

## 중소화학공장의 공정안전관리(PSM)시스템 구축에 관한 연구

백종배 · 고재욱\*

충주대학교 안전공학과, \*광운대학교 화학공학과  
(1999년 2월 22일 접수, 1999년 4월 28일 채택)

### A Study on the Establishment of Process Safety Management (PSM) System for Small and Medium Size Chemical Plants

Jong-Bae Baek, Jae-Wook Ko\*

*Dept. of Safety Engineering, Chung-ju National University*

*\*Dept. of Chemical Engineering, Kwang-woon University*

*(Received 22 February 1999; accepted 28 April 1999)*

#### 요 약

산업안전보건법 제49조 2에 의거하여 유해·위험설비를 보유한 사업장의 사업주는 당해 설비로부터 위험물질의 누출, 화재, 폭발 등으로 인하여 사업장내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 중대산업사고를 예방하기 위해 사업장이 공정안전관리를 시행해야 한다. 그러나 국내의 많은 화학관련 기업들은 안전관리에 많은 시간과 인력을 투자하는 경향이 증가하였으나 아직까지는 대기업에 소속된 화학공장에 국한되어 있으며, 특히 IMF시대에 중·소기업 형태의 화학공장은 자금압박 등의 어려움으로 생산성 향상에 급급한 나머지 안전에 대한 인적·물적 투자를 꺼려하는 경향이 지배적이다. 따라서 중·소 화학공장이 갖고 있는 경제적, 현실적 문제점을 보완함과 동시에 능동적으로 공정의 안전성을 확보하는데 도움을 줄 수 있는 공정안전관리 시스템을 구축하였다.

**Abstract** - The article 49-2 of Industrial Safety Law requires that all the owners of industrial plants which contains dangerous facilities perform the process safety management. That is, this law requires the owners of industrial plants to take necessary measures to prevent fire, harmful gas leaking, explosion, and other serious accidents that could cause damage and injuries to the employees. So far, domestic chemical plants have tried to invest money and time in safety management. But, such efforts have been made only in chemical plants that were subsidiaries of large business groups. Moreover, since the economic crisis of Korea which is symbolized by the IMF bailout, small and medium size companies could not afford to invest in safety management. Their major concern is to increase productivity and thereby, survive in this crisis.

The goal of this research is to develop the process safety management system that can help small and medium size companies to positively secure the process safety management. So, in developing the process safety management system, the financial and practical difficulties of such companies are fully taken into consideration.

**Key words** : process safety management system, small and medium size companies, serious accidents, prevent fire, harmful gas leaking, explosion.

### 1. 서 론

화학산업은 빠른 속도로 발전하면서 공정규모가 대형화하는 등 사업장의 작업환경도 크게 변화하고 있다. 화학공장 사고는 발생빈도는 낮을지라도 일단 사고가 발생하면 사업장 자체는 물론이고 주변지역에 까지 커다란 피해를 가져오는 특징을 갖고 있다. 특히, 대형화·복잡화를 추구하는 현대 기술의 특성상 화학공정 설비의 중대산업사고(major industrial accident)로 인한 위험성은 더욱 더 커지고 있다<sup>1,5)</sup>.

미국의 경우 중대산업사고로 인한 피해를 줄이기 위해 1992년 노동성 산하 OSHA (Occupational Safety and Health Administration)에서는 공정안전관리규제법 (PSM : Process Safety Management, 29CFR 1910. 119)을 제정하여 시행하고 있다<sup>11)</sup>. 우리나라에서도 중대산업사고예방을 위해 한국산업안전공단이 지난 1996년부터 공정안전관리 (PSM, Process Safety Management)제도를 시행하고 있으며, 이에 따라 대상 사업장에 대해 공정안전보고서를 제출하도록 되어 있다<sup>6)</sup>.

공정안전 보고서에는 공정안전 자료, 공정위험성 평가서, 안전운전 계획, 비상조치 계획 등의 사항이 포함되어야 하고, 이들 각각에는 여러 가지 세부적인 사항들이 포함되어야 한다<sup>6)</sup>. 그러므로 공정 안전보고서를 작성하고 현장에서 공정안전관리를 수행하기 위해서는 공정에 관한 지식과 정보 및 기술은 물론 적절한 방법론이 강력히 요구되고 있다<sup>2,5)</sup>.

그러나 근래에 들어와서 국내의 많은 기업들이 안전 관리에 많은 시간과 인력을 투자하는 경향이 늘어났으나 아직까지는 대기업에 소속된 화학공장에 국한되어 있으며, 특히 IMF시대에 중·소 화학공장은 자금압박 등의 이유로 생산성 향상에 급급한 나머지 안전에 대한 투자를 꺼려하는 경향이 지배적이다. 그리고 산업 안전과 생산성과의 상관 관계에 관한 이해의 부족이나 사고의 경시 등과 같은 이유들로 인하여 안전에 대한 투자를 필요에 의한 투자라기보다는 정부의 단속이나 지도에 의한 수동적인 투자가 되어, 중대산업사고가 빈발하여 국가적 문제가 되고 있는 현실에서 발전되어야 할 공정안전관리 제도가 다소 퇴색할 우려가 있다<sup>1,2)</sup>.

따라서 본 연구에서는 중·소 화학공장이 갖고 있는 경제적, 현실적 문제점을 보완함과 동시에 능동적으로 공정의 안전성을 확보할 수 있

도록 하는데 도움을 줄 수 있는 공정안전관리 시스템을 구축하였다.

### 2. 공정안전관리의 개요

산업안전보건법 제49조 2에 의거하여 유해·위험설비를 보유한 사업장의 사업주는 당해설비로부터 위험물질의 누출, 화재, 폭발 등으로 인하여 사업장내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 중대산업사고를 예방하기 위해 공정안전관리를 시행하여야 한다<sup>6)</sup>.

효율적인 공정안전관리를 수행하기 위해서는 공정과 관련된 자료들을 체계적으로 분류·관리하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 안전관리에 많은 투자를 할 수 없는 중·소 화학공장에서 손쉽게 구축할 수 있는 공정안전관리의 시스템을 개발하였다.

공정안전보고서는 산업안전보건법 시행규칙 130조 2에 의해 사업개요, 공정안전자료, 공정위험성평가, 안전운전계획, 비상조치계획 등으로 구성되어 있다. 참고로 산업안전공단에서 제시하고 있는 공정안전관리의 주요 내용은 다음과 같다<sup>6)</sup>.

- (1) 공정안전자료
  - 취급·저장하고 있는 유해·위험물질의 종류 및 수량
  - 유해·위험물질에 대한 물질안전보건자료(MSDS)
  - 유해·위험설비의 목록 및 사양
  - 운전방법을 알 수 있는 공정도면
  - 각종 건물·설비의 배치도
  - 방폭지역 구분도 및 전기단선도
  - 위험설비 안전설계·제작 및 설치관련 지침서
  - 기타 노동부 장관이 필요하다고 인정한 서류
- (2) 공정위험성 평가
  - 공정의 특성을 고려한 위험성 평가기법의 선정
  - 위험성 확인(Hazard Identification)
  - 피해범위 산정 및 영향평가
  - 피해 최소화 계획수립 및 시행

- (3) 안전운전계획
  - 안전운전지침
  - 설비점검, 검사, 보수, 유지계획 및 지침서
  - 안전작업허가
  - 도급업체 안전관리계획
  - 근로자 교육계획
  - 가동전 점검
  - 변경요소 관리계획
  - 자체감사 및 사고조사계획
  - 기타 안전운전에 필요한 사항
- (4) 비상조치계획
  - 비상조치를 위한 장비·인력소요 현황
  - 사고발생시 비상조치를 위한 조직의 임무 및 수행절차
  - 사고발생시 각 부서, 관련기관과의 비상연락체계
  - 비상조치계획에 따른 교육계획
  - 주민홍보계획

### 3. 공정안전관리 시스템의 구축

#### (1) 시스템의 구축절차

공정안전관리 시스템은 공정을 구성하는 시설에 대한 하드웨어와 안전운전과 관계되는 소프트웨어 등 물적 측면과 관리적 측면을 고려하여 안전관리 업무를 좀더 효율적으로 처리하는데 최종적인 목표를 두고 개발하였다. 본 연구를 수행하면서 공정안전관리 시스템의 주요 목표를 요약하면 다음과 같다.

- 공정내에서 발생하는 각종 자료를 데이터베이스 시스템으로 구축하여 체계적이고 효율적으로 자료를 관리.
- 기존의 공정안전관리 업무가 갖는 특성을 유지하면서 복잡하고 반복적인 업무의 발생을 최소화하기 위하여 데이터베이스의 구축에서부터 비상조치계획에 이르기까지 공정안전관리 시스템의 통합화를 구축하였다.

공정안전관리 시스템의 구축절차는 Fig. 1과 같다.

#### (2) 공정안전자료의 데이터베이스 구축

본 연구에서는 공정의 위험성을 파악하기 위하여 공정과 관련된 모든 정보를 수집하여 데이터베이스를 구축하였다. 본 연구에서는 데이터베이스를 체계적이고 효율적으로 관리하기 위하

여 자료를 기능별로 구분하여 데이터베이스를 개발하였다.

본 연구에서 개발한 데이터베이스의 주요 구성요소는 다음과 같다.

- 공정도면 (P&ID)
- 건물/설비 배치도
- 방폭지역 구분도
- 유해위험물질의 종류 및 수량
- 유해 위험설비의 목록 및 사양

본 연구에서 개발한 공정안전관리 시스템의 주요 특징은 기존의 문서형태의 데이터베이스에 P&ID와 건물배치도 등의 도면을 효율적으로 관리할 수 있도록 개발하였다. P&ID와 건물배치도를 스캐너(scanner)를 이용하여 BMP 형태의 파일로 전환하여 데이터베이스에서 손쉽게 열람, 검색, 저장 등을 수행할 수 있도록 하였다. 또한, BMP 파일로 전환한 P&ID와 건물배치도의 특정 지점을 공간데이터베이스 형태로 전환시켜서 주요 장치 및 건물에 대한 상세한 정보를 검색할 수 있도록 하였다. 일반적인 문서형태의 데이터베이스는 MS Access의 DAO(Data Access Object) 엔진을 이용하여 개발하였다. 본 연구에서 개발한 데이터베이스는 아직 개인용 컴퓨터(PC)에서만 구동되는 단점이 있다. 그러나, 본 연구 결과를 바탕으로 다중 접근이 가능한 Server/Client 구조의 데이터베이스로 전환할 예정이다.

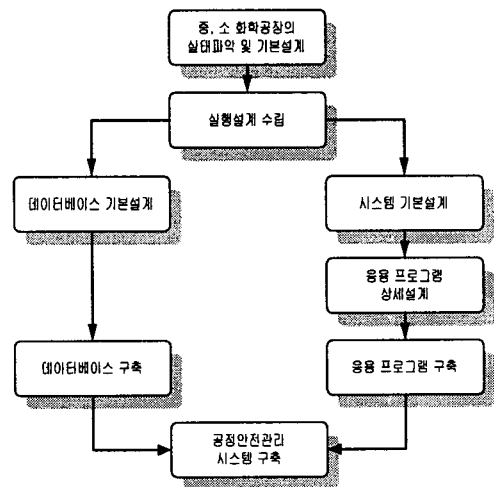


Fig. 1. Establishment procedure of process safety management

(3) 공정위험성 분석 시스템 구축

본 연구에서는 공정의 특성내에 잠재하는 위험성(hazard)을 파악하고 제어하는 방법으로 HAZOP(Hazard and Operability) 방법을 보완하여 채택하였다. 또한, HAZOP 방법에서 얻어낸 결과를 분류·가공하여 상대적 위험 등급(relative risk ranking)을 설정하여 중·소화학공장의 공정 상태에 따라 발생가능한 사고유형과 그에 따른 사고발생 빈도(frequency)를 예측할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

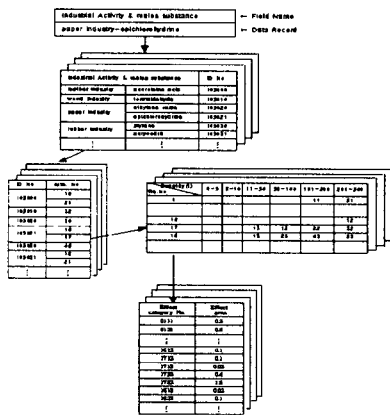


Fig. 2. Connecting procedure of relational data model for consequence.

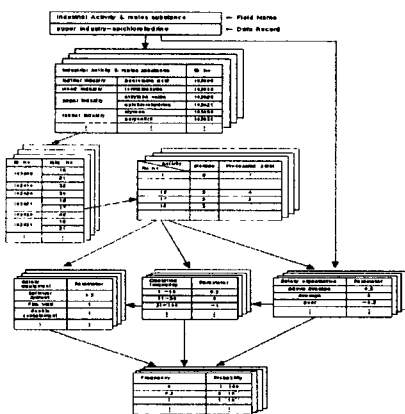


Fig. 3. Connecting procedure of network data model for probability

본 연구에서 개발한 공정안전관리 시스템의

장점은 공정에서 사용 혹은 저장하는 유해물질과 공정상태만 파악된다면 손쉽게 위험성(risk,  $R = F \times C$ )을 예측할 수 있도록 산업활동 및 위험물질을 범주화(categorized) 하였다. 사고영향(consequence)은 범주화를 통하여 5등급으로 분류하였으며, 사고발생 빈도도 5등급으로 분류하여 행렬(matrix) 형태로 개발하였다. Fig. 2는 피해결과 예측을 하기 위한 절차를 나타내고 있으며, Fig. 3은 공정내에서 발생 가능한 사고빈도를 예측하는 절차를 보여주고 있다.

Fig. 4. Input form for hazard identification.

Fig. 5. Input form for quantitative risk estimation.

Fig. 4는 본 연구에서 개발한 공정안전관리 시스템을 실행하여 잠재위험확인에 대한 입력화면을 나타낸 것으로 위험확인의 도면번호항목은 공정안전자료에서 저장된 그림파일(BMP 파일)을 첨부할 수 있도록 하였다. 위험등급 산정은

산업활동 형태, 물질명, 저장조건 등을 선택하면 이미 앞에서 목록화 되어 구축된 데이터베이스와 연계되어 선택항목에 대한 내용들이 기본적으로 지원되도록 하였다. 그리고 유해·위험물질의 저장량 항목은 직접 입력하거나 저장량의 범위를 선택하여 입력할 수 있도록 하여 저장량이나 누출량의 정확한 값을 확인하기가 어려운 경우에도 입력 값을 손쉽게 결정할 수 있도록 하였다. 이러한 절차를 마치고 저장버튼을 누르게 되면 현 이탈현상에 대한 내용과 객관화된 위험등급이 차례로 저장되게 하였다. Fig. 5는 위험등급 산정에 대한 입력화면을 나타낸 것이다.

#### (4) 안전운전 및 비상조치계획

안전운전지침, 설비점검, 검사, 보수, 유지계획 및 지침서와 안전작업허가 등 안전운전에 필요한 문서들과 비상조치를 위한 장비·인력소요현황, 사고발생시 비상조치를 위한 조직의 임무 및 수행절차 등 비상사태 발생시 필요한 문서들을 규정에서 요구하는 형식에 입각하여 항목별로 내용을 입력하여 저장할 수 있도록 하였다. 또한 사용자가 데이터의 구조를 몰라도 데이터의 검색, 수정, 출력 등의 기본기능을 지원할 뿐만 아니라 분석 등 사용자로 하여금 좀더 편리하게 자료를 처리할 수 있도록 입력 양식이나 출력양식 등을 제작할 수 있도록 지원해 주고 있다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 안전관리에 투자하기 힘든 중·소 화학공장에서 경제적이고 효율적으로 안전관리를 수행할 수 있는 공정안전관리 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 공정안전관리 시스템은 공장내에 잠재하는 위험성을 체계적으로 분석·파악하는 단계에서부터 발생가능한 사고의 결과 및 빈도를 상대적인 등급으로 분류하여 예측할 수 있도록 응용 프로그램을 개발하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 잠재위험의 확인결과로부터 피해결과와 발생확률을 결정하는 단계를 연계하여 일치화시킴으로써 작업의 효율성을 증대시켰으며, 관련 데이터와 상대 위험등급을 이용하여 시설물의 위험성을 객관적으로 비교할 수 있다.
2. 기존의 CAD 파일 혹은 문서형태로 관리하던 P&ID, PFD 등의 그래픽 자료를 데이터

베이스 시스템으로 구축하여 도면의 유지보수가 편리하며, 기존의 수작업에 비하여 체계적, 효율적으로 관리할 수 있으며 자료의 물리적 손상이나 내용물의 손실과 같은 문제가 없다.

3. 위험성 평가 자료를 데이터베이스 형태로 관리하기 때문에 기존에 수행했던 작업내용 및 각종 자료를 바탕으로 안전관리에 투자에 큰 부담을 갖고 있는 중·소 화학공장에서 경제적으로 안전관리를 수행할 수 있다.
4. 본 연구에서 개발한 공정안전관리 시스템을 이용하여 중·소 화학공장의 안전관리를 과학적이고 체계적으로 수행할 수 있으며, 국내 자율 공정안전관리의 정착을 조기에 실현할 수 있다고 판단된다.

## 감 사

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 수행하였으므로 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 강 순 중, "화학공학의 안전상의 문제점 및 대책", 제 23 회 화학공학 계속교육, 서울대학교 공과대학 화학공학과, (1994).
2. 백 종 배, "화학공정에서의 정량적 위험성 평가를 위한 기반 구조 구축에 관한 연구", 광운대학교 화학공학과 박사논문 (1996).
3. 백 종 배, 고 재 욱, 김 구 회, "화재 및 폭발재해의 강도 산정에 관한 비교 연구", 산업안전학회지, 8(2), 87 (1993).
4. 백 종 배, 고 재 욱, 김 윤 화, "독극물질 누출의 강도산정에 관한 비교 연구", 산업안전학회지, 9(1), 89 (1994).
5. 윤 인 섭, "국내·외 안전 현황", 제 23 회 화학공학 계속교육, 서울대학교 공과대학 화학공학과, (1994).
6. 한국산업안전공단, "공정안전보고서(고시 및 코드)", (1995).
7. Baker, W. E., P. A. Cox, P. S. Westine, J. I. Kulesz, and R. A. Strehlow, "Explosion Hazards and Evaluation", New York, (1983).
8. CCPS, "Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis", AIChE, (1989).
9. Considine, M., "The Assessment of Individual

중소화학공장의 공정안전관리(PSM)시스템 구축에 관한 연구

- and Societal Risks", SRD Report R310, Safety and Reliability Directorate, UK Atomic Energy Authority, Warrington England, (1984).
10. ILO, "Major Hazard Control : A Practical Manual", (1988).
11. Lees, F. P., "Loss Prevention in the Process Industries", Vol. 1, Butter worths (1980).
12. UNEP, WHO, IAEA, & UNIDO, "Procedural Guide for Integrated Health and Environmental Risk Assessment and Safety Management in Large Industrial Areas", Vol. 1.