工學碩士 學位論文

초음파 의료장비 제조공장의 위험성 평가 및 안전관리에 관한 연구

2012年 12月

釜慶大學校 産業大學院

安全工學科

姜 泰 旭

工學碩士　學位論文

초음파 의료장비 제조공장의 위험성 평가 및 안전관리에 관한 연구

指導敎授　崔 載 旭

이 論文을　工學碩士 學位論文으로 提出함

2012年　12月

釜慶大學校 産業大學院

安全工學科

姜 泰 旭

이 論文을 姜泰旭의 工學碩士

學位論文으로 認准함

2012年 12月

主 審 工學博士 朴 外 哲 (印)

委 員 工學博士 睦 演 洙 (印)

委 員 工學博士 崔 載 旭 (印)

목 차

1. 서 론 1

2. 이 론 4
2.1 위험성평가 방법 4
2.1.1 4M 위험성평가 7
2.2 위험성평가 기준 13
2.3 연구대상 사업장 17
2.3.1 유해위험정보 사전조사 18

3. 결과 분석 25
3.1 위험성평가 실시 및 결과 수집 25
3.2 위험성평가의 결과 분류 27
3.3 결과별 안전관리방안 제시 44

4. 결 론 47

참 고 문 헌 49

Abstract 51

표 목 차

표 1. 4M 유해위험요인 파악..... 11
표 2. 발생가능성(빈도수준)..... 14
표 3. 중대성(강도)..... 15
표 4. 위험도 계산..... 16
표 5. 위험도에 따른 관리기준..... 17
표 6. 주요 설비 현황..... 24
표 7. 위험성평가표 사례..... 26
표 8. 위험요인별 위험성 평가 결과 30
표 9. 설비별 위험요인 발생건수 33
표 10. 각 설비별 운영인원 연령별 분포..... 36
표 11. 각 설비별 운영인원 경력별 분포..... 39
표 12. 각 설비별 운영인원 성별 분포..... 42

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

그 림 목 차

그림 1. 위험성평가 추진절차..... 6
그림 2. 자동차부품 업종의 브라켓트 제조공정 흐름도..... 7
그림 3. 연령별 분포..... 20
그림 4. 경력별 분포..... 21
그림 5. 성별 분포..... 22
그림 6. 위험요인별 발생비율..... 31
그림 7. 설비별 위험요인 발생비율..... 34
그림 8. 각 설비별 운영인원 연령별 분포 37
그림 9. 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 연령분포..... 37
그림 10. 각 설비별 운영인원 경력별 분포..... 40
그림 11. 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 경력분포... 40
그림 12. 각 설비별 운영인원 성별 분포..... 43
그림 13. 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 성별분포... 43

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

1. 서 론

초음파란 인간이 들을 수 있는 20Hz에서 20KHz사이의 주파수 영역의 “음파(acoustic wave)” 혹은 ”소리(sound)”보다 높은 주파수 영역의 모든 음파를 말한다[1].

이러한 초음파는 모터, 유량계 및 스페어, 의료기술, 어셈블리/가공기술 등 다양한 산업에서 활용되고 있으며, 그 중 초음파 의료장비는 음향저항(acoustic impedance)이 서로 다른 물질 사이의 경계면에 부딪친 초음파가 반사되는 성질을 이용한 펄스법(주로 반사법)이 널리 사용되고 있으며 반사된 초음파(에코)의 시간 차이에 의해서 발생면의 위치와 반사 에코의 크기를 기록하여 인체의 내부기관이나 조직의 병적 상태를 진단하는데 이용하고 있다[2].

초음파 영상진단장치는 MRI에 비해 해상도가 떨어지는 대신 real-time operation이 가능하며 가격이 매우 저렴한 장점을 가지고 있어 내과, 산부인과, 소아과, 비뇨기과, 안과, 방사선과 등의 거의 모든 의학 분야에서 필수적인 진단장치가 되어 그 수요가 급격히 증가하고 있다[3].

이러한 시장상황을 뒷받침하듯이 식품의약품안전청에서 밝힌 “2011년 의료기기 생산, 수입, 수출실적 등 현황발표”에 따르면 2011년 의료기기 생산실적은 3조3,665억원으로 2010년 2조9,644억 대비 13.56% 증가하여 3년 만에 두자릿수 성장률을 기록하였고, 생산실적 상위 품목에는 초음파영상진단장치가 단연 1위를 기록하였다. 또한 초음파영상진단장치는 2009년 2,867억원, 2010년 3,307억원, 2011년 3,804억원 규모를 생산하는 등 그 시장이 꾸준히 늘고 있는 추세이다[4~5].

이와 같이 초음파 의료장비의 시장규모는 나날이 커져가고 있는 반면 그 제조공장의 안전관리는 소홀한 것으로 추측되는데, 의료장비 제조업이 속해있는 계량기, 광학기계, 정밀기구 제조업종의 최근 3년간의 산업재해 발생현황 추이를 살펴보면 2009년 재해자수 306명, 2010년 재해자수 329명, 2011년 재해자수 350명 등으로 꾸준히 상승하고 있음을 통해 알 수 있다[6~8].

또한 국내에서 초음파 의료장비를 생산하는 비교적 규모가 큰 종업원 300명 이상의 "M"사, "G"사 "S"사 어느 곳도 OHSAS 18001 또는 KOSHA 18001등 안전보건경영시스템에 대한 인증을 취득하지 않은 상황에서도 미루어 짐작할 수 있다.

그 원인을 유추해 보면 초음파 의료장비 제조공장은 의료장비라는 그 특성상 인간의 생명과 직접적인 연관이 있는 제품을 생산함으로 제품 생산 시 엄격한 품질관리와 제품의 안전성유지에만 중점을 두는 데에서 찾을 수 있을 것이다.

하지만 초음파 의료장비의 제조공정은 여타 다른 제조공정과 마찬가지로 다양한 기계 및 설비, 화학물질의 취급과 반복적인 작업 등 잠재위험요인에 노출되어있는 것이 사실이다. 또한 이러한 상황에 대한 연구 및 분석이 부족한 실정이므로 초음파 의료장비 제조공장의 재해예방을 위한 적절한 안전관리방안을 마련하는데 어려움을 주고 있으며 현재와 같은 상황이 지속적으로 방치될 경우 인명과 재산 손실을 유발하는 재해로 기인될 것이 예상된다.

재해예방 활동에 효과를 거두기 위해서는 작업장에서 발생할 수 있는 잠재위험에 대하여 공정별로 위험요인을 도출하고 그에 따른 개선 대책을 제시하는 것이 기본적이면서도 중요한 사안이다[9].

위험성평가는 유럽의 거의 모든 국가에서 이미 10여 년 동안 길

게는 30여 년간 산업안전보건의 기본적인 정책과 제도로 채택하여 타당성과 정당성 그리고 효과성이 어느 정도 입증되었으며, 방법론도 이미 확실하게 자리 잡은 대표적인 정책이자 제도이다[10].

우리나라에서도 산업재해율이 10년 이상 0.7%대에서 정체되고 있는 상황을 타개하기위한 획기적인 정책전환의 필요성 인식과 그 대안으로 2010년 고용노동부가 주관하여 “위험요인 자기관리”란 시범사업을 통해 위험성평가 제도가 도입되기 시작하였다[11].

위험성평가는 근로자의 안전, 지속적 사업의 유지 및 관련법규의 준수를 위한 중요한 Step이고, 작업장 내에 잠재된 위험요소를 발견하고 개선하는데 도움을 주는 방법이 분명하기 때문에[12] 초음파 의료장비 제조공장의 재해예방 및 사업의 영속성을 위해서는 위험성평가의 실시를 통해 잠재위험에 대하여 공정별로 위험요인을 도출, 평가하고 그에 따른 안전관리 대책을 제시하는 것이 필요할 것으로 생각된다[17].

본 연구에서는 국내에서 초음파 의료장비를 생산하고 있는 S사를 대상으로 국내 산업안전보건공단에서 개발하여 보급한 4M 방식의 위험성평가를 연구대상 사업장에 맞게 수정한 평가표를 이용하여 수행하였고, 그 결과를 바탕으로 안전관리 대책을 수립하여 인명과 재산 손실을 줄이는 동시에 초음파 의료장비 제조공장의 사고예방에 기여하고자 한다.

2. 이 론

2.1 위험성평가 방법

위험이란 위해요인으로 인한 잠재적인 영향으로 심각도(severity)와 발생가능성(probability)으로 측정되는 위험의 정도를 말하는데, 위험성평가(risk assessment)란 이러한 위험(risk)의 발생가능성과 심각도의 수준을 분석하여 위험의 정도를 도출하는 과학적, 체계적 평가기법 등을 말한다.[13)]

위험성 평가는 실시하고자 하는 대상공정설비의 복잡성, 위험의 정도, 작업특성 그리고 위험성 평가 실시시기에 따라 적합한 평가기법을 선택하는 것이 위험성 평가를 수행하는 시간도 절약하면서 효과적인 결과를 도출할 수 있으며,[11)] 위험성 평가 기법은 크게 나누어 위험요소가 존재하는지를 확인하는 정성적 평가기법과 그러한 위험요소를 확률적으로 분석 평가하는 정량적 평가기법으로 분류할 수 있고 각각 다음과 같은 분석기법들이 존재한다.

1) 정성적 분석기법

① 체크리스트(check list)

② 안전성 검토(safety review)

③ 상대 위험 순위 결정(dow & mond indices)

④ 예비위험분석(preliminary hazard analysis)

⑤ 위험과 운전분석(HAZOP)

⑥ 이상 영향 분석(faliure modes, effect & criticality analysis)

⑦ 작업자 실수 분석(human error analysis)

⑧ 사고 예상 질문 분석(what-if)

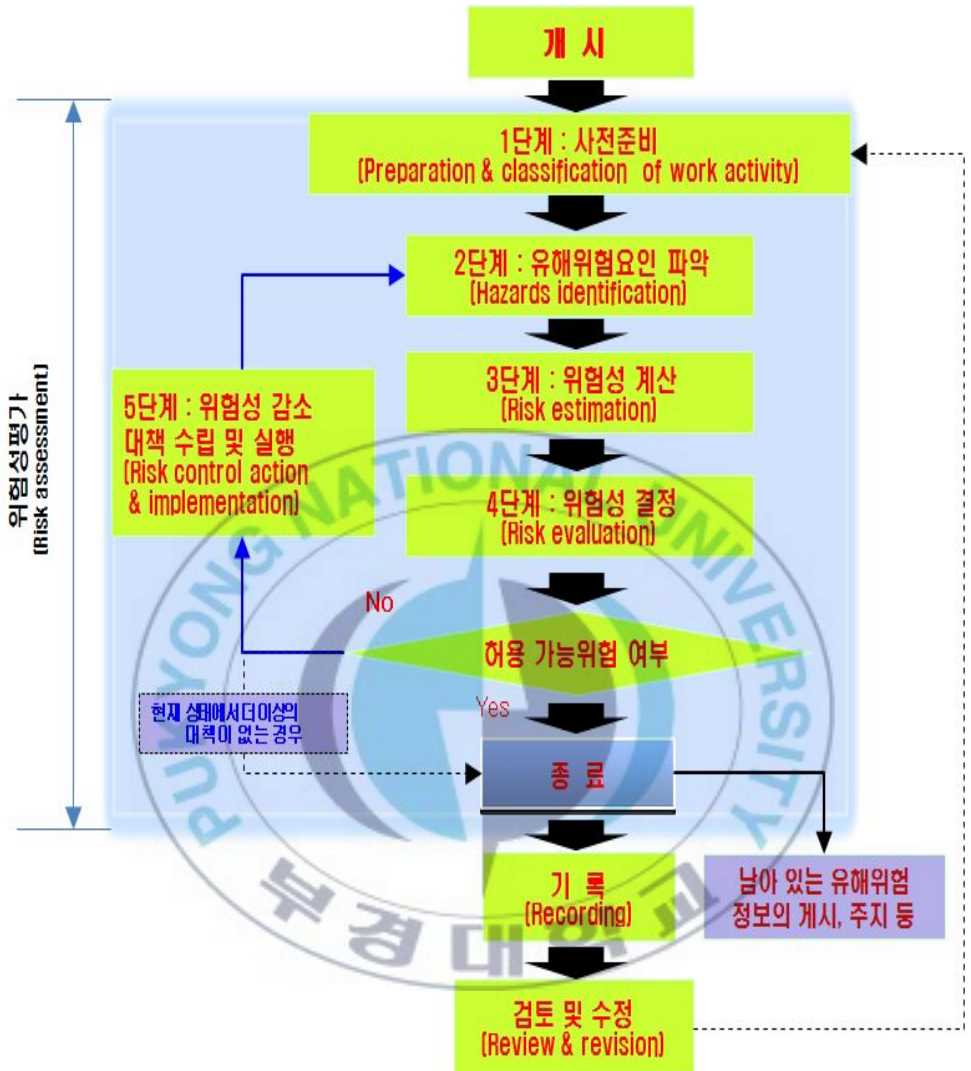
2) 정량적 분석기법

① 결함 수 분석(fault tree analysis)

② 사건 수 분석(event tree analysis)

③ 원인-결과 분석(cause-consequence analysis)[14)]

또한 최근 국내 산업안전보건공단에서 개발하여 보급한 국내 제조업의 일반적인 위험성평가 있으며 그 추진절차는<그림1>과 같다. 산업안전보건공단에서 보급하고 있는 위험성평가 추진절차의 하나인 4M 위험성평가는 공정 내 잠재하고 있는 위험요인을 인적, 기계적, 물질 및 환경적, 관리적 등 4가지 분야로 위험성을 파악하여 위험제거 대책을 제시하는 방법으로 기계, 자동차, 조선 업종 등 다양한 산업의 잠재위험을 파악하고 개선을 실행하는데 유용하게 사용되고 있다.[9)]



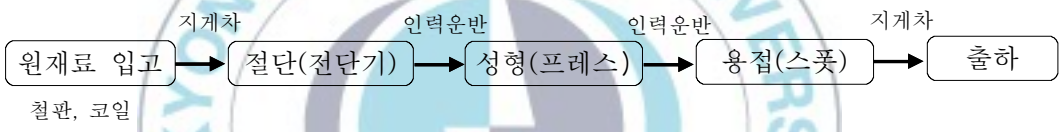
<그림1> 위험성평가 추진절차[15)]

2.1.1 4M 위험성평가[16)]

이러한 4M 위험성평가의 단계별 수행방법을 기술하면 다음과 같다.

1) 1단계-사전준비 : 평가 대상공정이나 작업을 선정하는 단계로써 다음의 과정을 거친다.

① 평가대상을 공정별로 분류하여야 하며, 자동차부품 업종의 브라켓트 제조공정의 흐름도를 <그림 2>에 나타내었다.



<그림2> 자동차부품 업종의 브라켓트 제조공정 흐름도

② 분류된 공정이 1개 이상의 단위작업으로 구성되고 단위작업이 세부 단위작업으로 구분될 경우 단위작업을 하나의 평가대상으로 정한다.

③ 작업공정 흐름도에 따라 평가대상 공정이 결정되면 사업장 안전보건상의 위험정보를 작성하여 평가대상 및 범위를 확정한다.

ⓐ 제조공정(작업)별로 작성

ⓑ 원(재)료, 생산품, 근로자수 파악 기재

ⓒ 제조공정을 세부 작업순서대로 기재

ⓓ 기계·기구는 운반기계, 전동구동기계 등 공정내 모든 기계·기구파악 기재

ⓔ 유해화학물질은 주원료뿐만 아니라 첨가제 등 공정내에서 소량 사용하는 물질도 파악 기재

ⓕ 그 밖의 안전보건 상 정보에는 과거의 발생재해(공상포함), 앗차사고 및 근로자(장애자, 여성, 고령자, 외국인, 비정규직, 미숙련자 등)특성 기재

④ 위험성평가 대상공정에 대한 안전보건상의 위험정보를 사전파악에 파악한다.

ⓐ 과거 3년간 업무상재해 현황(앗차사고 사례 포함)

ⓑ 교대작업 유무

ⓒ 근로자의 고용형태 및 작업경력

ⓓ 근로자 특성(장애자, 여성, 고령자, 외국인, 비정규직, 미숙련자 등)

ⓔ 작업에 대한 안전교육 필요 유무

ⓕ 안전작업 허가증 필요 작업 유무

ⓖ 작업할 기계·설비

ⓗ 사용하는 전기공구류

ⓘ 취급물질에 대한 취급량, 취급시간, 무게 및 운반높이

ⓙ 운반수단(운반차량, 인력)

ⓚ 사용 유틸리티(전기, 압축공기 및 물)

ⓛ 사용 화학물질의 물질안전보건자료(MSDS) 확인

ⓜ 근로자의 노출물질(연기, 가스, 증기 및 분진)

ⓝ 작업환경측정결과(최근 2년간)

2) 2단계-유해위험요인 파악 : 위험요인을 인적, 기계적 물질 및 환경적, 관리적으로 구분하여 도출하는 단계로 다음의 과정을 거친다.

① 위험요인 대상을 확인한다.

ⓐ 사용기계·기구에 대한 위험원의 확인

ⓑ 사용물질에 대한 위험원 확인

ⓒ 예상되는 잘못 사용 및 고장

ⓓ 노출 등 작업환경

ⓔ 작업 중 예상되는 근로자의 불안전한 행동

ⓕ 무리한 동작을 유발하는 불안정한 공정

ⓖ 작업간 물류이동(운반)의 위험원 확인

ⓗ 보수 및 수리 등 비정상 작업에 대한 위험원 확인

② 위험요인을 4M으로 구분하여 도출하는 방법은 사전 조사된 정보를 기본으로 사업장점검, 청취조사 등을 통해 유해위험 요인을 4개 항목으로 구분하여 파악하는 방법으로서 표 1〉 과 같이 표시된다.

ⓐ 위험을 Machine(기계적), Media(물질·환경적), Man(인적), Management(관리적) 등 4개항목으로 구분평가

ⓑ “기계적” 항목은 모든 생산설비의 불안전 상태를 유발시키는 설계·제작·안전장치 등을 포함한 기계자체 및 기계주변의 위험 평가

ⓒ “물질 및 환경적” 항목은 소음, 분진, 유해물질 등 작업환경 평가

ⓓ “인적” 항목은 작업자의 불안전 행동을 유발시키는 인적 위험 평가

ⓔ “관리적” 항목은 안전의식 해이로 사고를 유발시키는 관리적인 사항 평가

③ 다음항목에 따라 위험성 평가표를 작성한다.

ⓐ 평가대상 공정명 및 공정의 구체적인 작업내용을 기재

ⓑ 위험요인을 4M으로 구분하여 도출

ⓒ 위험요인 및 재해형태

ⓓ 현재 안전조치

ⓔ 개선대책

ⓕ 평가대상 공정의 현재 및 개선 후 평균위험도 기재

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

〈표 1〉 4M 유해위험요인 파악

항 목	유해위험요인
Machine (기계적)	· 기계·기구, 설비 구조상의 결함 · 방호장치의 불량 · 유해위험기계의 설계적 결함 · 비정상 작업시 연동장치 및 경고장치의 결함 · 사용 유틸리티(전기, 압축공기 및 물)의 결함 · 운반수단의 결함 등
Media (물질·환경적)	· 작업공간(작업장 상태 및 구조)의 불량 · 가스, 증기, 분진, 흄 및 미스트 발생 · 산소결핍, 병원체, 방사선, 유해광선, 고온, 저온, 초음파, 소음, 진동, 이상기압 등 · 취급 화학물질에 대한 중독 등
Man (인적)	· 근로자 특성(장애자, 여성, 고령자, 외국인, 비정규직, 미숙련자 등)에 의한 불안전 행동 · 작업에 대한 안전보건 정보의 부적절 · 작업자세, 작업동작의 부적절 · 작업방법의 부적절 · 휴먼에러(human error) · 개인 보호구 미착용 등
Management (관리적)	· 관리조직의 결함 · 규정, 매뉴얼의 미작성 · 안전관리계획의 미흡 · 교육·훈련의 부족 · 작업자에 대한 감독·지도의 결여 · 안전수칙 및 각종 표지판 미게시 · 건강검진 및 사후관리 미흡 · 고혈압 예방 등 건강관리 프로그램 운영

3) 3단계-위험성 계산 : 위험요인의 빈도수준과 강도수준의 조합으로 위험도의 크기를 결정하는 단계로 사업장 특성에 따라 가능성 및 중대성 수준의 단계를 조정할 수 있다.

4) 4단계-위험성 결정 : 현재의 위험도가 허용할 수 있는 위험인지 위험도를 평가하는 단계로써 위험성은 다음과 같이 결정한다.

① 위험성 결정은 3단계에서 행한 유해위험요인별 위험성 계산값에 따라 허용할 수 있는 위험인지, 허용할 수 없는 위험인지를 판단한다.

② 위험성 결정은 사업장 특성에 따라 기준을 달리할 수 있다.

5) 5단계-위험성 감소대책 수립·실행 : 위험도 평가 결과에 따라 개선대책을 수립하고 실시하여 도출한 위험요인을 허용 가능한 위험도로 낮추는 단계로 개선대책은 다음과 같이 수립한다.

① 개선실행 계획서 작성한다.

ⓐ 위험요인별 개선대책

ⓑ 개선대책 실시 일정

ⓒ 개선여부에 대한 확인

② 위험의 정도가 허용할 수 없는 위험 즉「상당한 위험」또는「중대한 위험」,「허용 불가 위험」에 대해서는 개선대책을 수립한다.

③ 위험요인별 개선대책은 현재의 안전조치를 고려하여 수립하고 이를 개선대책란에 기입한다.

④ 위험요인별로 개선대책을 시행할 경우 위험수준이 어느 정도 감소하는지 개선 후 위험도 계산을 3단계의 순서에 따라 실시하고, 개선대책 실행 후 위험도는 허용할 수 있는 범위내의 위험수준이 되어야한다.
또한 개선대책에 따른 시행은 다음과 같은 원칙을 적용한다.

ⓐ 개선실행 계획서의 개선일정은 위험도 수준, 정비 일정 및 소요경비를 파악하여 사업장에서 자율적으로 시행한다.

ⓑ 개선대책은 “합리적이고 실행 가능한 한 위험도를 낮게”(ALARP : as low as reasonably practicable)하도록 계획을 세워야 한다.

2.2 위험성평가 기준

위험성평가의 기준은 기본적으로 파악된 대상공정 및 작업의 위험요인에 대하여 그 위험요인이 사고로 발전할 수 있는 발생가능성(빈도수준)과 중대성(강도수준)의 조합으로 단계별로 위험수준의 크기를 결정한다.

위험도 = 발생가능성(빈도수준) X 중대성(강도)

발생가능성(빈도수준)	중대성(강도)
- 위험이 사고로 발전될 확률 - 폭로빈도와 시간	- 부상 및 건강장애정도 - 재산손실 크기

① 위험의 발생가능성(빈도수준)은 <표2>와 같으며, 과거의 재해 등 발생내용과 향후 예상되는 위험의 빈도를 고려하여 결정한다.

<표2> 발생가능성 (빈도수준)

Rating	구분	작업의 빈도
1	가능성없음	30년 1회 정도 발생할 것으로 예상되는 경우
2	가능성낮음	10년 1회 정도 발생할 것으로 예상되는 경우
3	가능성있음	3년 1회 정도 발생할 것으로 예상되는 경우
4	가능성높음	1년 1회 정도 발생할 것으로 예상되는 경우
5	빈번함	1개월 1회 정도 발생할 것으로 예상되는 경우

② 위험의 중대성(강도)는 <표3>과 같으며, 과거의 재해발생과 예상되는 위험의 강도를 고려하여 결정한다.

<표3> 중대성(강도)

Rating	내 용
1	- 간단한 의료조치를 요하는 상해(반창고 또는 가벼운 지혈 등) - 앗차사고
2	- 피부의 표면적 상처, 작은 절상 및 타박상, 이물질에 의한 눈의 자극 - 신경의 거슬림과 자급(예:두통), 일시적 불편을 야기하는 질병
3	- 열상, 충돌, 심한 염창, 단순골절, 전도, 낙하, 비래, 경협착, 2도이하의 화상, 근골격계질환, 경추락, 청력상실, 피부염, 천식, 반복적 작업으로 인한 상지 손상, 영구적 불구를 야기하는 질병
4	- 추락, 감전, 중협착, 지게차등과의 충돌, 질식, 폭발, 교통사고, 화재, 절단, 복합골절, 중독, 복합상해, 3도이상의 화상, 기타 생명에 지장을 주는 치명적 상해 - 직업암, 기타 생명단축 질병 등

③ 위험요인에 대한 위험도 계산은 발생가능성(빈도수준)과 중대성(강도수준)을 조합하여 위험크기 수준을 결정하고 최종적인 위험도 결정 시 현재의 안전조치 상황을 고려하여 빈도와 강도의 수준을 결정하는 위험도 계산은 <표4>와 같이 한다.

<표4> 위험도 계산

가능성 \ 중대성	단계	1	2	3	4
거의 없음	1	1	2	3	4
낮음	2	2	4	6	8
있음	3	3	6	9	12
높음	4	4	8	12	16
빈번함	5	5	10	15	20

④ 위험도에 따른 관리기준 설정은 위험성 계산 결과 계산값이 허용할 수준에 있는 범위의 위험인지, 또는 허용할 수 없는 위험인지를 판단하고 그 결과에 따라서 위험 개선의 우선순위를 결정하는 것이며, 본 연구에서는 연구대상 사업장의 실정에 맞게 관리하기 위해 <표5>와 같은 기준을 설정하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표5> 위험도에 따른 관리기준

위험도크기	위험성	관리기준
11이상	중대한 위험성	즉시 조치를 취한 후 작업을 실시하여야 하며, 불가피할 경우 작업장에 경고표시 및 추가적인 관리강화를 실시하여야 작업이 가능함
7-10	큰위험	가능한 빠른 시일 내에 안전대책을 세워 현재의 위험성을 낮춰야 함
3-6	경미한 위험성	현재의 위험성을 남겨둘 수는 있으나 완전히 수용할 수 없는 위험성. 따서 관리대책이 필요한 위험
1-2	수용가능 위험성	현재 안전관리 수준 유지

2.3 연구대상 사업장

본 연구대상 사업장인 “S”사는 국내에 소재한 의료장비 생산업체로서 주요 생산품은 초음파영상진단 장치이다.

“S″사의 경우 복잡한 제조공정으로 다양한 위험요인에 노출되어 있는데 반해 현재까지 위험성평가를 통해 공정별로 잠재위험요인을 도출, 평가하는 과정이 이루어지지 않았으며, 따라서 잠재위험에 대한 적절한 관리방안 수립이 이루어지지 않고 있었다.

이에 “S″사의 사례연구를 통해 초음파 의료장비 제조공장의 위험성평가에 대한 결과를 분석하고 관리방안을 제시함으로써 연구대상 사업장의 사고예방에 기여함과 동시에 유사한 공정을 가진 제

조업체에 사례연구를 제시하고자 본 연구를 실시하게 되었으며, 다음과 같은 과정으로 실시하였다.

1) 연구대상회사의 유해위험정보 사전조사
2) 위험성평가 실시 및 결과 수집
3) 위험성평가 결과 분류
4) 결과별 안전관리방안 제시

우선 연구 대상회사의 유해위험정보 사전조사를 위해 다음의 기초자료를 수집하였다.

1) 사례연구 대상회사의 최근 5년간 사고사례 분석(2006~2010)
2) 근무형태 및 근로자의 특성(연령별, 경력별 및 성별에 따른 분포)분석
3) 주요기계 및 설비파악
4) 사용 화학물질 및 물질안전보건자료(MSDS) 파악

2.3.1 유해위험정보 사전조사

연구 대상 회사의 공정은 다음과 같이 크게 4가지로 구분될 수 있으며 각각의 공정은 여러 가지 세부적인 단계의 공정으로 나뉘어져 있었다.

1) System(초음파 영상장비 본체) 제조공정
2) Array & component(초음파 발생장치) 제조공정
3) Final assembly 제조공정

4) 연구개발 공정

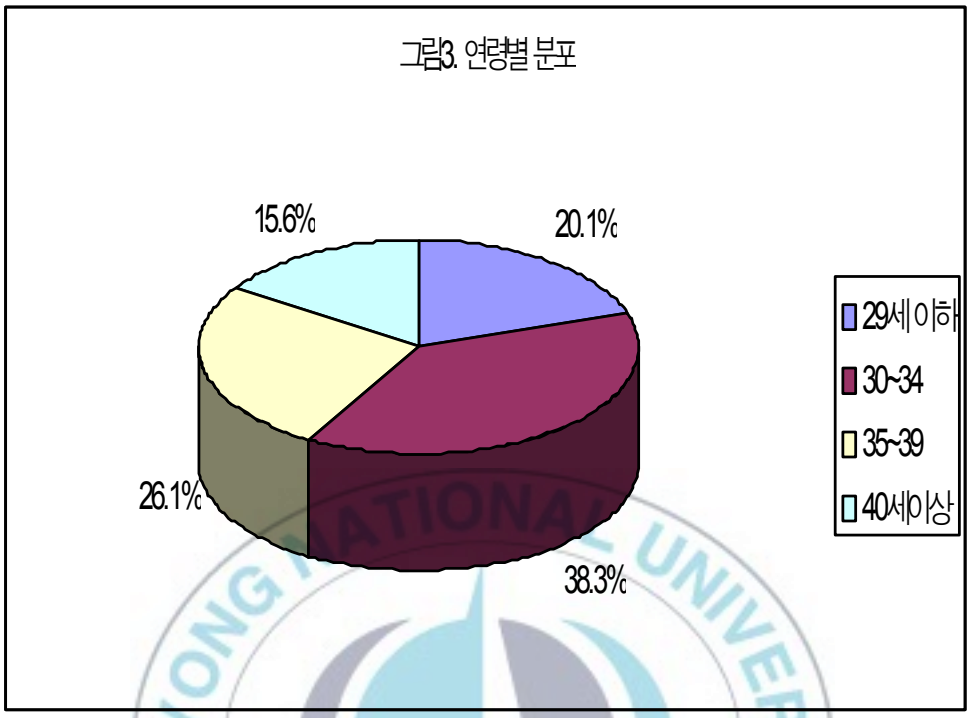
연구 대상 회사의 과거 사고에 대한 경향을 파악하고 위험성평가 시 중점평가 대상의 자료로 활용하기 위해 자료가 남아있는 2006년에서 2010년까지 발생한 최근 5년간의 25건의 사고를 조사한 결과 “기계, 기구의 잘못된 사용”으로 발생한 사고가 10건(40%)로 가장 많았고, “작업자세 불량”으로 인한 사고가 7건(28%), “화학물질 취급 시 부주의”로 발생한 사고가 3건(12%), “보행 중 미끄러짐과 넘어짐”과 “불안전한 행동”으로 발생한 사고가 각각 2건씩(8%) 발생하였으며, 그 외에 출장 중 발생한 교통사고가 1건(4%)이 발생하였다.

연구 대상 회사 특정 공정에서 주, 야 2교대 근무를 실시하고 있었으며 근무시간은 각각 8시간씩 수행하고 있었다.

사업장의 전체 근로자의 수는 기업의 보안유지 상 공개할 수 없었으나 연령별 분포를 분석한 결과 29세 이하(20.1%), 30~34(38.3%), 35~39(26.1%), 40대 이상(15.6%)의 비율을 차지하고 있었으며, 경력별 분포를 분석한 결과 1년 미만(2.6%), 1~2년(22.9%) 3년 이상의 근무경력을 가진 비율이 전체의 74.5%를 차지하고 있었다.

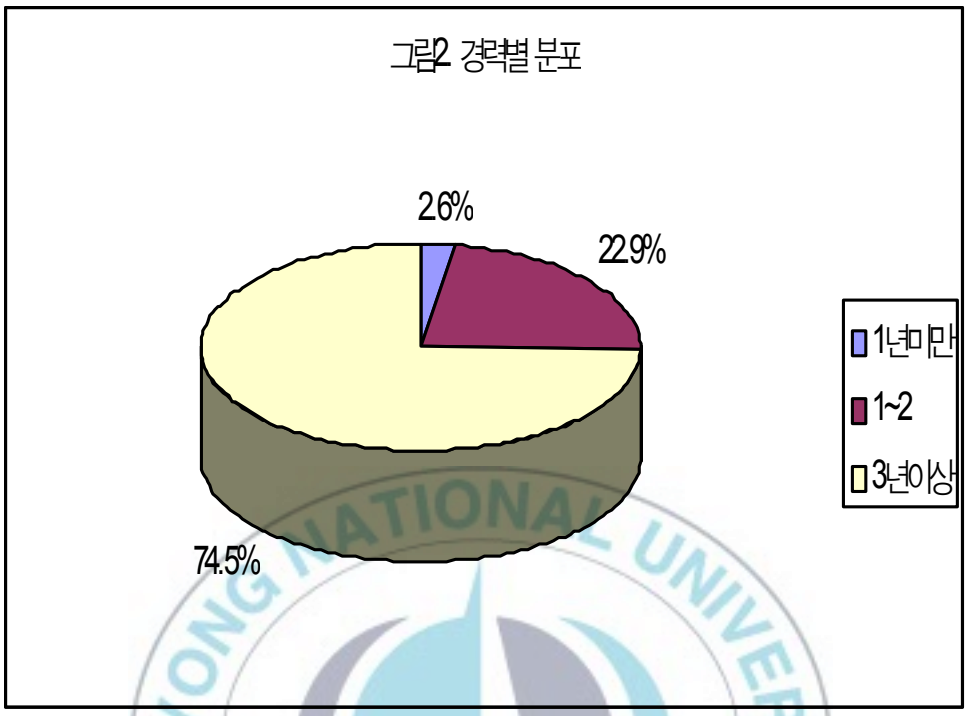
성별 분포를 분석한 결과 남자 64%, 여자 36%로 남성의 비율이 높게 나타났다.

자세한 연령별, 경력별, 성별 분포는 <그림3~5>와 같다.



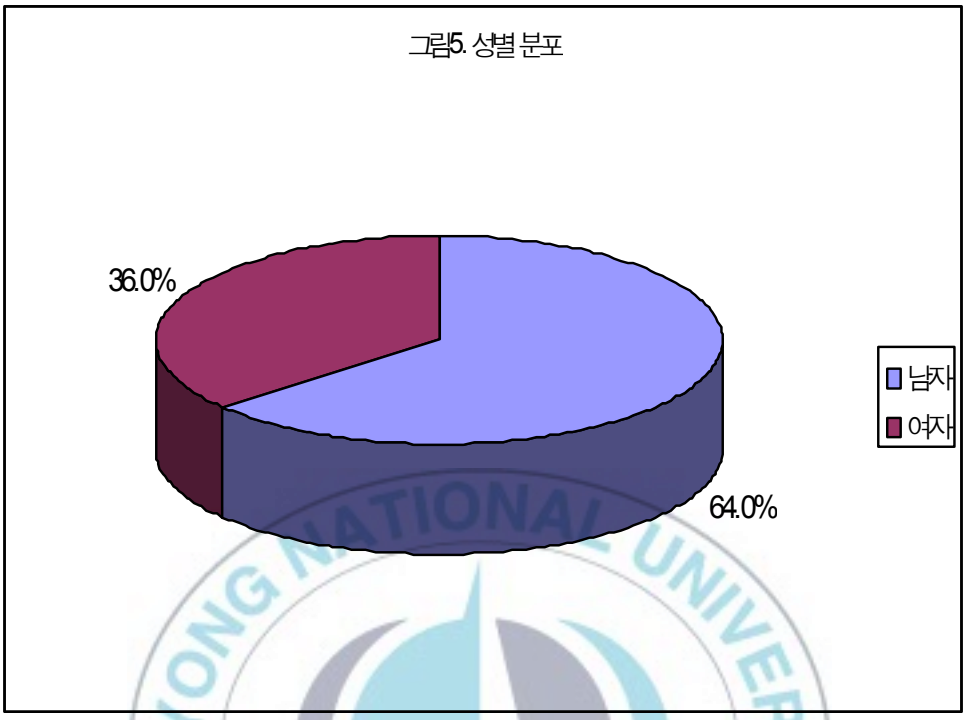
<그림 3> 연령별 분포

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교



<그림 4> 경력별 분포

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교



<그림 5> 성별 분포

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

작업에 사용되는 주요 설비는 크게 생산용으로 사용되는 설비와 연구 및 개발용으로 사용되는 설비로 구분하였으며, 주요설비의 현황은 <표6>과 같다.

작업 시 총 173가지의 다양한 화학물질을 사용하고 있었으며 그 중 가장 사용비중이 높은 화학물질은 이소프로필알콜, 메탄올, 아세톤, Gold/Silver cleaner(황산 10%미만함유) 등의 순이었다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

<표6> 주요 설비 현황

No.	설비	사용공정	현재 안전관리수단
1	압력용기	공무(Utility공급)	정기안전점검
2	Freezer(냉동기)/Oven	Array & Component제조 공정/연구 개발	-
3	Dicing Saw machine	Array & Component제조/ Final assembly제조	안전커버설치
4	Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	Array & Component제조	안전커버설치
5	Hipot tester(고전압 테스트장비)	Array & Component제조/ Final assembly제조/ System 제조	경고표시, 안전수칙
6	운반용 장비	물류	-
7	국소배기장치	Array & Component제조/ Final assembly제조	-
8	지게차	System제조	일일 안전점검
9	연구용 공작설비(연삭기/드릴/띠톱기계)	연구개발	-
10	CNC machine	연구개발	안전수칙

3. 결과 분석

3.1 위험성평가 실시 및 결과 수집

사례연구를 위해 위험성평가를 실시한 기간은 2012년 3월부터 5월까지 3개월간 평가하였다.

평가방법은 사전에 조사된 유해위험요인 정보를 토대로 중점적인 평가 대상공정을 선정하고, 대상공정을 직접 방문하여 작업 활동 사항을 확인 및 기록하였으며, 필요 시 위험요인에 대해 사진촬영을 실시하였다. 이러한 활동을 통해 수집 자료들을 분석하고 위험성평가를 실시한 후 그 결과를 위험요인별, 각 설비별로 분류하였으며, 연구 대상회사의 위험성평가표에 대한 사례는 <표7>과 같다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표7> 위험성평가표 사례

Bldg.	Floor	Area	Operation	Activities	Machine	4M	Hazards
구관	1F	Component-Casting	1. Get in/out epoxy from frige	Operating with Refrigerant - get in and out epoxies from frige	Freezer(냉동기)/oven	Machine	Cold surface(frostbite)
구관	1F	Component-Casting	2. Melting epoxies	Operating with Oven - melt epoxies for use(30-65degree)	Freezer(냉동기)/oven	Machine	Hot surface(burn)
구관	1F	Component-Casting	3. Casting	Mixing epoxy and Casting epoxy-based material onto platens - blow off dirts with airgun - cast epoxy in mold with air spray	Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	Machine	Hand strain, pinch grip, repetitive motion
구관	1F	Component-Casting	3. Casting	Mixing epoxy and Casting epoxy-based material onto platens - blow off dirts with airgun - cast epoxy in mold with air spray	Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	Machine	Chemical exposure,
구관	1F	Component-Casting	4. Degassing	Degassing casted material		Man	Hand strain
구관	1F	Component-Casting	5. Drying epoxies	Operating with Oven - dry casted material(30-65degree * 8hrs)	Freezer(냉동기)/oven	Machine	Hot surface

Bldg.	Floor	Area	PPE	Existing Controls	가능성(빈도수준)	중대성(강도)	위험도	요인별 분류
구관	1F	Component-Casting	Latex gloves	Work instruction	3	3	9	작업방법부적절
구관	1F	Component-Casting	미착용	Work instruction	3	3	9	개인보호구 미착용
구관	1F	Component-Casting	Latex gloves, , 분진마스크	Training/Instruction	2	3	6	
구관	1F	Component-Casting	Latex gloves	Training/Instruction	3	3	9	불안전한행동
구관	1F	Component-Casting	Latex gloves	Training/Instruction	3	3	9	작업자세, 동작 부적절
구관	1F	Component-Casting	미착용	Work instruction	3	3	9	개인보호구 미착용

3.2 위험성평가의 결과 분류

사전조사 및 분석 작업을 통해 총 251건의 위험요인을 도출하였으며 연구 대상회사의 위험성평가표를 이용하여 평가를 실시하였다.

1) 위험도에 따른 관리기준에 의거하여 가능한 빠른 시일 내에 개선이 요구되는 큰 위험 이상의 위험요인 170건에 대해서는 <표 8>로 정리하였으며 위험요인별 발생건수의 비율을 <그림 6>에서 나타내었다.

먼저 위험요인별 발생건수를 세부적으로 분석하여 살펴보면 가장 큰 잠재위험요인의 비율(35.9%)을 차지한 작업자세, 동작부적절 항목에는 정교한 작업을 위해 장시간 고정된 자세로 현미경을 사용하는 작업, 미세한 먼지나 이물질의 존재로도 제품의 신뢰성에 영향을 줌으로 작은 부품들을 반복적으로 세척하는 작업, 교정기 등을 사용하여 반복적인 측정을 하는 작업, Probe에 케이블을 삽입하기위해 핀셋을 반복적으로 이용하는 작업, 제품을 박스에 담고 옮기는 포장작업, 조립 도구를 반복적으로 들어 올리는 작업, Dicing 시 고정된 자세로 장시간 서 있는 작업, 장시간의 컴퓨터 사용, 운반대차 사용 시 잘못된 자세, 초음파영상진단장치의 이미지 테스트 시 장시간 모니터를 바라보거나, 반복적인 Transducer의 조작 작업 등이 공정별로 다수 발견되었다.

그 뒤를 이어 많은 비율(20.0%)을 차지한 개인보호구 미착용 항목은 Oven기에서 건조된 65도 이상의 반제품을 맨손으로 취

급하는 행위, 화학물질을 취급 시 보호장갑, 호흡기 보호용 마스크, 보안경등을 착용하지 않는 행위, 납땜 시 호흡기 보호용 마스크 및 보안경을 착용하지 않는 행위, 고온의 Bonding기계 취급 시 보호장갑 미착용, 중량물 취급 시 안전화 미착용, Glue gun 또는 Heat gun 사용 시 보호장갑을 착용하지 않는 사례가 발견되었다.

또한 고압의 air-gun을 사용하여 몸을 터는 행위, 화학물질 취급 시 부주의하게 다루는 행위, 의료용 X-acto knife나 사무용 칼을 취급 시 주의를 기울이지 않는 경우, 보행 중 주의를 기울이지 않아 넘어짐이 발생하는 경우와 같이 불안전한 행동의 위험요인(10.6%)과 제품포장 박스와 같은 중량물을 취급 시 부적절한 작업방법으로 들어 올리거나, 냉동고에 보관되고 있는 원료를 꺼낼 때 부적절한 취급방법, 폐기물 폐기 시 부적절한 폐기방법 등 작업방법이 부적절한 경우(10.6%), HiPot장비 개방 시 작업자가 고전압에 노출될 수 있는 경우, 연구용으로 사용되는 CNC선반 장비 개방 시 동작이 중지될 수 있도록 본질적인 안전확보가 되어있지 않은 경우, Pump V-pulley, 각종 시험용 공작기계(연삭기, 드릴기, 띠톱기계), 보행 통로에 방치되어있는 돌출물 등 같이 방호장치가 불량한 위험요인(10.0%) 등이 높은 비율을 차지하였다.

그 외에 작업대 배치불량으로 멀리있는 물건을 가져오기 위해 무리하게 팔을 뻗거나, 적재불량으로 인한 물건의 낙하 위험성이 있는 경우, 작업공간의 정리정돈 불량으로 전도, 미끄럼짐 등 작업공간이 불량한 위험요인(5.9%), 용기에 식별 및 경고라벨이 부착되어있지 않고 사용되는 경우, 일부 비상문과 세안설

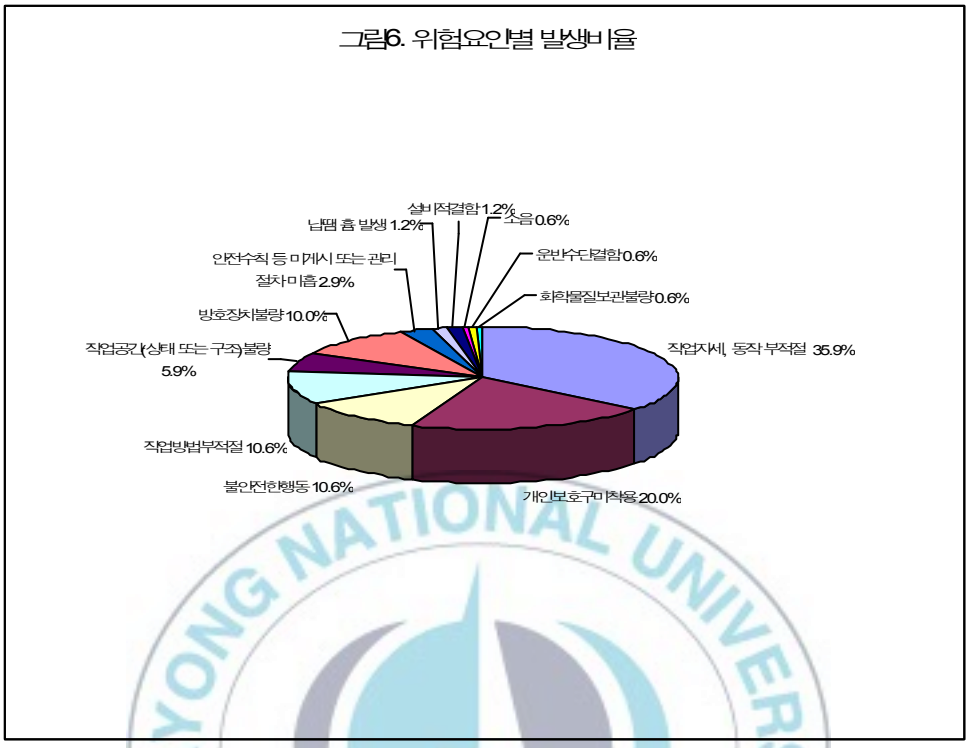
비가 적재물로 막혀있어 비상사태 시 제 기능을 할 수 없도록 되어있으며, 연구실 Cleanbooth의 경우 출입하는 문의 높이가 낮아 충돌의 위험성이 존재하는 것 등 안전수칙, 경고표시 등이 미게시 되거나 관리절차가 미흡한 위험요인(2.9%), 국소박이 장치의 설치상태 불량으로 인한 납땜 흄 발생(1.2%), 창고 내에 렉의 설치상태가 불량하거나, 공작용기계가 작업대 위에 고정되어있지 않는 등 설비에 결함이 있는 위험요인(1.2%), 화학물질 관리 시 혼재되어서는 안되는 산과 염기가 같은 장소에 보관되거나, 운반수단(파레트 트럭)의 결함, 고속회전장비에 의한 소음발생 존재하는 것 등이 소수의 위험요인으로 발견되었다.

다음으로 즉각적인 개선이 필요한 평균위험도가 11이상인 중대한 위험성으로 분류된 위험요인 중 가장 높은 위험도를 나타낸 것은 혼재가 불가능한 산과 염기 같은 화학물질을 별도로 분리하여 관리되지 않은 위험요인이 위험도가 16으로 가장 높아 시급히 개선이 필요하였다. 화학물질 사용 시 용기에 식별표시 또는 경고표시가 부착되어있지 않고 일부 화학물질은 MSDS의 미게시, 비상 시 사용되는 세안설비 및 비상문의 관리가 미흡한 것과 같은 안전수칙 등이 미 게시되어있거나 관리절차가 미흡한 위험요인의 평균위험도가 14.4로 높아 개선이 시급한 것으로 나타났다. 각종 연구용 공작기구의 회전체에 방호장치가 부착되어있지 않거나 규격에 맞지 않으며, 고전압이 인가되는 테스트 장비 및 CNC선반이 개방 시에도 계속적으로 작동하여 감전 및 잘림 등에 노출되어있는 등 방호장치가 불량한 위험요인과, 렉 및 도구 등의 설비적 결함으로 인해 붕괴

또는 낙하 등의 위험이 존재하는 위험요인, 납땜 작업 시 국소 배기장치의 설치위치, 후드모양, 흡기성능 등이 부적합하여 작업자들의 흄에 의한 중독 위험이 존재하는 위험요인 등이 평균 위험도 12이상으로 역시 시급하게 개선이 필요하였다.

<표8> 위험요인별 위험성 평가 결과

구분	건수	비율(%)	평균위험도
작업자세, 동작 부적절	61	35.9%	9.4
개인보호구미착용	34	20.0%	10.2
불안전한행동	18	10.6%	10.7
작업방법부적절	18	10.6%	10.8
작업공간 (상태 또는 구조)불량	10	5.9%	9.9
방호장치불량	17	10.0%	12.1
안전수칙 등 미게시 또는 관리절차 미흡	5	2.9%	14.4
납땜 흄 발생	2	1.2%	12.0
설비적결함	2	1.2%	12.5
소음	1	0.6%	9.0
운반수단결함	1	0.6%	9.0
화학물질보관불량	1	0.6%	16.0
계	170	100%	10.4



<그림 6> 위험요인별 발생비율

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2) 4M 항목 중 설비에 관련된 위험요인의 발생건수를 <표9>로 정리하였으며, 발생비율은 <그림7>에 나타내었다.

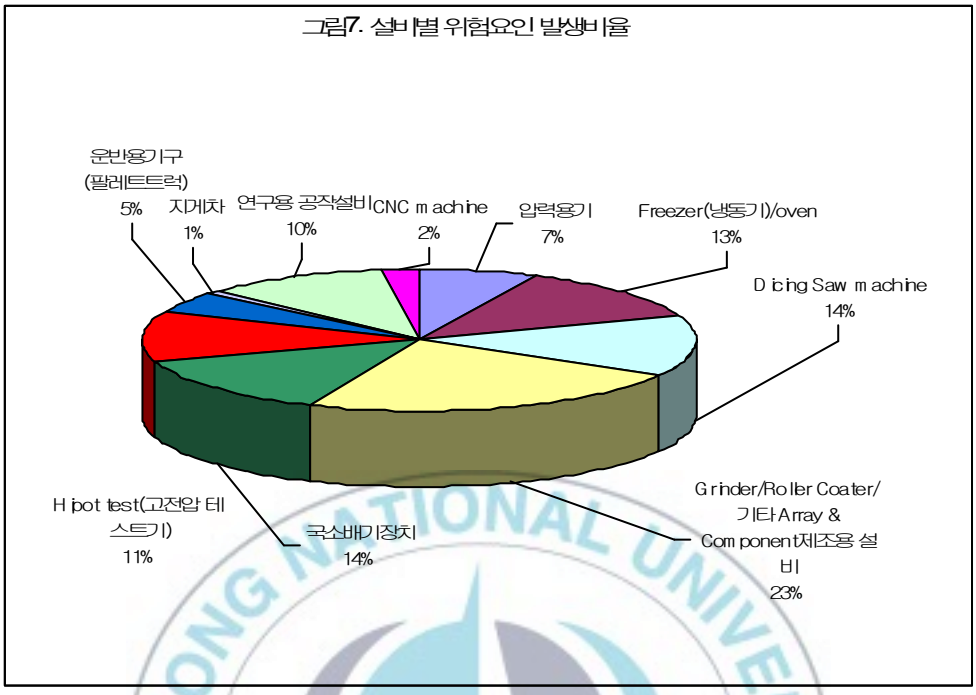
각 설비별로 위험요인을 발생 현황을 정리하면 Grinder/Roller coater를 포함한 Array & Component제조용 설비(20건), Dicing Saw machine 및 국소배기장치(12건), Freezer(냉동기)/Oven(11건), 고전압 테스트 장비(10건), 연구용 공작기계류(9건), 압력용기(6건), 운반용장비 (4건), CNC 장비(2건), 지게차(1건)의 위험요인이 도출되었으며 그 중 연구용 공작기계(연삭기, 드릴기, 띠톱기계), CNC선반, 국소배기장치, 운반용장비, 고전압 테스트 장비, Freezer(냉동기)/Oven, Dicing Saw machine, 지게차와 연관된 위험요인의 평균위험도가 7이상의 큰위험 범위로 나타났다.

각 설비별 위험요인의 평균위험도는 9.3으로 전체 위험요인의 평균위험도 10.4에 비해 다소 낮게 나타났으나 개선이 필요한 큰 위험의 범위에 포함되어 있음을 알 수 있었다.

<표9> 설비별 위험요인 발생건수

구분	건수	비율(%)	평균위험도
압력용기	6	6.9	6.3
Freezer(냉동기)/Oven	11	12.6	9.8
Dicing Saw machine	12	13.8	8
Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	20	23.0	6.1
Hipot tester(고전압 테스트장비)	12	13.8	10.7
운반용 장비	10	11.5	10.3
국소배기장치	4	4.6	10.5
지게차	1	1.1	4
연구용 공작설비(연삭기/드릴/띠톱기계)	9	10.3	11.8
CNC machine	2	2.3	11
계	87	100%	9.3

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교



<그림 7> 설비별 위험요인 발생비율

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3) 각 설비별 운영인원의 연령별 분포를 <표10>으로 정리하였으며, 그 비율은 <그림8>에서 나타내었다.

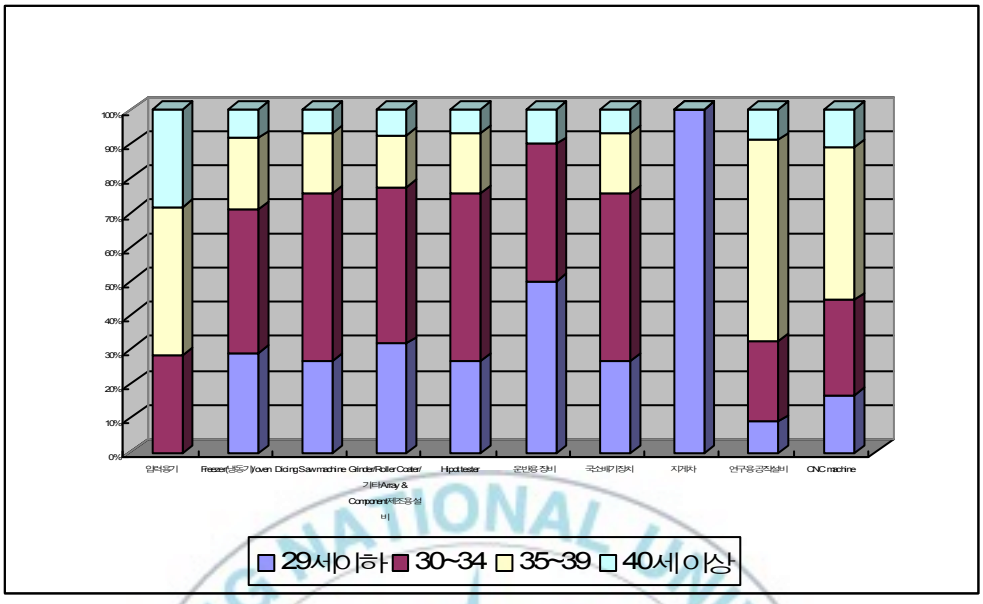
또한 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 운영인원의 연령별 분포의 분석을 실시하였으며 운영인원이 1명인 지게차에 대한 위험요인은 분석자료에서 제외하였다.

분석 결과는 <그림9>과 같으며 35~39세의 연령대 운영인원이 없는 운반용 장비에 관한 위험요인을 제외하면 위험요인 발생비율이 높은 상위 5개의 설비에 34세 이하의 연령대의 운영인원 비율이 위험요인 발생비율이 낮은 하위 3개의 설비에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이러한 원인은 낮은 연령대의 경우 충분한 작업특성의 이해부족과 업무에 대한 skill의 부족이 다양한 위험요인을 발생시키는 결과로 추측되었다.

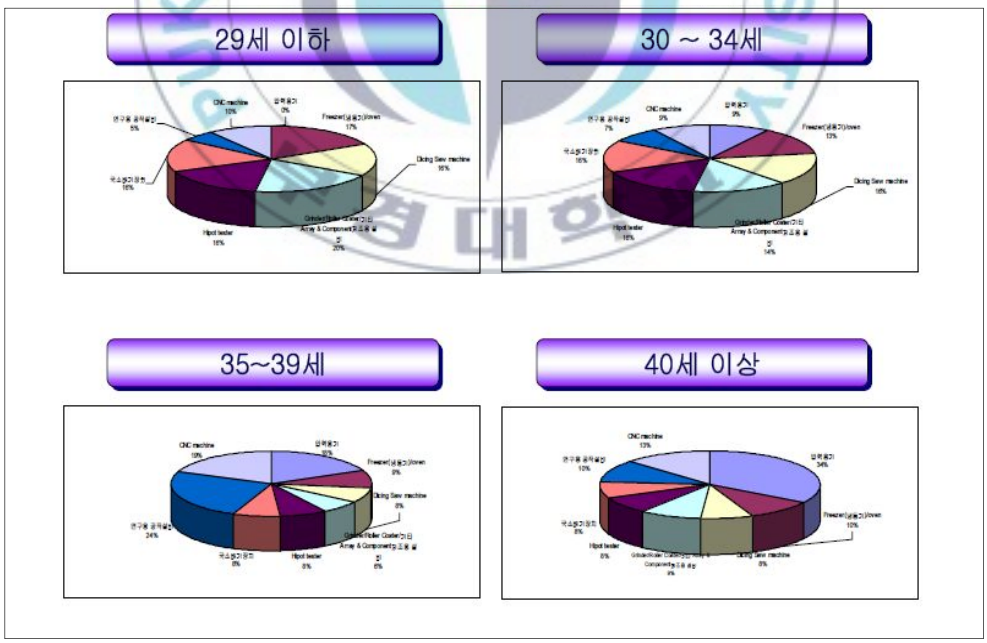
PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<표10> 각 설비별 운영인원 연령별 분포

구분	29세 이하	30~34	35~39	40세 이상
압력용기	0(0.0%)	2(28.6%)	3(42.9%)	2(28.6%)
Freezer(냉동기)/Oven	28(28.9%)	41(42.3%)	20(20.6%)	8(8.2%)
Dicing Saw machine	36(26.5%)	67(49.3%)	24(17.6%)	9(6.6%)
Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	25(31.6%)	36(45.6%)	12(15.2%)	6(7.6%)
Hipot tester(고전압 테스트장비)	39(26.5%)	72(49.0%)	26(17.7%)	10(6.8%)
운반용 장비	5(50.0%)	4(40.0%)	0(0.0%)	1(10.0%)
국소배기장치	36(26.5%)	67(49.3%)	24(17.6%)	9(6.6%)
지게차	1(100.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)
연구용 공작설비(연삭기/드릴/띠톱기계)	3(8.8%)	8(23.5%)	20(58.8%)	3(8.8%)
CNC machine	3(16.7%)	5(27.8%)	8(44.4%)	2(11.1%)



<그림 8> 각 설비별 운영인원 연령별 분포



<그림 9> 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 연령분포

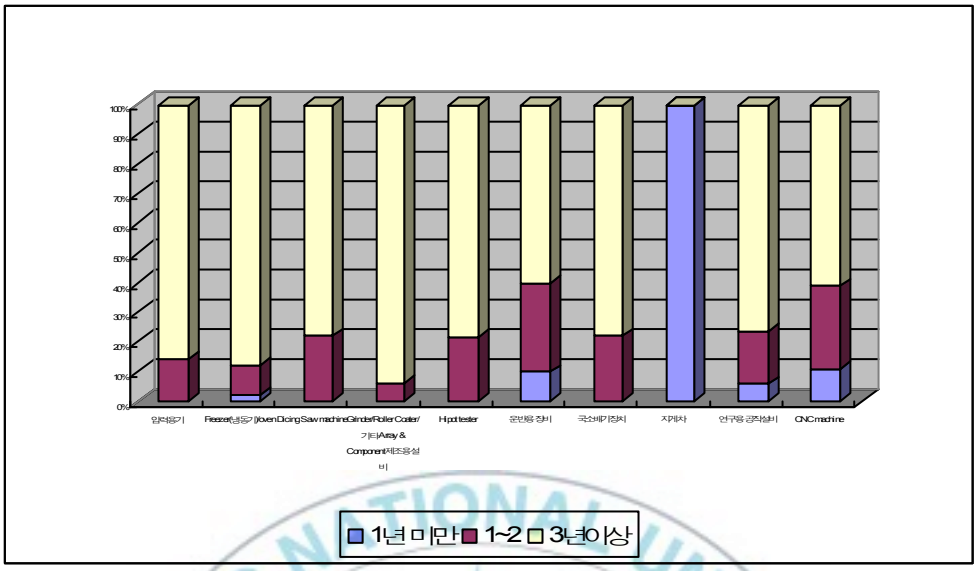
4) 각 설비별 운영인원의 경력별 분포를 <표11>로 정리하였으며, 그 비율은 <그림10>에서 나타내었다.

또한 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 운영인원의 경력별 분포의 분석을 실시하였으며 운영인원이 1명인 지게차에 대한 위험요인은 분석자료에서 제외하였다.
분석결과는 <그림 11>와 같으며 위험요인 낮은 하위 2개의 설비에 2년 이하의 경력을 가진 운영요원의 비율이 그 외의 설비에 비해 높은 것으로 나타났으나 경력별 인원수의 비율이 많은 차이를 보임으로 연관 관계를 단정하기는 어려울 것으로 생각된다.

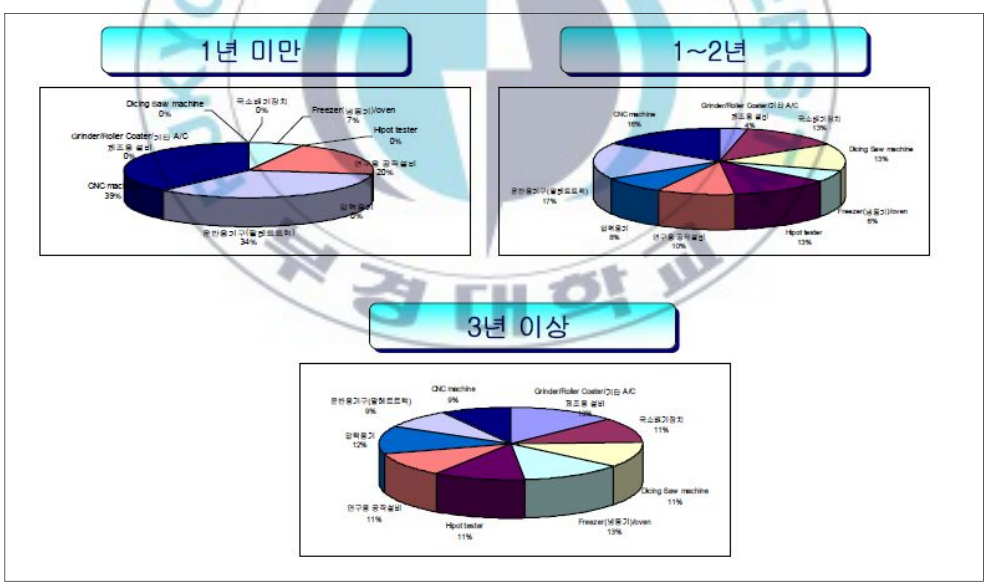
PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

<표11> 각 설비별 운영인원 경력별 분포

구분	1년 미만	1~2	3년이상
압력용기	0(0.0%)	1(14.3%)	6(85.7%)
Freezer(냉동기)/Oven	2(2.1%)	10(10.3%)	85(87.6%)
Dicing Saw machine	0(0.0%)	30(22.1%)	106(77.9%)
Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	0(0.0%)	5(6.3%)	74(93.7%)
Hipot tester(고전압 테스트장비)	0(0.0%)	32(21.8%)	115(78.2%)
운반용 장비	1(10.0%)	3(30.0%)	6(60.0%)
국소배기장치	0(0.0%)	30(22.1%)	106(77.9%)
지게차	1(100.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)
연구용 공작설비(연삭기/드릴/띠톱 기계)	2(5.9%)	6(17.6%)	26(76.5%)
CNC machine	2(11.1%)	5(27.8%)	11(61.1%)



<그림 10> 각 설비별 운영인원 경력별 분포



<그림 11> 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 경력분포

5) 각 설비별 운영인원의 성별분포를 <표12>로 정리하였으며 그 비율은<그림12>에서 나타내었다.

또한 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 운영인원의 성별분포의 분석을 실시하였으며 운영인원이 1명인 지게차에 대한 위험요인은 분석자료에서 제외하였다.

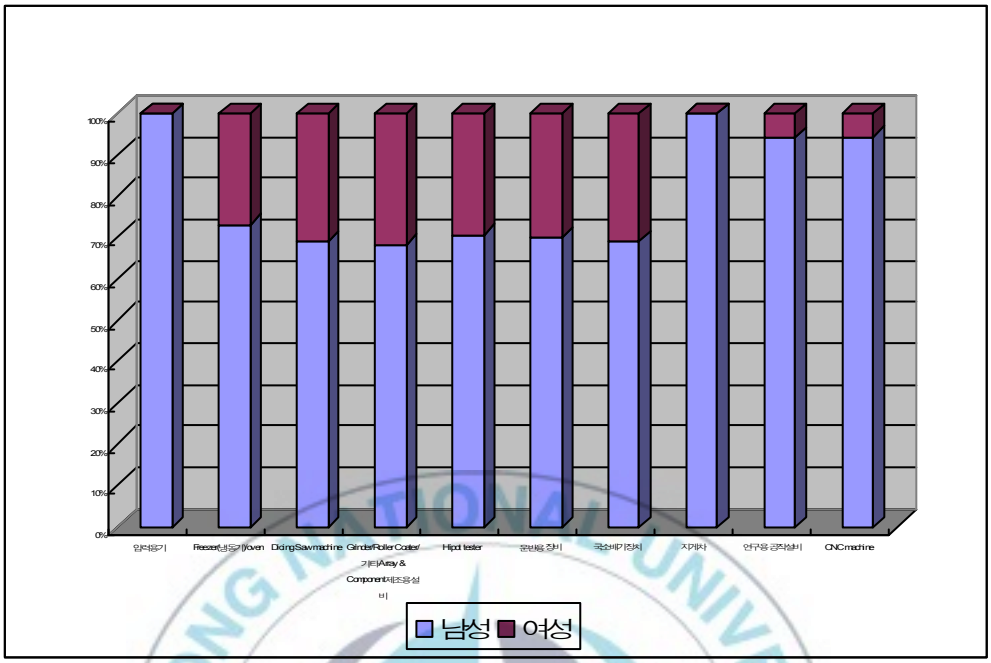
분석결과는 <그림13>와 같으며 운영인원이 많지 않은 운반용 장비에 관한 위험요인을 제외하면 위험요인 발생비율이 높은 상위 5개의 위험요인에 여성 운영인원 비율이 위험요인 발생비율이 낮은 하위 3개의 위험요인에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 여성근로자의 경우 전체근로자에 비해 20대와 30~34세의 연령대비율이 다소 높은 것으로 나타나 이와 연관관계 있을 것으로 추측되며, 또한 여성근로자의 업무특성상 설비와 관련된 단순 반복작업이 주를 이루고 있음으로 위험요인의 증가를 가져왔을 것으로 생각된다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

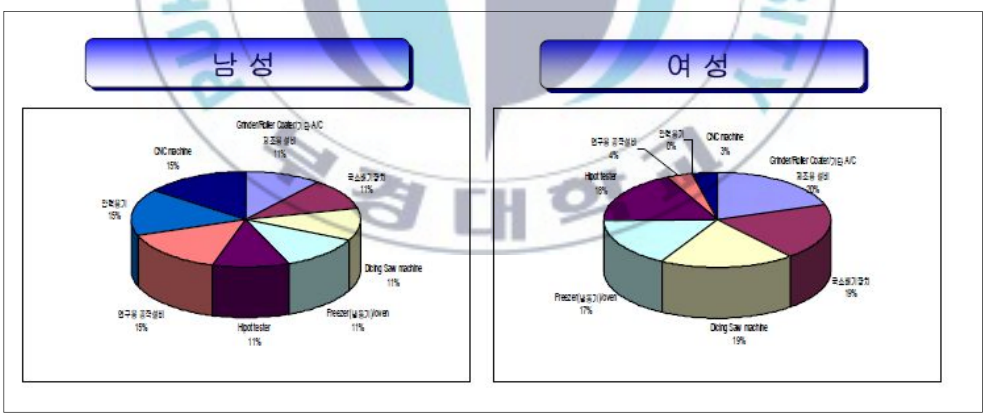
<표12> 각 설비별 운영인원 성별 분포

구분	남성	여성
압력용기	7(100%)	0(0.0%)
Freezer(냉동기)/Oven	71(73.2%)	26(26.8%)
Dicing Saw machine	94(69.1%)	42(30.9%)
Grinder/Roller Coater/기타 Array & Component제조용 설비	54(68.4%)	25(31.6)
Hipot tester(고전압 테스트장비)	104(70.7%)	43(29.3%)
운반용 장비	7(70.0%)	3(30.0%)
국소배기장치	94(69.1%)	42(30.9%)
지게차	1(100.0%)	0(0.0%)
연구용 공작설비(연삭기/드릴/띠톱기계)	32(94.1%)	2(5.9%)
CNC machine	17(94.4%)	1(5.6%)

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교



<그림 12> 각 설비별 운영인원 성별 분포



<그림 13> 각 설비별 위험요인 발생비율에 따른 성별분포

3.3 결과별 안전관리방안 제시

연구대상회사의 위험성평가 결과를 토대로 잠재되어있는 위험요소를 제거하기 위해 위험요인별 발생 건수가 큰 비율, 평균위험도가 큰 비율과 설비별 위험요인 분석에 따른 결과로 구분하여 다음과 같은 개선안을 제시하고자 한다.

1) 위험요인별 발생 건수가 큰 비율

위험요인별 발생 건수로 가장 큰 비율을 차지하는 항목은 작업자세, 동작의 불량으로 20~30대 연령의 근로자가 대다수인 연구대상 사업장의 특성 상 직업성 근골격계질환이 발생할 가능성이 높음을 알 수 있다. 개선대책으로는 RULA, REBA, NOISH등 기법을 통해 전문적인 근골격계 유해요인 조사를 실시하고 개선우선순위에 따라 작업환경 개선대책을 수립하고 실시한 후 효과평가를 실시하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 또한 작업 전, 후 스트레칭 및 체조 실시하고 장시간 작업 시 규칙적인 휴식시간을 제공함으로써 육체적인 피로를 해소해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

다음으로 높은 비율을 차지하는 개인보호구 미착용 항목은 방독마스크, 보안경, 보호(방열)장갑, 귀마개와 같은 개인보호구 착용이 요구되는 작업 시에 미착용하는 경우가 다수 발견됨으로 이에 대한 착용필요성을 교육을 통해 강화시켜야 하며, 필요할 경우 징계제도 등을 도입함으로써 개인보호구 착용을 의무화 시킬 필요가 있다고 생각된다.

작업 시 행하여지는 불안전한 행동에 대해서는 듀폰사의 STOP 기법을 적용하여 현장관리자가 순찰을 통해 발견한 작업자의 불안

전한 행동에 대해 안전관찰카드를 발급하고 작업자 스스로가 자발적으로 개선 또는 근본적으로 제거할 수 있는 방법을 찾도록 유도하고 그 결과를 취합, 분석하여 해당 회사의 불안전한 행동 경향을 파악하고 재발방지를 위한 대책을 마련하는 방법을 취할 필요가 있다고 생각된다.

마지막으로 연구대상회사의 작업공정은 제품의 품질안정을 위한 작업표준과 작업자의 안전을 고려한 작업표준이 이원화되어 있고 실질적으로 작업자들이 사용하는 작업표준은 품질안정을 위한 것이었다. 이러한 상황을 개선하기 위해 현재 각각 분리되어있는 연구대상회사의 작업표준을 통합하여 사용하도록 하여 작업 시 안전성과 생산성을 모두 만족할 수 있도록 하여야 할 것이다.

2) 평균위험도가 큰 위험요인

위험도가 가장 높은 혼재되어서는 안되는 화합물인 산과 염기를 같이 보관하고 있는 항목에 대해서는 구분하여 보관할 수 있도록 각각 화학물질보관용 안전케비넷을 비치하여 보관하도록 조치하여야 하며, 관리자를 통해 일상점검을 강화하여 혼재되는 상황이 재발되지 않도록 관리하여야 할 것이다.

화합물질 용기에 식별표시 및 경고라벨이 부착되지 않고 사용되는 것을 방지하기 위해서 회사는 화학물질 안전점검표를 개발하고 관리자로 하여금 주기적인 점검이 실시될 수 있도록 하여야 할 것이다. 또한 일부 MSDS가 비치되지 않은 화학물질에 대해서는 그 수를 파악하여 즉시 한글화된 MSDS를 확보하여 작업공간에 비치하고 작업자 대상으로 안전교육을 제공하여야 할 것이다.

비상문과 세안설비 앞에 적재물을 적재할 수 없도록 바리게이트

또는 구획을 설정하여 비상상황 시 적절히 활용될 수 있도록 유지 관리되어야 할 것이다.

고전압이 인가되는 테스트장비 및 CNC장비에 대해서는 인터록을 설치하여 장비의 개방 시 자동으로 멈추게 하여야 하며, 각종 연구용 공작기구에 회전체에 적합한 방호장치를 설치하여 근로자가 위험에 노출될 수 없도록 근본적으로 대책을 마련하여야 할 것이다.

납땜 작업 장소에 설치된 국소배기장치에 대해 전문 진단을 통해 적합한 후드모양, 배풍성능 계산 등 그 효율을 개선할 수 있도록 개선계획을 수립, 실행하여야 하며 국소배기장치의 정기적인 성능시험을 실시하여 적정성능을 유지할 수 있도록 관리하여야 할 것이다.

설비에 대해서는 그 위험성에 따라 평가기준을 수립하고 위험도가 높은 순으로 일상, 주간, 월간, 분기별로 기간을 두어 항목별로 설비의 안전점검을 실시하고 문제가 발견 시 즉시 개선대책을 수립, 실시하여야 할 것이다.

3) 4M 항목 중 설비(Machine)에 관련된 위험요인

각 설비별 위험요인을 분석한 결과 설비의 운영인원의 연령대가 34세 이하일수록 또한 여성의 비율이 높을수록 그 발생비율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 따라서 연구대상회사는 이러한 결과를 토대로 연령대와 성별에 따른 안전교육 프로그램을 개발하고 이를 통해 체계적인 과정으로 안전교육을 실시한다면 설비에 관련된 잠재위험의 인적요인을 제거할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 한국산업안전보건공단에서 제시한 4M위험성 평가기법을 기반으로 연구 대상회사의 실정에 부합하게 양식을 개발하여 초음파 의료장비 제조공장에 존재하는 잠재적 위험요인을 식별하고 위험성평가를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 총 251건의 위험요인 중 즉시 또는 가능한 빠른 기한 내에 개선조치를 취해야 하는 건수는 170건으로 전체에 67%를 차지하고 있었다.

2) 위험요인별 발생 건수 별로 분류한 결과 작업자세, 동작의 부적절로 인한 위험요인이 35.9%로 가장 높은 비율을 나타내었다.

3) 평균위험도가 높은 11점 이상의 중대한 위험성을 나타내는 위험요인은 5건이었으며 항목에 대한 개선이 시급하였다.

4) 각 설비별 위험요인을 분석한 결과 설비 운영인원의 연령별과 성별의 분포에 따라 설비별 위험요인이 증감하는 연계성을 발견할 수 있었다.

5) 20대 및 30대 초반(30~34세)의 연령대와 여성 운영인원의 비율이 높은 설비일수록 위험요인의 발생비율이 높아지는 것을 알 수 있었다.

6) 위험성평가 결과 위험요인별 발생 건수가 높은 순과 평균위험도가 높은 순으로 항목을 구분하여 안전관리방안을 수립 및 제시하였다.

7) 4M 항목 중 설비에 관련된 위험요인의 분석을 통해 연령대와 성별에 따른 안전교육 프로그램 개발이 필요할 것으로 생각되었다.

본 연구는 특정 회사를 대상으로 실시하였고 타 회사의 특성을 반영하는데 한계가 있기 때문에 일반적인 연구결과로 해석하기에는 무리가 있을 것으로 판단된다. 그러나 이러한 한계점에도 불구하고 본 연구 결과는 초음파 의료장비의 시장규모가 증가함에 따라 향후 사업에 진출하는 회사가 많아질 것으로 예상할 때 발생가능한 위험요인과 그 위험도에 대한 정보를 제공하고 있어 재해예방을 위한 안전대책을 수립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

참고 문헌

1. 김형석,“초음파를 이용한 의료진단 기술”, 전기의 세계, Vol.58 No.2, pp.49~51, 2009.

2. 이강영, “초음파 의료장비의 동작원리”,대학병원협회지, Vol.17 No.2, pp.26~35, 1988.

3. 장성호, “초음파 영상진단장치”, The Processing of the Institute of Electrical Engineers, Vol.24 No.8, pp.11~21, 1999.

4. 식품의약품안전청, 2011년 국내 의료기기 통계, 2011.

5. 식품의약품안전청, “보도자료:국내 의료기기 산업 성장세 뚜렷”, 2012.

6. 고용노동부, “2009년 산업재해 발생현황”, 2010.

7. 고용노동부, “2010년 산업재해 발생현황”, 2011.

8. 고용노동부, “2011년 산업재해 발생현황”, 2012.

9. 홍성만, “제철 사업장 위험성평가 사례 분석”, Journal of the Korea Safety Management & Science, Vol.12, No.1, pp.11~18, 2010.

10. 박두용,“우리나라의 위험성평가제도”, 산업보건, No.231, pp.25~33, 2007.

11. 대한산업안전협회, The Safety Technology, “위험성평가 기법”, No.158, pp.64~68, 2011.

12. HSE, "Five Steps to Risk Assessment", HSE Books, Sudbury, UK, 1998.

13. 국토해양부, 국가 항공안전프로그램, 2011.

14. 한국산업안전보건공단, “산업안전보건용어사전”, 2006.

15. 한국산업안전보건공단, 사업장위험성평가 매뉴얼, 2012.

16. 한국산업안전보건공단, KOSHA CODE M-62-2008, 2008.

17. 김영신,“재해율 0.3% 달성을 위한 STOP 기법”, The Safety Technology, No.35, pp.20~23, 2000.

A Study on the Risk Assessment and Safety Management in Healthcare Clinical Product Ultrasound System Manufacturing Area

Tae Uk Kang

Department of Safety Engineering, The Graduate School of Industry, Pukyong National University

Abstract

Healthcare clinical product Ultrasound system manufacturing area has various hazards as another manufacturing area. However there was lack of study on risk factors for this area. Because of these circumstances, it has been difficult to develop proper safety measure in healthcare clinical product ultrasound system manufacturing area.

The purpose of this study is to suggest a proper safety measure for industrial accident prevention in this manufacturing area as well as reducing loss of lives and property. To achieve this purpose, this study carried out risk assessment for the case study company which manufacture Healthcare clinical

product Ultrasound systems by using the risk assessment tool based on 4M-criteria, which stands for Machine, Media, Man and Management.

This study was conducted by following step which is 1) Preparation & classification of work activity, 2) Hazards identification, 3) Risk estimation, 4) Risk evaluation, 5) Risk control action & Implementation.

As a result of this study, the number of cases of risk factors about bodily reaction and exertion(ex. static posture, overexertion, repetitive motion, etc.), don't wear personal protective equipments, un-safety act, improper working method are found to be higher than others.
And the risk factors about incompatible chemicals stored in same area, Missing or absenting of safety procedure(ex. chemical handling, managing of emergency equipments, etc.), Poor guarding for hazardous equipments, Damaged facility, Poor ventilation for soldering area are found to be higher risk grade than others.
Also the results showed relationship between the number of case of risk factors which is related machine and operator's age group and gender group.
Based on result, we suggested various safety measure to improve current circumstances of work site.

We hope that these study may be used to guidance of risk assessment for Healthcare clinical product Ultrasound system manufacturing area, and it is helpful for preventing industrial accidents in this area.

감사의 글

만학의 큰 꿈을 안고 입학한 것이 엊그제 같은데 어느덧 시간이 지나 논문으로 결실을 맺습니다. 만학이라는 어려운 길을 용기와 희망으로 격려해 주신 아버지와 장인, 장모님의 은혜에 더 없는 감사를 드립니다. 건강하게 오래오래 사십시오.

지난 시간의 배움의 결실이 본 논문이 완성되기까지 밤, 낮으로 부족한 점에 대해 학문적인 조언과 지도를 아낌없이 해주시고 각별한 관심과 애정을 보여주신 최재욱 지도교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 또한 심사를 맡아 논문의 세심한 부분까지 지도해 주시고 애써주신 박외철 교수님, 목연수 전 총장님을 비롯하여 장성록 교수님, 권오헌 교수님, 이의주 교수님, 오창보 교수님, 신성우 교수님께 깊은 감사를 드리며 학기 동안 강의를 통해 많은 가르침을 주신 안전공학과 교수님들께 진심으로 감사 말씀을 드립니다.

끝으로 어려운 사정에서도 항상 격려와 위안으로 오늘이 있기까지 많은 힘이 되어준 사랑하는 아내 김창숙님과 하나뿐인 무남독녀 강소이에게도 감사의 마음을 전합니다.

2012년 12월

강 태 욱 올림