

중대산업사고 예방을 위한 종합위험관리체제(IRMS) 구축에 관한 연구

성대현 · 김재현 · 권혁면 · 임대식 · 김기영

한국산업안전공단

1. 서 론

화학산업의 공정안전 및 손실방지분야에서 정의하는 위험관리(Risk Management)란 공정 내에서 잠재적 위험요소를 찾아내어 예상되는 피해의 크기를 결정하고, 현재의 공정시스템의 능력과 안전장치의 적절성을 확인하며 이 위험요소를 예방하고 제어하기 위한 절차를 평가 관리하는 것이다.

대부분 위험관리분야의 연구는 주로 위험관리시스템을 구성하고 있는 개별요소들에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다. 만일 이 개별요소들을 통합하여 관리할 수 있는 시스템이 개발되면 훨씬 효율적인 방법으로 화학공장의 안전을 관리할 수가 있을 것이다.

한국산업안전공단(이하 “공단”)은 위험관리분야의 통합관리분야를 개척하고자 1997년부터 종합위험관리체제(Integrated Risk Management System : IRMS)를 개발하기 시작하여 2002년에 완성한 후 사업장 및 재난 관리 기관에 보급을 시작하였다. 이 IRMS 시스템은 위험설비 및 위험물질 DB, 사고시나리오 선정, 사고피해예측 및 사고확률계산, 위치정보체제를 기반으로 한 위험지도 작성 등 7개의 개별 프로그램으로 구성되어 있고 이 프로그램들은 위험설비 위치정보모듈을 중심으로 통합되어 있으며 이들은 또한 개별프로그램별로 운영이 가능하도록 개발되었다.

2. 개 요

화학공장에서의 화재·폭발·위험물질 누출 등의 중대산업사고를 예방하기 위하여 주요 위험설비에 대한 위험성 평가, 위험요소의 제거 및 통제방법수립, 비상대책 등의 체계적인 안전대책을 수립하여야 한다.

이를 위하여 국내에서는 1996년부터 석유화학공장 및 위험물질 취급 사업장에 대하여 공정안전관리제도(Process Safety Management, PSM)를 시행하고 있다.

이러한 중대산업사고를 예방하고 사고시의 적절한 대책을 마련하기 위해서는 위험설비 및 물질의 취급현황의 파악 및 관리, 사고의 유형, 발생가능성 및 그로 인한 피해를 객관적으로 평가하는 정량적 위험성 평가가 수행되어야 한다. 이러한 평가결과를 근거로 위험성 감소방안을 도출하고, 만일의 사고에 대한 대책을 포함하여 종합적이고 체계

번호	시설명	위험물질명	설치수량	수량	유형	비고
1	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
2	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
3	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
4	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
5	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
6	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
7	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
8	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
9	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	
10	고령시정수장	Chlorine	200kg	200kg	정수장	

Fig. 2. List of Chlorine Handling Sites

3.2 중대산업사고 데이터베이스(K-ADB)

국내·외에서 매년 수십만 건의 중대산업사고가 발생되고 있으며, 많은 인명피해와 재산피해를 가져오는 사고가 종종 발생되고 있는 실정이다. 이러한 재해를 예방하기 위해서는 이미 발생한 과거사고사례를 수집·분석하여 사고원인 등을 찾아 동종사고 예방에 활용하는 것이 무엇보다도 중요하다.

이에 따라 공단에서는 국내·외의 중대산업사고 사고사례를 수집한 후, 체계적이고 정밀하게 분석·가공한 후 DB화하여 이를 사업장에서 활용하여 동종사고를 예방할 수 있도록 하였다.

번호	사건명	발생일	발생장소	발생원인	처리결과
000-00-00001	1998년 12월 15일, 경북연 13이더 28개	1998.12.15	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00002	1999년 1월 10일, 경북연 13이더 28개	1999.01.10	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00003	1999년 2월 5일, 경북연 13이더 28개	1999.02.05	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00004	1999년 3월 15일, 경북연 13이더 28개	1999.03.15	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00005	1999년 4월 20일, 경북연 13이더 28개	1999.04.20	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00006	1999년 5월 25일, 경북연 13이더 28개	1999.05.25	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00007	1999년 6월 30일, 경북연 13이더 28개	1999.06.30	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00008	1999년 7월 5일, 경북연 13이더 28개	1999.07.05	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00009	1999년 8월 10일, 경북연 13이더 28개	1999.08.10	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지
000-00-00010	1999년 9월 15일, 경북연 13이더 28개	1999.09.15	경북연 13이더 28개	가스 누출	정지

Fig. 3. Accident Cases relating to Gas

Scenario Name	Scenario Description	Scenario Type
Scenario 1	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 2	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 3	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 4	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 5	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 6	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 7	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 8	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 9	Crude Unit Gas Leak	Hazardous
Scenario 10	Crude Unit Gas Leak	Hazardous

Fig. 4. Scenario Generation for Crude Unit

3.3 가상사고 시나리오 선정 프로그램(ASGP)

화학공장에서 특성에 맞는 가장 신뢰성 있는 가상사고 시나리오를 도출할 수 있다면 사고의 예방은 완벽하게 이루어 질 수가 있을 것이다.

많은 안전전문가들이 이론적 논문을 발표하였고 미국의 환경부에서도 이론적으로는 체계가 작성되었지만 가상사고 시나리오를 제대로 선정하는 프로그램은 아직까지 없다. 이러한 세계적인 여건 속에 가상사고 시나리오를 체계적으로 작성하는 모델을 개발하였다.

3.4 사고확률 계산 프로그램

선정된 사고시나리오에 대한 발생확률계산은 위험관리에 있어서 중요한 사항이다. 사고 확률계산을 위해서는 신뢰도 자료가 필요한데 크게는 기기신뢰도 자료와 인간신뢰도 자료가 필요하며, 그 외의 신뢰도 자료로는 공통원인고장 자료, 시험 및 보수 자료, 사고 발생빈도 등이 있다. 공단에서는 정량적 위험성 평가의 한 방법인 결함수 분석(FTA)에서 기기 신뢰도 자료와 인간신뢰도 자료를 사용할 수 있도록 개발하였다.

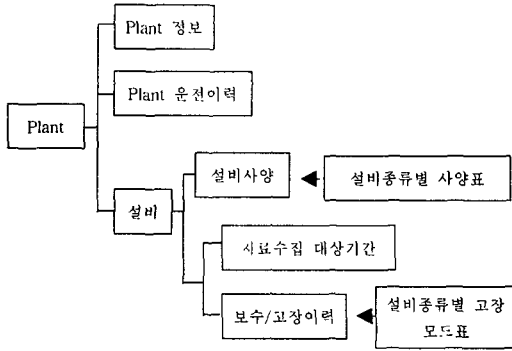


Fig. 5. Reliability DB Structure

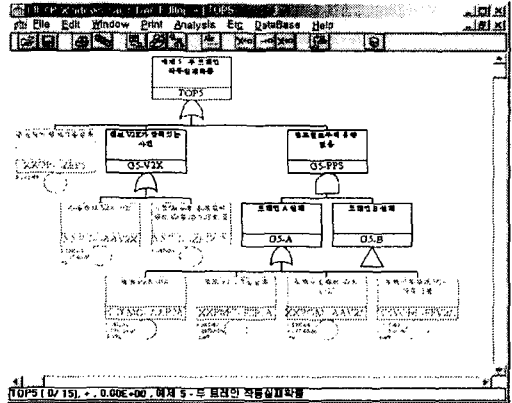


Fig. 6. Frequency Calculation

3.5 사고피해예측 프로그램(K-CARM)

가연성물질이나 독성가스 등 위험물질을 사용하는 사업장에서 화재·폭발·누출 등 위험물질에 의한 사고발생 위험은 항상 상존한다. 이러한 사고를 예방하고 피해를 최소화하는 비상대응 계획을 세우기 위해서는 사고피해의 크기를 정확히 알 필요가 있다.

공단이 개발한 프로그램은 기존의 소프트웨어를 기초로 하여 누출모듈, 확산모듈, 화재/폭발모듈, 기상처리모듈, 주변지형시스템모듈, 물성, 데이터베이스모듈, 영향평가모듈, 공정데이터모듈 등으로 구성되며 서로 구조적으로 연계되어 있다.

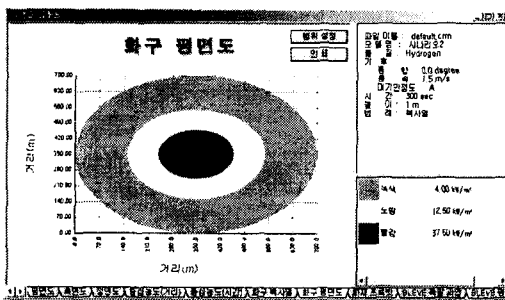


Fig. 7. BLEVE Effect

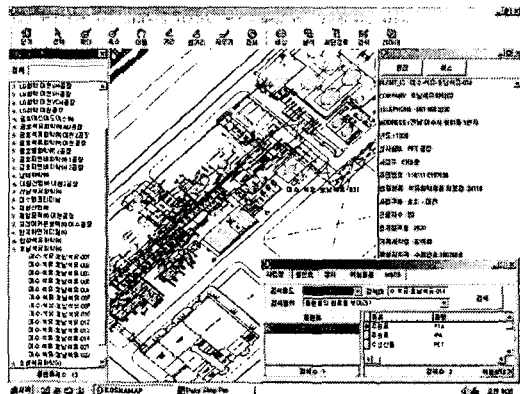


Fig. 8. Company Information

3.6 사업장 위험도 수치화프로그램(KOSHAMap)

화학공장에서의 사고는 그 원인이 다양·복잡하고 사고형태가 예측하기 어렵기 때문에 이를 쉽게 파악할 수 있도록 가시화할 필요가 있으므로, 위험설비 설치위치와 설치지역의 기상조건 등을 지도상에 나타내는 위험설비위치정보체계를 화학공장 밀집지역 별로 구축이 필요하다.

위험설비위치정보체계를 기본으로 한 위험설비에 대한 위험지도(KOSHAMap) 구축 사업은 울산, 여수, 온산 및 대산 석유화학공단과 인천지역의 석유화학 사업장을 대상으로 하였다.

KOSHAMap 위에는 발화원, 위험설비 주변의 인구밀도 등을 입력하고 화재·폭발·누출 등과 같은 가상사고 시나리오 또는 사고 발생시 사고 결과를 지도 위에 나타나게 하여 피해 예상 지역과 피해 결과 등을 스크린으로 보여줄 수 있도록 하였다. 또한 피해의 크기와 빈도를 조합하여 위험도를 등고선 형태로 위치정보체계에 포함하여 지역별 상대적 위험도를 비교할 수 있게 하였다.

수치화 된 위험도 및 가상사고에 의한 피해결과를 객관적으로 표현하기 위해서는 기본적으로 전자화 된 지리정보체계가 필요하다. 따라서 사업장 단위공장의 배치도면, 공장전체의 배치도면, 공단지역의 사업장 배치도면, 지역도면 및 대한민국전도 등을 기본으로 하는 지리정보체계를 구축하여 KOSHAMap의 여러 기능을 표시하기 위한 기초 자료로 사용한다.

산업시설의 위험도를 수치화 하는 방법에는 크게 위험지수(Risk Index), 개인위험도(Individual Risk), 사회위험(Societal Risk)형태로 구분할 수 있는데 IRMS는 이들을 모두 표현할 수 있다.

KOSHAMap을 활용하여 위험원 및 사고형태를 가시적인 방법으로 사전분석하고, 그 피해 및 결과를 예측하여 사고예방에 활용할 뿐만 아니라 위험등고선이 지도 위에 표시되므로 위험도가 허용범위를 벗어날 경우에는 사업장에서 위험도감소대책 및 피해최소화대책을 수립할 수 있다.

4. 결 론

사고시나리오 선정, 피해예측프로그램 등 7개의 개별 프로그램으로 구성된 IRMS는 울산, 여수, 온산, 대산 및 인천지역의 사업장을 대상으로 하여 기본틀을 구축하였으며, 위험설비에 대한 정량적 위험성 평가 결과와 위험설비 DB, 피해확산모듈, 위험설비신뢰도 DB 그리고, 지리정보체계 등 모든 기능을 종합적으로 연결하여, 선진국에서와 같이 위험설비로부터 사고 발생시 또는 가상사고에 의해 사고발생 확률 및 예상되는 피해의 크기와 위험의 정도를 수치적으로 지도상에 나타나게 하는 위험지도작성 프로그램을 완성하였다.

IRMS의 활용방안으로서 노동부 및 공단은 위험성평가서에서 도출된 각종사고에 대한 발생빈도와 피해 범위계산 결과 검토 및 비상조치계획의 적합성 확인 등 PSM심사·확인 및 사업장의 차등관리에 활용할 수 있다.

사업장에서는 사고발생빈도계산 및 감소대책 수립, 사고피해크기예측 및 완화대책 수립 등 정량적 위험성평가 수행, 누출확산 물질의 진로예측 및 대피지역 선정, 공장주변 지역의 인구, 도로, 비상대응기관에 대한 각종 정보활용 등 비상조치계획 수립, 위험성평가 등을 통한 공정안전교육 및 사고사례로부터 교훈습득 등 운전원 교육, 설비의 위험도에 기초한 검사 체제 구축 및 설비 신뢰도 자료를 활용한 예측·예방 정비 체제 구축 등 설비 검사·정비 체제의 선진화 그리고 사업장의 R·C운동을 시행하는 도구로서 사용될 수 있을 것이다.

지자체, 소방서 등 비상대응기관에서는 지자체의 중대산업사고 예방 및 사고시 비상대응시스템 구축, 위험물질 및 설비의 데이터베이스를 이용하여 사업장의 위험설비 및 위험물질관리, 사고피해예측 프로그램을 이용하여 정량적으로 계산된 사고시 피해의 크기결과를 활용한 사업장별 위험수준 확보, 위험지도를 활용하여 경찰서, 소방서, 병원 등 비상대응기관과의 긴밀한 협조 및 지역사회와의 비상대응체제 구축에 활용 될 것이다.

참고문헌

- 1) CCPS of AIChE, "Plant Guidelines for Technical Management for Chemical Process Safety", pp. 65. 1995
- 2) ILO, "Safework a Global Programme on Safety and Health at Work", pp. 1. 1999.
- 3) CCPS and AIChE, "Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety", 1989.
- 5) CCPS of AIChE, "Guideline for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud, Explosions, Flash fires, and BLEVEs", 1994
- 6) Moon, I., D. Ko, Scott T. Probst and Gary J. Powers, "A Symbolic Model Verifier for Safe Chemical Process Control System", J. of Chem. Of Japan, Vol. 30, No. 1. 1997
- 7) 한국산업안전공단, "종합위험관리체제(IRMS) 최종보고서", 2002