 : 부상의 결과로 신체의 일부가 노동 기능을 상실한 것
(신체장애등급 제4급 ~ 제14급에 해당)
- ⑦ 일시 노동불능 상해 : 의사의 진단으로 일정기간 노동에 종사할 수 없으나 휴무상태가 아닌 상해(일시적으로 노동에 종사할 수 없는 상해)
- ⑧ 응급조치 상해 : 치료를 받고 바로 정상작업에 임할 수 있는 상해

제5장 안전점검

10.1 안전점검

1. 안전점검의 정의

설비의 불안전상태나 인간의 불안전행동으로부터 일어나는 결함을 발견하여 안전대책을 세우기 위한 활동

2. 안전점검의 의의

설비뿐만 아니라 인적인 문제에 있어서의 안전점검은 불안전상태의 잠재된 위험요인을 체크하여 이상 여부를 확인함으로써 사고, 상해를 예방

3. 안전점검의 순서

- 1) 실태파악
- 2) 결함발견
- 3) 대책선정
- 4) 대책실시

4. 안전점검의 대상

1) 전반적인 문제(관리운영 및 작업방법에 관한 것)

- ① 안전관리 조직체제 : 체제·조직의 관리상태
- ② 안전활동 : 계획·내용 추진상황
- ③ 안전교육 : 교육계획 실시상황
- ④ 안전점검 : 제도실시상황, 체크리스트 활용

2) 설비에 관한 문제

- ① 작업환경 : 온도·습도·환기·소음·분진상태 등의 작업장 내 환경, 유해위험 관리
- ② 안전장치 : 법규의 적합여부와 목적일치, 성능유지, 관리상태
- ③ 보호구 : 종류, 수량, 관리상황, 성능체크상황
- ④ 정리정돈 : 표준화 실시상황
- ⑤ 위험물 방화관리 : 위험물 표식 및 표시, 저장, 보관상태

5. 점검주기에 의한 구분

- 1) 정기점검(계획점검) : 매주 또는 매월 1회 담당 분야별 작업책임자가 기계설비의 안전상의 중요 부분의 피로, 마모, 손상, 부식 등 장치의 변화 유무 등 점검
- 2) 임시점검 : 점검기일 이전에 임시로 실시하는 점검형태
- 3) 수시점검(일상점검) : 매일 일의 시작이나 종료시 또는 작업 중에 계속해서 시설과

사람의 작업동작에 대하여 점검

- 4) 특별점검 : 기계, 기구 또는 설비의 신설, 변경, 고장, 수리 등의 부정기 특별점검

6. 안전점검기준

- 1) 체크 리스트 : 점검기준에 의해서 체크 리스트(점검표)를 만들어 점검

2) 체크 리스트에 포함되어야 할 사항

- ① 점검대상 : 프레스, 전단기, 압력용기, 산업용 로봇, 크레인, 이동식 크레인, 건설용 리프트, 간이 리프트, 곤골라, 지게차, 구내운반차, 셔블로우더, 화물자동차, 콘베이어, 차량계 건설기계
- ② 점검항목 : 마모, 균열, 부식, 파손, 변형 등
- ③ 점검주기 또는 기간(점검시기)
- ④ 점검방법 : 육안점검, 기능점검, 기기점검, 정밀점검
- ⑤ 판정기준 : 자체검사기준, 법령에 의한 기준, KS 기준 등
- ⑥ 조치사항 : 결함의 시정사항

3) 체크 리스트 작성시 유의사항

- ① 사업장에 적합한 독자적인 기준
- ② 중점도가 높은 순으로 작성(위험성, 긴급을 요하는 순)
- ③ 정기적으로 검토하여 재해방지에 실효성 있게 개조된 내용일 것
- ④ 일정양식을 정하여 점검대상을 정할 것
- ⑤ 점검표의 내용은 이해하기 쉽도록 표현하고 구체적일 것

7. 안전점검 실시방법

- 1) 점검자 : 라인의 관리 및 감독자, 작업주임자 및 안전관리자

2) 점검방법

- ① 외관점검 : 기기의 적정한 배치, 설치상태, 변형, 균열, 손상, 부식, 볼트의 여유유무 등
- ② 기능점검 : 대상기기의 기능의 양부 확인
- ③ 작동점검 : 안전장치나 누전차단장치 등을 정해진 순서에 의해 작동시켜 작동상황의 양부 확인
- ④ 종합점검 : 일정한 조건하에서 운전시험을 행하여 기계설비의 종합적인 기능 확인

3) 점검시 주의사항

- ① 정기적인 청소
- ② 소정의 공구 이용

- ③ 용기 내의 잔압에 주의하고 잔압 제거
- ④ 기후에 따라 점검 조치

4) 점검시 재해방지대책(안전대책)

- ① 자동점검 시스템화, 페일 세이프(fail safe)화, 부품의 유니트(unit)화 등(점검의 간소화)
- ② 보호구를 착용하고 점검에 필요한 안전장치, 안전망, 덮개, 승강 설비, 개폐기 등 시설 구비
- ③ 점검작업의 표준화(standardization)
- ④ 작업자의 자격요건을 정비하여 실시하고 점검작업에 적합한 지휘감독자 배치

제6장 안전진단

11.1 안전진단의 개념

안전진단은 기계설비, 공기구, 작업방법, 작업환경, 근로자의 안전활동, 근무태도, 생활태도 등에 대한 잠재위험요인을 자세하게 진단하여 적절하고 신속한 조치를 시행하는 것이며, 쾌적한 작업환경과 기계·기구설비 등의 완전한 기능발휘를 갖추어 안전에 대한 효율적인 관리를 행하는 것으로 보다 장기적으로 예방적인 측면에 이르는 안전점검을 말한다.

11.2 안전진단의 실시방법

1. 전체파악 진단

- ① 재해조사기록(최근 3~5년간의 추이)
- ② 재해도수율(최근 3~5년간의 추이)
- ③ 재해강도율(최근 3~5년간의 추이)
- ④ 안전활동률(최근 3~5년간의 추이)
- ⑤ 안전계획실시 평가분석(최근 3년간)

2. 안전관리실태 진단

- ① 관리부문 : 조직, 기구, 기능, 제도, 안전예산, 정보수집제공, 생산운반관리 등
- ② 시책부문 : 안전관리 기본방침, 세부지침 추진실태, 안전예산 지원, 안전조직 운영 및 안전활동
- ③ 실시부문 : 안전작업지식 제공 및 숙련도, 안전작업기준 설정, 안전작업훈련
- ④ 기계부문 : 안전설비
- ⑤ 설비부문 : 안전장비, 보호구, 휴양시설, 보존보수관리(TPM)
- ⑥ 환경부문 : 작업대, 작업면적, 원료취급저장, 정리정돈, 작업조건

제7장 자체검사

1.1 자체검사의 정의 및 목적

1. 검사 : 육안검사, 타진검사 또는 장비를 이용한 전문검사원에 의하여 확인
2. 법령에 의한 자체검사 : 노동부장관이 정하는 검사대상물에 대하여 일정기간을 두고 당해 기계, 기구, 설비의 성능이 정상인지 여부 검사
3. 자체검사의 목적
 - ① 산업재해 예방
 - ② 쾌적한 작업환경 조성
 - ③ 근로자의 안전유지
 - ④ 기계·기구·설비 등의 성능보장

2.2 자체검사의 종류

1. 검사대상에 의한 분류
 - ① 기능검사(성능검사)
 - ② 형식검사
 - ③ 규격검사
2. 검사방법에 의한 분류
 - 1) 육안검사 : 외관상의 이상 유무 확인
일부 해체검사, 타진에 의한 검사, X-ray 촬영 등
 - 2) 타진에 의한 검사
 - 3) 검사기기(기계·기구)에 의한 검사
 - 4) 시험에 의한 검사
3. 검사방법에 따른 확인사항
 - ① 내외면의 변형 유무
 - ② 부식 유무와 그 정도
 - ③ 마모상태
 - ④ 손상 유무
 - ⑤ 기능의 정상적 작동상태

2.3 기계 및 재료에 대한 검사

1. 파괴검사 - 정적검사, 동적검사

1) 인장검사(tension test)

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 항복점 | ② 내력 | ③ 인장강도 |
| ④ 신장률 | ⑤ 조임 | ⑥ 비례한도 |
| ⑦ 탄성한도 | ⑧ 탄성계수 | |

2) 굽힘검사(bending test) - 소성가공성 조사

3) 경도검사(hardness test) - 재료의 기계적 성질

4) 크리프 검사(creep test) - 금속재료의 변형성 검사

5) 내구검사

2. 비파괴검사

1) 육안검사(visual inspection)

2) 초음파검사(ultrasonic inspection) - 0.5 ~ 15Mc의 주파수

- | | |
|-------|---------|
| ① 투과법 | ② 반사법 |
| ③ 공진법 | ④ 수직탐상법 |

3) 자기검사(magnetic flut inspection) - 500 ~ 5000A 자화전류 사용

- | | |
|---------|-------|
| ① 축통전법 | ② 관통법 |
| ③ 직각통전법 | ④ 코일법 |
| ⑤ 극간법 | |

4) 방사선 투과검사

5) 내압검사

제8장 보호구와 안전표지

1.1 보호구의 개요

1) 보호구의 정의 및 특성

보호구는 외부의 각종 물리적, 화학적 위험요소를 차단하거나 또는 그 영향을 감소시키는 목적을 가지고 작업자의 신체일부 또는 전부에 장착하는 것

안전대책에는 1차적인 안전대책(근원적인 대책)과 2차적인 안전대책(소극적인 대책)이 있는데 보호구는 2차적인 안전대책에 해당

2) 보호 기본대책

- ① 위험·유해요인 제거 - 대체, 격리
- ② 발생원의 통제 - 정리정돈, 감시, 거리유지
- ③ 근로자 보호 - 교육훈련, 시간단축, 보호구

3) 보호구의 구비조건

- ① 착용이 간편할 것
- ② 작업에 방해가 안되도록 할 것
- ③ 유해 위험요소에 대한 방호성능이 충분히 있을 것
- ④ 보호구의 원재료의 품질이 양호할 것
- ⑤ 구조와 끝마무리가 양호할 것
- ⑥ 겉모양과 표면이 섬세하고 외관상 좋을 것

4) 보호구의 선정조건

- ① 종류
- ② 형상
- ③ 성능
- ④ 수량
- ⑤ 강도

5) 보호구의 종류

- ① 안전대
- ② 안전모
- ③ 안전화
- ④ 안전장갑 ※ ①②③④는 안전보호구
- ⑤ 귀마개 또는 귀덮개
- ⑥ 보안경
- ⑦ 보안면
- ⑧ 방진마스크
- ⑨ 방독마스크 ※ 마스크는 산소농도 18%이상에서만 사용할 것

⑩ 기타 근로자의 작업상 필요한 것으로서 노동부장관이 정하는 보호구

※ ⑤⑥⑦⑧⑨⑩는 위생보호구

6) 성능시험

- ① 내관통성 시험
- ② 충격흡수성 시험
- ③ 내전압성
- ④ 내수성
- ⑤ 내연성

1.2 안전표지

1) 금지표지 - 어떤 특정한 행위가 허용되지 않음을 나타낸다.

흰색 바탕에 빨간색 원과 45° 각도의 사선으로 이루어진다. 금지할 내용은 원의 중앙에 검정색으로 표현하며, 둥근 테와 사선의 굵기는 원 외경의 10%이다.

2) 안내표지 - 안전에 관한 정보를 제공한다.

녹색 바탕의 정방향 또는 장방형이며, 표현하고자 하는 내용은 흰색이고, 녹색은 전체 면적의 50% 이상이 되어야 한다.

3) 지시표지 - 일정한 행동을 지시한다.

파란색 원형의 형태이며, 지시하는 내용은 흰색이고, 파란색은 전체면적의 50% 이상이 되어야 한다.

4) 경고표지 - 일정한 위험에 따라 경고내용을 표시한다.

노랑색바탕의 검정삼각테 형태이며, 경고내용은 검정색이고, 노랑색이 전체면적의 50% 이상이 되어야 한다.

5) 안전색채(Munsell의 색채)

- ① 빨강 - 방화, 정지, 금지
- ② 주황 - 위험
- ③ 노랑 - 주의, 경고
- ④ 녹색 - 안전, 진행, 구급기호, 안내
- ⑤ 자주 - 방사능
- ⑥ 흰색 - 통로, 정돈 또는 파랑색과 녹색의 보조색
- ⑦ 파랑 - 지시
- ⑧ 검정 - 빨간색, 노랑색의 보조색

6) 안전색광

- ① 빨강 - 정지, 방화, 위험, 긴급
- ② 노랑 - 주의
- ③ 녹색 - 안전, 진행, 구급
- ④ 청자 - 유도, 방사성 물질
- ⑤ 흰색 - 보조색

제9장 무재해운동

1.1 무재해운동의 전개

1) 무재해운동의 정의와 목적

- ① 무재해운동의 정의 - 작업 중 근로자가 다치는 일이 없는 상태를 “무재해”라 한다. 그러나 엄격한 의미의 무재해란, 근로자가 상해를 입지 않을 뿐만 아니라 상해를 입을 수 있는 위험요소가 없는 상태를 말한다.
- ② 무재해운동의 목적 - 사업주와 근로자가 다같이 참여하여 산업재해예방을 위한 자율적인 운동을 촉진함으로써 사업장 내의 모든 잠재적 요인을 사전에 발견, 파악하고 근원적으로 산업재해를 절감하기 위함

2) 무재해운동의 3대원칙 : 인간존중을 기본이념으로 한다.

- ① 무(無)의 원칙 - 무재해, 무질병을 궁극적 목표(이념)으로 함
- ② 참가의 원칙 - 구성원 전원의 참가를 통한 노력과 협력
- ③ 선취해결의 원칙 - 잠재적 위험요인의 방지

3) 무재해운동 추진의 세 가지 기둥

- ① 최고경영자의 자세 - 최고경영자의 “무재해, 무질병”에 대한 확고한 경영자세
- ② 관리감독자에 의한 안전보건의 추진 - 필요한 지식을 원조하고 생산계통에 따른 관리감독자들이 이를 준수하고 철저하게 안전관리
- ③ 직장 소집단의 자주활동의 활발화 - 안전보건 자주활동

4) 무재해운동의 실천기법

- ① 팀, 미팅기법
- ② 선취기법
- ③ 문제해결기법

5) 무재해운동의 추진

- ① 사고나 재해는 100% 예방할 수 있다는 사실 교육
- ② 나는 절대로 사고를 일으키지 않겠다는 결심을 가지게 한다.
- ③ 안전에 관한 흥미를 가지게 한다.
- ④ 안전에 대한 동기유발 요인을 찾아 최대한 적용
- ⑤ 무재해운동은 라인(line)운동
- ⑥ 무재해운동의 지속적 운영
- ⑦ 과학적인 정확성을 가지고 운동 추진

6) 무재해운동의 3요소

- ① 경영자의 안전경영자세를 확립한다.
- ② 안전운동은 라인화에 정착되도록 추진한다.

- ③ 직장의 자주적인 안전활동의 활성화가 되도록 노력한다.

7) 무재해운동의 효과

- ① 표준화 - 불량률을 낮추고 상품의 질 향상
- ② 안전확보 - 작업환경의 불안요소제거로 재해예방
- ③ 원가절감 - 재해예방으로 인적, 물적손실을 감소시키고 작업능률 및 생산성 향상
- ④ 판매촉진 - 회사 및 제품의 신뢰도 제고
- ⑤ 만족 - 노사간의 신뢰, 불량품 제거, 작업의욕 고취

1.2 무재해운동의 이론

1) 위험예지훈련

- ① 사실을 파악한다(현상파악) - 잠재위험요인의 파악
- ② 요인을 찾아낸다(본질추구) - 위험요인의 중요도 파악
- ③ 대책을 세운다(대책수립) - 위험의 해결대책 수립
- ④ 행동계획을 정한다(목표달성) - 해결대책의 중점실시항목 설정, 실행

2) 추진방식

- ① 반복 훈련한다 - 반복훈련으로 완료시간 단축
- ② 대상을 말한다 - 위험예지 대상의 범위를 좁힌다
- ③ 사전에 준비한다 - 예습
- ④ 제2라운드까지가 중요하다 - 본질추구만으로 위험예지 목적의 70% 달성
- ⑤ 인원수를 적게 한다 - 전원참여 원칙
- ⑥ 자신의 작업으로 한다 - 직접적인 작업내용
- ⑦ 단시간에 실시하는 활용기법을 훈련한다 - 여러 가지 기법(TBM 역할연기훈련, 삼각 위험예지훈련, One Point 위험예지훈련, 단시간미팅 등)

3) 추진기법

- ① TBM(Tool Box Meeting) 위험예지훈련 - 즉시즉응법이라고도 하며, 현장에서 행하는 안전미팅으로서 사고의 직접 원인(불안전한 상태 및 불안전한 행동)중에서 주로 불안전한 행동을 근절시키기위한 5-6인의 소집단 미팅방법
- ② 삼각 위험예지훈련 - 적은 인원수로 나누어 기호와 메모로 팀의 합의 형성을 기하려는 방법
- ③ One Point 위험예지훈련 - 2,3,4 라운드를 하나의 포인트로 요약하여 실시
- ④ TBM 역할연기훈련 - 작업전 미팅시 시나리오를 작성하여 작업구성원간의 역할연기를 함으로써 체험학습 부여

제10장 산업심리론

1.1 산업심리학

1) 산업심리학의 정의 : 인간심리의 관찰, 실험, 조사, 분석 후 과학적 법칙을 도출하여 산업안전관리에 적용하며 사고예방, 생산성 향상, 근로자의 복지향상을 도모하고자 하는데 목적이 있다. 심리학의 방법과 식견을 가지고 인간의 산업현장에 있어서의 행동을 연구하는 응용심리학

2) 심리검사의 의의 및 목적 : 인간특성의 단면을 과학적으로 측정하기 위해 만들어진 표준화된 검사기법으로 개인이 어떠한 직무를 최상의 상태로 수행할 수 있는가 하는 신뢰성과 타당성에 관하여 직무를 수행하기 전에 진단하고 예측하려는 방법

3) 안전관리와 산업심리

① 재해누발과 안전관리 - 재해발생은 재해빈발설로 설명되어지며, 재해빈발설에는 기회설과 암시설, 재해빈발 경향자설이 있으며, 기회설은 개인의 영향이 아니라 그 사람이 종사하는 작업에 위험성이 많기 때문이라는 설이고, 암시설은 한 번 재해를 일으킨 사람이 재해를 빈발하게 된다는 것이며, 근로자 가운데 재해를 빈발하는 소질의 결함이 있다는 것이 재해빈발경향설이다.

인간은 자기가 갖고 있는 성격, 정신, 실제적 조건인 지능, 감각 등 소질적인 원인에 의해 사고를 유발시키므로 지능에 따라 개인에게 적합한 직무부여를 하여야 하며, 성격적 요소인 허용성, 쾌락성, 무도덕성, 무모성, 도전적 성격 등에 의해 사고를 일으킬 수 있는 충분한 요인이 된다.

② 산업심리의 요소 - 산업심리의 주요소로는 5대 주요소로 분류한다. 이는 능동적인 감각에 의한 자극에서 일어나는 사고의 결과로 마음을 움직이는 원동력인 동기이다.

인간의 성격, 능력 등 사고 과정을 혼란시키고, 불안정한 행동을 유발시키는 감정, 동기, 기질, 감정 등에 밀접한 연관 관계를 가지는 습성 및 습관으로 분류한다.

사고는 심리적인 정신 상태인 안전의식, 주의력의 부족, 방심 및 공상, 개성적 결함요소 즉 지나친 자존심과 자만심, 다혈질 및 인내력의 부족, 약한 마음, 도전적 성격, 감정의 장기 지속성, 경솔성, 과도한 집착성, 배타성, 사치성과 허영심 등과 판단력의 부족 또는 그릇된 판단에 의해 사고는 일어난다.

이때 정신력과 관련있는 생리적 현상으로는 극도의 피로, 시력 및 청각의 이상, 근육운동의 부적합, 육체적 능력의 초과, 신경계통의 이상 등을 들 수 있다. 따라서 이러한 산업심리의 요소를 잘 통제함으로써 사고를 미연에 방지할 수 있다.

4) 심리검사의 종류

① 관찰법 - 현상을 있는 그대로 관찰하는 것으로 필요에 따라서는 감각기관을 이용

하기도 한다.

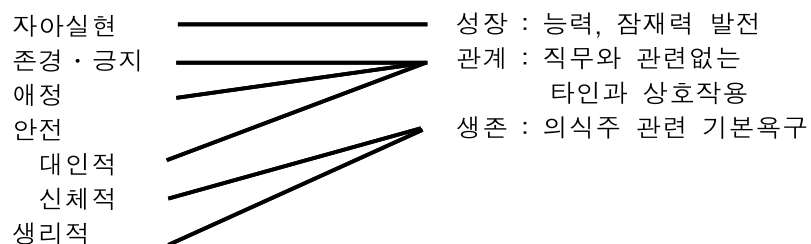
- ② 실험법 - 관찰하려는 장면이나 조건을 연구목적에 따라 인위적으로 조작하여 만들어진 조건 아래서 발생하는 사실과 현상을 연구하는 가장 과학적인 방법
- ③ 질문지법 - 자료수집을 목적으로 한번에 많은 대상으로부터 자료를 조직적으로 조사하는 방법
- ④ 통계법 - 통계적 처리방법을 사용하여 여러 가지 자료를 객관적으로 분류, 처리하는 방법

1.2 인간행동성향

1) 마슬로우(abraham H. Maslow)의 욕구 5단계 이론

- ① 생리적 욕구(physiological needs) : 모든 욕구중에서 가장 강렬하고 우선 순위가 높기 때문에 동물의 본능적인 욕구에 해당된다.
- ② 안전에 대한 욕구(safety needs) : 어린아이들의 태도에서 비교적 잘 관찰될 수 있는데 불안, 공포로부터의 해방되려는 욕구
- ③ 애정에 대한 욕구(belongingness and love needs) : 단순한 성적욕구와는 달리 사랑을 받으려는 욕구뿐만 아니라 사랑을 주려는 욕구도 포함한다.
- ④ 존경과 긍지에 대한 욕구(estem needs) : 명예, 신망, 위신, 지위 등과 관계되는 것으로 자기의 하는일에 자부심을 느끼며, 타인으로부터의 존경을 받고자 하는 고차원의 욕구
- ⑤ 자아실현의 욕구(self-actualization needs) : 자기의 잠재력을 최대한 살리고 자기가 하고 싶었던 일을 실현하는 최고급의 욕구

2) Alderfer의 ERG 이론 - 생존, 관계, 성장욕구 이론



3) McGregor의 X, Y 이론과 Lundstedt의 Z 이론

Douglas McGregor는 인간의 성향을 두 가지로 대별하고 그에 따른 관리전략도 두가지로 분류하였다. Z 이론은 McGregor가 인간해석을 단순하게 2분화시키고 있다고 비판하면서 인간은 복잡한 면이 있다는 것을 강조하면서 Z 이론을 제시

① X 이론의 인간해석

- 인간은 천성적으로 게으르고 일을 싫어한다.
- 인간은 경제적 욕구를 가장 합리적으로 추구하는 경제동물이다.
- 인간은 경제적 욕구외에 별로 큰 욕망은 없으며, 자기행위에 대해서 책임지는 것을 싫어한다.

- 인간은 자기중심적이며 철저한 이기주의적이다.
- 인간은 사물을 판단할 능력도 없고 어리석기 때문에 남들의 엉터리사기극에 쉽게 넘어간다.
- 인간은 안전한 것만을 원하고 변화를 귀찮아 한다.
- 인간은 피동적 존재이기 때문에 기계의 부속품처럼 다룰 수 있소 외부조건에 의해서 조종될 수 있다.

② X 이론의 관리처방

- 경제적 보상체제의 강화
- 권위주의적 리더쉽의 확립
- 면밀한 감독과 엄격한 통제
- 상부 책임제도의 강화
- 조직구조의 고층성

③ Y 이론의 인간해석

- 인간은 천성적으로 일을 싫어하는 것이 아니라 노동자체를 휴식이나 놀이처럼 자연스럽게 여기고 있는 것이지 경제적 욕구를 채우기 위한 수단으로 생각하지 않는다.
- 인간은 적절한 조건만 갖추어지면 책임을 받아들일 뿐만 아니라 그것을 갈구한다.
- 인간은 자기이익만을 생각하는 이기적인 존재가 아니라 타인들과 공존, 번영을 생각하는 사회중심의 존재이다.
- 인간은 외부의 압력이나 처벌의 위협만으로 행동하는 것이 아니라 자기가 받아들이기로 마음먹은 일은 스스로의 규제하며 자율적으로 통제한다.
- 대부분의 조직성원들은 문제해결에 있어서 스스로의 상상력과 창의력을 발휘하여 문제를 해결한다.
- 인간의 발달 가능성은 무한한데 현대의 조직생활에서는 인간이 가지고 있는 지적 잠재력의 일부만이 활용되고 있다.

④ Y 이론의 관리처방

- 민주적 리더쉽의 확립
- 분권화와 권한의 위임
- 목표에 의한 관리
- 직무확장
- 비공식적 조직의 활용
- 자체평가제도의 활성화
- 조직구조의 평면화

⑤ Z 이론의 인간해석

- 인간은 조직의 규율과 제도의 억압 속에서 사는 것을 원하지 않는다.
- 인간은 선천적으로 가설정신과 실험주의가 내포된 과학적 탐구정신을 가지고 있어 매사에 의문을 제기하고 있다.

⑥ Z 이론의 관리처방

- 지도자의 자유방임
- 비조직적인 사회생활의 유발

·허술한 조직구조

4) 샤인(Edgar H. Schein)의 복잡한 인간관

인간의 본질이 시대의 변천에 따른 철학적 관념을 대체로 바꿨다는 것이며, 그러한 가정은 각 시대의 조직이나 정치체제를 정당화시키는데 기여해 왔다고 전제하면서 역사적인 등장순서에 따라 인간모형을 다음과 같이 네 가지로 분류

- ① 합리적, 경제적 인간
- ② 사회적 인간
- ③ 자아실현적 인간
- ④ 복잡한 인간

5) McClelland의 성취동기이론 : 성공의 대가보다는 성취에 만족하며, 목표를 달성할 때까지 노력한다. 자신이 하는 일의 구체적인 진행상황을 알기를 원하고 적절한 모형을 즐긴다.

6) Adams의 공평성이론 : 입력→출력, 직무에서 입력과 산출결과가 공평하게 균형을 이루고 있어야 동기유발이 잘된다는 견해를 갖고 공평성 이론 주장

7) Korman의 일관성이론 : 작업행동에는 균형개념과 일관성의 개념에 관심을 갖고 인간을 자신의 균형감과 일치감을 극대화하는 방향으로 행동하려고 한다는 것이 균형개념이고, 자기를 존경하는 사람을 일관성을 유지하고 만족상태를 계속 유지하기 위해 더 높은 성과를 올리려고 한다는 것이 일관성 개념이다.

8) Herzberg의 2요인이론 : 동기-위생이론, Maslow의 ①, ②단계를 위생요인으로 ③, ④, ⑤ 단계를 동기유발 요인으로 구분하여 2요인 이론을 주장하였다.

- 위생요인(직무 환경) : 회사 정책과 관리, 개인 상호간의 관계, 감독, 임금, 보수, 작업조건, 지위, 안전
- 동기요인(직무 내용) : 성취감, 책임감, 인정감, 성장과 발전, 도전감, 일 그 자체

9) Vroom의 기대이론 : 동기적인 힘(F) = 유인가(I) × 기대(E), 여러 가지 대안적 행동 가운데서 개인이 선택하는 행동은 심리적 사상과 관련이 있다는 이론

10) Locke의 목표설정이론 : 목표는 동기의 근본이며 행동방향이다. 인간은 이성적이며 의식적으로 행동한다는 가정에 근거한 목표설정 동기 이론이다. 즉 표적 요인과 변동요인이 높은 동기가 업무성취를 유도한다는 것으로, 목표는 특정방향으로 에너지를 이끄는 의도로 쓸 수 있는데 목표가 어렵고 구체적일수록 달성하는 데 보다 강력한 동기화가 필요하다.

1.3 집단관리와 리더쉽

1) 리더쉽의 정의 : 특정 상황 아래서 목적달성을 위해 개인 또는 집단의 활동에 영향력을 행사하는 지도과정으로 지도자, 추종자, 지도상황의 상호작용에 의해서 결정된다.

2) 지도자의 기능

- ① 불안정한 조직의 공식적 구조와 설계를 보완하는 것
- ② 현실적인 목표가 설계되어야 한다.
- ③ 변화하는 환경에 조직이 효율적으로 적응하도록 한다.
- ④ 조직내부의 조화를 유지하는 것
- ⑤ 적절한 권한을 위임하고 참여를 유도
- ⑥ 조직구성원의 동기를 유발시키고 조직에 잘 적응할 수 있도록 육성하며 구성원을 대체시키면서 조직의 체계를 유지

3) 지도자의 구비요건

- ① 화합성
- ② 통찰력
- ③ 정서적 안정성 및 활발성

4) 지도자의 속성

- ① 임무수행능력
- ② 강한 출세욕구
- ③ 상사에 대한 긍정적인 태도
- ④ 원만한 사교성
- ⑤ 강력한 조직능력
- ⑥ 판단능력
- ⑦ 자신에 대한 긍정적인 태도
- ⑧ 매우 활동적인 공격적인 도전
- ⑨ 실패에 대한 두려움
- ⑩ 부모로부터의 정서적 독립
- ⑪ 조직의 목표에 대한 충성심
- ⑫ 자신의 건강과 체력단련

5) 리더쉽의 유형

- ① 권위형
- ② 민주형
- ③ 방임형

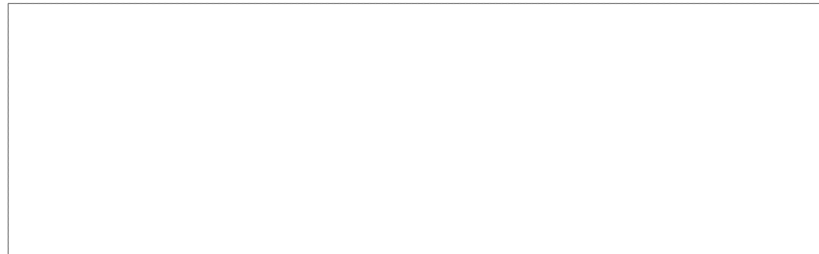
6) 리더쉽의 결정요소

- ① 조직의 성격
- ② 집단성원의 인적사항 - 학력, 기술수준 등

- ③ 기술의 발달 - 기술발달, 분업화, 조직화 등
- ④ 환경의 상태 - 전쟁 등 특별상황

제11장 바이오리듬과 피로

1.1 생체리듬



- 1) 바이오리듬의 정의 : 생명(생활)을 의미하는 Bios와 규칙적인 율동을 의미하는 리듬(Rhythms)이라는 2개의 그리스어가 합쳐진 단어로, 인간생명(생활)의 리듬법칙을 의미하며 인간의 생체현상에 미래의 주기성을 대상으로 한 과학을 말한다. 국제적으로 통일된 표시방법은 신체리듬(P)은 청색, 또는 실선, 감성리듬(S)은 적색, 또는 점선, 지성리듬(I)는 녹색, 또는 점선과 실선으로 나타낸다.
- 2) 신체리듬(physical cycle) : 유체적으로 건전한 활동기와 그렇지 못한 휴식기가 23일을 주기로 하여 반복된다. 위험일은 체력이 불안정해져서 배치과정에서 행동이 개정되거나 원하는 바대로의 정확한 행동이 이루어지지 못하고 불안정해질 수 있다.
·식욕, 소화력, 활동력, 스태미너 및 지구력
- 3) 감성리듬(sensitivity cycle) : 감정적으로 예민한 기간과 그렇지 못한 기간이 28일을 주기로 반복된다. 위험일은 감성이 불안정해져서 감정이나 신경이 동화되기 쉬워, 결단과정에서 착오나 착각을 일으킬 수 있다.
·정서적 희노애락, 주의력, 창조력, 예감 및 통찰력
- 4) 지성리듬(intellectual cycle) : 지성적 사고 능력이 재빨리 발휘되는 날과 그렇지 못한 날이 33일을 주기로 반복된다. 위험일은 정서가 불안정해져서 기억력이 떨어지고 결단력이 흐려지므로 인지 및 결단과정에서 착오를 일으킨다.
·상상력, 사고력, 기억력, 의지, 판단 및 비판력
- 5) 위험일 : 세가지 리듬은 안정기(positive phase, +)와 불안정기(negative phase, -)를 교대로 반복하면서 사인(sine) 곡선을 그려가는데 (+) 리듬에서 (-) 리듬으로 또는 (-) 리듬에서 (+) 리듬으로 변하는 점을 영(zero) 또는 위험일이라 하며, 이런 위험일은 한달에 6일 정도 일어난다. 통계적으로 10건중 6~7건은 같은 리듬의 요주의일에 일어났으며 그 지배리듬은 자각증상이 있는 특징이 있다. 위험일에는 평소보다 노졸증이 5.4배, 심장질환의 발작이 5.1배, 그리고 자살은 6.8배나 더 많이 발생한다고 한다.

6) 바이오리듬의 계산방법

① 신체리듬(P) = $T - 23K$ (단 $P < 23$)

② 감성리듬(S) = $T - 28K$ (단 $S < 28$)

③ 지성리듬(I) = $T - 33K$ (단 $I < 33$)

여기서, T = 총 생존일수($365 \times n + a + \alpha$)

n = 완전히 생존한 연도의 수

a = n년 이외의 생존일수

α = n년 중의 윤년수

K = 각 리듬의 완전한 주기 반복 회수

1.2 피로

1) 피로의 느낌

- ① 졸림과 노곤함
- ② 주의력·집중력 저하
- ③ 신체의 곳곳에서 생기는 위화감

2) 인간피로의 특징

- ① 주관적 피로
- ② 객관적 피로
- ③ 생리적(기능적) 피로

3) 피로의 원인

- ① 개인적인 조건 - 체력, 성별, 연령, 숙련도, 질병유무 등
- ② 작업조건 - 질적 조건, 양적 조건
- ③ 환경조건 - 온도, 습도, 진동, 소음, 조명, 공기오염 등
- ④ 생활조건 - 수면, 식사, 성생활, 자유시간, 레크레이션 등
- ⑤ 사회적 조건 - 인간관계, 임금과 생활수준, 통근시간 및 방법, 주택환경 등

4) 피로의 종류

- ① 정신피로 - 정신운동이나 신경(중추신경계)을 긴장시켜 일하였을 때 일어나는 피로
- ② 육체피로 - 근육에서 일어나는 피로
- ③ 전신성피로 - 근육노동 또는 특히 전신의 넓은 범위의 근육을 사용해서 일한 경우나 고도의 피로의 경우
- ④ 국소피로 - 국소피로나 국소장애는 근대 산업에서 작업이 분화되어 몸의 일정부위를 계속 사용하는 일이 많아져 생기는 것으로 가성근이나 경완 증후군이 있다.
- ⑤ 급성피로 - 피로의 발생이 갑작스러우나 휴식하면 쉽사리 풀리는 피로
- ⑥ 만성피로 - 매일 한결같이 계속되는 노동으로 주말을 향해 차츰 쌓여가는 축적피로
- ⑦ 환경성피로 - 고열작업자, 기계의 진동, 불량한 조명이나 침침한 조명, 사무실의 냉난방등이 원인이 되는 피로와 인간관계에서오는 피로
- ⑧ 근무제도에서 오는 피로 - 잔업, 교대성 근무, 야근 등

5) 스트레스의 원인

① 물리적 환경관련 스트레스

- ㉠ 조명 - 눈을 피로하게 하고 두통 유발
- ㉡ 소음 - 소음은 주의집중을 방해하고 욕구좌절의 원천
- ㉢ 온도 - 생리적, 심리적 측면에 영향
- ㉣ 음파 및 진동 - 시각장애, 두통, 수전 증세, 근육긴장
- ㉤ 공기오염 - 과제수행실적 감소
- ㉥ 사무실 설계 - 쾌적함 및 편안함을 제공하는 외에 이러한 기능을 적절히 제공하지 못할 때는 여러 가지 형태의 스트레스를 받게 된다.
- ㉦ 사회적 밀도 - 사회적밀도가 높아지면 수행실적은 떨어지고 작업에 대한 만족감 감소

② 조직관련 스트레스

③ 직무관련 스트레스

④ 개인관련 스트레스

⑤ 조직의 스트레스

6) 피로의 측정방법

- ① 에너지 대사량 : 동작, 작업, 운동에 수반된 대사를 통해 얻어지는 일련의 과정
- ② 프릭커 검사 : 광원을 일정한 속도로 점멸시키면서 점멸 주파수를 통하여 측정

7) 피로가 작업에 미치는 영향

- ① 실패율의 저하
- ② 자연휴식 시간과 그 횟수의 증대
- ③ 작업속도의 저하
- ④ 재해의 발생

8) 재해 방지를 위한 피로회복 대책

- ① 수면과 영양 섭취
- ② 휴식(적극적 휴식)
- ③ 물리적 요법
- ④ 정신적 자기단련
- ⑤ 약물복용

9) 휴식의 필요성

- ① 능력 향상
- ② 재해 방지
- ③ 질병 방지

1.3 인간실수

1) 인간실수의 심리적 분류

- ① 필요한 임무 혹은 절차를 수행하지 않음으로 인한 에러
- ② 필요한 임무 혹은 절차의 수행 지연으로 인한 에러
- ③ 필요한 임무 혹은 절차의 불확실한 수행으로 인한 에러
- ④ 필요한 임무 혹은 절차의 순서를 잘못 이해함으로 인한 에러
- ⑤ 불필요한 임무 혹은 절차를 수행함으로 인한 에러

2) 인간실수의 행동과정을 통한 분류

- ① 입력(input) 실수
- ② 정보처리(information processing) 단계에서의 에러
- ③ 의사결정(decision making) 에러
- ④ 출력 영역의 지시 단계에서의 에러
- ⑤ 출력(output) 에러
- ⑥ 궤환(feedback) 단계에서의 에러

3) 스웨인과 구트만의 실수분류

- ① 생략실수(omission error) : 해야할 일에 실패함
- ② 임무실수(commission error) : 잘못된 행동을 범함
- ③ 순서실수(sequence error) : 순서를 빠뜨림
- ④ 시간포착실수(timing error) : 할당된 시간내에 가동하는 것을 놓침

4) 인간실수 모델

- ① 피터슨의 사고 모델
 - ㉠ 과부하
 - ㉡ 인간공학적 미비점
 - ㉢ 실수에 대한 결정
- ② 사치맨과 서리의 인간실수 모델
 - ㉠ 근로자의 반응
 - ㉡ 인지
 - ㉢ 환경요소
- ③ 행동모델
 - ㉠ 생활변화단위 이론
 - ㉡ 동기부여 보상만족 모델

제12장 산업안전교육

1.1 안전교육

1) 안전교육의 의의 및 구성요소

모든 교육 활동은 교육을 하는 자와 교육을 받는 자가 서로 이해하고 신뢰하여야만 그 성과도 기대할 수 있는 것이다. 교육이란 전달이며, 조직=전달=교육이므로 조직 교육이 되고, 교육을 통해 조직을 만들며, 조직은 다시 기업을 만든다고 말할 수 있다. 기업내의 안전보건관리도 감시나 독려, 즉 감독이나 지시만으로는 만족한 결과를 얻을 수 없고, 안전보건교육과 함께 실시함으로써 비로서 소기의 성과를 거둘 수 있다.

교육의 주체, 객체, 매개체로 이루어진다.

2) 안전교육의 기본원칙

기본원칙을 무시한 기술이나 기능의 습득은 우리가 생겨 돌아킬 수 없는 실패를 초래하는 일이 적지 않다. 따라서 부적절한 교육으로 인해 잘못된 행위나 지식의 습득을 막기위해 원리원칙을 존중하여 그에 따르는 응용을 안전교육의 원칙으로 한다.

3) 안전교육의 목적

안전교육은 모든 재해를 예방하는 능력을 기르는데 있으며, 피해가 발생했을 경우 피해를 최소한으로 줄이는 방법의 결정 및 실천능력을 육성하는데 있다.

- ① 인간 정신의 안전화
- ② 행동의 안전화
- ③ 환경의 안전화
- ④ 설비와 물자의 안전화

4) 안전교육의 기능

- ① 안전 지식의 함양 - 전달기능(지식교육)
- ② 안전 기능의 체득 - 경험, 적응기능(기능교육)
- ③ 안전 태도의 향상 - 습관 형성기능(태도교육)

3) 교육의 단계

- ① 제1단계 : 도입(준비)
- ② 제2단계 : 제시(설명)
- ③ 제3단계 : 적용(응용)
- ④ 제4단계 : 확인(총괄)

3) 안전교육 방법

- ① 강의법 : 일반적으로 이용되고 있는 기본적인 교육방법. 상대방에 따라서 효과가 높고 능률적인 방법이나 일방적인 교육이 되는 단점이 있다.
- ② 시범 : 어떤 기능이나 작업과정을 학습시키기 위해 분명한 동작을 제시하는 방법.

단, 시범을 본 후 즉시 연습을 하여야 한다.

- ③ 반복법 : 이미 학습한 내용이나 기능을 반복해서 이야기하거나 실연토록 하는 교육방법
- ④ 토의법 : 10-20인 정도가 적당하며 안전지식과 안전관리에 대한 경을을 가지고 있는 경우에 가능한 방법이다.
- ⑤ 실연법 : 학습자가 이미 설명을 듣거나 시범을 보고 알게 된 지식이나 기능을 교육자의 지휘나 감독아래 직접적으로 연습하거나 적용을 하는 교육방법
- ⑥ 프로그램 학습법 : 수업프로그램이 학습원리에 의해 만들어지고, 피교육자의 자기 학습속도에 따른 학습이 허용되어 있는 상태에서, 학습자가 프로그램 자료를 가지고 단독으로 학습토록 하는 교육방법
- ⑦ 모의법 : 실제의 장면이나 상태와 극히 유사한 상황을 인위적으로 만들어 그 속에서 학습하는 교육방법
- ⑧ 사례연구법 : 5W1H, 실무연구의 방법이나 매번 적절한 사례를 들기 힘들고, 학습 상황을 측정하기 어려운 단점이 있다.

4) 교육 대상

- ① 신규채용자
- ② 작업내용 변경자
- ③ 위험작업 종사자(월 16시간 이상)
- ④ 일반근로자(월 2시간 이상)
- ⑤ 관리·감독자(월 2시간 이상)

5) 안전교육의 형태

- ① OffJT(Off the Job Training) : 집합교육
계층별 또는 직능별이라고 하는 것과 같이 공통된 대상자를 직장외의 회의장 등에 모아 집합교육을 하는 경우. 체계적이긴 하나 구체성이 결여된 교육방법이다.
- ② OJT(On Job Training) : 개인교육
직능별 교육에 있어서는 집합형태를 취하는 외에 개인교육을 실시할 필요가 있다. 이러한 직능이 고도로 전문적이거나 개별적인 경우가 많은 경우에 구체적인 교육방법이긴 하지만 교육자에 따라 현장의 입장에만 흐르는 결점이 있다.
- ③ 교육원조활동
개인 또는 그룹의 자주성에 기반을 둔 것이며 자기계발 또는 상호계발의 방법으로 시간적인 편의의 공여외에 통신교육, 강습회의 비용의 부담, 외부강사의 초빙 등이 있다.

6) 그 밖의 안전활동

- ① 안전패트를
- ② 안전보건제안 개선제도
- ③ 포스터, 표어 등에 의한 홍보
- ④ 안전당번 제도
- ⑤ 안전확인 오지 운동

- ⑥ 안전총고 운동
- ⑦ 안전경쟁

제13장 제품안전과 제품책임

1.1 우리나라의 제품안전

1) 소비자의 8대 권리

- ① 소비자는 안전할 권리가 있다.
- ② 소비자는 알 권리가 있다.
- ③ 소비자는 선택할 권리가 있다.
- ④ 소비자의 의사가 반영될 권리가 있다.
- ⑤ 소비자는 보상받을 권리가 있다.
- ⑥ 소비자는 소비자 교육을 받을 권리가 있다.
- ⑦ 소비자는 쾌적한 환경에서 살 권리가 있다.
- ⑧ 소비자는 조직할 권리가 있다.

2) 소비자 보호법

소비자 보호법은 1979년 12월 3일 국회에서 통과되어 1980년 공포되었고 1986년 소비자 보호원을 설립하기 위하여 전면 개정되어 오늘에 이르고 있다.

3) 소비자 피해사례 1 : 녹즙기의 상품안전

한국소비자연맹은 1994년 1월 21일 녹즙기에 오른손 검지와 중지 첫 번째 마다가 잘려 나가 서울 성심병원에서 봉합수술을 받았으나 회상회 불가능한 4세 여아의 부모부터의 고발 접수

이 고발 접수후 소비자연맹은 국립의료원, 순천향병원 등 각 종합병원과 녹즙기회사, 손해보험사를 통해 조사한 결과 11건의 어린이 피해사례 확인, 이후 13건의 소비자 고발이 더 접수됨.

① 사고 경위

- ㉠ 어머니가 사용하는 모습을 보던 어린이가 호기심에 손가락을 넣은 경우
- ㉡ 구입 첫날 작동 여부를 확인후 코드를 빼려고 등을 돌리는 순간 아이가 손가락을 집어넣은 경우
- ㉢ 어린이 본인이 방망이로 야채를 밀어 넣다가 잘려나간 경우
- ㉣ 아이가 샐러리를 녹즙기에 집어넣으면서 손가락까지 말려 들어간 경우

② 실태조사에서 지적된 문제점

- ㉠ 안전장치가 마련되어 있지 않다
- ㉡ 녹즙기의 무게가 무겁고(약 9.85kg) 부피가 커서 조리대나 식탁 등 높은 곳에 올려놓기보다 주방, 안방, 거실 등의 바닥에 사용하는 예가 많아 어린이의 손길이 닿기 쉽다.
- ㉢ 투입구의 안지름이 60~70mm로 어린이의 손이 충분히 들어갈 만큼 크고, 투입구의 높이도 70mm 안팎으로 작동중인 절단기어에 손가락이 닿을 만큼 낮았다.

③ 업체의 대처

- ㉠ ‘손가락 조심’ 스티커를 부착하고 뚜껑을 제작하여 공급, 내부의 기어형태 변경

을 시도했으나 개선품에서 여전히 사고가 되풀이 되고 있음.

- ㉔ 구형녹즙기를 갖고 있는 소비자를 위해 투입구 지름을 줄일 수 있는 보호캡 무료 공급.

4) 소비자 피해사례 2 : 자동차의 상품안전

- ① 소비자의 불만실태 : 승용차를 새로 구입한 후 보증수리기간 내에 생긴 성능과 기능 하자로 1994년 한 해동안 소비자보호원 피해구제국 자동차팀에 접수된 피해구제 신청건수는 모두 1천 4백여건, 민간소비자 단체인 한국소비자연맹도 1천 1백여건의 자동차 관련 고발 접수.
- ② 1994년 9월 13일 서울에서 국산 중형승용차를 새로산 J(43)씨는 2천km를 주행한 시점에서 소음이 심하게 발생하는 등 엔진하자를 발견하여 서비스센터에서 엔진의 타이밍벨트, 벨트케이스, 실린더블록 등의 부품을 보증수리받았다.
하지만 계속 문제가 생겨 같은달 22일 엔진 실린더 헤드 교체, 28일 보증수리로 엔진일체 교환, 그러나 다시 엔진에 심한소음과 진동이 발생 소비자보호원에 피해구제신청을 내고 해당회사에 새차 교환을 요구하게 되었다.
- ③ 선진국의 경우 자동차의 안전, 성능 테스트를 전문적으로 하는 사설기관들이 있어 비용만 대면 얼마든지 필요한 시험을 할 수 있다. 하지만 국내에는 자동차업체와 소비자간에 의견이 대립될 때 이를 객관적으로 뒷받침해 줄만한 전담전문기관이 없는 실정이다. 특히 자동차와 관련된 안전사고가 발생할 경우 제조결함 때문인지를 가능하기가 거의 불가능한 실정이다.

1.2 외국의 제품안전

1) 유럽연합(EU)의 제품안전

- ① 소비자관점에서 제품책임에 관한 지침
- ② 오도광고 지침
- ③ 소비자 신용 지침
- ④ 방문판매 지침
- ⑤ 음식물 표시 및 광고에 관한 지침
- ⑥ 위험물질에 관한 지침
- ⑦ 장난감 안전 지침

2) 일본의 제품안전

- ① 소비자 보호회의
- ② 국민생활 심의회
- ③ 국민생활센터
- ④ 소비자 제품안전협회

3) 미국의 제품안전

- ① 소비자 제품 안전 위원회
- ② 고속도로 운송안전국
- ③ 미국의 제품책임
 - ㉠ 보증책임
 - ㉡ 과실책임
 - ㉢ 엄격책임

제14장 人間-機械 體系와 人間 要素

인간공학이란 말은 Human Engineering의 뜻이다. 인간공학은 본래 산업심리학의 한 분야로서 작업 환경 중에서 사회환경면을 연구하는 것이 인간관계론이고 물질환경면을 연구하는 것이 인간공학이다. 이 인간공학 중에서 공기·온도·음향 등의 작업환경이나 설비·기계·공구·작업대·노동시간 등의 작업조건과 노동과의 관계에 대한 연구도 포함된다. 인간공학이란 노동의 적정화를 연구하는 과학이다. 인간이 작업을 할 때, 인간으로서 가장 자연스러운 작업방법이 어떤 것인가를 연구한다. 자세히 말하면, 인간의 합리적 노동방법을 연구하고 노동에 적당한 작업환경·기계·기구의 설계를 위한 기초적인 연구를 하는 것이다.

- 人間工學 : Ergonomics, Human Factors, Human Engineering, Hunam Factors Engineering
- Ergonomics (그리스어)
: Ergo(work) + Nomos(laws) + mics(학문등에 붙이는 접미어)

人間工學이라는 단어를 공식적으로 처음 사용한 사람은 미국의 Johnson O'Connor 보스톤에 인간공학연구소를 설립(1922년)--인간의 적성검사방식을 주로 연구함

「인간공학의 관련분야」

- (1) 실험심리학(experimental psychology)에 의해 발달된 분야 : 인간이나 동물을 피실험체로 하여 오감의 반응을 관찰. 군사상의 필요로 공학상의 설계에 집중.
- (2) 의학 및 생리학에서 발달된 분야 : 해부학(anatomy)에서 연구 되어 옴.
 - W.Harvey(1961년, 영국) - 혈액순환설로 인간의 메카니즘을 기계적인 펌프로 비교.
 - Giovanni A. Borelli(1680년, 이태리) - 인체각부의 운동을 역학원리에 둠
 - 인간기계론 발표(1747년) - 인체의 중심측정, 보행질주, 도약의 역학적 원리를 연구 하여 오늘날 인간공학의 기초가 됨.
 - 이들을 기초로 하여 최근에는 신경생리학 (Neurophysiology)과 인체측정학 (Anthropometrey)의 연구가 활발이 진행됨.
- (3) 작업 연구에서 발달된 분야 : 시간연구, 작업측정, 동작연구
 - 과학적 관리법의 창시자 Frederick.W.Taylor 는 시간연구(Time study)와 작업측정(Work measurement)을 1881년 발표.
 - Frank and Lilian Gilbreath 夫婦(1885년) :작업측정(Work measurement)
 - A.B.Segur : 1926년 MTA, PTS(Pre-determined Time System) 발표.
 - 광의 작업연구 :Plant layout, Material handling, 공정설계.
- (4) 환경공학에서 발달 된 분야 :
 - 환경 - 물리적 환경, 작업적 환경, 대인환경.
 - A.Mosso - 노동과학 : 피로의 문제, 노동의 에너지 소비문제 등을 중심으로 함 - 독 일에서 발달.
 - 미국의 하바드 대학에서 발달 : 산업위생 (Industrial Hygiene) - 의학적인 견지
- (5) 제어공학에서 발달된 분야 : A.Tsutin (영국, 1947년) - 인간을 하나의 제어기기로 생

각하여 검토함.

: 인간전달함수(human transfer function)의 연구, 로봇의 연구

(6) Industrial design 에서 발달된 분야

- Henry Dreyfuss (미국) - Industrial Design 시작
- 미국의 Industrial Design 협회(American Society of Industrial Design, ASID)에서 발달을 시킴.- 1944년
- 독일의 공작연맹 (Deutscher Werk Bund)의 활동 - 1907년

1.1 인간공학의 정의

1. E.J.McCormic (Human Factors Engineering, McGraw Hill,1957) :

인간공학이란 인간이 물건을 사용하는데 대한 기술의 체계를 말하나 좁은 뜻으로는 인간의 작업과 작업환경을 인간의 정신적·신체적 성능에 적합하게 하는 것을 목적으로 하는 과학이다. 따라서 인간이 사용하는 설비·기계·인간-기계계·상품 등의 설계나 작업방법·작업환경의 개선에 대하여 인간공학을 적용할 수 있다고 하였다.

인간공학이란 “인간이 사용할 수 있도록 설계하는 과정”이며 다음과 같이, 초점, 목표, 접근방법의 세 관점에서 정의할 수 있다.

- 1) 인간공학의 초점은 인간이 만들어 생활의 여러 국면에서 사용하는 물건, 기구, 혹은 환경을 설계하는 과정에서 인간을 고려하여 주는데 있다.
- 2) 이러한 인간이 만든 물건, 기구, 혹은 환경의 설계 과정에서 인간공학의 목표는 두가지이다. ① 사람이 이런 것들을 잘 사용할 수 있도록 실용적 효능(functional effectiveness)을 높이고, ② 이러한 과정에서 (건강, 안전, 만족 등과 같은) 특정한 인생의 가치 기준(human values)을 유지하거나 높이는데 있으며 둘째 목표는 바로 인간복지에 대한 것이다.
- 3) 인간공학의 접근방법(approach)은 인간이 만들어 사람이 사용하는 물건, 기구, 혹은 환경을 설계하는데 인간의 특성이나 행동에 관한 적절한 정보를 체계적으로 적용하는 것이다.

2. W.E.Woodson : 인간공학은 인간의 작업·인간-기계계의 능력이 향상되게 각종 설비의 디자인을 하는 것으로서 이것에는 정보의 표시방법이나 제어방법도 포함되어 있고 기구의 설계에는 효율에 중점을 두며 조작할 때의 인간의 안전을 확보하고 불쾌감을 없애는 것도 중요하다고 하였다.

[Woodson Wesley E. : Human Engineering Guide for Equipment Designers, University of California press, 1964.]

3. 인간공학이란 인간과 그 작업장의 환경사이의 관계를 과학적으로 연구하는 분야이다.

[K.F.Hywel Murrell : Ergonomics Man in his Working Environment, John Wiley and Sons, 1979.]

4. T. Hatch : 「人間の 外部 스트레스에 대한 反應을 支配하고 있는 原理, 法則 이나

量的關係를 機械나 機器設計에 適用하여 最適의 機械條件을 찾아 내는 것」

5. L.C.Mead : 인간공학은 기계와 인간에 의한 산업이 쾌적·안전·능률적이 되게 기계와 인간을 적합하게 하려는 것.
6. Charles C.Wood : 「最高의 能率과 最低의 費用으로 하나의 系列을 操作하기 위해 客觀적으로 量的인 人間の 行爲에 대한 情報를, 이 系列 및 그 各部分의 設計에 適用하기 위한 것」
7. W.F.Floyd : 「人間과 機械와의 사이에 適合性を 구하기 위한 것」
8. 인간공학이란 인간의 물질적, 정신적 능력과 한계에 대한 문제를 설명함으로서 그에 따르는 작업절차와 기계를 적당하게 배치하는 것을 목적으로 한다.
[Martin Helander : A Wiley Series in construction Management and Engineering (Human Factors/Ergonomics For Building And Construction), John Wiley and Sons, Inc, 1981.]
9. 인간공학의 분야는 인간-기계 시스템의 설계와 사용에 전문화를 꾀하여 인간의 행동에 대해 과학적인 지식을 도모하고, 이의 목표는 human error 를 최소화하기 위하여 시스템의 효율성을 개선하는데 있다.
[Jack A. Adams : Human Factors Engineering, Macmillan publishing Company, 1989.]
10. 인간공학이란 인간의 수행 능력과 한계에 대하여 좀 더 세부하게 연구하여서 인간에게 적절한 주위환경을 세워 주도록 이끌어 주는 필수적인 과학분야이다.
[David J. Osborne : Ergonomics At Work, John Wiley and Sons, 1982.]
11. 松本亦太郎 (東京大學教授, 1921년) : 「人間力を 能率的으로 사용하는 原理」
12. 淺居喜代治 (아사이 기요시, 日本 오오사카대학, 1984년):
「人間과 直接 關係를 지니는 시스템을 人間の 여러가지 特性을 基本 으로하여 設計 혹은 改善하기 위한 工學」
13. Yokomizo : 「사용의 편리성」
14. 野呂 影勇 (Noro Kageyu) : 「人間工學은 人間の 機能과 形態의 特性을 基本으로 한 設計의 생각과 方法을 體系化 한 것이다 -- 사용의 간단함」
15. 인간의 특성을 추구하고 이것과 기계와의 조화를 발견해 나아가고 기계를 인간의 생

리학적, 심리학적인 여러 특성에 적합하도록 추구해 나아가는 일들이 중요한 사항으로 대두되면서 인간과 기계와의 관계를 과학적으로 해명하려는 것을 하나의 목적으로 하는 학문 분야를 인간공학이라 한다.

[吉田義之, 伊藤秀三郎, 森川靖夫, 富田公博 : Modern Mechanical Engineering 機械工學 全書 34 人間工學, コロナ 社, 1982.]

1.2 인간공학의 역사

1. 1750-1870 : 기계의 시대

2. 1870-1945 : 동력의 시대, 산업혁명 시기

인간의 근력(muscle)에 도움을 주기 위한 것

Frank Gilbreth와 Lillian Gilbreth가 인간공학의 선구적 연구라 할 수 있는 동작연구(motion study)와 공장관리(shop management)에 관한 연구 시작

3. 1945-1960 : 기계위주의 설계철학, 전문분야의 탄생

우선 기계가 존재하고, 여기에 맞는 사람을 선발하거나 훈련을 통하여 인간을 기계에 맞추려 했고, 그 이후 인간위주의 설계관점으로 대치되어 기계를 인간에 맞추려 했음.

·1945 : 미국 공군과 해군에서 기술심리학(engineering psychology) 연구소 설립

·1949 : 영국에서 Ergonomics Research Society(현 Ergonomics Society) 설립
'Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design'(Chapanis, Garner, and Morgan, 1949)라는 책자 출간.

·1957 : 미국에서 Ergonomics라는 정기간행물 창간.
Human Factors Society 창설

·1959 : International Ergonomics Association 설립

4. 1960-1980 : 급성장기

유인 우주선이 발사되면서 우주계획의 중요한 분야가 됨.
하지만 당시의 일반인에게는 알려지지 않음.

5. 1980-1990 : 컴퓨터, 재앙, 소송

컴퓨터 혁명으로 인하여 인간공학이 대중적 각광을 받도록 촉진.

1979년 Three Mile섬 원자력발전소 사고등 대형 사고에서 인간요소를 적절히 고려하지 않은 것이 재앙의 요소임을 인식

6. 1990년 이후

인간공학은 생활과 노동의 질의 개선에 기여하고, 생산성과 안전성의 문제를 넘어서, 만족, 행복, 위엄과 같은 보다 무형적 기준을 포괄하는 문제에 기여하고, 저개발국의 생활과 노동의 질 개선에도 큰 역할을 할 것이다.

1.3 인간-기계 시스템

1. 체계의 특성

- 체계(system)의 정의: 특정한 목적을 가지고 이를 성취하기 위하여 여러구성인자가 서로 유기적으로 연결되어 있으면서 목적을 위해 노력하는 것.
- 인간-기계 시스템 : 한 사람이나 그 이상이 하나 또는 그 이상의 물리적 성분과 상호작용하여, 주어진 입력에 대하여 목적하는 출력을 얻는 것.
- 인간공학에서 인간에 주안점을 두어 인간-기계 체계를 구축하는 것이 바람직
- 체계는 체계 내부에 내부체계가 있고, 내부체계에는 또 내부체계가 있을 수 있다. 이러한 내부체계를 하부체계(subsystem)라 하는데, 어떠한 수준의 체계라도 공통된 특성을 가지고 있다.
- 체계(system)의 특성
 - ① 집합성 ② 관련성 ③ 목적추구성 ④ 환경적응성
 - ⑤ 환경으로부터 얻은 투입물을 변환시켜 그 산출물을 환경으로 보낸다.
 - ⑥ 개별요소로서가 아니라 전체로서 인식되어야 한다.
 - ⑦ 계층적 특징을 갖는다.
 - ⑧ 시너지(synergy)효과를 발휘한다.
 - ⑨ 통제되어야 한다.

1.3.1 체계의 목적

- 모든 체계는 목적이나 목표를 가지고 있어야 하고, 누구나 쉽게 이해할 수 있어야 한다.
- 충족시켜야 할 설계 명세서와 함께 명문화되어야 한다.

1.3.2 임무 및 기본기능

- 체계가 목적을 달성하기 위해서는 임무가 수행되어야 한다.
- 임무는 사람 또는 기계에 적절히 할당되어 수행되며, 네가지 기본기능이 필요하다(p. 7 그림 1-1).
- 기본기능 (Basic Function)
 - (1) 감지(sensing) - 정보수용
 - 인간 - 시각, 청각, 촉각을 이용한 감지
 - 기계 - 전자, 사진, 기계적 장치를 이용한 감지
 - (2) 정보보관
 - 인간 - 기억된 학습내용
 - 기계 - 펀치카드, 자기테이프, 형판, 기록, 자료표 등을 이용하여
차후에 사용하기 위한 정보 - 암호화, 부호화
 - (3) 정보처리 및 의사결정 - 인지한 정보를 가지고, 수행하는 여러가지 조작
 - (4) 행동기능 (Action) - 내려진 의사결정의 결과로 발생하는 조작행위
 - ① 물리적인 조정행위나 과정 - 물체나 물건을 이동, 변경, 개조하는 행위
 - ② 통신행위 - 음성, 부호, 기록 등의 방법 사용

1.3.3 입력 및 출력

- 입 력 - 원하는 결과를 얻기 위해서 필요한 재료
- 출 력 - 체계의 성과나 결과

1.3.4 통신유대

- 체계에는 어떤 형태의 통신이 있게 마련이고, 이것을 가능하게 하는 통신유대가 마련되어 있어야 한다.
- 체계를 설계할 때, 가능한 통신을 예상하여야 하고, 이것이 가능하도록 인간적 또는 기계적인 적절한 유대를 고려하여 설계하여야 한다.

1.3.5 절 차

- 체계가 임무를 수행할 때 따라야 하는 절차가 있다.
- 절차의 유형 - 개발시 작성된 절차, 사용하면서 개발된 절차

1.4 인간-기계 통합체계의 유형

(1) 폐회로체계(closed-loop system) : 체계의 외부환경과 상호작용하지 않는 체계로 이러한 체계는 결국 엔트로피가 증가되어 해체되거나 소멸되고 만다.

(예) 周波數나 音響을 조절할 수 없는 라디오는 폐쇄체계이다.

- 폐쇄 시스템은 외부환경으로부터의 영향에도 불구하고 시스템을 유지시키는 내부의 엄격성으로 인하여 균형의 특징을 나타낸다.

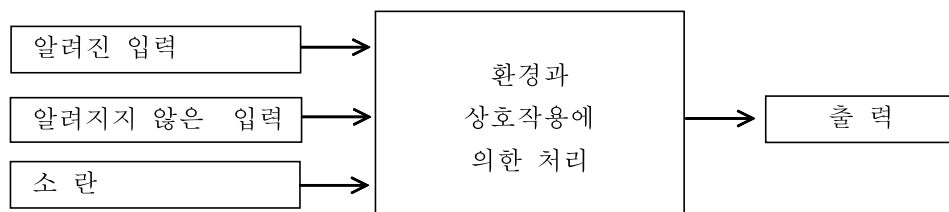
- 시간적으로 연속적인 체계.

- ① 연속적인 조종을 필요로 하는 어떤 과정을 수행
- ② 체계를 잘 운영하기 위해서는 연속적인 피이드백 정보를 필요
- ③ 피이드백 정보는 계속되는 조종과정에서 고려해야 하는 모든 오차에 대한 정보를 제공

(2) 개회로체계(open-looped system) : 정보, 에너지등을 시스템의 외부환경과 상호 교환하는 시스템으로, 이 시스템은 그 시스템이 계속하여 존속할 수 있도록 외부환경의 변화에 스스로 적응할 수 있다. 개방 시스템의 이러한 성질을 자기조직화(self - organization)라 한다.

예) 공장, 생태계 시스템, 각종 사업체등

景氣變動에 따라 生産計劃을 수정하며, 生産活動을 行하는 企業

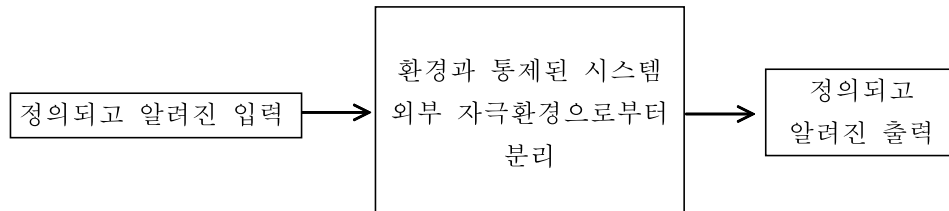


- 개방 시스템은 외부환경의 변화에 적응하기 위해 구성요소들의 동적인 상호 작용으로 안정된 상태를 나타낸다.

- 일단동작된 후에는 조절이 불필요, 혹은 불가능한 체계.
피이드백정보는 연속조정에 도움이 안됨, 차후의 체계가동에 도움.
운전자 내부에 어느정도의 내재적인 피이드백(feedback) 정보가 있음

(3) 상대적 閉鎖 시스템(relative closed-looped system) : 완전 폐쇄시스템과는 달리 환경과 상대적으로 고립된 시스템으로, 이 시스템은 한정된 입력만을 외부로부터 받아들이고 그것을 처리하여 이미 정의된 출력만을 제공한다.

예) 컴퓨터 프로그램



1.4.1 수동체계(Manual System)

- 수공구나 기타 보조물로 구성
- 자신의 신체적 힘을 동력원으로 사용하여 작업을 통제하는 인간사용자와 결합
- 인간은 정보를 주고, 조절

1.4.2 기계화 체계(Mechanical System) - 반자동체계(semiautomatic system)

- 고도로 통합된 부품들로 구성
- 변화가 별로 없는 기능들을 수행하도록 설계
- 동력은 기계가 제공, 운전자는 기계장치를 사용, 통제(p. 11 그림 1-2)

1.4.3 자동체계(Automatic System)

- 완전자동체계는 감지, 정보처리 및 의사결정, 행동기능 모두를 처리(기본기능 모두)
- 완전하게 프로그램되어 있어야 한다.
- 대부분의 자동체계는 폐회로 체계-신뢰성이 완전하다면, 인간개입이 불필요
- 신뢰성이 완전한 체계는 불가능-인간이 설치, 감시, 프로그램 작성 및 수정, 정비유지 등의 기능 수행

제15장 인간공학

6.1 안전공학과 일반공학과와의 관계

1) 안전공학과 일반공학의 개요

안전공학은 신뢰성 공학과 인간공학에 가장 근접한 관계에 있다. 그러나 종래의 공학이 효율지향인 반면 인간의 특성이나 능력을 조사하여 이것을 설계에 반영시켜 안전한 인간 및 기계환경을 수립하기 위한다는 점에서 신뢰성공학과 인간공학은 안전공학과 밀접한 관계있다고 할 수 있다.

2) 인간공학, 신뢰성 공학의 공통점

일반공학은 모두 생산성 향상이 목적인 반면, 일반적 공학과 같이 기계설비나 시스템의 기능의 발전과 능률향상을 목적으로 하여 발전한 학문이다.

6.2 인간공학

1) 인간공학

① 정의 : 인간의 행동, 능력, 한계, 특성 등에 관한 정보를 발견하고, 이를 도구, 기계, 시스템, 과업, 직무, 환경의 설계에 응용함으로써, 인간이 생산적이고 안전하며 쾌적하고 효과적으로 이용할 수 있도록 하는 것.

② 기원 : 인간의 특성이나 능력을 조사하여 이것을 설계에 반영시켜 효율이 좋은 인간과 기계관계를 수립하기 위함

③ 목적

- 안전성의 향상과 사고방지
- 기계조작의 능률성과 생산성의 향상
- 작업환경의 쾌적성

④ 인간공학의 연구분야 : 인간요소공학, 인체측정학, 생체역학, 운동역학, 작업생리학, 작업측정학, 노동과학, 두뇌공학, 인간성능, 산업재해, 안전공학

④ 인간공학의 연구방법

- 역학조사에 의한 방법(Epidemiological Approach)
- 생체역학적 연구방법(Biomechanical Approach)
- 생리학적 연구방법(Physiological Approach)
- 인체심리학적 연구방법(Psychophysical Approach)

⑤ 인간공학의 가치 및 효과

- 성능의 향상
- 훈련비용의 감소
- 인력이용률의 향상
- 사고 및 오용에 의한 손실감소
- 생산 및 정비유지의 경제성 증대

·사용자의 수용도 향상

2) 인간과오 방지를 위한 대책

① 설비, 작업환경 요인에 관한 대책

- 위험요인의 제거
- Fool-proof, Fail-safe 설계
- 정보의 궤환(feed back)
- 정보 체계
- 양립성(compatibility)의 원칙 활용
- 시인성(visibility)의 향상
- 인체계측치에의 적합 설계

② 인적요인에 관한 대책

- 교육훈련과 작업전 협의
- 작업 모의실험
- 소집단 활동의 활용

③ 관리요인에 관한 대책

- 안전 분위기 조성
- 설비, 환경의 자발적인 개선

3) 작업공간의 설계

① 정상작업영역

② 최대작업영역

③ 작업공간의 부품배치

- 중요도의 원칙
- 사용 빈도의 원칙
- 기능별 배치의 원칙
- 사용 순서의 원칙

6.3 신뢰성 공학

1) 신뢰성 공학

- ① 정의 : 시스템이 주어진 운용조건하에서 의도하는 사용기간 중에 의도한 목적으로 만족스럽게 작동하도록 시스템의 신뢰도를 확보하고 향상시키기 위한 공학
- ② 기원 : 주로 미국에서 미사일 병기나 우주 로켓, 원자력 시설 등의 사고방지를 위하여, 기계, 전기부품의 고장이 전체 시스템에 미치는 영향을 해석·평가하고, 그것에 의해 안정성을 확보하는 것을 목적으로 발전
- ③ 결함수해석(FTA; Fault Tree Analysis) : 위험요소를 확률적으로 분석·평가하는 Hazard Assessment Methods 중의 하나로써, FTA는 시스템 안전공학의 발달과 때를 같이 하여 1962년 벨전화연구소의 Watson에 의해 미니트맨 미사일 발사 제어 시스템의 연구에 관련 처음 고안
- ④ 특징 : 연역적인 분석방법(재해현상→재해원인), 정량적분석, 복잡한 시스템을 상

- 세하게 분석, 수리적분석가능
- 사고원인 규명의 간편화
- 사고원인 분석의 일반화
- 사고원인 분석의 정량화
- 노력·시간의 절감
- 시스템의 결함 진단
- 안전점검 Check List 작성

4.1 인간신뢰도

· 자동화의 추이 ⇒ 인간-기계체계에서 인간의 개입성격 변화

- ① 기계의 운전과 보전, 체계감시
- ② 정보의 양, 감시대상 체계의 규모와 복잡성의 증가
 - 운전자가 처리해야 할 인식정보의 양 증가
- ③ 체계를 불안정, 위험조건으로 몰아넣는 상황 - 인간의 빠른 개입이 요구

4.1.1 인간실수(human error)

- ① 시스템으로 정의되는 일련의 허용영역 안에서 받아들이 수 없는 행동(Salvendy 1987)
- ② 시스템의 성능, 안전 또는 효율을 저하시키거나 감소시킬 잠재력을 갖고 있는 부적절하거나 원치않는 인간의 결정이나 행동 등 어떤 허용범위를 벗어난 일련의 인간동작중의 하나(Sanders and McCormick 1987)
- ③ 요구된 수행도로부터의 이탈(Meister 1971)
 - 기기를 조작하고 보수할때 발생
 - 대부분은 시스템 개발단계에서 이미 시스템에 설정된 설계측면에 기인
 - ⇒ 시스템 개발이나 설계단계에서의 인적측면 강조
 - 조작실수의 원인
 - ㉠ 개인의 특성요인 : 능력이나 훈련의 부족, 의욕저하
 - ㉡ 환경요인 : 시스템 부적합에 기인
 - 장치나 기기의 인간공학적 배려부족, 환경조건과 작업공간의 미비, 과도한 부하나 나쁜 작업조건, 조작이나 안전에 필요한 기술적 데이터의 부적절 등
- ④ 확인되어지는 한계행위로부터 이탈한 것(Swan and Guttman 1980)

· 인간공학측면에서 인간실수의 의의

인간 신뢰도 문제로 취급 ⇒ 인간-기계 시스템 전체의 신뢰성 분석
: 어떻게 대처할 것인가

·인간신뢰도의 기본단위(Kantowiz and Sorkin 1985)

$$\text{인간실수확률(HEP:human error probability)} = \frac{\text{실수의 수}}{\text{실수발생의 전체기회 수}}$$

(예) 품질관리 관계자가 5,000개의 베어링을 조사하여 400개를 불량품으로 처리하였으나 실제로는 1,000개의 불량품이 있었을 경우, 600개의 불량베어링을 기각하지 못하였으므로 $HEP = 600/5,000 = 0.12$ 이다.

- 인간성능의 변화성 - 인간이 개입되는 경우 훈련, 경험 혹은 기술수준에 관계없이 실수를 하게 마련이다.
- 신뢰성이 극도로 높은 설비를 설계하는데 드는 노력
⇒ 인간실수에 의해 신뢰성이 무효화
- 인간실수 발생원인 - 성능이 미리 정의된 한계를 벗어날 경우
- 실수형태 - 필요한 조치를 수행하지 않거나, 틀린방식, 뒤바뀐 순서 혹은 틀린 순간에 수행.

(1) 인간이 유발한 고장

- ① 생략 혹은 不作爲(omission) 실수: 한 작업 내지 단계를 수행하지 않은 에러
- ② 실행 혹은 作爲(commision) 실수: 작업 내지 단계는 수행하였으나 잘못된 실수
 - ⓐ 과잉행동(extraneous act) 실수: 해서는 안될 불필요한 작업을 행동으로 도입한 실수
 - ⓑ 순서(sequential) 실수: 작업수행의 순서를 잘못된 실수
 - ⓒ 시간(timming) 실수: 소정의 기간에 수행하지 못한 실수(너무 빨리 혹은 늦게)

○ 대뇌의 정보처리과정 측면에서 인간에러(橋本 1980)

- ① 인지, 확인 에러: 외계의 정보를 받아들여 대뇌의 감각중추에서 인지할때까지의 과정에서 일어나는 에러
- ② 판단, 기억 에러: 상황을 판단하고 적응적인 행동을 의사결정하여 운동중추로부터 지령을 낼 때까지의 대뇌과정에서 일어나는 에러
- ③ 동작 및 조작 에러: 운동중추로부터 의식적으로 동작이 지령되었으나, 동작발생도중에 조작을 잘못하는 것등의 에러

○ 한국산업안전공단(1991)의 인간에러 분류

- ① 작업자에 기인한 에러(operator induced error): 정확한 판단을 할 수 있도록 교육을 받았거나 지식을 가진 사람이 무의식적인 행동이나 판단 또는 부정확한 결론을 내리는 경우에 발생하는 에러
- ② 시스템에 기인하는 에러(system induced error): 중대 화재 또는 상해를 유발할 수 있는 전체시스템에 기인하여 발생하는 에러
- ③ 설계에 기인하는 에러(design induced error): 기기설계와 제작이 불충분한데서 발생하는 에러
- ④ 입력에러(input error): 정보의 분류와 기록, 에러의 검색 등 정보처리과정에서 발생하는 에러
- ⑤ 출력에러(output error): 적절한 순서대로 작업절차를 수행치 못하므로 생기는 에러

- ⑥ 낮은 비중의 에러(low stress error): 계획된 순서대로 작업절차를 수행치 못하므로 생기는 에러
- ⑦ 높은 비중의 에러(high stress error): 다중의 여러경보로 인하여 에러를 일으킬 수 있는 높은 잠재성을 가진 에러

※ 모든 체계고장의 상당히 높은 비율이 인간실수에 기인(20 - 80%)
 미사일 - 40% 충돌, 범람, 좌초 - 63.6%
 비행기 사고 - 313건중 234건(74.8%)

- (2) 생산과정에서의 인간실수 : 제품의 제조와 조립과정에서의 실수 ⇒ 사용자에게 문제를 유발 ⇒ 심각한 폐기, 기각빈도
 (예) 전기 연결물 - 전선가닥이나 납 튀긴가루를 깨끗하게 유지못하면 합선을 초래
- (3) 검사착오 및 제품품질
 불량한 검사 ⇒ 기계고장, 원료낭비 ⇒ 생산비 증가, 생명과 거액의 손실을 초래
 검사성능의 개선 ⇒ 인식적 판별성을 높여야 함

4.1.2 체계안전에서의 인간실수의 중요성

인간의 부주의와 태만은 악의없는 실수로 보이나, 인간-기계 체계가 복잡해질 수록 이런 순진한 착오의 기회와 그 결과의 심각성은 더욱 커지고 있음. ⇒ 주의가 필요
 (예) 밸브의 오조작 - 1979년 3월 28일의 Three Mile Island의 방사능 누출사고

4.2 인간실수

4.2.1 인간-기계 체계에서의 인간행태

- 인간-기계체계의 정상운용과 체계를 위험하게 하는 이상한 교란에 대처하기 위해서는 인간활동이 필요
- 인간은 체계나 하부체계의 상태에 관해서 정보를 감지 ⇒ 어떤 행위를 취해야 하고 취하지 말아야 하는가를 결정하기 위해서 정보를 처리하고 행동을 해야함.

- ① 입력착오 - 감각 혹은 지각 입력의 착오
- ② 처리착오 - 중재 혹은 정보처리 착오
- ③ 출력착오 - 신체적 반응의 착오

4.2.2 인간의 실수란 ?

“인간이 명시된 정확도, 순서 혹은 시간 한계내에서 지정된 행위를 하지 못하는 (혹은 금지된 행위를 하는) 것이며, 그 결과 장비나 재산의 파손 혹은 예정된 작업의 중단을 초래할 수 있다” - Hagen et al -

- 인간실수의 주 원인 - 인간의 변화성(variability)
 ⇒ 훈련을 통한 기술 습득

4.2.3 인간실수의 성격

인 간 - 여러 기관과 기능
기 계 - 여러 부품과 기능

유사점이 있어서 병행해서 분석

(1) 인간실수 - 우발적으로 재발하는 유형

기계실수 - 저절로 복구되지 않음

(2) 인 간 - 학습에 의해 계속해서 성능을 향상

수행중의 학습과 적응은 많은 상황에서 중요

기 계 - 그럴지 못함

- 인간성능과 압박은 비선형 관계 - 압박이 중간정도일때 성능수준이 가장 높음
- 인간성능 - 과거수행 기록과 관련
- 인간변수의 모수 - 기계를 운전할 사람의 실제 신체적, 감정적, 지적, 태도적 특성을 고려하여 운용현실에 가까운 조건에서 구해야 함.

4.2.4 인간 실수 분류

1. 행태지향적 분류 - 특정 직무나 응용분야에 관계없이 분류

(1) Rock의 분류

표 4-1 Rock의 실수 분류 체계

행위시의 의도	행 태 원 소		
	입력(I)	중재(M)	출력(O)
A 의도적	AI	AM	AO
B 비의도적	BI	BM	BO
C 부작위	CI	CM	CO

(2) Swan의 분류 - 내부요건에 관계없이 인간의 출력을 체계요건에 결부

- ① 부작위(omission)실수 - 운전자가 한 단계 또는 전 직무를 누락시킬 때 발생
- ② 작위(commission)실수 - 운전자가 직무를 수행하지만 틀리게 수행할때 발생
: 선택착오, 순서착오, 시간착오, 정성적 착오

2. 직무 혹은 체계지향적 분류 - 특정 직무수준이나 체계수준에서 특별한 분야에 적용

3. 2 수준 분류방식(Rouse)

일반범주 - 인간실수가 발생하는 6행대 과정중에서 구별(행태지향적)

특정범주 - 틀린 의사결정이나 행동의 개별 특성들을 정의(직무지향적)

4.3 사람들은 왜 실수하나

인간실수의 대부분은 체계설계의 결함으로 부터 발생하기 때문에 인간실수를 유발하는 설계요소들을 면밀히 살펴 조직적으로 제거해야 한다.

1. 직무 복잡성

- 인간은 역량한계를 가지고 있으므로, 복잡한 직무에서 보다 많은 실수를 함
- 단기 기억의 역량한계와 장기기억의 회상문제 - 인간의 성능 신뢰성에 강한 영향을 끼침.
- 특정한 순서에 따른 복잡한 일련의 직무 - 인간기억에 무리를 줌
- 명문화된 절차, 체크리스트 - 기억부담을 덜어줌

2. 실수가 발생하기 쉬운상황 - 인간공학적 배려가 전혀 안된 상황

- 이러한 조건은 운전자의 능력, 한계, 경험, 기대에 맞지 않는 무리한 부담을 줌
- 사람을 체계에 맞추는 것이 아니라 체계를 사람에게 맞추어야 한다는 설계 철학에 기초를 두고 있음.
- 실수 유발조건의 식별과 그 치유를 강조
- 운전자의 과오가 아니라 다른 이유로 실수가 일어나기 쉽다고 가정
- 실수를 하기 쉽게하는 직무와 상황적 특성(D. Meister의 분류)

단 계	에러 형태	에러 원인
설계단계	설계 Error	부적절한 기능배분 인간공학적 설계배려의 결여 필요조건의 결여
제조단계	제작,점검 Error	Manual 의 不備 부적절한 지시 도구의 不備 부적절한 환경 부적절한 훈련, 기술 작업장의 layout의 불비
검사단계	조작,설치	부적절, 불완전한 기술 data 부적절한 정비, 보관
조업단계	조작, 설치 보전 Error	operator의 작업조건 작업의 복잡성 적합하지 않은 인재의 선택

※ 참고 :

인간을 둘러 싸고 있는 배후요인(4M)

- (1) Man : 작업동료, 상사, 부하
- (2) Machine : 기기나 장치등의 물적조건 (interface)
- (3) Media : 매체, 환경으로서 작업의 방법, 작업상황
- (4) Management : 각종 안전법규의 정비나 안전의 점검, 관리감독이나 지시의 방법, 교육훈련

4.3.1 행태적 특성 - 인간적 속성들

: 연령, 성별, 지각능력, 신체조건, 근력/지구력, 직무의식, 훈련/경험, 숙련도, 동기/태도, 감성적 상태, 압박수준, 사회적 요인들

- 압박과 경험의 부족은 실수확률을 10배까지 증가시키는 행태적 요소

표 4-2 일상적 직무 수행시 경험부족이 인간실수 확률에 미치는 영향

압박	행태원소	
	숙련공	초보자
아주 낮다	× 2	× 2
최 적	× 1	× 1
꽤 높다	× 2	× 4
극단적으로 높다	× 5	× 10

13.1 인체계측

·인체계측학(anthropometry), 신체역학(biomechanics)

신체부위의 길이, 무게, 부피, 운동범위 등을 포함하여 신체모양이나 기능을 측정하는 것을 다루는 분야

·몸의 치수측정 - 구조적 치수, 기능적 치수

13.1.1 구조적 인체치수(그림 13-1, 표 13-1)

표준자세에서 움직이지 않는 피측정자를 인체계측기로 측정한 치수

13.1.2 기능적 인체치수(그림 13-2)

움직이는 몸의 자세로부터 측정한 치수

※ 기능적 치수가 중요한 이유 - 신체적 기능을 수행할때 각 신체부위는 독립적으로 움직이는 것이 아니라 조화를 움직이며 움직이기 때문

13.2 인체계측자료의 응용원칙

·인체계측자료 - 장비나 설비의 설계에 널리 응용

·인체계측자료를 사용할 때에는 문제되는 설비를 실제로 사용할 사람들과 비슷한 집단으로부터 얻은 자료를 선택해야 한다.

·설계문제에 따라서 대상 인체측정자료를 선택하는 원칙

① 극단적인 사람을 위한 설계 ② 조절범위 ③ 평균치를 기준으로 한 설계

13.2.1 극단적인 사람을 위한 설계

인체계측 특성의 한 극단에 속하는 사람을 대상으로 설계하면 거의 모든 사람을 수용할 수 있음

(1) 최대집단치를 위한 설계

대상 집단에 대한 관련 인체계측 변수의 상위 백분위수(percentile)를 기준으로 하여

90, 95, 99%치가 사용

(예) 공간 여유 결정 - 문, 탈출구, 통로

최소 지지 중량(강도) - 줄다리기, 지지물

(2) 최소 집단치를 위한 설계

대상 집단에 대한 관련 인체계측 변수의 下位 백분위수(percentile)를 기준으로 하여 1, 5, 10%치가 사용

·최대집단치나 최소집단치를 정할 때는 효과와 비용을 고려해야 함

13.2.2 조절범위(그림 13-4)

장비나 설비의 설계시 여러사람에게 맞도록 조절식으로 만드는 것이 바람직

(예) 자동차 좌석의 전후 조절, 사무실 의자의 상하 조절

·5%치에서 95치 까지 90% 범위를 수용대상으로 설계하는 것이 관례

13.2.3 평균치를 기준으로 한 설계

최대집단치나 최소집단치, 조절식으로 설계하는 것이 부적절한 경우에 적용

(예) 은행의 계산대

13.3 작업공간

13.3.1 앉은 사람의 작업공간 - “작업공간 包絡面(work-space envelop)”

·수행해야 특정활동과 공간을 사용할 사람의 유형을 고려하여 상황에 맞추어 설계

·작업공간 포락면을 설계하기 위한 자료를 얻기 위해서 필요한 인체공학적 연구

·외곽한계(grasping reach) - 그림 13-5

앉은 작업자가 특정한 수작업 기능을 편히 수행할 수 있는 공간의 외곽한계

13.4 작업대

13.4.1 수평작업대(그림 13-6, 표 13-2)

(1) 정상작업역 - 윗팔을 자연스럽게 수직으로 늘어뜨린채 아랫팔만으로 편하게 뻗어 파악할 수 있는 구역

(2) 최대작업역 - 아랫팔과 윗팔을 곧게 펴서 파악할 수 있는 구역

13.4.2 작업대 높이(그림 13-7)

·작업면의 높이 : 윗팔이 자연스럽게 수직으로 늘어뜨려지고 아랫팔은 수평 또는 약간 아래로 비스듬하여 작업면과 만족스런 관계를 유지할 수 있는 수준으로 결정해야 함 - 이보다 높을 경우에는 작업대사가가 증가

(1) 着席式 작업대의 높이(그림 13-7)

의자높이, 작업대 두께, 대퇴여유와 밀접한 관계

- 관련되는 많은 변수들로 모든 사람들에게 맞는 작업대와 의자의 고정배치를 하는 것은 힘들
- 작업의 성격에 따라 작업대의 최적 높이가 달라짐
 - 섬세한 작업 - 약간 높아야 함
 - 거친작업 - 약간 낮은 것이 좋다
- 체격의 개인차, 선호차, 수행되는 작업의 차이 때문에 가능한한 의자높이, 작업대 높이, 발걸이 등을 조절할 수 있도록 하는 것이 바람직

(2)立式 작업대의 높이(그림 13-8)

- 근전도, 인체 계측, 무게 중심 결정 등의 방법을 통한 적합한 작업대의 높이
 - 팔꿈치보다 5 ~ 10Cm 낮은 것이 가벼운 조립작업이나 비슷한 작업에 적당
- 작업성격에 따라 최적 높이가 달라짐
 - 개개인에게 맞는 설비를 선택하거나 제작
 - 작업대 다리밑에 받침을 끼워넣음
 - 조절할 수 있도록 함
 - 발판

(3)立坐 겸용 작업대의 높이(그림 13-9)

- 서거나 앉은 자세에서 작업하거나 혹은 두 자세를 교대하는 경우의 작업대 높이
- 두 자세를 교대할 수 있도록 마련하는 것이 바람직

13.5 의자 설계 원칙

(1) 체중분포(그림 13-10)

의자에 착석시, 좌면에 체압분포는 그림 13-10에서와 같이 좌골, 좌골결절을 중심으로 약간의 면적으로 받쳐져야하며 이 상태가 생리적으로 좋다

- 둔부 주위로 갈수록 둔부에 걸리는 압력이 감소하는 형태로 체중이 둔부 전체에 배분되어야 함
- 바람직한 체중분포를 얻기 위해서는 적당한 두께의 탄력성 완충재나 방석을 사용
 - 고밀도 기포 우레탄 완충재가 편리
 - 몸의 외형에 맞도록 윤곽을 파거나 굴곡있는 윤곽 좌판 - 몸의 움직임을 제한
 - 절충안 - 좌판의 윤곽정도를 제한

(2) 좌 면

좌면은 사용자의 몸무게를 지탱하는 부분이므로 대퇴부의 압박과 두 다리의 혈액 순환과 관계되므로 의자 앞부분의 모서리를 둥글게 할 필요가 있다.

- ① 의자좌판의 높이 - 좌면 높이가 높은 경우는 대퇴부면에 압박이 가해지고 그 결과 혈액순환에 장애를 일으켜 발가락의 체온을 저하시킬 우려가 있으므로, 좌면 앞부분이 대퇴를 압박하지 않도록 좌면 앞부분은 오금 높이보다 높지 않아야 한다. 이

때 치수는 5%치 이상되는 모든 사람을 수용할 수 있게 선택하고, 신발의 뒷굽치가 수Cm를 더한다는 점을 감안해야 한다. 그러나 이렇게 고정된 의자 높이는 체격이 큰 사람이 앉을때 무릎 관절각에서부터 시작하여 연쇄 반응식으로 불편한 자세를 취하게 하며 등을 굽히고 앉게된다. 물론, 가능하다면 좌면의 높이를 조절할 수 있도록 하는것이 바람직하다.

- ② 의자좌판의 깊이와 폭 - 좌면의 바람직한 깊이와 폭은(다용도,타자용,휴게실용등) 의자 종류에 따라 다르지만, 일반적으로 폭은 큰 사람에게 맞도록하고 깊이는 대퇴부 여유를 주도록하고 대퇴부를 압박하지 않도록 작은 사람에게 맞도록 해야 한다. 또한 여러사람이 긴 의자에 일렬로 앉든가 의자들이 옆으로 붙어 있는 경우 팔꿈치간에 폭을 고려해야 한다.

③ 등대기

·등대기의 높이 - 견갑골 하단

·좌면에 대한 경사각 - 背座間の 각도는 남자가 111°, 여자가 113°가 적절하며,또 요추가 달는 부근에서 각도를 조절할 수 있는 등대기가 좋음

④ 몸통의 안정

·체중이 좌골결절에 실려야 몸통안정이 쉬워짐

·몸통안정은 좌판과 등판의 각도와 등판의 만곡이 중요한 역할(그림 13-11)

·좌판 - 야간 경사저야 함

등판 - 뒤로 기댈 수 있도록 뒤로 기울어져야 함

사무용 - 좌판각도(3°), 등판각도(100°)

휴식, 독서 - 더 큰 각도가 선호

⑤ 휴식용 의자

·좌판높이 - 사무용 의자보다 7~8Cm 낮은 37~38Cm

·좌판각도 - 25°~ 26°

·등판각도 - 106°~ 108°

·등판이 중요

·5Cm 정도의 완충재가 바람직

■ 앉은 자세가 인체에 미치는 영향

1. 앉은 자세가 근육에 미치는 영향

·EMG를 사용한 앉는자세와 근육의 부하에 대한연구

- 요추가 지지될 때가 역학적으로나 해부학적으로나 가장 편안하며 근육의 피로도도 가장 낮음

2. 앉은 자세가 인체의 골격에 미치는 영향

·요추의 곡면도 변화 - 약 30°

- 요추의 4번째 마디(L4)와 5번째 마디(L5)에서 일어남

·따라서, 상당한 힘(50~100kg)을 받게 되는 요추는 신체적으로 가장 중요한 동시에게 가장 위험한 부분이 아닐 수 없다. 요추가 정상위치가 벗어나는 경우 허리의 통증은 만성적이되며 보행은 물론 앉는 것에 이르기까지 정상적인 자세를 취할 수 없게 된다.

- 보행중이거나 작업중은 물론, 휴식자세로 앉아있을 때에도 요추에는 하중이 걸림
- 부적합한 앉은 자세와 의자 - 목 근육의 통증, 대퇴부의 종양등을 발생시킨다. 이와 관련된 연간 비용은 미국에서만도 7억 5천만 달러를 소요

2) 신뢰도 측정기준

- ① 신뢰도 : 체계 혹은 부품이 주어진 운용조건하에서 의도하는 사용기간 중에 의도한 목적에 만족스럽게 작동할 확률
- ② 가용도 : 체계가 어떠한 시점에서 만족스럽게 작동할 수 있는 확률. 순간가용도, 구간가용도, 고유가용도
- ③ 수리도 : 고장난 체계가 일정한 시간안에 수리될 확률
- ④ 고장률 : 단위시간당 고장나는 비율
- ⑤ 고장밀도함수 : 단위시간당 고장이 발생하는 체계의 비율
- ⑥ 평균고장시간(Mean Time to Failure; MTTF) : 체계가 작동하기 시작한 후 고장이 발생하기까지의 평균시간
- ⑦ 평균수리시간(Mean Time to Repair; MTTR) : 체계의 고장발생 순간부터 수리가 완료되어 정상 작동하기까지의 평균시간
- ⑧ 평균고장간격(Mean Time Between Failures; MTBF) : 체계의 고장발생 순간부터 수리가 완료되어 정상 작동하다가 다시 고장이 발생하기까지의 평균시간

3) 고장률 곡선

- ① 초기고장기간
- ② 우발고장기간
- ③ 마모고장기간

4) 신뢰도의 분석방법

① 직렬구조

구성부품들 중 어느 하나라도 고장이 나면 체계 전체가 작동불능이 되는 체계

$$R = P\{\text{부품1정상} \cap \text{부품2정상} \cap \dots \cap \text{부품n정상}\}$$

$$= r_1 \times r_2 \times \dots \times r_n$$

$$= \prod_{i=1}^n r_i$$

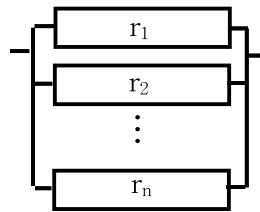


ex) $r_1 = 57\%$, $r_2 = 81\%$, $r_3 = 46\%$ 일 때, 직렬체계의 신뢰도는?

$$R = 0.57 \times 0.81 \times 0.46 \approx 0.21$$

② 병렬구조

구성부품들 중 어느 하나라도 작동하면 체계가 작동하는 체계

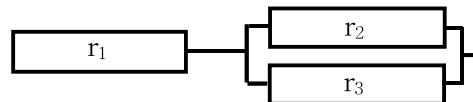


ex) $r_1 = 57\%$, $r_2 = 81\%$, $r_3 = 46\%$ 일 때, 직렬체계의 신뢰도는?

$$R = 1 - (1-0.57) \times (1-0.81) \times (1-0.46) \approx 0.96$$

③ 가락구조

직렬구조와 병렬구조가 혼합된 형태



ex) $r_1 = 90\%$, $r_2 = 70\%$, $r_3 = 70\%$ 일 때, 직렬체계의 신뢰도는?

$$R = 0.9 \times (1 - (1-0.7) \times (1-0.7)) \approx 0.819$$

※ n중 k구조

동일한 n개의 구성품 중 k개 이상만 작동하면 전체가 정상적으로 작동하는 체계

$$R_s = \sum_{m=0}^{n-k} \binom{n}{m} r^{n-m} (1-r)^m$$

5) 신뢰도의 요인

① 인간신뢰도

- 주의력
- 긴장수준
- 의식수준

② 설비신뢰도

- 재질
- 기능
- 작동방법

③ 소프트웨어 신뢰도

- 운용 프로그램
- 관리요령

제 16장 시스템 안전공학

1. 시스템 안전공학

1) 시스템의 유형

- ① 수동체계(manual system) - 인간과 인간이 사용하는 수공구나 기타 보조물로 구성된 체계
- ② 기계화 체계(mechanical system) - 반자동체계(semiautomatic system)라고도 불리며, 동력은 기계가 제공하며 인간은 통제를 하는 전형적인 시스템
- ③ 자동체계(automatic system) - 모든 임무를 기계가 수행하며 주로 폐회로 시스템, 신뢰성이 완전한 자동체계란 불가능한 것으로 여겨지고 있다.

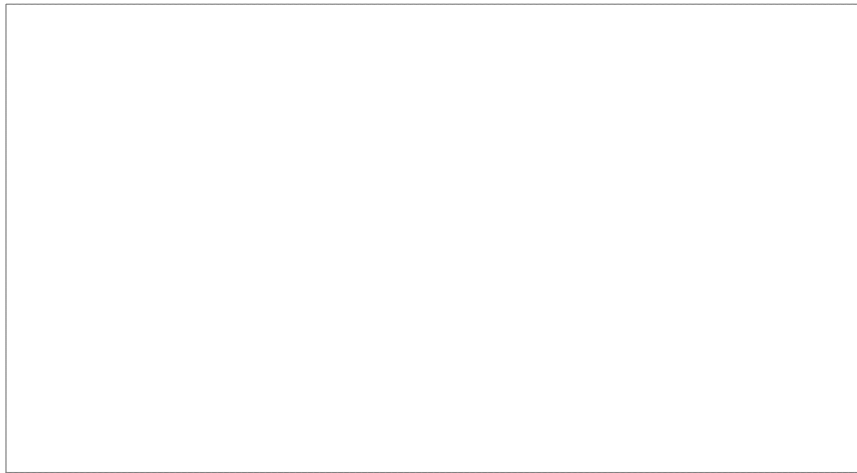
2) 시스템의 안전관리기법

- ① 예비 위험성 분석(Preliminary Hazard Analysis)
모든 시스템 안전 프로그램에서 최소 단계의 해석으로 위험상태를 정성적으로 평가
- ② 결함 위험성 분석(Fault Hazard Analysis)
복잡한 시스템에서 전체 시스템을 몇 개의 하부체계로 나누어 분할제작하는 경우, 각 하부체계간의 영향을 분석, 보증하는 기법
- ③ 운용 위험성 분석(Operating Hazard Analysis)
지정된 시스템의 모든 사용단계에서 사용되는 요인에 관하여 안전요건을 결정하기 위한 분석
- ④ 고장형태 및 영향 분석(Failure Modes and Effects Analysis)
전형적인 귀납적 분석방법, 하나의 부품이 고장났을 경우 전체시스템에 미치는 영향 분석
- ⑤ 치명도 분석(Criticality Analysis)
위험성이 높은 요소를 갖는 요소, 또는 고장 형태에 대한 분석
- ⑥ 사상수분석(Event Tree Analysis)
재해 발생의 발단 사상으로부터 재해까지의 논리적 전개를 수목형태로 표현
- ⑦ 결함수분석(Fault Tree Analysis)
전형적인 연역적 분석방법
- ⑧ 인간과오율 예측기법(Technique for Human Error Rate Prediction)
반복적인 모의실험을 통해 인간의 과오확률을 추론해가는 실험적 방법론
- ⑨ 경영소홀 및 위험수분석(Management Oversight and Risk Tree)
FTA와 동일한 논리기법을 사용해 관리, 생산, 설계, 보전 등 광범위한 안전도모
- ⑩ 중복고장 행렬법(Double Failure Matrix)
두 개 이상의 부품이 동시에 고장나는 중복고장의 경우 전 시스템에 미치는 영향 분석

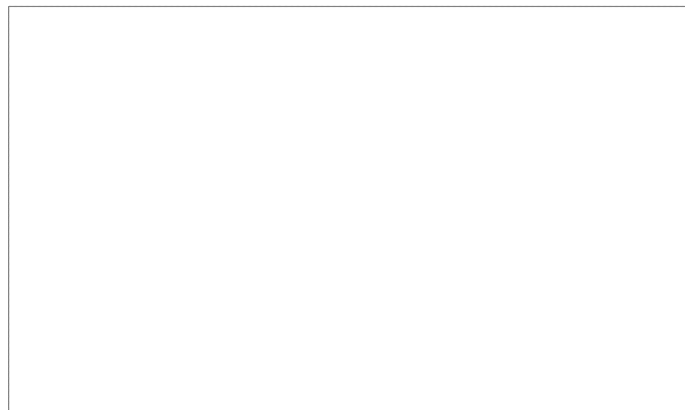
제17장 직업병과 그 대책

1. 직업병의 개념

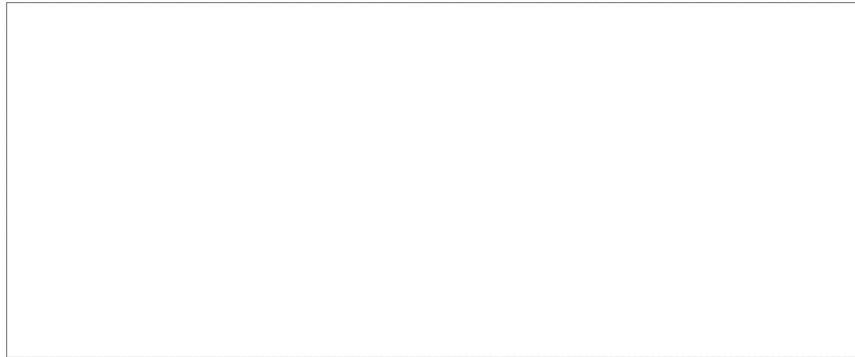
- 1) 전통적 의미의 직업병 : 직업성 질환
- 2) 현대적 의미의 직업병 : 직업관련 질환



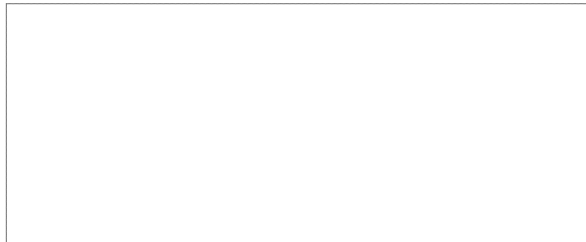
3) 연도별 직업병자수와 이환율



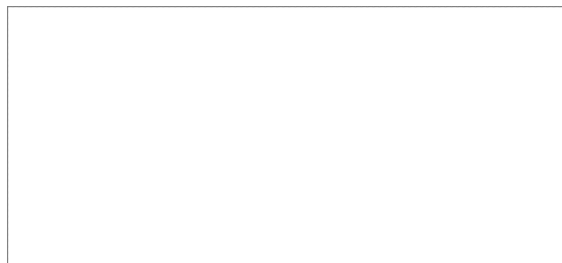
4) 1995년도 연령별 직업병자수



5) 1995년도 인자별 직업병자 현황



1995년도 전산업 인자별 직업병자 현황

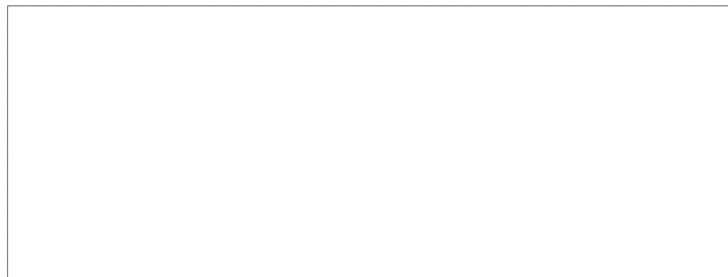


1995년도 제조업 인자별 직업병자 현황

6) 업무상 질병의 범위

- ① 근육, 건, 관절의 질병과 내장탈
- ② 고열, 가스, 증기, 유해광선, 이물(안질환)
- ③ 자외선, 방사선
- ④ 병원체(전염성 질환)
- ⑤ 분진(진폐증, 폐결핵(합병증))
- ⑥ 지하작업(안구 진탕증)
- ⑦ 이상기압(잠함병 등)
- ⑧ 제사, 방적 등(수지봉와직염, 피부염)
- ⑨ 허저한 진동(신경염 등)
- ⑩ 강렬한 소음(이(귀) 질환))

- ⑪ 수지의 경련, 서경
 - ⑫ 아연, 기타 금속 증기(금속열)
 - ⑬ 부식성, 자극성 물질(부식, 궤양, 염증 등)
 - ⑭ 업무기인이 명확하거나 중앙노동위원회의 동의(노동부 장관이 지정하는 질병)
- 7) 직업성 질환의 예방대책
- ① 조직관리 : 전담조직, 협력조직
 - ② 유해인자관리 : 물리적, 화학적, 생물학적 인자
 - ③ 작업환경관리 : 평가(측정) → 개선(공학적, 관리적 개선)
 - ④ 작업, 공정관리
 - ⑤ 건강관리 : 건강진단, 영양관리
 - ⑥ 교육 : 채용시, 정기, 특별
- 8) 직업병의 보상
- ① 건강진단 의뢰, 비용지불
 - ② 결과통보 : D1(직업병 유소견자)에 대한 의사의 조치
 - ③ 직업병 유소견자 발생보고
 - ④ 접수후 법에 따른 조치(건강진단 관리 규정 제4호)
 - ⑤ 요양 신청서 또는 장애 보상청구서
 - ⑥ 결정 통지서 통보(보상)



2. 요통

1) 운반작업의 정의

- ① 동력운반작업 : 운반용 기계기구, 운반차량으로 물건을 운반하는 것
- ② 인력운반작업 : 동력운반작업과는 달리 사람에 의해 물건을 운반하는 것

2) 운반작업의 가치

- ① 시간적 효용의 증진
- ② 형태적 효용의 증진
- ③ 소유가치 이전의 증진
- ④ 장소적 효용의 증진

3) 취급·운반의 원칙

- ① 직선운반을 할 것(운반거리를 단축시킬 것)
- ② 연속운반을 할 것
- ③ 운반작업을 집중화 시킬 것
- ④ 생산을 최고로 하는 운반을 생각할 것
- ⑤ 최대한 시간과 경비를 절약할 수 있는 운반방법을 고려할 것

4) 인력운반작업시 안전하중기준

- ① 체중의 40% 정도의 운반물을 60~80m/min의 속도로 운반
- ② 단위 시간당 작업량을 적절히 한다(연속작업시간은 20분 이내, 운반거리는 2km 이내)
- ③ 적정배치 및 교육 훈련 실시
- ④ 운반작업의 기계화(4인 이상 작업시 기계화 필요)
- ⑤ 취급중량의 적절화(단독작업은 55kg 이하)
- ⑥ 작업자세의 안전화를 도모한다

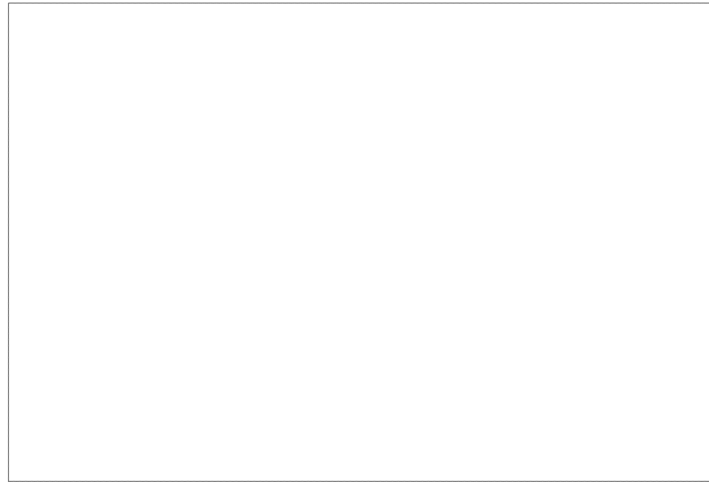
3. 진폐증

1) 정의와 증상 : 분진을 흡입하여 폐에 생긴 섬유증식성의 변화. 외부의 먼지가 기도를 통해 폐에 침착하여 굳어지게 되는 것. 호흡기를 통한 질환. 작은 먼지가 폐포에 달라붙어 폐포가 터져 커다란 구멍(폐기종)이 생기고, 심장에 큰 부담이 생겨 폐의 정상적인 조직을 손상시켜 제 기능을 못하게 함. 폐결핵이나 만성기관지염 등의 합병증에서 폐암까지 발생

2) 원인 : 탄광, 용접 작업, 샌드 블라스트 연마, 토목 공사, 터널 공사, 조선 공업, 연탄 공장, 도자기 제조 등 먼지가 발생하는 일에 종사하거나 주위에 거주하는 경우

3) 분진의 정의

- 고체성 성분으로 공기 중에 부유하고 있는 미세한 입자, $0.1\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$
- 흡입성 분진 : 호흡기 부위에 침착되는 물질, $100\mu\text{m}$ 이하
- 기관지 침착성 분진 : 가스교환부위와 폐내에 침착되는 물질, $30\mu\text{m}$ 이하
- 호흡성 분진 : 가스교환부위에 침착되는 물질, $10\mu\text{m}$ 이하



분진의 입경별 입자 분류

4) 진폐의 종류

분진성분	진폐종류	발생장소
유리규산	규폐(silicosis)	금속광산, 석공, 주물공장, 규사, 초자 공장, 샌드브라스트 작업
규산 화합물	석면폐(asbetosis) 활석폐(talcosis) 규조토편(diatomaceous earth P.)	석면방직, 시멘트 공장, 활석제조, 고 무공장, 규조토 공장
알루미늄 화합물	알루미늄폐(aluminum lung) 알루미나폐(alumina lung) 납석폐(pyrophyllite P.)	금박제조 공장 알루미늄 재생공장 주물공장
철 및 철 화합물	철폐(siderosis) 용접공폐(welder's lung) 황화소광폐(pyritecinder P.) 황화광폐(pyrite P.)	철광운반처리 용접공작업 소결광 운반처리 황화광산, 유안공장
베릴륨 및 화합물	베릴륨폐(berylliosis)	베릴륨제련 및 가공공장
탄소	흑연폐(graphite lung) 탄소폐(carbon lung) 활성탄소폐(active carbon lung) 탄광부 진폐증(coalworker's P)	흑연전극 공장 카본블랙 공장 활성탄제조 공장 탄광채탄, 운탄, 선탄 작업
기타 무기분진	칼슘폐(calcitosis) 주석폐(stannosis) 바륨폐(baritosis)	
기타 유기분진	면폐(byssinosis) 선향폐(joss-stic lung) 연초폐(tabacosis) 콜크폐(cork dust P.) 사탕수수폐(bagassosis) 농부폐(farmer's lung)	면방직 공장 선향제조 공장 연초 공장 콜크제조 공장 사탕수수 채집 작업 곡분, 곡초제조 작업

5) 진폐증의 예방

- ① 분진발생의 억제(공정개선, 원료·부원료 대체 등)
- ② 분진전파의 최소화
(작업장의 면적과 통기성 확인, 국소배기장치 또는 환기장치 가동)
- ③ 작업시간과 강도 조절
- ④ 기계 및 작업대의 분진청소
- ⑤ 안전 교육의 의무화
- ⑥ 분진폭로의 최소화(마스크, 보안경 등의 보호구착용 과 필터의 관리 및 교환)
- ⑦ 건강진단(진폐진단)

4. 작업관련 근골격장애

- 1) 정의 : 단순한 작업동작으로 인한 극히 미세한 손상이 누적되어 나타나는 주로 상지 근골격계의 기능적 장애, 목, 어깨, 팔 등이 붓고 쑤시며 심지어는 마비까지 오는 증상을 포괄적으로 일컬어 말함.
- 2) 유사어 : 경견완 장애라고도하며, 유럽지역에서는 ‘반복성 긴장 손상’ 이라고 하며, 미국에서는 힘줄에 염증이 생긴다고 하여 ‘건염’, ‘건초염’ 이라고 하여 직업병으로 처리하고 있음. 그외에 외상성 장애, VDT 증후군, 손목관 증후군 등
- 3) 원인 : 무리한 작업자세나 반복적인 동작에서 비롯됨
 - ① 작업인자 : 반복동작, 무리한 힘, 불편한 자세, 정적인 작업, 진동, 저온 등
 - ② 작업외적 인자 : 성, 연령, 체격, 체력, 기존 질환(류마티스성 관절염, 당뇨병) 등
- 4) 증상
 - ① 목, 머리, 어깨, 팔꿈치, 아래팔뚝, 손목, 손 부위에서 느끼는 통증, 뻣뻣함, 후끈 거림, 저림 등이 나타남
 - ② 특히 키편처, 타자수 등에 나타나는 손목관증후군(Carpal Tunnel Syndrom; CTS)이 대표적임
- 5) 고위험 업종

VDT 작업, 각종 조립작업, 포장작업, 도축업 등
- 6) 작업관련 근골격장애의 예방
 - ① 작업관리 : 인간공학적인 작업설계, 작업관리, 적정배치, 작업내용과 시간, 작업 속도의 조절
 - ② 건강관리 : 조기발견과 조기치료가 가장 효과적임. 피로하다고 여겨지면 머리, 어깨, 팔 등의 피로를 즉시 풀어줄 것
 - ③ 작업환경 : 냉·난방 조절 및 조명 조절
 - ④ 교육 : 작업관련 근골격 장애의 특성, 건강 이상자에 대한 조기 조치의 중요성 등
 - ⑤ 기타 : 업무요구도, 업무조절 권한, 가정이나 직장 등의 정신적·물리적 배려

5. 청각장애

- 1) 정의 : 소음으로 인하여 청각세포가 손상되어 치료와 회복이 불가능한 상태
- 2) 귀의 구조



3) 청각장애의 종류

① 청력손실

㉠ 일시적난청(음향 외상현상) :

매우 큰 소리에 단시간 폭로되었을 때, 청신경의 가역적 피로현상

㉡ 영구적난청(소음성 난청) :

큰 소리에 장기간 폭로되었을 때, 청신경의 비가역적 퇴화현상

② 스트레스성

㉠ 혈압상승

㉡ 소화불량

㉢ 주의력 산만

㉣ 수면장애

4) 원인 : 굴착작업, 파쇄 또는 함마 작업, 충격음을 발생 시키는 각종 기계의 운전 등

5) 음압

① 일상생활 : 40 ~ 60dB

·40dB - 심리적 불쾌감 및 정서적 불안(불면원인)

·60dB - 생리적 영향

② 교통량이 많은 도로의 경우 75 ~ 80dB, 금속가공공장은 100dB, 착암기는 110dB

③ 허용기준 : 90dB(8시간 작업기준)

6) 청각장애의 예방

① 소음원의 격리 또는 흡음

② 귀마개, 귀덮개 등의 방호구 착용

③ 연속음으로 85dB 이상의 소음에 폭로되는 작업장의 경우 특수건강진단 실시

6. 유기용제에 의한 중독

1) 유기용제의 정의 : 탄소를 함유한 유기화합물로서 다른 물질을 용해시켜 균질한 혼합물로 만드는 물질

2) 유기용제의 용도 : 세척, 탈지, 화학반응 중간제, 촉매, 희석, 추출, 분산용

3) 유기용제의 분류

① 화학적 분류 : 지방족·방향족 탄화수소, 할로겐화 탄화수소, 알데히드, 케탈류, 알코올류, 에테르류, 글리콜 유도체, 에스테르류, 케톤류 등

② 법적인 분류

·제1종 유기용제 : 사염화탄소 등(7종)

·제2종 유기용제 : 노말헥산 등(40종)

·제3종 유기용제 : 가솔린 등(7종)

③ 비점에 의한 분류

·고비점 용제(150℃ 이상)

·중비점 용제(100 ~ 149℃)

·저비점 용제(100℃ 이하)

④ 증발속도에 의한 분류

·속건조성 용제

·중건조성 용제

·저건조성 용제

·초저건조성 용제

4) 유기용제의 체내 흡수와 배설

① 호흡기 → 폐 → 혈액, 피부 → 조직 → 신장 → 소변

② 독성 : 유기용제 특성과 성질에 따라 혈액속에 용해되는 용해도가 큰 것과 조직에 분배되는 분배비가 높은 것이 더 큰 독성을 초래한다.

5) 유기용제중독의 증상

① 두통, 두중, 현기, 오심, 구토, 식욕부진, 체중감소, 흥분, 안면홍조

② 신장, 간장 및 중추신경장애, 조혈기능 및 생리적 장애, 위장과 피부 및 점막장애 등

※ 물질에 따라 특수한 조직(표적장기)에 장애를 미친다

·벤젠 : 조혈기관(백혈병, 재생불량성 빈혈)

·톨루엔 : 간장, 신장, 피부점막

6) 유기용제중독의 예방

① 대치, 격리

② 환기장치 설치(국소환기, 전체환기, 자체검사)

③ 순회 및 점검

④ 게시 및 구분표시

⑤ 보호구 착용

⑥ 작업환경측정

⑦ 건강진단(채용시 건강진단, 특수건강진단)

7. 수은중독

1) 수은의 특성과 중독 : 수은은 쉽게 증발하는 성질로 인해 주로 호흡기를 통해서 체내에 흡수된다. 흡입된 수은증기는 80%가 체내에 흡수된다.

2) 유해지수(K)

유해지수(K) = 유해물의 농도(C) × 노출시간(K)

3) 수은취급 업종

- ① 형광등 제작 및 온도계, 수은 계량기 제조 작업
- ② 도금 작업
- ③ 가성 소다 공장 또는 염소 공장에서의 수은 전극을 이용한 전해 작업
- ④ 텅스텐 제조 등의 특수 주형 합금작업 및 의약품 제조작업
- ⑤ 폴리우레탄 제조 작업(촉매)
- ⑥ 수은 광산의 제련 및 정련
- ⑦ 화약공장 또는 전지 제조 작업

4) 수은중독의 증상

- ① 급성중독증상
- ② 만성중독증상

5) 예방

- ① 밀폐 또는 국소배기장치 가동
- ② 방독마스크나 특수장갑 등의 보호구 착용
- ③ 정기적인 작업환경 측정과 특수건강검진(6개월에 1회 이상)

8. 납중독

1) 납중독의 형태 : 증기, 흠, 분진

2) 납 화합물의 종류

- ① 무기납 : 납 산화물
- ② 유기납 : 4알킬납
- ③ 납 합금 등 그외 다수

3) 납중독의 경로

- ① 호흡기
- ② 소화기
- ③ 피부
- ④ 중독경로 : 납 → 인후 → 기관지 → 폐 → 폐포 → 혈액, 뼈 → 뇌, 근육, 기타장기

4) 납중독의 증상

- ① 조혈계 : 빈혈유발
- ② 신경계 : 신근마비
- ③ 기타 : 피로, 식욕부진

5) 납중독의 자각증상

- ① 복통(산통) : 맹장염으로 오인
- ② 근육마비 : 손목저림
- ③ 피로, 권태감 : 변비
- ④ 근육통 : 운동기능마비(악력저하)
- ⑤ 뇌신경마비 : 발작증세(안면창백)

6) 공기중 납의 허용농도

- ① 무기납 : 공기 1㎥당 0.05mg
- ② 4알킬납 : 공기 1㎥당 0.075mg

9. 직업성 피부장해

1) 직업성 피부장해의 정의 : 작업환경에 폭로되어 피부병이 발생하거나 기존의 병변이 악화되는 피부의 이상상태

2) 직업성 피부장해의 원인

- ① 물리적 원인 : 고온, 저온, 마찰, 압박, 진동, 습도, 자외선, 방사선 등
- ② 생물학적 원인 : 박테리아, 진균, 원충 등
- ③ 화학적 요인
 - 일차 자극물질 : 산, 알칼리 용제, 세척제, 비소나 수은 등
 - 감작제 : 금속과 금속염, 아닐린계 화합물, 수지, 고무화학물질, 약물과 향생물질 등
 - 여드름 유발물질 : chlorinated naphthalene, biphenyl, 광물유 등
 - 광광제 : 안트라센, 핏치, 방향족 염화탄화수소류, 아크리딘염료, aminobenzoic acid 유도체
- ④ 간접요인 : 피부, 종류, 연령, 땀, 계절, 피부질환의 유무 등

3) 직업성 피부장해의 증상

- ① 급성 접촉성 피부염 : 홍반, 부종, 구진, 수포, 가피형성, 가피탈락
- ② 만성 접촉성 피부염 : 홍반, 백선, 건선, 건조, 구열
- ③ 모낭염이나 여드름형 피부장해 : 여드름, 화농성 변화
- ④ 양성이나 악성 신생물 : 피부각화, 유두종, 상피종, 암종

- ⑤ 색소침착 또는 색소탈락
- ⑥ 욕아성 피부장해 : 만성 무통성 염증소견을 보이거나 반흔을 남기고 치유
- ⑦ 궤양성 병변 : 피부나 점막이 결손되거나 괴사
- ⑧ 기타 : 탈모, 모발의 변색, 피부위축, 국소·모세혈관의 확장 등

4) 직업성 피부장해의 예방

- ① 작업환경개선 - 직접노출 기회의 최소화, 물질대체 등
- ② 개인위생시설 - 수도설비, 샤워장, 옷장의 구분 등
- ③ 보호구 착용 - 작업복, 앞치마, 장갑 및 장화, 보호크립 등
- ④ 건강관리 - 피부장해의 조기발견 및 조치
- ⑤ 예방교육

10. 온도

1) 열압박 - 한계온도 : 상한 38.8℃

- ① 피부 온도가 내려간다
- ② 혈액의 피부 순환량 감소, 많은 양이 체심 순환
- ③ 직장온도 약간 상승
- ④ 몸이 떨리고 소름이 돋는다.

2) 한냉압박 - 한계온도 : 하한 13℃ ~ 15.5℃

- ① 피부 온도가 올라간다
- ② 혈액의 피부 순환량 증가
- ③ 직장온도 내려감
- ④ 발한 시작

3) 작업환경에서 편안한 온도를 결정하는 요인

- ① 공기온도(Air temperature)
- ② 주위온도(The temperature of adjacent surfaces)
- ③ 공기습도(Air humidity)
- ④ 공기흐름(Air movements)

4) 작업별 최소온도

작업종류	최소온도(℃)	풍속(m/s)	실효온도(℃)	상대습도(℃)
좌식활동 정신작업 - 사무, 감시	20	0.1	19	40~70
좌식활동 경작업 - 조정작업	19	0.1	18	40~70
입식활동 경작업 - 선반·밀링	17	0.2	15.5	40~70
입식활동 중작업 - 중량물 조립	12	0.4	14.5	30~70

교재 : 신용하, 정재수 공저, 산업안전공학, 남양문화, 1996.

참고문헌 :

1. 권영국, 산업안전공학, 형설출판사
2. 김용수, 김병석, 박연홍, 갈원모 공저, 산업안전관리론, 지구문화사, 1994.
3. 산업안전연구회 편, 산업안전관리기사, 크라운출판사, 1994.
4. 인터넷 <http://www.kisco.or.kr>, 산업안전관리공단.
5. 허성관, 산업안전관리론, ?성각, 1996.
6. 김용수, 김창은, 심종철 공저, 산업안전 선진화를 위한 안전공학론, 한울출판사, 1996.
7. 김병석, 신산업안전관리, 형설출판사, 1998.