

**국내 위험물질 취급사업장에서의 종합적 안전관리 체제구축
(IRMS, Integrated Risk Management System)**

목 차

1. 개요	1
2. 추진경과	2
3. IRMS의 주요기능	3
4. 추진현황	5
5. 결론	16

1. 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, 각 위험설비와 위험물질로부터 발생할 수 있는 사고의 유형, 발생가능성 및 그로 인한 피해를 객관적으로 평가하는 정량적 위험성 평가가 수행되어야 한다. 이러한 평가결과를 근거로 위험설비 및 물질에 대한 위험성 감소방안을 도출하고, 만일의 사고에 대한 대책을 포함하여 종합적이고 체계적인 안전관리체제를 구축하여야 한다.

이를 위하여 한국산업안전공단은 PSM 대상 사업장을 위주로 위험설비 및 물질을 데이터베이스화와 정량적 위험성 평가의 기초를 확립하기 위한 전산프로그램의 개발 등 종합적위험관리체제(Integrated Risk Management System, IRMS) 구축을 1997년부터 착수하여 개발 중에 있다.

현재 유럽연합국가(EU)에서도 지리정보체계(GIS)를 이용하여 Seveso Plant Information Retrieval System (SPIRS)이라는 프로젝트를 수행하고 있으며, 이미 SevesoII 규정 적용대상 사업장으로부터 데이터를 받아 입력하고 있으며, 도식화된 위험지도를 작성하여 위험관리정보를 제공하고 체계적인 위험관리, 비상조치계획 및 토지이용계획에 활용할 계획으로 있다.

영국은 산업안전보건청(HSE)에서 위험설비위치정보시스템(HSE Map)을 개발하여 화학물질 취급 사업장의 위험설비와 화학물질의 사용량 등을 전산화하여 관리하고 있으며, 위험설비에서 화재, 폭발 또는 독성물질 누출사고의 발생위험 등을 고려한 위험등고선(Risk Contour)을 활용하여 위험시설 주변지역에 다른 위험시설이나 주거용건물 또는 공공건물 등을 설치할 경우 위험성을 평가하여 안전한지의 여부를 확인한 후에 설치허가를 하도록 제도화하고 있다.

2. 추진경과

1997년부터 IRMS 구축계획을 추진하여온 과정을 요약하면 다음과 같다.

2.1 ILO, OECD, UNEP 지침에서 요구하는 안전기준

IRMS 구축과 관련된 국제기구의 요구 또는 권장사항을 요약 정리하면 다음과 같이 중대 산업사고예방을 위하여 체계적인 위험관리를 시행하도록 권고하고 있다.

국제기구	요 구 내 용
ILO협약 제174호 (중대산업 사고예방에 관한 협약, 1993)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업장의 위험성평가 및 공정안전보고서 작성 ○ 위험설비 종합관리체계 및 비상조치계획 수립·시행 ○ 가상 사고시나리오별 피해예측
OECD Environment Monograph No.51 (화학물질사고예방지침, 1992)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토지이용계획 수립시 위험설비 안전성평가 ○ 정부·공공기관의 위험설비 종합관리 및 정기 감독 ○ 위험성평가 및 GIS 구축, 비상조치계획 수립·시행
UNEP APELL (지역사회의 대형사고예방 및 대응, 1988)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지역사회 위험시설별 위험성평가 ○ GIS 및 위험지도(Risk Map) 구비 ○ 위험설비 잠재위험 확인 및 사고 시나리오별 대책

2.2 산업안전 선진화 3개년 계획에 IRMS 반영

1996년에 정부가确定的한 산업안전선진화 3개년 계획에 위험설비에 대한 실태 및 각종자료 전산화, 위험설비 위치정보시스템(GIS) 구축, 사업장별 예방 대책과 가상시나리오 분석 등을 추진하도록 반영되었고, 이 계획을 학계 등 전문가들이 참석한 가운데 공청회를 통해 의견을 수렴한 후 확정된바 있다.

2.3 ILO와의 국제 Workshop에서 IRMS 계획 발표

1997년 10월 20일부터 10월 22일까지 3일간 서울에서 국제노동기구(ILO)와 공동으로 개최한 제3차 화학물질국제워크샵에서 국내 IRMS 추진 계획이 공단에서 발표된바 있다. 이때 워크샵의 결론 및 권고사항을 요약하면 다음과 같다.

* 결론 및 권고사항

- 위험관리종합체계 구축이 필요함
 - 위험설비, 위험물질 전산관리체계 구축
 - 위험설비 지리정보체계(GIS) 구축
 - 사고시나리오 예방 대책 수립
- 위험설비 종류 및 운전조건의 DB구축, 정량적 위험성평가 실시 사고피해예측 및 대응방안 수립 등이 필요함.

- 위험관리종합체계 구축 기대효과는 다음과 같음.
 - 위험물질, 위험설비에 대한 정보 공유
 - 중대산업사고를 미연에 방지하고 사고발생시 피해 최소화
 - OECD 가입, 그린라운드의 국제 정세에 합리적, 능동적 대처

2.4 여천·울산 석안회 합동회의에서 IRMS 계획 발표

IRMS 구축과 관련하여 사업장의 의견을 수렴하기 위해 제16회 여천·울산 석유화학 안전관리위원회 합동 회의(1997.11.21~11.22)에서 IRMS 추진 계획을 발표한바 있다. 이때 사업장의 의견 및 건의내용을 요약하면 다음과 같다.

- 위험관리의 진일보된 기법으로써 구축시 울산 및 여천 공단의 안전관리에 크게 기여할 것으로 판단됨.
- IRMS의 각 요소에 필요한 소프트웨어의 구입 등에 사업장의 부담이 가능한 최소화 될 수 있는 방향으로 구축 유도

2.5 신정부 추진 100대 과제로 선정

1998년 2월 13일 정부가 발표한 신정부추진 100대 정책 과제에 “폭발 등 대형사고 위험이 있는 화학공장 등 위험설비에 대한 종합적 위험관리체제를 구축”이라는 과제가 포함되바 있다.

2.6 안전 신 선진화 계획으로 수정보완

안전선진화 3개년 사업으로 추진되던 본 사업이 사업의 추진단계에서 기간 및 업무의 조정이 필요케 되어 안전 신선진화 계획으로 수정 보완하여 계속 추진 중이다.

3. IRMS의 주요기능

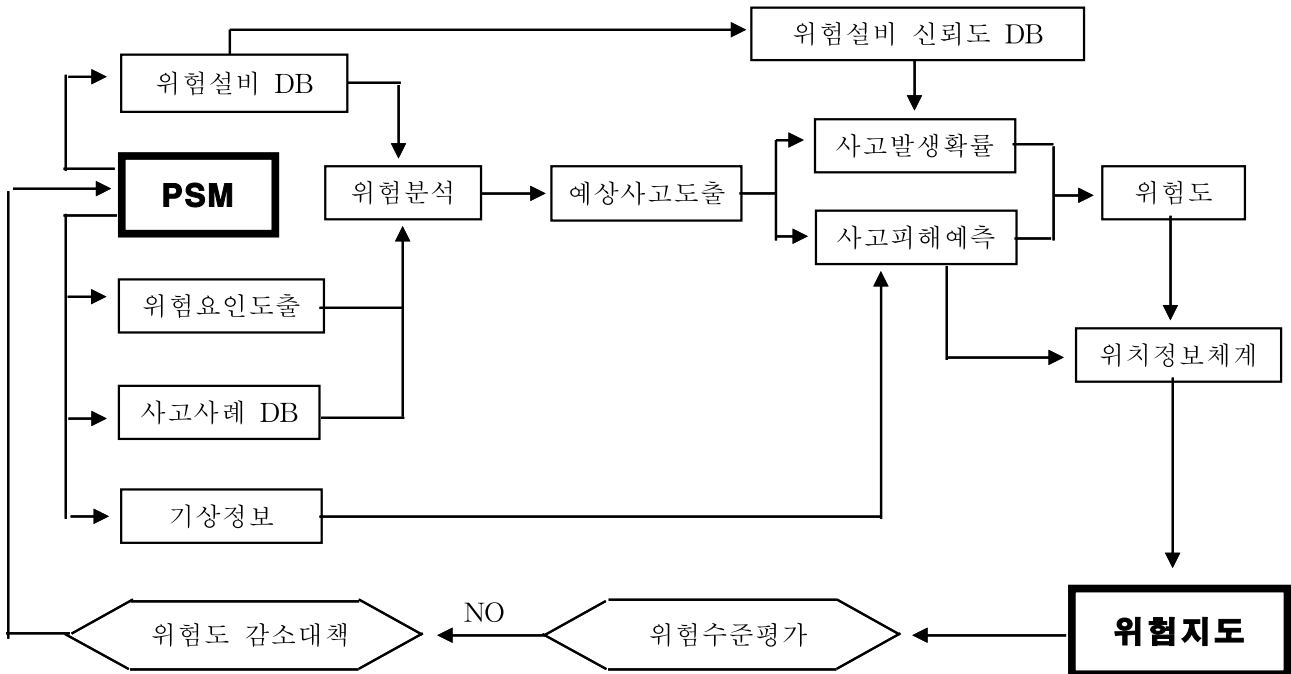
<그림1>의 IRMS 체계도를 참조하여 살펴보면,

첫째로, PSM 및 정량적 위험성 평가의 기본이 되는 위험설비 및 물질에 대한 실태를 파악 체계적으로 전산화하므로써 위험설비 및 물질에 대한 정보를 필요할때에 신속하고 정확히 파악할 수 있으며,

둘째로, 화학공장의 각종 위험설비별 고장율을 수집, 분석, 가공하여 위험설비의 신뢰도 데이터베이스를 구축하여 FTA 및 ETA 등과 같은 정량분석을 통하여 사고발생빈도 등을 예측할 수 있는 동시에 위험기반정비(RCM), 위험기반검사(RBI)체제 및 비용편익분석(CBA) 기초자료를 제공할 수 있으며,

셋째로, 가상사고 또는 사고발생에 따른 피해를 지역별, 시간별로, 과학적으로 예측하고, 주민 및 근로자의 대피로, 소방차, 구급차 등의 접근로 등을 지도위에 정확히 표시하고, 또한 위험설비 및 위험물질 보유 사업장의 위험등고선으로 표시하여 객관적으로 위험성 여부를 판단할 수 있다.

넷째로, 위험성 평가 결과, 개선에 필요한 비용을 부담하거나 편익을 갖게되는 사회 또는 지역에 거주하고 있는 모든 개인의 비용과 편익을 산정하여 의사결정을 하는 수단인 비용·편익분석기법을 수행하는 자료를 제공할 수 있으며, 만약 사업장의 위험도가 허용가능한 범위내에 있지 않는 경우에는 위험발생요인을 최소화 하거나 또는 그 피해를 최소화 할 수 있는 대책을 수립할 수 있다.



<그림1 IRMS 체계도>

4. 추진현황

1996년에 정부가确定的한 산업안전선진화 3개년 계획에 따라 1997년부터 위험설비에 대한 실태 및 각종자료 전산화, 위험설비위치정보시스템 구축, 사업장별 예방대책과 가상시나리오분석 등을 추진하여 왔으며, 1998년 2월 13일 정부가 발표한 신정부추진 100대 정책과제에 “폭발 등 대형사고위험이 있는 화학공장 등 위험설비에 대한 종합적 위험관리체제를 구축”이라는 과제로 이어져 추진하고 있다.

본 사업은 1998년부터 2001년까지 4년에 걸쳐 울산, 여천, 온산 및 대산 석유화학공단과 인천지역의 사업장을 대상으로 하여 기본틀을 구축중에 있으며, 위험설비에 대한 정량적위험성 평가 결과와 위험설비 DB, 피해확산모듈, 위험설비신뢰도 DB 그리고, 지리정보체계 등 모든 기능을 종합적으로 연결하여, 선진국에서와 같이 위험설비로부터 사고발생시 또는 가상사고에 의해 예상되는 피해지역과 위험의 정도를 수치적으로 지도상에 나타나게 하는 위험지도(Risk Map)를 완성하여 선진국형태의 IRMS 구축을 목표로 추진중에 있다. IRMS를 구성하고 있는 개별요소들의 추진현황은 다음과 같다.

1) 위험설비 및 위험물질 데이터베이스

현재 국내에서는 유해·화학물질을 취급하는 사업장을 대상으로 화학사고예방을 위한 공정안전관리제도를 시행하고 있으나 사업장이 제출하는 공정안전보고서 내의 안전정보 자료가 방대하여 현실적으로 관리상에 어려움이 있으므로 공정안전보고서 내의 자료를 데이터베이스화하여 쉽게 검색·가공할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 또한 주요 선진국가의 위험관리 형태인 정량적 평가방식이 우리나라의 안전관리 방향의 모델이 되고 있으나 정량적 평가를 위한 기초자료가 제대로 관리되지 못하여 공단에서는 공정안전관리제도의 시행과 연계하여 위험물질 및 위험설비 데이터베이스를 구축하고 있다.

PSM 대상 사업장에 대한 위험설비 데이터베이스를 구축을 위하여, PSM 대상 416개 사업장의 자료를 '97년부터 입력하여 왔으며 2000년에 1차로 완성하고 자료의 가공/보완 및 추가 입력 작업이 계속될 예정이다.

데이터 베이스가 완성되면 공장설비ID, 사업장 및 심사대상설비의 일반정보, 원료 및 생산품정보, 유해 및 위험물질 정보, 장치 및 설비 정보, 603종의 물질안전보건자료의 정보 등을 검색할 수 있으며 검색결과의 신뢰성 제고를 위한 자료의 가공 및 표준화작업을 지속적으로 실시할 계획이고, K-EDB에서 검색할 수 있는 정보는 사업장정보와 유해·위험물질 정보로 대별할 수 있으며 사업장 정보 및 지역정보로는 지역별 사업장, 사업장별 단위공정, 지역별 단위공정, 사업장별 회사명, 사업주명, 사업의 구분, 업종분류 등의 정보를 검색할 수 있다.

또한 유해·위험물질 및 설비 정보로는

- 사업장별 취급하는 위험물질의 종류, 분자식, 폭발하한계, 폭발상한계, 허용농도, 치사량(LD₅₀), 인화점, 증기압, 부식성유무, 일일사용량 및 저장량 등
- 단위공정별 위험물질 종류 및 그 물질 화학적 특성
- 특정 화학물질을 취급하는 사업장 명칭
- 특정 화학물질을 취급하는 사업장수
- 산안법상 특정 위험물 종류 및 그 기준량
- 산안법상 특정 위험물을 취급하는 사업장수 및 지역별 통계
- 위험물질별 CAS번호
- 위험물질별 위험지수
- 사업장별 장치 및 설비들의 명칭, 번호, 내용물, 설계 및 운전용량, 압력, 온도, 사용재질, 용접효율, 계산두께, 부식여유, 사용두께, 후열처리 및 비파괴 검사율 등을 검색할 수 있도록 하였다.

2) 설비신뢰도 데이터베이스

설비 신뢰도란 “어떤 설비가 의도된 용도에 주어진 기간동안 사용되어 충족하게 가동될 확률” 이라고 정의된다. 화학공장에서의 설비사고는 막대한 경제적 손실은 물론, 특히 폭발·화재의 경우 사업장에 근무하는 근로자의 생명에 위협을 줄 뿐만 아니라 독성물질 누출사고의 경우 인근 지역주민 및 환경이나 생태계에까지 영향을 미칠 우려가 있기 때문에 다른 업종에 비해 신뢰도가 높은 설비 및 시스템이 구비되어야 한다. 이러한 위험설비의 신뢰도를 향상시키기 위해서는 설비의 사고원인을 분석하여 사고감소 대책을 수립하고 예측·예방 정비를 가능케 할 수 있는 설비의 운전·고장이력 등의 설비신뢰도자료가 필수적으로 필요하다. 위험설비의 신뢰도자료 데이터베이스 구축을 위해서는 수많은 설비를 대상으로 오랜 기간동안의 운전이력으로부터 많은 고장, 보수, 운전 및 시험이력 등의 자료수집과 분석이 선행되어야 하며 이러한 신뢰도 자료는 목적에 따라 많은 분야에서 다양한 형태로 사용될 수 있다.

설비 신뢰도 데이터는 각 설비에 대한 운전, 보수 및 고장이력을 데이터 베이스하고 이로부터 같은 유형의 설비 종류에 대해 고장율을 계산하는 것으로서 신뢰도 자료로부터 다음과 같은 것을 구할 수 있다.

- 고장율 : 고장율은 설비가 시간당 또는 작동횟수당 고장이 발생하는 발생율을 뜻한다. 시간당 고장율은 같은 유형의 설비종류에 대해 고장횟수의 합을 운전시간의 합으로 나눔으로서 계산할 수 있으며, 작동횟수당 고장율은 고장횟수의 합을 작동횟수의 합으로 나눔으로서 계산한다.
- 이용불능도 : 이용불능도는 주어진 시간에 설비가 보수 등의 이유로 인하여 이용할 수 없는 가능성을 뜻한다. 이용불능도는 같은 유형의 설비종류에 대해 각 설비가 단위공장 또는 계통으로부터 Out of Service(OOS)된 시간의 합을 전체 시간으로 나눔으로서 계산할 수 있다.

신뢰도 분석에서는 설비의 고장을 기능에 따라 분류한다. 예로서 밸브의 외부누출 및 밸브의 열림실패는 기능면에서 다른 것이다. 밸브의 열림실패는 단혀 있는 밸브의 경우 단위공장/계통에서 필요에 의해 열릴 필요가 있을 경우 나타날 수 있는 것이다. 이와같이 설비종류별로 고장유형을 분류한 것을 고장모드(Failure Mode)라고 하며, 신뢰도 자료에서는 고장모드에 따라 고장율을 계산하여야 한다.

설비의 고장에도 정도가 다르다. 예를 들면 펌프가 출력을 완전히 제대로 내지 못할 경우에 설계치 미만인지, 문제는 있으나 설계치는 내고 있는지, 또는 가동이 중지되어 완전히 기능을 상실하였는지 차이가 있다. 설비의 기능상실 정도는 기능상실

(Catastrophic), 기능저하(degraded), 고장징후발생(Incipient) 세가지로 분류한다.

- o 기능상실 : 설비가 주어진 기능을 수행하지 못하는 경우에 해당한다. 펌프가 가동 중 정지하는 경우 등이 이에 해당한다.
- o 기능저하 : 설비가 주어진 기능을 어느정도(설계치 근처 또는 약간 못미치는 정도) 수행하나 완전한 기능을 수행하지 못하는 경우가 이에 해당한다. 또한 기능저하 상태를 그대로 두면 설비가 기능을 완전히 상실할 수 있다.
- o 고장징후발생 : 설비가 정해진 기능을 설계치 이상으로 수행하나 진동이나 소음 등이 발생하여 적어도 다음 년차보수 기간이내에는 이 고장모드에 대한 보수가 수행되어야 하는 경우이다. 펌프에 소음이 있다거나 밸브에 아주 적은 누설이 있는 경우가 이에 해당한다.

정량적 위험성 평가에서 필요한 신뢰도 자료는 여러가지가 있다. 크게는 기기 신뢰도 자료와 인간신뢰도 자료가 필요하며, 그 외의 신뢰도 자료로는 공통원인고장 자료, 시험 및 보수자료, 사고발생빈도 등이 있다.

설비신뢰도 데이터베이스구축을 위해 입력 및 분석프로그램을 완성하여 50종의 설비에 대한 고장이력을 조사·입력하여 10,000여건의 자료를 입력하였으며, FTA 프로그램과의 연계프로그램도 완성하였으며, 지속적으로 데이터를 입력하여 신뢰성을 제고할 계획이다. 한편 신뢰도 DBDml 구축절차는 <그림2>와 같다.

**설비별 점검·정비
이력 조사**

- 점검·정비 횟수 및 소요시간 조사
- 설비이용불능시간 조사
- 점검·정비내용조사

**설비별 운전
이력 조사**

- 시운전기간조사
- 년차보수기간 및 가동 중지 기간조사

**설비별 사고
이력 조사**

- 고장원인 및 고장상태 조사
- 고장모드 및 고장심각도 조사



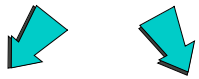
**설비신뢰도
자료 수집**

- 설비신뢰도 자료의 검토
- 입력 전산프로그램에 의한 설비신뢰도 자료 전산화
- 설비별 신뢰도 자료 수집



**설비신뢰도
자료 분석**

- 설비 신뢰도 분석 프로그램에 위험 신뢰도 자료 분석
- 설비별 고장율 및 이용불능도 산출



- 정량적 위험성평가 기법과의 연계
- 위험도 산출

**사고 발생
확률 계산**

**설비검사·정비의
최적화**

- 예측·예방정비체제 구축
- 신뢰도 자료에 의한 최적정비 방안 마련
- 설비 노후화 경향 관리에 활용

<그림2 신뢰도 DB 구축 절차>

3) 중대산업사고 사례 데이터베이스

현재 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 이를 Feed Back하여 동종사고 예방에 활용하는 것이 무엇보다도 중요하다.

이에 따라 한국산업안전공단에서는 국내·외의 중대산업사고 사고사례를 수집한 후, 체계적이고 정밀하게 분석·가공한 후 데이터 베이스화 하여 이를 사업장에서 활용하여 동종사고를 예방할 수 있도록 중대산업사고 정보관리 시스템(Major Accident Database Management System)을 개발하였고, 현재에도 사고사례 데이터 베이스를 구

축 중에 있다.

사고사례 DB는 1998년부터 개발에 착수하였고, OECD, EU, 일본 등에서 수행하고 있는 중대산업사고 조사시스템 제도를 검토하여 전산 프로그램의 기본구조에 반영하였다. 현재는 구축된 사고사례 내용을 On-line Service로 사업장에 보급하기 위하여 프로그램을 개발 중에 있으며, 2000년 하반기부터는 사업장에서 필요한 정보를 제공할 계획이다.

데이터베이스의 주요기능은 중대산업사고 사고사례 입력기능, 사고사례검색기능, 사고에 대한 통계 및 그래픽 처리기능, 사고보고서 작성기능 및 사고의 웹 서비스 기능 등으로 구분할 수 있다.

입력기능으로는 사고내용을 사업장 개요, 사고개요, 사고물질, 사고발생설비, 사고발생 공정 및 운전상황, 사고원인, 사고피해, 비상조치계획, 사고교훈 및 동종사고예방대책 등 9개 Section으로 나누어 입력하며, 각 Section은 설명부분과 검색부분으로 나누어 입력할 수 있도록 되어 있으며 이들 데이터들에 대해 추가, 삭제, 저장, 갱신이 가능하다.

검색기능으로는 사고물질 및 사고 발생 설비등 70여 개의 검색항목을 And 및 OR 게이트로 동시에 검색할 수 있다.

통계 및 그래픽 처리기능으로는 저장된 데이터를 각 국가별, 사업장별, 발생설비별, 사고물질별, 사고발생공정별, 운전상황별, 사고의 원인별, 피해별 등의 항목으로 다양하게 통계처리 및 그래픽 작업을 할 수 있다.

보고서 작성 기능으로는 사용자 질의를 처리하여 그 결과를 보고서 형태로 출력할 수 있으며 각 Section별 내용 및 9개 Section을 포함한 사고에 대한 총체적인 내용을 Full Report형식으로 출력할 수 있도록 되어있다.

현재 총 1350건의 국내·외의 사고사례가 입력되었으며, 국내 사고사례 550건 국외 사고사례 800건이 입력되어 데이터 베이스화 되었다.

국내사고사례는 1960년부터의 사고사례가 입력되었고, 국외의 사고사례는 OECD에서 제공된 사고사례, 일본 콤비나트 플랜트 사고사례 등이 입력되었다.

구축된 중대산업사고의 데이터 베이스를 활용함으로써 얻는 이점은 다음과 같다

- 사고 조사 항목 및 사고 조사 방법 제공
- 사고로부터 얻는 교훈을 통한 동종 사고 예방
- 공정안전관리제도 (PSM) 구성 요소 수립
- 공정 설계 반영
- 정량적 위험성 평가시 경험적인 사고 시나리오 제공
- 정비·보수 및 운전에 활용
- 교육

4) 가상사고 시나리오 도출

비상조치계획 수립이나 피해예측의 기반이 되는 것은 가상사고 시나리오이다. 사업장의 주요 위험설비에 대해서 발생 가능한 사고나 국내·외의 과거에 발생한 사고사례에서 사고 시나리오를 작성하고 이 시나리오에 영향을 주는 인자 즉, 공정, 위험설비, 위험물질, 운전조건 등을 찾아 과학적이고, 체계적으로 작성하는 것이 가상사고 시나리오라고 할 수 있다.

가상사고 시나리오의 선정프로그램은 사용자가 단위공장, 공정, 설비 및 장치, 사용 위험물질, 사고전의 상태, 사고진행 상황(사고발생경위), 운전조건 등을 입력시키면 이들 조건에서 발생 가능한 사고 시나리오를 우선 순위에 의해 모두 나열하도록 되어 있다. 이렇게 나열된 가상사고 시나리오는 백 여가지 이상으로 가장 발생할 가능성이 높은 10개정도의 가상사고 시나리오를 선정할 수 있다.

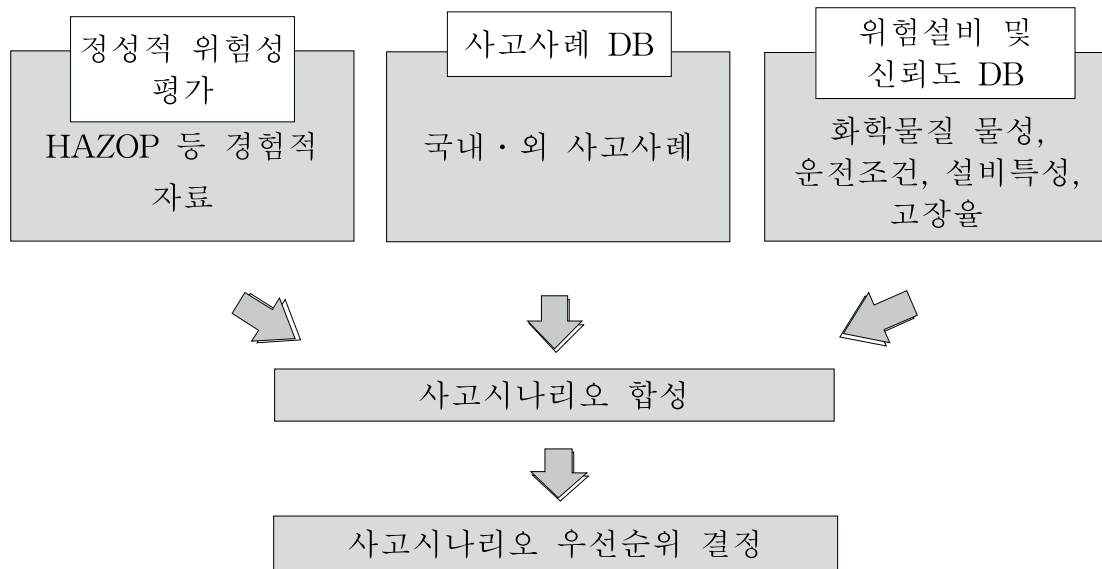
가상사고 시나리오의 선정프로그램 출력형태는 사용자가 입력한 정보와 생성된 시나리오를 우선 순위(위험도)가 가장 큰 것부터 나열되며 사고 진행경위(사고 진행상황)를 작성하여 출력하게 된다.

가상사고 시나리오의 선정프로그램은 화학공장에 발생 가능한 사고를 우선 순위를 주어 나열함으로써 본 시나리오를 바탕으로 사고피해예측 프로그램의 입력자료로 활용할 뿐만 아니라 본 시나리오에서 발생확률을 가미하여 위험성 평가를 정량적으로 할 수 있도록 하고 또한 위험지도를 작성하는데 필요한 기존 자료를 사용할 수 있을 것이다.

본 선정프로그램을 사업장에서 자체적으로 운영하여 각각의 단위공장별 가상사고 시나리오를 작성하고 피해예측 프로그램에 입력자료를 준비함으로써 정량적인 위험성 평가를 실시할 수 있는 기반을 구축할 수 있을 것이다. 또한, 정량적인 위험성 평가의 결

과에 따라 시설 및 설비를 개설하고 만일의 사고에 대비하여 피해를 최소화 할 수 있는 비상조치계획을 작성할 수 있는 기반이 될 것이다.

현재까지 개발현황은 1단계로 시나리오 도출 알고리즘을 완성하여 기초모델을 개발하였고 2000년도에 실용모델을 개발 중에 있으며 사고시나리오 선정흐름도는 <그림3>과 같다.



<그림3 가상사고 시나리오 선정 흐름도>

5) 피해예측 프로그램 개발

우리나라의 유해 화학물질 사고피해예측을 위한 정량적 위험성 평가나 중대사고 및 수송사고 대응 시스템의 기술수준은 선진외국에 비해 상당히 뒤쳐져 있다. 특히 독성 물질의 누출에 의한 실 시간대 농도 변화에 따른 대피시간 설정 등과 같은 분야는 대부분 외국의 소프트웨어를 그대로 사용하고 있는 실정이다. 현재 국내의 관련 연구기관 들은 많은 부분 외국의 알고리즘을 거의 여과 없이 그대로 수용하여 사용하고 있기 때문에 국내 연구결과의 반영이 어려워 갈수록 기술격차가 심화되리라는 예측이 가능하다.

또한 국내의 대기업들은 고가의 외국산 소프트웨어를 들여와 사용함으로써 매년 많은 비용이 외국으로 지불되고 있으며 관련 기술의 종속 및 자체정보의 대외 유출이라는 여러 가지 문제점들이 발생되고 있다.

사고피해예측 프로그램의 개발은 다양한 모듈과 응용 프로그램으로 구성된다. 여기에는 수학적 모델링 뿐 아니라 최신 프로그래밍 기법이 모두 동원되어야 하며 화학물질의 성질, 기상상태에 따른 대기의 변화, 주변지형시스템과의 접목 및 하드웨어와의 인터페이스까지 구축해야 하는 종합적인 과제라 할 수 있다.

공단에서는 화학공장사고예방을 위한 종합위험관리체제(IRMS)구축의 일환으로 사고피해예측 프로그램을 핵심 개발과제의 하나로 선정하였다

그리하여 1999년에 1차년도 개발을 수행하여 프로그램의 기초설계 및 누출, 확산, 화재, 폭발에 대한 모델을 완성하였다.

2차년도인 금년에는 각 모델을 통합화하고 응용하는 영향평가 모델을 개발하고, 사용자가 쉽고 편리하게 사용할 수 있도록 그래픽 입출력 창을 만들며, 계산결과의 바탕지도 입력, 실시간 피해예측, 혼합물의 누출모델, 특수물질의 확산모델, 지형영향, 건물영향, 건물내 확산 모델 등 다양한 피해예측을 위한 필요 기능을 개발 할 예정이다.

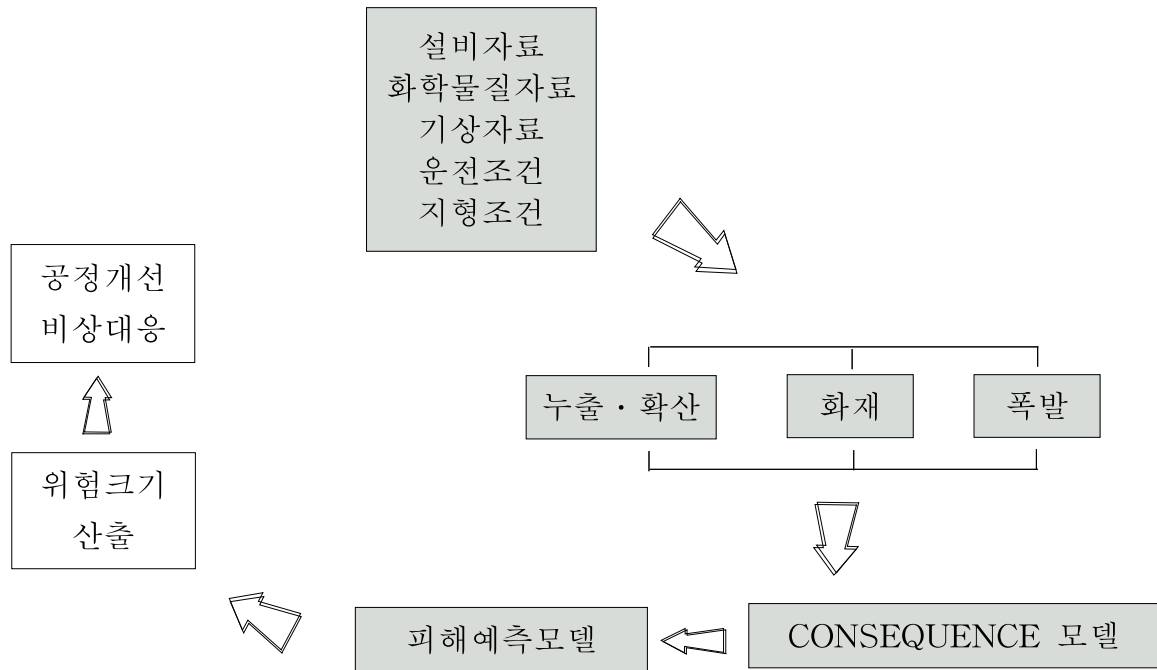
또한 여러 가지 그래픽 기능과 물질정보, 지리지형정보, 기상정보 인적정보, 주변시설정보 등의 자료를 데이터 베이스 화하여 전문가가 아닌 사람들도 쉽게 프로그램을 사용할 수 있도록 할 것이며(피해예측 프로그램 참조<그림4>), 프로그램이 완성되면 2001년에는 사업장 및 관련기관 들에 보급할 계획이다

이러한 개발은 우리나라 사고 영향 평가기법의 새로운 방향을 제시할 수 있는 좋은 기회이며, 관련 위험평가 기법의 소프트웨어 개발에 초석이 될 수 있다.

또한 사업장에서는 자체적으로 프로그램을 운영함으로써 자율적 안전관리를 유도하는 기반이 구축되어, 화학물질 사고 발생시 파생되는 주변지역의 인적·물적 피해 및 환경피해를 사전에 예측 할 수 있으며, 우리상황에 맞는 실제 데이터들을 이용한 방재 대책 및 비상 대응 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

사업장 관리자 및 근로자들에게 시각적인 교육자료를 제공하여 중대산업사고의 실상 파악 및 예방 업무의 중요성을 인식시키고 안전의식을 향상시키는데 기여를 할 수 있다.

부수적으로 화학공장 설계 및 건설시 위험성 평가를 정량적으로 수행하게 되어 근본적으로 안전한 화학공장을 설계·건설할 수 있을 것이다.



<그림4 피해예측 시스템 흐름도>

6) 위험설비위치정보체계 및 위험지도(KOSHA MAP) 작성

많은 종류의 화학물질이 취급, 저장 그리고 생산되고 있는, 화학공장에서는 가연성 액체 및 가스 그리고 독성물질에 의한 화재·폭발·누출의 잠재 위험이 있으므로, 위험설비를 효과적으로 관리하고 운전할 수 있도록 정확, 신속하게 자료를 수집하며 특히 화재·폭발·누출과 같은 사고시에는 신속히 대처할 수 있도록 위치정보체계를 이용한 위험설비의 종합적 안전관리체제 구축이 필요하게 되었다.

위험설비위치정보체계를 기본으로 할 위험설비 종합관리체제 구축사업은 1998년부터 2001년까지 4년에 걸쳐 울산, 여천, 온산 및 대산 석유화학공단과 인천지역의 정유공장을 대상으로 하였다.

위험설비에 대한 정량적 위험성평가 결과와 위험설비 DB, 피해확산모델, 위험설비 신뢰도 DB 그리고 지리정보체계 등 모든 기능을 종합적으로 연결하여, 선진국에서와 같이 위험설비로부터 사고 발생시 또는 가상사고에 의해 예상되는 피해지역과 위험의 정도를 수치적으로 지도상에 나타나게 하는 위험지도(Risk Map)를 개발하고 있다.(위험지도 작성흐름도 참조<그림5>)

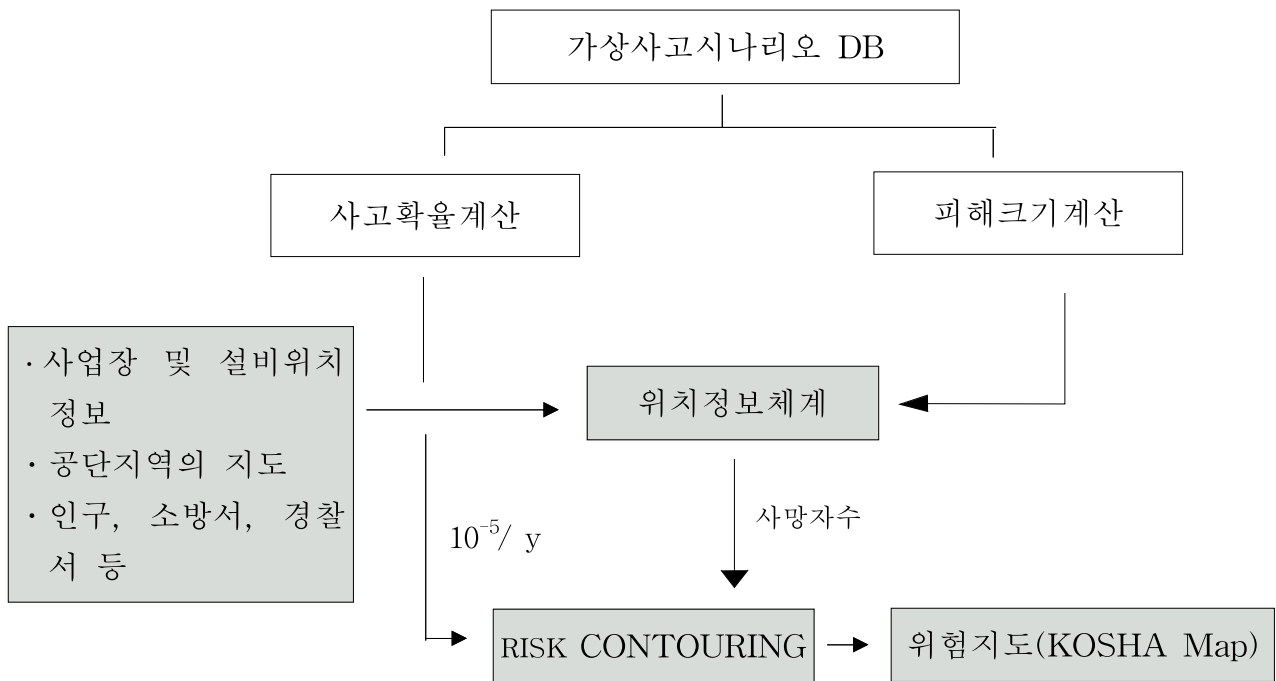
KOSHA Map 위에는 발화원, 위험설비 주변의 인구밀도 등을 입력하고 화재·폭

발·누출 등과 같은 가상사고 시나리오 또는 사고 발생시 사고 결과를 지도 위에 나타나게 하여 피해 예상 지역과 피해 결과 등을 스크린으로 보여줄 수 있도록 한다.

현재까지 여천·울산 공단 및 온산, 대산 및 인천 지역에 있는 화학공장을 대상으로 위험설비 위치정보체계를 구축하였으나 구축에 사용된 Software가 고가의 외산 프로그램으로서 보급에 한계가 있으므로 위치정보체계구축 프로그램의 국산화작업을 진행중에 있다.

또한 위험설비로부터 사고 발생시 또는 가상사고에 의해 예상되는 피해지역과 위험의 정도를 수치적으로 지도상에 나타나게 하는 위험지도의 구축 프로그램의 개발을 시작하여 2001년까지 완성할 것이다.

위험지도를 활용하면 위험원 및 사고형태를 가시적인 방법으로 사전분석하고, 그 피해 및 결과를 예측하여 사고예방에 활용할 뿐만 아니라 위험등고선을 지도 위에 표시되어 위험도가 허용범위를 벗어날 경우에는 사업장에서 위험도감소대책 및 피해최소화 대책을 수립할 수 있다.



<그림5 위험지도 작성 흐름도>

5. 결 론

IRMS를 구성하고 있는 각각의 데이터베이스나 프로그램들을 이용하여 설비보수유지, 검사 및 비용편익분석 등 여러분야에 활용할 수 있도록 하는 등 사업장과 지방자치단체가 중대산업사고예방과 사고수습에 사용할 수 있을 것이다.

사고예방측면에서 사업장의 위험도를 정량적으로 평가할수 있게되어 사업장간의 위험도 차등 관리가 가능하게 되며 안전활동의 성과도 수치적으로 평가할수 있게되며 사고예방을 위한 투자와 손실을 비교할 수 있게 되어 사업장의 사고예방 활동을 촉진하게 되고 사고 후 해 피해예측 프로그램을 이용하여 피해의 크기를 계산, 실제 사고와 비교검토 함으로써 현실적이고 과학적인 사고원인 파악 및 대책수립에 활용 될 것이다.

또한 위험도가 시각적으로 표현되므로 경영자 및 근로자 모두에게 안전의식을 향상시키고 활용 가능할 것이며 사업장에서는 Responsible Care 운동을 시행하는 도구로서 또한 지역차원에서는 APELL과 연계하여 사고시 피해예측, 대피지침시달, 비상연락 등에 효과적으로 활용할수 있을 것이다.

♣ 본연구는 한국산업안전공단 기술위원
권혁면님에 의한것임을 밝힙니다.