

# FMEA를 활용한 사고형태 영향분석에 관한 연구

## - A Study of Accident Mode and Effects Analysis for Using FMEA -

김 건 호 \*

Kim Geon Ho

김 윤 성 \*

Kim Yoon Sung

권 상 먼 \*\*

Kwon Sang Myun

이 강 복 \*\*

Lee Gnag Bok

박 주 식 \*\*

Park Joo Sik

강 경 식 \*\*

Kang Kyong sik

### Abstract

The modern industrial society is developing while growing more diverse and gigantic. Accordingly, occupational injuries or accidents can be caused in various situations, not just in the limited range of workplaces but also in the surroundings, and interest has increased in the prevention of occupational accidents with respect to occupational health and safety, and environment.

Thus, this thesis will consider 4M1E (Man, Machine, Method, Material, Environment) as the fundamental causes of accidents and introduce a model of system in which the output of the process control system is replaced by accidents with its input by 4M1E.

Furthermore, it will demonstrate how occupational hazardousness can be measured, whereby it can also be rated, by examining the relationship between 4M1E and types of accident in terms of the categories of severity, frequency, and detectability, based on the application of the model to the framework of FMEA.

**Keyword : FMEA, AMEA , 잠재적 사고형태, RNP(위험우선순위)**

---

\* 안산공과대학 교수

\*\* 명지대학교 산업공학과

## 1. 서 론

현대 산업사회는 점점 다양화되고 대형화되어 발전하고 있다. 이에 따라 사고유형도 작업/생산 활동이 일어나는 제한된 범위뿐만 아니라 자연환경에 까지 영향을 미칠 정도로 다양하게 발생되고 있다. 오늘날 안전/보건/환경에 대한 관심이 높아졌고, 국제적으로 환경관세 등의 국제규제도 대두되고 있다. 기업 활동에 의해 발생하는 사고에 대한 미연방지 활동을 함으로써 재해 및 환경오염을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 공정시스템의 공정의 원리를 이용하여 결과물(Output)을 사고로 했을 때, 투입물인 4MIE(Man, Machine, Method, Material, Environment)를 사고의 기본 원인으로 하였다. 이를 바탕으로 FMEA의 틀을 활용하여 사고유형과 4MIE의 관계성에 따라 심각도, 발생도, 검출도로 구하고, 이에 따라 사고에 대한 위험순위를 결정해 주는 위험성 평가방법을 제시하고자 한다.

## 2. 안전성평가 이론적 고찰

### 2.1 연쇄반응 이론[12][4]

하인리히, 웨버, 아담스, 버드가 제시한 이론은 사고 발생의 연쇄성을 강조한 이론으로서 산업재해의 발생은 언제나 사고 요인의 연쇄반응의 결과로서 초래되며, 사고의 발생은 항상 불안정한 행동 또는 불안정한 상태에서 사고의 직·간접 원인으로 기인되는 것이며, 불안정한 행동과 상태를 개인의 결함에 의한 것이고 개인의 결함은 환경이나 유전에 의하여 얻어지며 도미노 놀이처럼 서로 맞닿는 연속성을 가지고 있어 연속적인 상호작용의 산물로 산업재해가 발생된다는 것이다.

연쇄반응 이론에서 중요한 것은 불안정한 행동과 불안정한 상태로서 직접적인 사고원인이 된다. 불안정한 행동의 원인으로 생리적원인, 심리적원인, 교육적원인, 환경적원인으로 나누며 물리적요소로는 환경과 조건으로 대별할 수 있다.

### 2.2 다중요인 이론[4]

그로스는 사고를 유발할 수 있는 4M으로 대표되는 다중요인이론을 제창하였다. 이것은 기계(machine), 환경(media), 사람(man) 그리고 경영(management)이다. 여기서 미디어란 보행표면이나 기후조건과 같은 사고를 둘러싼 환경조건을 고려하는 것이다. 경영은 장비를 선택하고, 근로자를 교육시키고, 비교적 위험이 적은 환경을 만드는 방법에서 다른 3가지의 M요소를 고려하는 것이다.

다중요인이론은 4M의 주변특성을 조사한다. 디자인, 형태, 크기, 기기를 가동하는데 사용되는 특별한 종류의 에너지 등을 포함한 기계의 특성과 심리적 상태, 성별, 나이, 키와 체중과 같은 생리학적 변수, 인식변수(기억력, 회상, 지식정도)와 같은 사람의 특성, 도로에 대한 눈 또는 비, 건물의 온도, 외부온도와 같은 환경의 특성, 안전규칙,

조직구조, 정책, 순서와 같은 경영의 특성과 같은 것을 검사한다.

다중요인이론은 종종 숨어 있거나 내재되어 있는 사고의 원인을 밝힐 수 있는 특정 작업장의 특성을 파악하는데 사용되며 또한 작업시에 존재하는 위험한 상황을 찾아내는데 이용한다.

## 2.3 목적 및 종류[3]

공장설비에는 항상 위험이 내포되어 있다. 이러한 위험을 설계단계에서 지양하고 안전성을 확보하기 위해 위험을 분석하고 재해를 예방하는 안전성 평가를 실시한다. 안전성 평가란 설비나 공법 등에 대해서 그 이동중 또는 가동중에 나타날 위험에 대하여 설계단계, 계획단계에서 정성적 또는 정량적인 평가를 행하고 그 평가에 따른 대책을 강구하는 것을 말한다.

안전성 평가기법을 선정하는데 영향을 주는 요인은 많이 있다. 따라서 이러한 기법들을 사용하기 전에 평가에 크게 영향을 주는 문제점 등을 먼저 검토할 필요가 있다. 안전성 평가기법을 선정하기는 쉽지 않을 뿐 아니라 상황에 따라 최선의 방법이 없을 수도 있다. 적절한 평가기법의 선정은 안전성평가의 성패를 좌우하는 중요한 단계로 평가기법 선정에 영향을 주는 위험요인을 감안하여 적절히 선정하여야 한다. 위험성평가 기법으로 체크리스트기법 안전성 검토기법, 상대위험 순위결정 기법, 예비 위험 분석기법, 사고예상질문 분석기법, 위험과 운전분석기법, 결합수 기법, 사건수 분석기법, 원인-결과 분석기법, 작업자 실수기법, 고장형태와 영향분석기법 등을 들 수 있다.

## 2.4 고장형태와 영향분석(FMEA)[6][14]

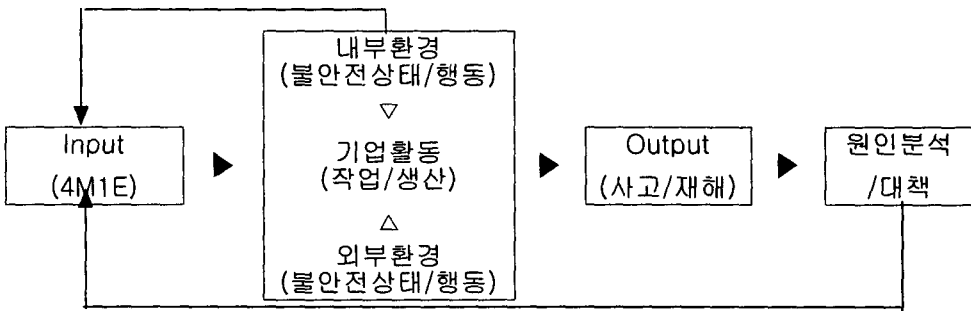
고장형태와 영향분석(FMEA: Failure Modes and Effects Analysis)은 부분요소의 고장형태를 서브시스템에서 시스템으로 고장의 요인을 예측하는 수법으로, 시스템을 구성하는 기기 혹은 부품 등이 어떤 고장(고장모드)을 발생하였을 때, 그 고장이 시스템에 어떠한 영향을 주는가를 해석하여, 큰 영향을 미치는 기기 혹은 부품에서 추출하는 기법이다.

FMEA의 해석수준에 대해서는 시스템의 영향해석을 시스템을 구성하는 낮은 수준에서부터 높은 수준에 해석을 진행하는 정성적, 귀납적 기법이다. 고장형태를 예측하고 기능 블록도에 따라 차례로 고장의 영향을 검토하여 문제점을 추출하고, 문제점이 발생되지 않도록 설계의 구상단계부터 발생 가능한 결함을 사전에 예측하고 이를 미연에 방지하기 위하여 활용하는 것이다. FMEA를 활용한 고장의 미연방지 활동을 함으로써 제품에 대한 신뢰도를 높여 나갈 수 있다.

## 3. 사고형태영향분석

### 3.1 기업활동에 따른 사고

본 연구에서는 < 그림 1 >과 같이 공정시스템의 공정의 원리를 이용하여 결과물 (Output)을 사고로 보고, 사고의결과 재해발생대상을 공정에서의 투입물(Input)과 같이 보았다. 사고는 기업 활동에 의해서 발생하고 있고, 이러한 사고로 인하여 피해가 나타나는 것은 공정에서의 투입물(Input)인 4M1E(Man, Machine, Method, Material, Environment)이라고 볼 수 있다. 즉, 공정에서의 투입물인 4M1E는 기업 활동을 통해서 사고로 나타나고 있으며, 곧 재해발생 대상이 된다. 이러한 재해발생원인을 <표 1>에서 4M과 4M1E를 비교하였다.



< 그림 1 > 4M1E를 통한 사고발생원인

< 표 1 > 4M과 4M1E의 비교

| 4M         | 내용  | 4M1E        | 내용   |
|------------|---|-------------|--|
| Man        | 심리적,, 생리적, 직장적원인  | Man         | 좌동   |
| Machine    | 기계,설비의 설계상 결함<br>위험방호의 불량<br>본질 안전화, 점검 정비의 부족 등                                | Machine     | 좌동   |
| Media      | 작업 정보의 부적절<br>작업자세,<br>작업 동작의 결함<br>작업 방법의 부적절<br>작업공간의 불량<br>작업환경 조건의 불량 등     | Method      | 작업 정보의 부적절<br>작업자세, 작업동작의 결함<br>작업공간, 건강관리의 불량<br>관리조직의 결함<br>규정,매뉴얼의 불비,불철저<br>교육, 훈련, 적성배치 불충분 |
| Management | 관리조직의 결함<br>규정,매뉴얼의 불비,불철저<br>안전 관리 계획의 불량<br>교육,훈련 부족<br>적성배치의 불충분<br>건강관리의 불량 | Material    | 재료의 결함<br>재료의 취급부주의<br>재료의 저장불량<br>부적합한 재료의 사용   |
|            |   | Environment | 독성물질의 사용<br>유해물질 취급방법 미숙지<br>위해성 조사 미실시<br>물질안전보건자료 미확보<br>작업환경 조건의 불량 등                         |

Material(재료)에 있어서 부적합한 재료의 사용, 재료의 취급부주의, 재료의 저장불량 등으로 인해서도 사고가 발생 할 수 있고, 부적합한 재료의 사용으로 기업 활동을 중단시키거나 해당 설비를 파손 및 정지시키며, 상호작용으로 인해 사람에게 상해를 일으킬 수 있다. 이러한 사고는 대형사고로 발전할 수 있기 때문에 재료에 관해서도 안전대책을 강구한다. Environment(환경)은 기업 활동 중에 발생할 수 있는 내부환경과 외부환경을 포함하고 있다.

내부환경에는 작업환경 조건의 불량, 독성물질의 사용, 유해성물질의 사용 등으로 일어날 수 있는 사고를 나타내고 있으며, 외부환경으로는 작업/생산 활동으로 인해 주변 환경 및 자연환경에 영향을 미쳐 발생 할 수 있는 사고를 발생 할 수 있다. 이렇게 발생한 사고는 대부분 대형사고로 자연환경에 영향을 미쳐 생태계의 변화 및 불특정 다수의 대중에게 피해를 일으키고 있어 현대사회에서는 그 중요성이 강조되고 있다. 작업/생산 활동 안에서의 사고 및 작업/생산 활동 밖에서의 사고에 대해서 지역주민과 연관하여 사고예방에 관한 프로그램이 개발되어 시행되고 있다. 이렇듯 현대사회에서의 사고는 더욱 다양해지며, 다양한 유해물질 등의 사용으로 인한 사고의 범위가 확대되어 질 수 있다. 여러 이유로 사고의 원인으로서의 환경의 중요성은 사람들의 인식변화와 그 사고가 대형화가 된다는 점에서 사고의 기본원인에 환경도 포함하여야 한다.

### 3.2 사고형태 영향분석(AMEA) 전개

FMEA를 활용해서 사고에 대한 위험성평가방법으로 < 표 2 >와 같이 사고유형영향분석(AMEA:Accident Mode and Effects Analysis)을 제안한다. AMEA는 가능한 범위까지 잠재적 사고형태와 이에 연관된 원인, 메커니즘이 고려되고 지정된다는 것을 보장하는 수단으로 엔지니어 또는 팀에 의해 활용되어질 수 있다. 모든 연관된 시스템, 작업, 설비물, 재료, 환경과 더불어 인간의 행동까지 평가되어야 한다. 사고 유형을 통해서 사고발생의 원인/메카니즘을 추정하고 안전관리에 요구되는 사항을 포함한다.

#### 1) AMEA 번호

문서추적을 위해 사용 될 수 있는 AMEA문서번호를 기입한다.

예) 부서-LINE명-작업공정-잠재적 사고유형 ( 000-00-00-00 )

#### 2) 작업장소 및 하위공정

분석되어야 할 작업장소 및 하위공정에서의 위험요인을 기입한다.

#### 3) 작성자

AMEA작성 책임자의 이름, 전화번호, 회사명을 기입한다.

#### 4) 해당공정

분석되어야할 작업공정, 중요한 작업내용, 위해위험설비 등 사고가 발생할 수 있을 내용을 기입한다.

#### 5) 완료예정일

완료예정일을 기입한다.

#### 6) AMEA 최초작성일/최근개정일

최초의 AMEA 작성일자와 최근 개정일자를 기입한다.



## 7) 해당부서

임무의 파악과 수행에 권한을 가진 책임 있는 인원과 부서의 이름을 기입한다.

## 8) 장소/기능

분석하고자하는 작업장소의 이름과 번호를 기입한다. 작업장소에서의 작업내용을 기입하고 작업내용에 관련된 안전사고에 관한 정보를 포함한다.

## 9) 잠재적 사고의 발생형태

재해발생형태별 분류에 의해 사고발생 잠재성이 있는 분류를 기재한다.

## 10) 4M1E

재해의 기본원인이 되는 4M1E를 기재한다.

## 11) 사고의 잠재적 영향

사고의 기본원인이 되는 4M1E에서 각각의 원인에 대한 재해영향 즉, 사고가 발생함으로써 인해 각각의 기본원인에 어떠한 손실에 대한 영향을 줄 수 있는가를 고려하여 내용을 구체적으로 기재한다.

## 12) 심각도(S)

만일에 잠재적 사고형태가 손실, 손해에 미치는 영향의 정도를 평가한 것이다. 심각도는 단지 영향에만 적용되고, <표 3>부터 <표7>과 같이 1~10까지의 등급으로 평가된다. 이러한 심각도는 4M1E 각각의 평가기준을 적용한다. 특히, 2인이상의 상해가 있을시 등급을 상향조정해서 높일 수 있다.

## 13) 분류

추가적인 안전관리가 요구되는 위해위험작업에 대하여 별도로 작성된 안전관리 시스템을 분류하는데 사용된다.

## 14) 사고의 잠재적 원인/메카니즘

사고의 기본원인 4M1E에 의해 영향을 주는 사고의 영향에 따라 <표 2>와 같이 재해가 발생할 수 있는 잠재적원인/메카니즘을 기재한다.

## 15) 발생도(O)

<표 8>과 같이 사고의 잠재적 원인/메카니즘이 얼마나 자주 발생하는 정도이다.

## 16) 현 안전관리

평가할 작업장소/공정에서의 실시중인 각 항목별 안전관리 내용을 기재한다.

## 17) 검출도(D)

<표 9>는 사고의 잠재적 원인/메카니즘, 시스템을 적용하기 전에 발견하기 위한 현 안전관리의 능력이나, 그 후 사고형태를 발견하기 위해서 제안되는 현 안전관리의 능력을 평가하는 것이다. 일반적으로 낮은 등급을 얻기 위해서는 계획된 안전관리가 개선되어야 한다.

## 18) 위험우선순위(RNP)

위험우선순위(RNP)는 심각도(S), 발생도(O), 검출도(D) 등급의 곱이다. 설계위험에 대한 측정치이다. 이 값은 설계를 함에 있어 고려해야 할 우선 순위결정에 사용된다. 높은 RNP에 대해서는 시정조치를 통하여 위험을 줄이기 위한 노력을 해야 한다.

< 표 3 > 심각도 (사람(Man))

| 영향     | 기 준 : 영향의심각도            | 등급 |
|--------|-------------------------|----|
| 경고없는위험 | 사망                      | 10 |
| 경고있는위험 | 영구 전 노동불능 (신체상해1급)      | 9  |
| 매우 높음  | 영구 전 노동불능 (신체상해2~3급)    | 8  |
| 높음     | 영구 일부 노동불능 (신체상해4~6급)   | 7  |
| 보통     | 영구 일부 노동불능 (신체상해7~10급)  | 6  |
| 낮음     | 영구 일부 노동불능 (신체상해11~14급) | 5  |
| 매우 낮음  | 일시 전 노동불능 (4주이상)        | 4  |
| 경미     | 일시 전 노동불능 (4주미만)        | 3  |
| 매우 경미  | 일시 일부 노동불능, 응급조치상해      | 2  |
| 없음     | 아차사고                    | 1  |

주 : 상해보험기준표 및 상해정도별분류(ILO)를 활용.

< 표 4 > 심각도 (기계(Machine))

| 영향     | 기 준 : 영향의 심각도   | 등급 |
|--------|---|----|
| 경고없는위험 | 잠재적사고 영향이 경고 없이 시설물의 가동에 영향을 미쳐 폐기될 정도의 매우 높은 정도          | 10 |
| 경고있는위험 | 잠재적 사고유형이 경고있어 시설물의 가동에 영향을 미쳐 시설물이 파손되어 폐기될 정도의 매우 높은 정도 | 9  |
| 매우 높음  | 공정상 중요설비의 파손으로 교체가 불가피한 정도                                | 8  |
| 높음     | 공정상 중요설비의 파손으로 작업이 중단되었지만 수리가 가능하여 작업을 가동 할 수 있는 정도       | 7  |
| 보통     | 사고의 유형이 설비의 가동은 가능하나 원활한 작업을 할 수 없고, 정비정비를 필요로 하는 정도      | 6  |
| 낮음     | 사고의 유형이 시설물의 부분정비/점검을 위하여 가동을 중지 할 정도                     | 5  |
| 매우 낮음  | 사고의 유형이 일부 시설물의 부분정비/점검을 위하여 일부시설물을 중지 할 정도               | 4  |
| 경미     | 사고의 유형이 시설물의 일상적인 점검으로 가동이 가능 할 정도                        | 3  |
| 매우 경미  | 작동상의 에러 해제후 가동이 가능한 정도                                    | 2  |
| 없음     | 영향없음  | 1  |

< 표 5 > 심각도 (작업(Method))

| 영향     | 기 준 : 영향의 심각도  | 등급 |
|--------|--|----|
| 경고없는위험 | 경고없는 잠재적 사고로 인하여 생산활동이 30일이상 중단되어 경영에 심각한 영향을 미치는 정도 | 10 |
| 경고있는위험 | 예견된 사고로 인하여 생산활동이 30일이상 중단되어 경영에 영향을 미치는 정도          | 9  |
| 매우 높음  | 사고로 전체공정 및 작업자에 영향을 미쳐 20일 이상 생산에 차질을 줄 수 있는 정도      | 8  |
| 높음     | 사고로 일부공정 및 작업자에 영향을 미쳐 15일이상 생산에 차질을 줄 수 있는 정도       | 7  |
| 보통     | 사고로 일부개별공정에 영향을 미쳐 10일이상 생산에 차질을 줄 수 있는 정도           | 6  |
| 낮음     | 사고로 일부개별공정 및 일부작업자에 영향을 미쳐 5일이상 생산에 차질을 줄 수 있는 정도    | 5  |
| 매우 낮음  | 사고로 일부작업자에 영향을 미쳐 생산활동에 차질을 줄 수 있는 정도                | 4  |
| 경미     | 작업자의 부주의 또는 오작동으로 인하여 3일 이하의 생산활동에 영향을 미치는 정도        | 3  |
| 매우 경미  | 작업자의 부주의 또는 오작동으로 인하여 생산활동에 일시적인 영향이 미치는 정도          | 2  |
| 없음     | 영향없음   | 1  |



< 표 6 > 심각도 (재료(Material))

| 영 향     | 기준 : 영향의 심각도   | 등급 |
|---------|--|----|
| 경고없는위험  | 경고 없는 잠재적 사고의 형태가 재료의 저장 또는 불량으로 인하여 인명 또는 재산상의 막대한 영향을 미치는 정도         | 10 |
| 경고있는위험  | 저장 또는 불량으로 인한 예견된 사고로 인명 또는 재산상의 막대한 영향을 미치는 정도                        | 9  |
| 매 우 높 음 | 설비 또는 활동에 중요한 기능을 상실시키면서 인명 또는 재산상에 중요한 영향을 미치는 정도                     | 8  |
| 높 음     | 설비 또는 활동에 영향을 미치면서 인명 또는 재산상에 영향을 미치는 정도                               | 7  |
| 보 통     | 설비 또는 활동에 일부 영향을 미치면서 인명 또는 재산상에 영향을 미치는 정도                            | 6  |
| 낮 음     | 설비 또는 활동에 일부 영향을 미치면서 인명 또는 재산상에 영향을 미치나 피해가 심각하지 않은 정도                | 5  |
| 매 우 낮 음 | 설비 또는 활동에 일시적으로 영향을 미치면서 인명 또는 재산상에 영향을 미치나 피해가 심각하지 않은 정도             | 4  |
| 경 미     | 설비 또는 활동에 일시적으로 일부 영향을 미치면서 인명 또는 재산상에 피해가 심각하지 않은 정도                  | 3  |
| 매 우 경 미 | 설비 또는 활동에 일시적으로 일부 영향을 미치면서 인명 또는 재산상에 피해가 있기는 하나 바로 조치하여 시정 할 수 있는 정도 | 2  |
| 없 음     | 영향없음   | 1  |

< 표 7 > 심각도 (환경(Environment))

| 영 향     | 기준 : 영향의 심각도  | 등급 |
|---------|---|----|
| 경고없는위험  | 잠재적 사고의 형태가 경고 없이 자연환경 또는 주변 환경에 영향을 미치거나 정부 법규에 대해 불일치 사항이 포함되는 정도               | 10 |
| 경고있는위험  | 잠재적 사고의 형태가 경고를 하면서 자연환경 또는 주변 환경에 영향을 미치거나 정부 법규에 대해 불일치 사항이 포함되는 정도             | 9  |
| 매 우 높 음 | 사고의 형태가 일부 자연환경 또는 주변 환경에 영향을 미치는 정도  | 8  |
| 높 음     | 사고의 형태가 환경에 심각한 영향을 미칠 수 있는 정도  | 7  |
| 보 통     | 사고의 형태가 환경에 일부 영향을 미칠 수 있는 정도   | 6  |
| 낮 음     | 사고 뿐 아니라 활동 중에 환경에 영향을 줄 수 있는 정도  | 5  |
| 매 우 낮 음 | 사고 뿐 아니라 활동 중에 환경에 영향을 줄 수 있으나 제어방법을 강구되어 환경에 영향을 최소화 할 수 있는 정도                   | 4  |
| 경 미     | 사고 뿐 아니라 활동 중에 환경에 영향을 줄 수 있으나 제어방법 및 유해성을 인지하여 환경에 영향을 최소화 할 수 있으며, 대처방법이 강구된 정도 | 3  |
| 매 우 경 미 | 일부 활동중에 일시적으로 환경에 영향을 줄 수 있는 정도   | 2  |
| 없 음     | 영향없음  | 1  |

< 표 8 > 발생도

| 사 고 확 률              | 사고발생가능비율 | 등급 |
|----------------------|----------|----|
| 매우높음 : 사고는 거의 필연적이다. | 1월이내 1회  | 10 |
|                      | 3월이내 1회  | 9  |
| 높 음 : 반복적인 사고        | 6월이내 1회  | 8  |
|                      | 9월이내 1회  | 7  |
| 보 통 : 때때로의 사고        | 1년이내 1회  | 6  |
|                      | 2년이내 1회  | 5  |
|                      | 3년이내 1회  | 4  |
| 낮 음 : 상대적으로 적은 사고    | 4년이내 1회  | 3  |
|                      | 5년이내 1회  | 2  |
| 회 박 : 사고가 거의 발생하지 않음 | 5년이상 1회  | 1  |

&lt; 표 9 &gt; 검출도

| 검출도       | 기 준 : 안전관리에 의한 검출 가능성  | 등급 |
|-----------|--|----|
| 절대적으로 불확실 | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고형태를 검출하지 못하거나 검출할 수 없다; 안전관리가 없는 경우 | 10 |
| 매우희박      | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 매우 희박하다.                | 9  |
| 희박        | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 희박하다.                   | 8  |
| 매우낮음      | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 매우 낮다.                  | 7  |
| 낮음        | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 낮다.                     | 6  |
| 보통        | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 보통이다.                   | 5  |
| 다소높음      | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 다소 높다.                  | 4  |
| 높음        | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 높다.                     | 3  |
| 매우높음      | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 매우 높다.                  | 2  |
| 거의확실      | 사고의 잠재적 원인/메카니즘과 그 이후의 사고유형을 검출할 기회가 거의 확실하다.                | 1  |

#### 19) 권고조치사항

사고형태가 RNP에 의해 순위가 결정되어졌을 때 시정조치는 가장 높은 순위의 우려사항과 치명적인 항목에 우선 집중한다. 권고조치사항의 목적은 발생도, 심각도, 검출도 등급중의 하나 혹은 모두를 감소하는 것이다.

#### 20) 책임 및 목표 완료예정일

권고조치사항에 대해 책임질 수 있는 조직과 개인 및 목표완료 예정일을 기입한다.

#### 21) 조치내용

시정조치가 수행된 후 시정조치의 간략한 설명과 적용일을 기입한다.

#### 22) 조치 후 RNP

시정조치가 확인된 후 심각도, 발생도, 검출도 등급 결과를 평가하고 기록한다. 조치 후 RNP 값을 계산하여 기입한다. 만약 조치가 취해지지 않으면 RNP과 관련된 등급란은 공란으로 남긴다. 모든 조치 후 RNP는 검토되어야 하고 다음조치가 고려될 필요가 있으면 19)에서 22)단계를 반복한다.

## 4. AMEA적용사례

위험성평가방법을 AMEA를 활용하여 D사의 표면처리공정에서 염산사용에 있어서 발생 할 수 있는 사고에 대한 위험성평가 실시 방법에 대하여 <표 10>과 같이 예를 적용해 보았다. 이를 통해 사람에 대하여 교육과 보호구의 착용 등의 관리가 이루어져야 할 것이며, 환경에 있어서의 유해물질의 관리가 중점관리대상으로 선정하여 관리해야 할 것이며, 작업에 있어서는 경고표지 및 비상대책에 관한 기준을 마련해야 할 것이다.

< 표 10 > AMEA 사례

| AMEA SHEET   |  |        |                                 | ① AMEA 번호              | 001-04-04-08                                  | ② 작업자                              | 안전담당자 000           | ③ 원료예정일                    | 03-11-10                  |                                      |  |                             |     |        |    |    |
|--|--|--------|---------------------------------|------------------------|---|------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------|-----|--------|----|----|
|  |  |        |                                 | ④ 작업장소                 | 표면처리  | ⑤ 해당공정                             | 000                 | ⑥ AMEA작성/개정                | 03-11-01                  |                                      |  |                             |     |        |    |    |
|  |  |        |                                 |                        |   |                                    |                     | ⑦ 해당부서                     | 00 제조팀                    |                                      |  |                             |     |        |    |    |
| ⑧ 장소   | ⑨ 잠재적 사고유형   | ⑩ 4M1E | ⑪ 사고의 잠재적 영향                    | ⑫ 심각도                  | ⑬ 원인/메카니즘                                     | ⑭ 발생도                              | ⑮ 현안전관리             | ⑯ 위험점(우선순위)                | ⑰ 권고 조치사항                 | ⑱ 책임 및 조치내역                          | ⑲ 조치결과                                   |                             |     |        |    |    |
|  |  |        |                                 |                        |   |                                    |                     |                            |                           |                                      | ⑲ 조치내용                                   | 심도                          | 발생도 | 위험우선순위 |    |    |
| 표면처리<br><br>제품을 염산 처리 및 피막 처리함.<br><br>염산과 강알카리 또는 비철 금속과 혼합시 폭발 및 강한 탈탈반응을 발생<br><br>특정 화학물 질로 구분됨 (염산) | 추락 전도<br>충돌<br>낙하(비례 붕괴)도괴<br>협착<br><br>기계<br>고압(08)<br>파열<br>화재<br>무리한 동작<br>이성무도원속<br>유해물질원속<br>기타 | 사람     | 영구 전 노동상실 (폭발 또는 탈탈로 인한 화상, 실명) | 9                      | 염산조에 강산성, 강알카리, 비철금속(알루미늄) 투입시 폭발 또는 강한 탈탈반응. | 6                                  | 안전교육 및 배치전 직무 교육 실시 | 6                          | 324                       | 특별안전교육 (화학물질의 특성 및 성질)<br><br>보호구 착용 | 특별안전교육 실시(보기별 실시)                        | 6                           | 3   | 2      | 36 |    |
|  |  |        | 기계                              | 일부설비의 파손 (자동설비의 일부 파손) | 5   | 폭발 또는 탈탈로 인한 설비의 일부 파손 또는 부식       | 3                   | 조치사항 없음                    | 9                         | 135                                  | 일일가능점검 및 정기점검 정기정검(체크리스트 사용)             | 일일점검 및 정기정검 실시 (체크리스트 활용)   | 5   | 3      | 3  | 45 |
|  |  |        | 직업                              | 직업의 일시 중단              | 3   | 사고 발생시 대처 방안 비상대책                  | 6                   | 해당팀 연락                     | 8                         | 144                                  | 사고 발생시 대처 방안 기준 마련<br>주의 사항 표시 및 경고표지 부착 | 비상대책 기준 작성비치<br><br>경고표지 부착 | 3   | 6      | 3  | 54 |
|  |  |        | 재료                              | 재료의 변질                 | 4   | 염산조에 미용점 (강산, 비철금속) 미 첨가로 인한 사용 불가 | 4                   | 염산 농도 확인 후 사용 또는 폐기        | 2                         | 32                                   | 자동 농도 측정기 설치                             | 자동 농도 측정기 설치                | 4   | 3      | 2  | 24 |
| 환경   | 작업장내 유해 물질의 누출<br>.설비에서의 유해 물질 배출  | 사람     | 폭발 또는 탈탈반응으로 인한 gas 누출          | 6                      | 국소 배기 가동                                      | 4                                  | 144                 | 제어 속도 유지 및 자치점검<br>.사용량 파악 | 성능유지 관리 및 자치점검<br>.투입량 측정 | 4                                    | 4  | 3                           | 48  |        |    |    |
|  |  |        | 배출량 측정                          | 5                      | 240   |                                    |                     |                            |                           |                                      | 8  | 6                           | 2   | 96     |    |    |

### 5. 결론 및 향후 과제

산업재해의 원인이 되는 사고를 예방하기 위해서는 사고의 기본원인 파악이 필요로 한다. 사고의 기본원인은 그로스의 4M(Man, Machine, Media, Management)을 바탕으로 하였으며, 공정에서의 투입물인 4M1E를 활용하여 사고의 기본원인을 재료와 환경을 포함하여 4M1E로 보았다.

공정의 원리를 보았을 때 사고 역시 기업활동(작업/생산활동에 한정된)에 의해서 발생하고 있고, 사고로 인하여 피해가 나타나는 것으로 공정에서의 투입물(Input)로 4M1E로 볼 수 있다. 특히 오늘날 환경에 대한 관심이 높아졌고 국제적으로 환경관세의 국제규제도 대두되고 있다. 환경은 기업활동(작업/생산) 중에 발생할 수 있는 내부환경과 외부환경을 포함하고 있고, 내부환경에는 작업환경 조건의 불량, 독성물질의 사용, 유해성물질의 사용 등으로 일어날 수 있는 사고를 나타내고 있으며, 외부환경으로는 작업/생산 활동으로 인해 주변 환경 및 자연환경에 영향을 미쳐 발생 할 수 있는 사고까지 포함하고 있다.

공정의 결과물(Output)을 사고로 보았을 때, 투입물(Input)인 4M1E를 사고의 기본원인으로 놓은 시스템의 모형을 제시하였고, 이를 고장형태와 영향분석기법(FMEA)을 활용하여 사고유형과 4M1E의 관계성에 따라 심각도, 발생도, 검출도로 구하고, 이에

따라 사고에 대한 위험순위를 결정해 주는 위험성 평가방법을 제시하였다.

제안된 AMEA(사고유형영향분석)에서 재해발생대상이 되는 4M1E에서 각각의 사항에 대한 상호작용에 대한 영향에 대해서는 고려되지 않았다. 4M1E에서 각각에 대하여 상호 연관관계에 관한 연구가 필요하겠다. 또 AMEA를 활용하여 공정별로 사고에 대한 위험성을 실시 후 비슷한 공정 또는 재해발생공정별로 구분하여 CODE화 하여 관리 할 수 있는 방법에 관해서도 연구가 필요하겠다.

AMEA를 통하여 화학, 건설, 제조 등의 산업에 적용하여 각각의 작업/생산 활동에 맞게 적용하여 위험성평가를 실시하고, 그 결과의 효율성에 관해서 평가하고, 각 산업에 적용 할 수 있는 평가 방법에 대한 고찰에 대한 연구가 있어야겠다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 권호영외 (2000), 『(신편)산업안전관리론』, 선학출판사
- [2] 김맹용 (2002), 「산업재해예방이 기업의 경영성과에 미치는 영향연구」, 숭실대학교 대학원 박사학위논문
- [3] 김병석, 나승훈 (2002), 『시스템안전공학』, 형설출판사
- [4] 김병석 (2001), 『신산업재해방지론』, 형설출판사
- [5] 대한산업안전협회 (2002), 『산업안전보건법』, 노문사
- [6] 박성현, 박영현, 이명주 (1998), 『통계적공정관리』, 민영사
- [7] 박필수 (1999), 『산업안전관리론』, 중앙경제사
- [8] 윤석범 (2001), 「도금공정의 안전성평가」, 호서대학교 대학원 석사학위논문
- [9] 이내우, 이진우 (1997), 「안전성평가」, 동화기연
- [10] 정국삼, 이병곤, 박재학, 신창섭, 임현교, 김두현, 한상훈 (2002), 『최신안전공학개론』, 동화기술
- [11] 한국품질환경인증협회 (1997), 『잠재적 고장형태 및 영향분석(FMEA)』
- [12] 허성관 (1995), 『안전관리론』, 진성각
- [13] Heinrich, W. H., D. Peterson, N. Ross,(1980), 『Industrial Accident Prevention, 3rd Ed』, Mc Graw-Hill, New York.
- [14] Reliability Analysis Center(DoD) (1993), 「Failure Mode Effect and Criticality Analysis(FMECA)」

## 저 자 소 개

김진호: 현재 안산공과대학 산업경영과 부교수로 재직중이며, 성균관대 수학과에서 이학사, 이학박사 학위를 취득하고, 명지대학교 산업공학과 공학박사 학위를 취득했다. 주요관심분야는 품질경영, 신뢰성공학, 재난관리 등이다

김 윤 성: 현재 안산공과대학 토목과 부교수로 재직중이며, 중앙대 토목공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득했고. 주요관심분야는 CM, 재난관리 등이다.

이 강 복: 현재 명지대학교 산업공학과 박사과정 중이며, 서울산업대 안전공학과에서 공학사, 명지대학교 산업시스템경영학과 공학석사 학위를 취득했고. 주요 관심분야는 안전/보건 관리 등이다.

권 상 면: 현재 두원정공(주) 관리팀에 재직 중이며, 순천향대 환경보건학과에서 공학사, 명지대학교 산업시스템경영학과 공학석사 학위를 취득했고. 주요관심분야는 안전/보건 관리 등이다.

박 주 식: 인천대학교 산업공학과 공학사, 공학석사, 명지대학교 산업공학과 공학박사 학위를 취득했다. 주요관심분야는 신뢰성공학, 설비관리 등이다.

강 경 식 : 현 명지대학교 산업공학과 교수. 경영학박사, 공학박사.  
명지대학교 안전경영연구소 소장, 산학연 컨소시엄 센터장 및  
안전경영과학회 회장. 관심분야 생산운영시스템, 시스템 안전.