

## 데이터베이스를 이용한 가스산업시설의 안전관리정보시스템 구축

엄성인·김성빈\*·김윤화\*·백종배\*\*·김인원\*\*\*·고재욱\*

한국가스안전공사 가스안전기술센터, 광운대학교 화학공학과\*

충주대학교 안전공학과\*\*, 건국대학교 화학공학과\*\*\*

(1998년 6월 25일 접수, 1998년 7월 15일 채택)

## Development of Safety Management Information System for Gas Industries Using Database

Sung-In Um · Sung-Bin Kim\* · Yun-Hwa Kim\* · Jong-Bae Baek\*\* ·

In-Won Kim\*\*\* and Jae-Wook Ko\*

*The Gas Safety R&D Center, Korea Gas Safety Corp.,*

*Dept. of Chemical Engineering, Kwangwoon University\**

*Dept. of Safety Engineering, Chungju University\*\**

*Dept. of Chemical Engineering, Kon-Kuk University\*\*\**

(Received 25 June 1998; accepted 15 July 1998)

### 요 약

본 연구에서는 주 시스템이라고 할 수 있는 안전관리정보시스템(SMIS Ver 1.0, Safety Management Information System)과 이에 대한 자료 관리를 위한 부 시스템(subsystem)인 데이터베이스들을 개발하였다. 기업의 안전관리 정보화는 관리적인 측면과 기술적인 측면이 함께 고려되어야 하나 본 연구의 안전관리정보시스템은 안전기술에 대한 정보화를 위해 기술적인 측면의 관련 요소들을 크게 4가지 모듈로 구분하여 구성하였다. 이들을 상호 연관시켜서 가스산업의 안전정보를 효율적으로 운영하고, 위험성을 평가하며, 그 결과를 안전운전지침이나 비상계획 수립에 반영할 수 있게 하였다. 그리고 안전관리정보시스템을 지원할 수 있는 사고관련 자료, 물질자료 및 장치관련 자료 등에 대하여 3개의 모듈로 데이터베이스를 구성하였다. 이를 통하여 현장에 분산되어 있던 자료를 입력·검색하게 함으로써 보다 체계적으로 자료를 관리할 수 있게 하였다. 또한 개발된 프로그램을 사례적용을 통하여 검증한 결과, 자료의 검색 및 저장 등이 용이하고, 특히 데이터베이스와 안전관리정보시스템의 연계로 안전 정보를 활용하는 구조체계가 간소화되어 기존의 문서화 작업에 소요되었던 인력 및 시간이 절약됨을 알 수 있었다.

**Abstract** - In this study a computerized prototype system was developed with Safety Management Information System(SMIS version 1.0) as a main system and database as subsystems to handle information. Safety management information consists of management aspects and technical elements, but SMIS consists of 4 modules of technical elements to interrelate safety technologies closely. SMIS enables gas industries to manage process safety information effectively and to evaluate hazards. The results from SMIS can be used to the operation manual and the emergency plan. Data base consists of 3 modules of accident data, material data, and equipment data to support SMIS.

Also, the case study results proved the usefulness of SMIS for searching and accumulating process safety data. Especially, MIS which has the database suggests a formal structure for scattered raw safety data in gas industries and brings reduction of man power and time.

**Key words** : Safety Management Information System, Database, Gas Industries, Risk Assessment

## 1. 서 론

가스시설을 설치·운영하고 있는 기업의 안전에 대한 체계가 90년대 들어 많은 변화를 가져오고 있다. 그러나 아직은 단편적인 체계를 벗어나지 못하고 있고, 기존의 가스산업시설이 노후화 되어 위험이 항시 존재하고 있다. 또한 가스산업시설 주변에서 시행되고 있는 타공사의 관리체계가 가스를 공급하는 업체만으로는 안전관리가 역부족이다. 석유 및 석유화학시설에서도 고압 및 유독가스를 다량 포함한 공정들이 유기적으로 복합된 시설이므로 화재, 폭발, 누출 등 대형 사고로 이어지는 경우가 많다. 또한 기간산업으로서의 중요도가 높아 재해 발생시 관련 산업 및 국가경제로의 파급효과가 절대적으로 커진다.

이러한 연유로 하여 우리 나라에서도 90년대 들어 가스 및 석유화학산업에 대한 안전 체계를 종합적으로 운영하는 제도를 미국의 OSHA 체제에서 인용하여 기반을 구축하여 96년도부터 관리와 기술을 통합적으로 하는 안전관리종합체계를 통상산업부 및 노동부에서 제도적으로 시행중이나 각 구성요소의 통합이 이루어지지 않아 효율적인 안전관리의 정착이 시급하다.

이와 같은 상황에서 나타나듯이 안전관리의 종합적인 시스템 구축은 현실적으로 당연한 현상이며 이를 위해 본 연구에서는 가스산업시설의 체계적인 안전관리의 정착을 위하여 사고유형, 사용되는 물질, 설비 등에 대한 D/B를 구축하여 이를 토대로 공정안전정보의 수집 및 관리, 정성적·정량적 위험성평가, 사고조사시 원인 분석자료에의 활용, 비상대응대책 설정 및 공정의 변경 등에 활용할 수 있는 안전관리정보시스템을 구축하고자 하였다.

## 2. 안전관리정보시스템의 개요

가스등을 사용하는 공정의 안전관리관 공정과 관련하여 발생되고 있는 각종 상해와 사고를 예

방하기 위하여 공정위험 사항을 파악하고 이해하며 이를 통제하는데 있어 관리원칙과 관리시스템을 적용하는 것이다. 잘 알려진 관리시스템들은 관리적인 측면과 기술적인 측면을 고려한 10개 이상의 세부 요소로 구성되어 있다.

공정안전관리시스템을 구축하고 실시하는데는 모든 구성요소들을 고려하여야 하며, 가스산업이나 장치산업의 특성 즉, 회사와 공장의 조직, 기존의 방침과 절차, 자원의 수용성, 각종 계획과 교육과정 개발에 사용할 수 있는 시간 계획, 예산 배분, 기존 관리시스템의 적정성, 피드백 시스템의 유지 또는 개선에 따라 차이가 있을 수 있지만 이러한 항목들은 안전관리시스템의 효율과 아주 중요한 관계가 있다.

현재 국내에서 제도적으로 시행되고 있는 가스산업시설의 안전관리시스템 항목은 다음과 같이 12개의 요소로 되어 있다.

1. 경영방침
2. 안전관리조직
3. 안전에 관한 정보기술
4. 가스시설의 위험성평가
5. 변경관리
6. 공정 및 장치의 완전성
7. 인적요소
8. 교육훈련
9. 사고조사
10. 비상 조치 및 대책
11. 기준·규정 및 코드
12. 안전감사

이 중 본 연구에서는 기술적으로 중요도가 높은 자료 활용, 저장 등이 용이하도록 항목을 선별하였다. 선별된 항목은 4개의 범위(category)로 구성하였고, 다시 각 항목에 대하여 세부적으로 모듈(module)화하였다. Figure 1은 안전관리정보시스템을 구축한 형태를 보여주는 것으로 이 프로그램을 입력하기 위한 기초자료는 데이터베이스가 활용될 수 있도록 하였다.

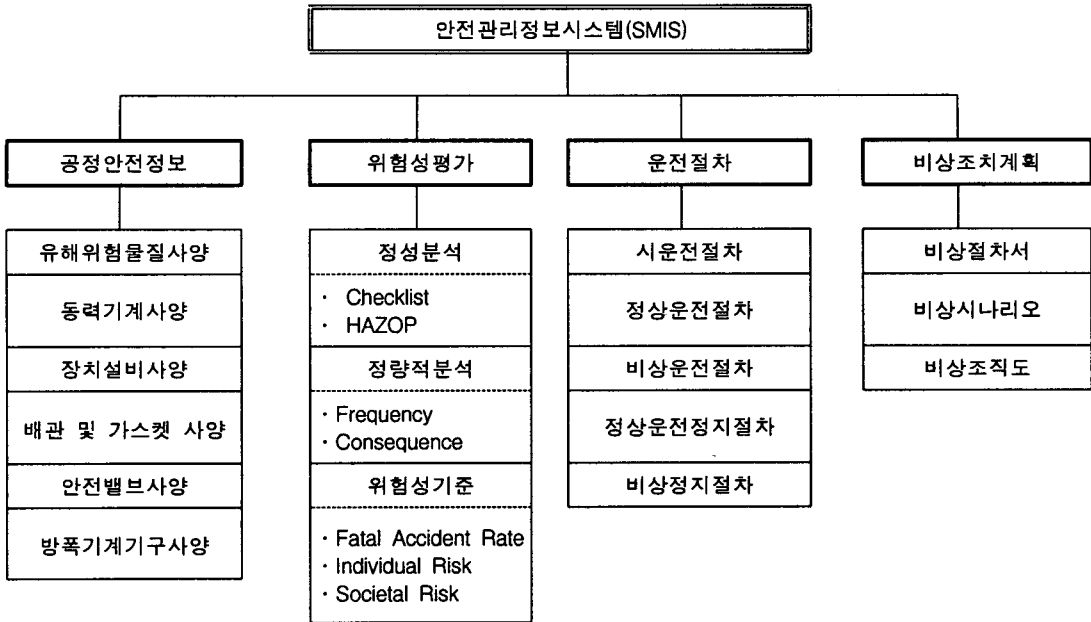


Fig. 1. Logic diagram of safety management information system

### 3. 가스산업시설의 데이터베이스 구축

데이터베이스란 어떤 조직의 다수의 사용자들이 사용하기 위한 통합 및 저장된 데이터의 집합체로 분산되어 있는 자료를 통합, 저장, 운영하는 공용의 데이터로 증복될 수 있는 데이터의 배제, 데이터 상호간의 연결, 비밀보호장치 유지 및 확장성과 융통성이 풍부하여 종합적인 효율의 향상이 가능하다. 따라서 가스산업시설의 데이터베이스는 위험성에 대한 과학적·체계적인 평가 및 종합적 안전관리시스템의 효율적인 운용에 필수적이며 지리정보시스템과 연계하여 network 구축에 활용될 수 있다.

본 연구에서 개발된 가스산업시설의 데이터베이스 시스템은 국내 가스산업시설에서 취급하는 화학물질의 물리적·화학적 특성과 장치들의 고장률 및 사고사례 데이터 등을 체계적으로 정리하였으며, 안전관리정보시스템의 기본 자료로 활용할 수 있도록 개발하였다. 개발된 "가스산업시설의 데이터베이스 시스템[7]"의 주요 구성요소는 크게 다음과 같이 세 개의 부분으로 구성되어 있다.

- 물질안전 데이터 베이스(50 여종의 화학물질 자료, Figure 2)
- 고장률/신뢰율 데이터 베이스(80 여종의 장

치 고장률 자료, Figure 3)

- 사고사례 데이터 베이스(500 여종의 국내 가스사고사례 자료, Fig. 4)

이러한 데이터 베이스 시스템은 독립적인 모듈(independence module)로 구성되어 있기 때문에 자료의 수정 및 보완이 매우 용이하도록 구성되어 있다. 또한 세련된 windows 포맷과 다양한 도움말 문서를 제공하고 있어서 사용자가 친숙하게 사용할 수 있도록 구성하였다.

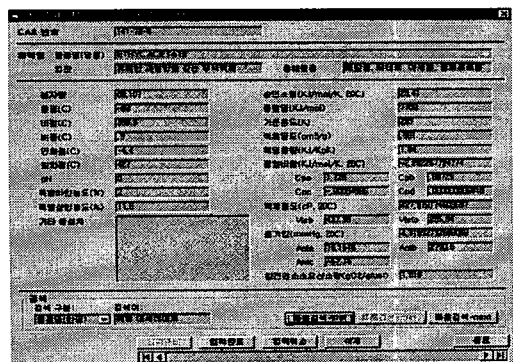


Fig. 2. Input form of physical data

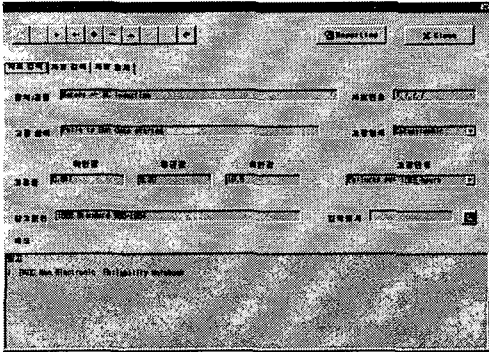


Fig. 3. Input form of failure data

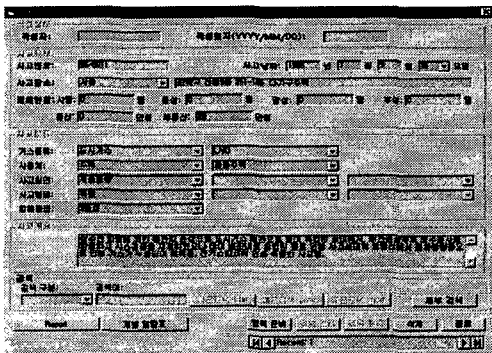


Fig. 4. Input form of accident analysis

#### 4. 안전관리정보시스템 구축 및 사례 적용

구축된 안전관리정보시스템은 현재 제도적으로 시행되고 있는 안전관리의 통합, 규격화 단계를 넘어 자료의 저장 및 검색이 가능한 전산 프로그램으로 설계되었다. 이는 업체의 플랜트 전반에 걸친 정보를 단위공정 별로 효율적으로 관리하여 필요시 검색할 수 있다. 또한 현재 시행중인 국내 규정에서 요구하는 구성요소에 대하여 항목별로 내용을 입력하여 저장할 수 있다.

안전관리정보시스템은 공식적인 문서형태 또는 규정한 문서형식에 따라 자료를 수집, 저장, 분류, 색인 및 발췌할 수 있도록 구성하였다. 또한 구축된 안전관리정보시스템을 검증하기 위하여 사례를 적용하였다. 적용사례는 전체 구축된 시스템을 입력시킨 예와 위험성평가 중 결과분석을 실행하는 내용으로 하였다.

구축된 안전관리정보시스템의 주요 기능은 다음과 같다.

- 모든 안전관련 자료를 저장할 수 있다. 즉, 안전관리정보시스템과 관련한 정보를 저장하고, 분류하는 기능으로 구성하였다. 이와 관련되는 정보에는 시스템 전반사항, 공정 안전정보, 물질안전자료(MSDS), 공정 위험성평가, 운전절차에 관한 정보 등이다.
- 안전 정보를 실제 사용자의 실정에 맞도록 구성하였다. 즉, 가스산업시설 내에서 정보를 색인하여 체계적으로 관리할 수 있도록 하였다.
- 안전관리 체계 이행에 필요한 데이터를 실질적으로 저장이 가능하고, 또한 서로 다른 여러 종류의 자료들을 검색할 수 있도록 하였다.

Fig. 5는 안전관리정보시스템의 초기화면(SMIS Ver 1.0)이며, SMIS의 주요 메뉴는 공정안전정보, 위험성평가, 운전절차, 비상조치계획의 4개부분으로 분류하였고 각 항목별 정보의 공유를 원활하게 지원할 수 있도록 하였다.

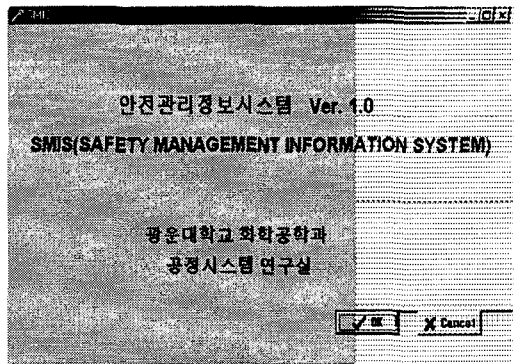


Fig. 5. Initial screen of SMIS

##### - 공정안전정보

공정에 관련된 정보는 가스산업시설내의 기술적인 측면에서 매우 중요한 부분이며, 위험화학물질 및 공정내의 장치들에 대한 자료들을 효과적으로 수집하고 관리할 수 있다. [SMIS] 풀다운 메뉴로부터 [공정안전정보]를 선택하면 메뉴에는 유해위험물질 사양, 동력기계 사양, 장치설비 사양, 배관 사양, 안전밸브 사양 및 방폭기계기구 사양이 나타난다. Fig. 6과 Fig. 7에는 장치설비사양과 안전밸브 사양의 입력화면을 보여주고 있다.

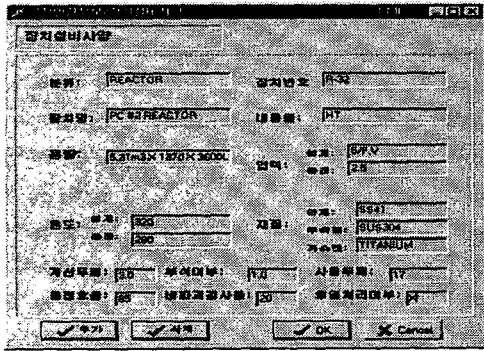


Fig. 6. Input form of equipment data

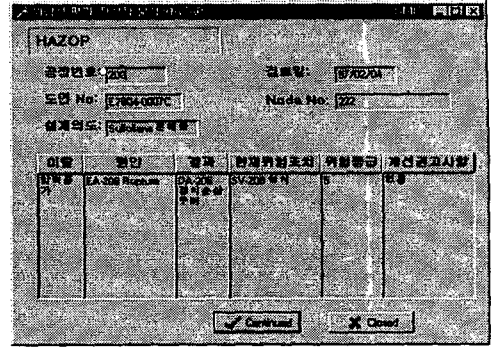


Fig. 8. Input form of HAZOP

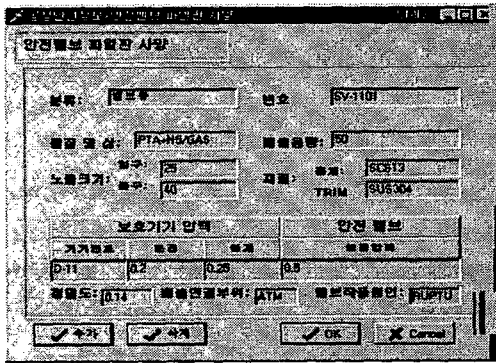


Fig. 7. Input form of Safety valve and rupture disc data

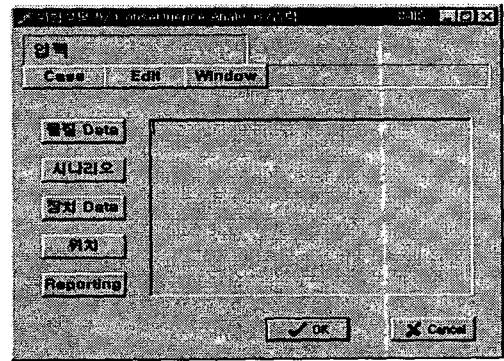


Fig. 9. Input form of consequence analysis

### - 위험성 평가

작업의 광범위한 영역을 평가하기 위해서는 각 위험성평가 기법의 범용성과 효용성을 고려하여야 한다. 본 연구에서는 정성·정량적 평가가 가능한 도구가 될 수 있도록 구성하였다. 정성적 분석에는 다양한 기법이 있으나 Fig. 8은 이 중 HAZOP을 수행하는 화면을 보인 것이다.

사고 및 위험에 대한 빈도 등을 계산하기 위한 분석기법으로는 대표적으로 FTA(Fault Tree Analysis), ETA(Event Tree Analysis) 등이 있다. 그러나 본 연구에서는 피해 범위 등을 평가할 수 있는 사고결과(consequence) 분석을 위주로 프로그램을 구성하였다. 사고결과 분석을 위해 물질에 대한 데이터들은 구축된 유해화학물질 데이터베이스의 자료를 클릭하여 입력이 되도록 하였다. 피해를 예측하기 위한 시나리오는 다양한 사례로 나누어진다. 즉 공정내의 장치와 장치별 형태, 공정상에서 다루어지는 물질의 상, 물질의 누출 형태 등 여러 유형을 예측하여

위험을 평가하는 것은 매우 복잡하다. Fig. 9는 사고결과 분석을 위한 입력 화면이다.

위험성평가에 대한 사례 적용은 산화에틸렌 공정에 대하여 결과분석 중심으로 실시하였다 [6]. 다양한 시나리오를 설정하여 분석을 하였으며, 적용한 결과 피해범위에 대한 산출이 가능했고, 정성적평가 프로그램과 연계가 가능하였다. 그러나 빈도분석에 대한 프로그램의 개발이 아직 미흡하기 때문에 빈도분석에 관한 프로그램이 개발된다면 위험을 예측하는 프로그램으로 이상적인 시스템이 되리라 판단된다.

### - 운전절차

운전절차와 관련된 정보는 [SMIS] 내의 운전절차에서 입력하도록 하였다. 운전절차의 실행 화면에는 6개의 관련 절차를 언급하였다. 그리고 동일하게 발생하는 운전절차 형태에 대해서는 운전절차를 참조 또는 축약 표현의 반복기능이 가능하도록 하였다. 또한 정보가 완료되면 즉시 저장할 수 있거나 [SMIS]외부에서 관리하

고 있는 정보를 참조할 수 있도록 하였다. Fig. 10에서는 운전절차중 시운전절차에 대한 입력 화면으로 여기에는 플랜트, 공정 및 장치에 관한 정보를 보여 주고 있다.

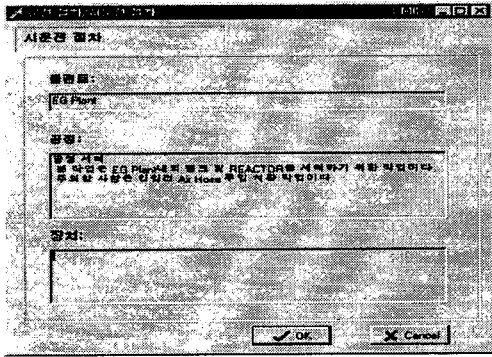


Fig. 10. Input form of startup operation

- 비상조치계획

안전관리정보시스템의 4번째 모듈인 비상조치계획은 [SMIS] 풀다운 메뉴에서[비상조치계획] 명령어를 실행시켜 검색하도록 하였다. 사업장의 비상조치계획과 관련된 화면은 우선 플랜트명과 비상절차 내용을 입력할 수 있는 비상절차서(Fig. 11), 비상 시나리오(Fig. 12) 및 비상조치체계를 작성, 수정할 수 있도록 구축하였다.

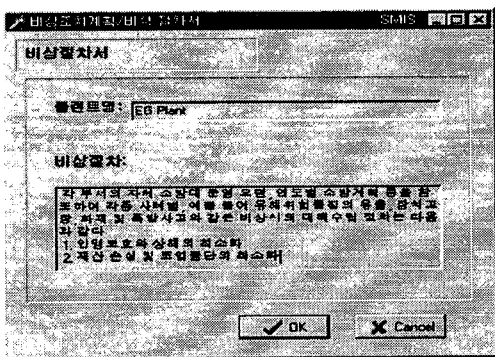


Fig. 11. Input form of emergency plant

5. 결론

선진국에서는 가스관련산업(장치산업 및 가스사업자)의 시설에 대한 공정안전관리가 이미 정착되어 산업정보로써 활용하고 있다. 본 연구에

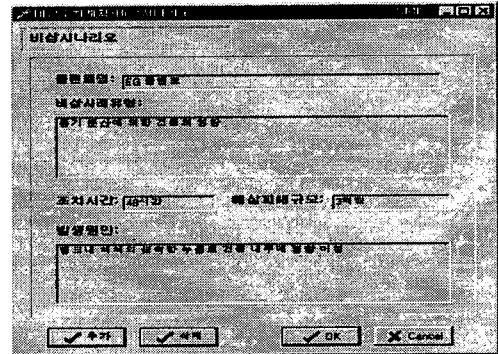


Fig. 12. Input form of emergency scenario

서는 사고 발생시 피해 범위가 매우 큰 시설인 가스산업시설을 대상으로 안전관리를 체계적으로 할 수 있는 정보시스템의 기반을 구축하고자, 주 시스템인 안전관리정보시스템과 자료의 지원을 위한 부 시스템인 데이터베이스를 개발하였다. 안전관리정보시스템은 안전기술에 대한 정보화를 위해 기술적인 요소를 크게 4가지 모듈로 구성하였고 요소 상호간에 연관되도록 하여 위험성을 평가하고, 안전운전지침이나 비상계획 수립에 반영될 수 있도록 하였으며, 데이터베이스는 3개의 모듈로 구축하였다.

구축한 시스템에 실 사례의 적용을 통하여 시스템의 효율성과 응용성을 검증하였으며 이를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 안전관리정보시스템에 실제 데이터의 입력 및 저장이 간소화되어 입력 및 시간 감소 효과를 확인하였다.
2. 물질, 장치 및 사고와 관련하여 구축한 데이터베이스는 자체적으로 뿐만 아니라 안전관리정보시스템의 기본자료로서의 활용성을 검증하였다.
3. 안전관리정보시스템 프로그램으로 사업장에 분산되어 있는 자료를 통합할 수 있어 체계적인 관리가 가능하였다.
4. 안전관리정보시스템의 항목별 연계가 원활하였고, 또한 항목별 특성에 따라 분석할 수 있는 기반을 제공하였다.

가스산업에서의 안전은 매우 방대한 분야이고 이러한 방대한 작업을 체계적으로 정착시키기 위한 자료의 취합이 매우 어려웠다. 또한 원형 타입으로 개발한 본 시스템은 아직 미흡한 점이 많다. 따라서 앞으로 기술적인 면에 치중한 요소들에 관리적인 측면의 요소들까지 확장시키는

연구가 진행된다면 완벽한 안전관리정보시스템으로써의 기능을 갖출 것으로 사료된다.

### 감 사

본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호:96-0602-01-01-3)지원과 포항공과대학교 공정산업의 지능자동화연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

### 참고문헌

1. AIChE/CCPS, "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis", New York, (1989).
2. AIChE/CCPS, "Guidelines for Process Equipment Reliability Data", New York, (1989).
3. AIChE/CCPS, "Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety", New York, (1992).
4. Dhillon, B.S. and Rayapati, S.N., "Chemical System Reliability : A Review", IEEE Transactions on Reliability, 37(2), (1988).
5. Ullman, J.D., "Principle of Database Systems", Second Ed, Computer Science Press, Rockville, Maryland, (1982).
6. 고재욱의 5인, "데이터베이스를 이용한 산업시설의 위험성평가시스템 구축에 관한 연구", 한국산업안전학회지, 13(1), 98, (1998).
7. 가스산업시설의 데이터베이스 구축, 한국가스안전공사, (1997).
8. 가스산업 실태 분석 및 발전방안, 한국가스안전공사, (1996).
9. 가스관계법령집, 한국가스안전공사, (1996).
10. 유해화학물질편람, 한국산업안전공단, (1996).
11. 가스사고연감, 한국가스안전공사, (1996).