

# 화학물질 사고관리를 위한 사고정보 코드화 방안에 관한 연구

최승준\* · 한규상\* · 조문식\*\* · 윤이\*\* · 윤인섭\*

\*서울대학교 화학생물공학부 · \*\*국립환경과학원 화학물질안전관리센터

## - An Study on Encoding of Accident Information for the Chemical Accident Tracking System -

Seung June Choi\* · Kyu Sang Han\* · Mun Sik Cho\*\* · Yi Yoon\*\* · En Sup Yoon\*

\*Seoul National University · \*\*National Institute of Environmental Research

### Abstract

The systematic information management of chemical accidents is required as a tool for the policy making, system improvement and release of information. However, there isn't yet a systematic chemical accidents tracking system in Korea, which make a confusion that the related statistics are different from each others.

In this research, we analyzed domestic and international chemical accidents data and made the chemical accident codes for the information tracking system properly.

Keywords : Chemical accident, Information management, Information codes

## 1. 서론

화학 산업 발전을 통해 인류는 풍요로운 삶을 누릴 수 있게 됐지만, 화학 산업 발전의 이면에는 인류의 생존을 위협하는 위험 요소도 도사리고 있다.

화학물질 중에는 인체나 환경에 대한 유해성으로 인해 우리의 생활환경을 근본적으로 위협하는 것들이 많다. 더욱이 국내 화학 산업의 영역이 확대되고 화학물질 사용량이 지속적으로 증가됨에 따라 유해화학물질에 의한 대형사고의 발생과 이들 물질이 환경 중에 누출될 위험성은 더욱 높아지고 있다.

또한 EU 및 UN등의 국제 협력기구에서는 이미 화학물질관리강화를 목적으로 체계적인 화학사고 관리를 실시하고 있다. 또한 미국, 일본 등도 EU와 유사한 화학물질사고 관리제도 도입을 추진하는 등 화학물질관리에 대한 국제적 관심과 대책이 강화되는 추세이다.

따라서 이러한 국제적인 환경규제 및 유해화학물질사

고관리의 흐름에 발맞추고, 효율적인 안전관리를 위해 기존의 사고를 바탕으로 한 체계화된 자료처리 방법과 범용성 있는 정보화 추진을 통해 정부, 기업, 지역주민 및 보험회사 등이 모두 공감할 수 있는 위험 평가 및 관리 도구를 개발함으로써 유해화학물질로 인한 재난을 예방하고, 대비기술의 축적을 통해서 발생 가능한 피해를 최소화하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 국내외 화학사고 관리 현황분석을 통해 화학물질 사고 정보관리에 필요한 화학사고의 분류인자를 정의하고, 정의된 사고정보의 분류인자에 따른 화학사고의 코드화방안을 연구하여 제시하고자 한다.

## 2. 국내외 화학사고 관리 현황

유럽과 미국, 일본 등 선진국에서는 각기 화학물질 사고관리 시스템을 마련하여 사고예방을 위한 정책수립, 제도개선, 정보공개 등의 도구로 활용하고 있다.

† 교신저자: 윤인섭, 서울시 관악구 신림9동 서울대학교 공과대학 화학생물공학부

M · P: 011-272-6497, E-mail: esyoon@pslab.snu.ac.kr

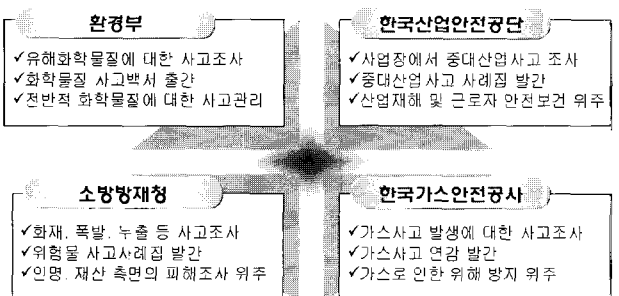
2008년 1월 접수; 2008년 2월 수정본 접수; 2008년 2월 게재확정

유럽의 경우, 유럽위원회(European Commission, EC)의 MARS(Major Accident Reporting System)를 통하여 유럽연합(EU)의 Seveso II 지침을 기초로 하여 유럽연합 및 OECD 국가들에서 일어나는 위험 물질 관련 사고에 관한 정보를 일관되게 수집하고, 통계 처리와 분석을 통해 회원국들에게 보고하도록 하고 있다. 이 시스템은 각 회원국들과 중앙 본부 사이에 최근의 정보 교환 및 분석 도구들을 이용하여 정보 네트워크를 구성하고 있으며, 이를 이용해 데이터를 기록하는 역할과 함께 다양한 수준의 데이터 분석을 제공하고 있다.

미국의 경우, NRC(National Reponse Center: 국가 재난 대응 센터)와 DOT(Department of Transportation: 교통부)에서 사고관리 시스템을 운영하고 있다. NRC에서는 웹기반의 유해화학물질사고보고시스템 및 통계자료 확인 프로그램을 운영하고 있다. DOT는 Hazardous Materials Incident Report System(위험물질 사고보고 시스템)을 통하여, 미국 교통부에서는 교통 시설과 관련하여 발생하는 유해 화학물질 사고에 대해 위해 물질 규정에 따라 보고하도록 하고 있다.

일본의 경우, 일본 산업기술 총합 연구소(AIST: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)와 일본 과학기술진흥사업단 (JST: Japan Science and Technology Corporation)에서 공동으로 RISCAD(Relational Information System for Chemical Accidents Database)라는 웹기반 사고데이터베이스 정보 검색 프로그램을 개발하여 운영 중이다.

반면, 국내에서는 노동부 산업안전공단, 산업자원부 가스안전공사, 소방방재청, 환경부 등 각 기관은 화학 사고에 대한 사고 이력관리를 수행, 화학물질 사고에 대한 사고이력관리를 하고 있다. 그러나 각 기관은 화학 사고에 대한 대상과 사고관점 및 사고유형이 상이하고, 그림 1.에서와 같이 각 기관의 특성에 맞는 사고조사와 통계자료 수집 및 가공을 수행하고 있다.



<그림 1> 유관기관의 사고관리 정보 현황

또한 화학물질사고에 대한 체계적인 관리가 전무한 실정으로 매년 관련분야 통계자료가 기관마다 상이하

여 혼선을 초래하고 있다.

따라서 국내 발생 화학사고의 원인, 현장 대응활동 및 교훈 등의 경험을 정보화하는 관리시스템을 개발하여 사고관련 정보를 공유함으로써 유사사고의 재발방지와 제도개선, 예방정책 수립에 필요한 기초 자료로 활용하는 것이 필요하며, 이런 관리시스템 개발을 위한 화학사고 코드화 방안과 같은 기초적인 연구가 요구된다.

### 3. 화학사고관리를 위한 화학사고의 코드화방안

#### 3.1. 화학사고의 분류인자 도출을 위한 관계법령분석

국내에는 위에서 밝힌 것과 같이 화학물질사고에 대한 체계적인 관리가 전무한 실정이며 매년 관련분야 통계자료가 기관마다 상이하여 혼선을 초래하고 있다.

특히, 화학물질사고는 발생유형, 장소, 물질이 다양하여 사고 정보관리에 어려움이 많으므로 사고관리와 관련된 기준을 표준화하여 DB확보에 신뢰성을 유지하는 것이 필요하다. 따라서 국내 발생 화학사고의 원인, 현장 대응활동 및 교훈 등의 경험을 정보화하는 사고관리시스템 위해 우선 유해물질 사고보고의 법적규정 및 체계를 중심으로 검토 화학 사고의 분류 인자를 도출하였다.

우리나라 화학물질 관련법은 유해화학물질관리법, 재난 및 안전관리 기본법, 산업안전보건법, 소방기본법, 고압가스안전법, 수질환경보전법 등이 있다. 이러한 관계법령들에서 규정하고 있는 사고보고서식 혹은 사고보고규정 및 사고대비, 대응 및 사고 후 관리체계를 분석하여 다음과 같은 항목을 도출해 내었다.

<표 1> 화학물질 사고 관계법령 사고보고 항목 비교

법령	사고 개요	피해	조치 현황	사고 관리	업소 조치	대책	기타
재난 및 안전관리기본법	○		○				○
유해화학물질관리법	○	○	○	○	○	○	○
산업안전보건법	○	○				○	
소방기본법	○	○	○				○
고압가스 안전관리법	○	○					
수질환경보전법	○	○	○	○	○	○	○

그 결과 위와 같은 ‘사고개요’, ‘피해상황’, ‘수습(조치) 현황’, ‘사고관리’, ‘사고발생 업소조치’, ‘재발 방지 대책’, ‘기타’ 등의 사고 분류 인자를 정의할 수 있었다.

### 3.2 국외 화학사고 관리 시스템 비교 분석

#### 3.2.1. MARS (Major Accident Reporting System): 중대사고 보고 시스템)

MARS는 유럽 중대사고위해사무국 공동연구센터에서 개발한 시스템으로 소프트웨어를 통한 사고정보 처리 시스템이다. 앞서 언급한 대로 MARS는 유럽연합(EU)의 Seveso II 지침을 기초로 하여 화학 물질 관련 사고에 관한 정보의 수집 및 통계 처리와 분석을 통해 회원국들에게 보고하는 시스템이다. 또한 정보 교환 및 분석 도구들을 이용하여 데이터를 기록하는 역할뿐 아니라 다양한 수준의 데이터 분석을 제공한다.

MARS 소프트웨어의 올바른 사용과 사고 보고에 있어서의 이해도, 일관성을 높이기 위해 가이드라인을 제공하고 있으며 그 내용과 특징은 다음과 같다.

##### ○ 보고 개요(Report Profile)

보고 개요는 사고가 발생한 사업장의 명칭과 주소, 사고 일시 등을 기록해 해당 사고에 관한 데이터를 차후에 식별하기 쉽도록 한다. 입력된 보고 개요에 대해서는 별도의 식별번호가 부여된다.

##### ○ 사고 개요 (요약 보고)

사고에 대한 요약 보고로서, 사고 발생 근시일 내에 사고에 관한 정보를 제공하기 위해 기본적인 정보를 기록하는 것이다. 여기에는 사고 형태, 관련 물질, 사고 원, 사고 원인, 사고결과, 비상조치, 사고 교훈에 관한 내용이 포함되며, 이 내용들은 사고의 개관이자 최초의 분석에 해당하기 때문에 명료하게 작성하면서도 사고의 중요한 요소들을 빠짐없이 기록할 것을 강조하고 있다. 따라서 각 항목마다 몇 가지 선택지에서 선택을 하되, 사고에 대해 자유롭게 기술하는 방식으로 보고한다. 요약 보고에 기록된 내용은 이후 정식 보고에서 심층적으로 분석하게 된다.

##### ○ 사고 분석 (전체 보고)

사고의 발생, 결과, 대응으로 나누어 사고에 관한 종합적이고 자세한 정보를 담는 부분이다. 사고에 관한 90% 이상의 정보가 여기에 포함되며, 그 정보가 분석을 위해 쓰이기 때문에 작성 시 일관성과 이해도를 중요시할 것을 강조하고 있다. 정식 보고에 해당하는 만큼, 사고에 관한 거의 모든 관련 사항을 빠짐없이 기록하도록 하고 있다.

요약 보고 및 전체 보고에 기록된 내용 가운데 사고

유형, 사고 업종, 사고 발생 활동 및 설비, 사고 발생 요소, 사고 원인 요인, 사고 피해, 피해 생태계 요소, 응급조치 등 7가지 대분류 하에 최고 4수준까지 세부 항목을 두어 4자리 숫자를 부여하며, 관련 화학물질에 관해서는 별도로 숫자를 부여하고 있다.

<표 2> MARS 사고분석 항목

단계	항목	세부 항목
사고 발생	사고 유형	주 사건, 시작 사건, 관련사건 등
	관련 물질	CAS 번호, 성상, 명칭, 양, 사용 목적 등
	사고원	산업, 활동, 설비 등
	기상상황	강수, 바람, 기온 등
	사고 원인	기술적, 물리적, 인적, 조직적 등
	논의	
사고 결과	영향 지역	영향 범위, 영향 설명 등
	인명 피해	사망, 중상, 부상, 위협 등
	생태계 위해	지형 유형 등
	국가유산 손실	유적지, 유물, 예술품 등
	재물 손실	액수로 표시
	사회 혼란	영향 지역, 중단 설비 등
	논의	
사고 대응	응급조치	취해짐/필요함 여부 등
	Seveso II 의무	
	공적 조치	법적 조치 등
	습득 교훈	사고 재발 방지, 피해 경감, 참고 항목 등
	논의	

#### 3.2.2. 일본 RISCAD (Relational Information System for Chemical Accidents Database)

일본 과학기술진흥사업단(JST)에서 데이터베이스 기반 사고검색 프로그램 개발을 위해 일본 산업기술 총합 연구소(AIST)와 공동으로 개발된 RISCAD는 일본 내외의 화학 사고를 기록하고 있다. 이 시스템은 화학 사고에 대한 세분화된 조건별 검색이 가능하고 결과에

대한 통계적 분석 기능 제공할 뿐만 아니라 각각의 사고와 관련된 부가정보와 Progress Flowchart 제공하고 있다. 다음은 RISCAD에서 다루는 사고정보의 분류 항목을 나열해 놓은 것이다.

<표 3> RISCAD 사고분류항목

사고 번호		
사고 발생 날짜		
키워드	국가	
	시도(일본)	
	최종사고유형	폭발, 화재, 누출, 기타
	사고발생분야	반응, 분리, 운송, 저장, 하역, 파이프라인, 수리 등
	사고시설	반응기, 제어장치, 저장탱크, 파이프, 열전달장치, 수송기기, 안전장비, 생산설비 등
	사고원인	인적원인, 조직, 재료, 장비, 외부적 요인, 미확인
	사고피해	환경, 생명, 물리적 피해, 기타피해
	산업분야	
인명 피해	사망	
	부상	
	중독	
사고 관계물질 정보	CAS 번호, Nikkaji 번호, 물질명	
폭발물질 정보	폭발물질의 종류	
사고 전파 정보	Progress Flowchart 제공	
부가 정보	사고에 대한 부가적인 정보 제공	
DSC 정보	열분석을 통한 Differential Scanning Calorimetry 정보제공	

### 3.3. 유해화학물질 사고정보의 코드화

앞서 언급했던 국내 관련법령 및 여타 화학사고 보고 시스템을 분석한 정보를 바탕으로 화학사고의 항목을 분류하고 코드화하는 방안을 연구하였다. 우선 전체적인 틀은 유럽의 MARS 코드 체계를 이용하였으며 내부항목들은 국내 적용가능한 사고관리 정보 및 항목 그리고 MARS, RISCAD, NRT 등의 유사 선행시스템

의 항목을 선정하여 추가하도록 하였다. 초기 벤치마킹 결과 드러난 가장 큰 문제점 두 가지는 ① 실제 사고 사례를 코드화할 때 하나의 대분류 하에서 하나의 항목만 선택하지 못하고 다중 선택이 필요한 경우가 발생하는데, 이를 처리하는 방법이 마련되지 못했고, ② 배치된 대분류의 순서가 사고 정보를 입력하거나 열람하는 사고(思考) 흐름과 맞지 않는 측면이 있었다. 따라서 이번 연구에서는 위의 문제점을 최소화하면서 유해화학물질 사고정보를 체계적으로 코드화 할 수 있는 시스템을 다음과 같이 제안하였다.

#### 3.3.1 화학사고 코드체계

우선 코드의 체계는 각 대분류가 ‘대분류+중분류+소분류’를 의미하도록 구성하며, 만약 한 번에 여러 종류의 사고가 발생하는 경우 이를 표시하기 위하여 ‘대분류 숫자 + 중분류 알파벳 + 소분류 숫자’의 코드 체계를 도입하였다. 이렇게 하면 다중 선택되는 항목이 있으면 계속해서 추가만 하면 알파벳과 숫자가 번갈아 나타나므로 의미의 혼동 없이 표기할 수 있으며, 시스템 설계의 측면에서도 충분히 가능한 것으로 나타났다.

예를 들면 사고 시설이 ‘가압 회분 반응기’와 ‘열교환기’, ‘밸브’인 경우는 사고 시설 현황 코드가 ‘1A1C1E3’이 된다.

또한 사고의 정보를 입력/조회하는 일반적인 사고(思考)의 흐름을 ‘사고 상황 → 사고 내용 → 피해 내용 → 대처 내용’으로 가정하여, 그에 적합하도록 다음과 같은 순서로 대분류의 순서를 조정하였다.

- ◇ 사고 상황 : ①업종 분류 / ②사고 시설 현황 / ③ 기상 정보
- ◇ 사고 내용 : ④사고 유형 / ⑤사고 원인 / ⑥사고시 활동 / ⑦관련 화학 물질
- ◇ 피해 내용 : ⑧피해 상황 / ⑨주변 지역 영향
- ◇ 대처 내용 : ⑩수습 상황 / ⑪사후 관리

마지막으로 ‘관련 화학 물질’을 물질의 특성에 따라 분류하는 방식은, 사고의 정보를 관리하는 입장에서는 큰 의미로 판단되어 해당 분류를 삭제하고 실제로 관련된 물질을 특정할 수 있도록 미국화학회에서 정한 CAS 번호를 이용하기로 하였다. 분류가 줄어들어 따라 코드 항목은 대분류 11개, 중분류 62개, 소분류 265개로 조정되었다. 단, 중분류와 소분류에는 ‘선택사항없음’ 또는 ‘입력사항없음’ 항목이 존재하므로 실제 가능한 분류의 수는 이보다 많다.

<표 4> 화학물질사고 코드표

대분류 (11)	중분류 (62+)	소분류(265+)		
1	A	농업	0	선택사항없음
		및	1	농업
		임업	2	임업
	B	어업	0	선택사항없음
			5	어업
	C	광업	0	선택사항없음
			10	석탄, 원유 및 우라늄 광업
			11	금속 광업
	D	제조업	12	비금속 광물 광업; 연료용 제외
			0	선택사항없음
			15	음·식료품 제조업
			16	담배 제조업
			17	섬유제품 제조업; 봉제의복 제외
			18	봉제의복 및 모피제품 제조업
			19	가죽, 가방 및 신발 제조업
			20	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외
			21	펄프, 종이 및 종이제품 제조업
			22	출판, 인쇄 및 기록매체 복제업
			23	코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업
			24	화합물 및 화학제품 제조업
			25	고무 및 플라스틱제품 제조업
			26	비금속광물제품 제조업
			27	제 1차 금속산업
			28	조립금속제품 제조업; 기계 및 가구 제외
			29	기계 및 장비 제조업
			30	컴퓨터 및 사무용 기기 제조업
			31	전기기계 및 전기변환장치 제조업
			32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 제조업
	33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업		
	34	자동차 및 트레일러 제조업		
	35	운송장비 제00업		
	36	가구 및 제품 제조업		
	37	재생용 가공원료 생산업		
	E	전기, 가스 및 수도사업	0	선택사항없음
			40	전기, 가스 및 증기업
			41	수도사업

F	건설업	0	선택사항없음
		45	종합 건설업
		46	전문직별 공사업
G	도매 및 소매업	0	선택사항없음
		50	자동차 판매 및 차량연료 소매업
		51	도매 및 상품 증개업
		52	소매업; 자동차 제외
H	숙박 및 음식점업	0	선택사항없음
		55	숙박 및 음식점업
I	운수업	0	선택사항없음
		60	육상 운송 및 페이퍼라인 운송업
		61	수상 운송업
		62	항공 운송업
		63	여행알선, 창고 및 운송관련 서비스업
J	통신업	0	선택사항없음
		64	통신업
K	금융 및 보험업	0	선택사항없음
		65	금융업
		66	보험 및 연금업
		67	금융 및 보험관련 서비스업
L	부동산 및 임대업	0	선택사항없음
		70	부동산업
		71	기계장비 및 소비용품 임대업
M	사업 서비스업	0	선택사항없음
		72	정보처리 및 컴퓨터 운영 관련업
		73	연구 및 개발업
		74	전문, 과학 및 기술 서비스업
		75	사업지원 서비스업
N	공공행정, 국방 및 사회보장행정	0	선택사항없음
		76	공공행정, 국방 및 사회보장 행정
O	교육 서비스업	0	선택사항없음
		80	교육 서비스업
P	보건 및 사회복지사업	0	선택사항없음
		85	보건업
Q	오락, 문화 및 운동관련 서비스업	86	사회복지사업
		0	선택사항없음
		87	영화, 방송 및 공연 산업
		88	오락, 문화 및 운동관련 산업

2	사고 시설 현황	R	공공 ·수 리 및 개 인 서 비 스 업	0	선택사항없음
				90	하수처리, 폐기물처리 및 청소관련 서비스업
				91	회원 단체
				92	수리업
			93	서비스업	
		S	가사 서 비 스 업	0	선택사항없음
				95	가사 서비스업
		T	국제 및 외 국 기 관	0	선택사항없음
				99	국제 및 외국기관
		X	선택 사 항 없 음	0	선택사항없음
		A	반 응 기	0	선택사항없음
				1	가압 회분 반응기
				2	상압 회분 반응기
				3	가압 연속 반응기
				4	상압 연속 반응기
B	용 기		0	선택사항없음	
			1	가압 용기	
			2	냉각 용기	
			3	보온 용기	
			4	일반 용기	
C	열 교 환 기		0	선택사항없음	
			1	열교환기	
			2	가열로	
			3	건조기	
D	분 리 / 처 리 기		0	선택사항없음	
		1	흡수/추출/흡착탑		
		2	중류탑		
		3	여과기		
		4	원심분리기		
		5	분쇄기		
E	배 관	0	선택사항없음		
		1	배관		
		2	연결		
F	운 송 장 치	0	선택사항없음		
		1	자동차		
		2	기차		
		3	선박		
G	안 전 설 비	0	선택사항없음		
		1	감압기		
		2	비상 정지기		
		3	충격 감쇄기		
		4	긴급 냉각기		
		5	진화 장비		
		6	누출/확산 방지기		
7	폭발 제어기				

3	사 고 유 형	H	기 타	0	선택사항없음	
				1	발전 설비	
				2	제어/계측 장치	
				3	연구실	
				4	장비 없음	
		X	선택 사 항 없 음	0	선택사항없음	
		A	화 재	0	선택사항없음	
				1	일반 화재	
				2	풀(Pool) 화재	
				3	분출 화재	
				4	플래시(Flash) 화재	
			5	화구		
			B	폭 발	0	선택사항없음
					1	중기운 폭발(VCE)
					2	비등 액체 팽창 폭발(BLEVE)
3	상전이 폭발					
4	폭주 반응					
5	폭발 분해					
6	분진 폭발					
7	분무 폭발					
8	압력 파열					
C	누 출	0	선택사항없음			
		1	대기 누출			
		2	지상 누출			
		3	하천 누출			
		4	해상 누출			
5	지하수 누출					
X	선택 사 항 없 음	0	선택사항없음			
4	사 고 원 인	A	설 비	0	선택사항없음	
				1	설비 고장	
				2	설비 불량	
				3	오작동	
				4	기능 저하/상실	
				5	부식/노쇠	
				6	제어 실패	
		7	제어기/계측기 고장			
		B	반 응	0	선택사항없음	
				1	이상 반응 / 상전이	
				2	분해	
				3	불순물 접촉	
				4	재료 불량	
		5	점화			
		C	외 부 요 인	0	선택사항없음	
1	자연재해					
2	운송사고					
3	도미노 효과					
4	유틸리티 중단					
5	테러/방화					
6	관리 체계 미흡					
7	관리 실수					
D	조 직	0	선택사항없음			
		1	훈련/교육 부족			
		2	계획/감독 부족			
		3	공정/장비 설계 부족			
		4	조사/점검 부족			
		5	유지/보수 부족			
		6	작업자 진화성 부족			
		7	작업자 진화성 부족			
8	작업자 진화성 부족					

5	사고 시 활동	E	인적 오류	0	선택사항없음
				1	운전자 실수
				2	운전 경험 미숙
				3	운전자 건강 상태
				4	정보 소통 미흡
				5	비상 대응 부적절
		F	자극 요인	0	선택사항없음
				1	충돌/충격
				2	마찰
				3	주변 화재 / 고온체 접근
				4	정전기 축적
		X	선택 사항 없음	0	선택사항없음
				0	선택사항없음
		A	공정	0	선택사항없음
				1	시동
				2	정상 운전
				3	정지
			B	저장	0
1	기체 저장				
2	액체 저장				
C	수송		0	선택사항없음	
			1	자동차	
			2	철도	
			3	선박	
			4	항공	
D	유지 보수	0	선택사항없음		
		1	점검		
		2	청소/세척		
		3	정비		
E	폐기	0	선택사항없음		
		1	소각		
		2	중간 처리		
		3	매립		
		4	배출		
F	연구	0	선택사항없음		
		1	전처리		
		2	조사/분석		
		3	실험		
		4	자원화		
G	기타	0	선택사항없음		
		1	포장		
		2	판매		
X	선택 사항 없음	0	선택사항없음		
		0	선택사항없음		
6	피해 상황	A	인명 사망 /실 종	0	입력사항없음
				1	1명 이상 5명 미만
				2	5명 이상 10명 미만
				3	10명이상

7	주변 지역 영향	B	인명 부상	0	입력사항없음
				1	1명 이상 5명 미만
				2	5명 이상 10명 미만
				3	10명 이상 20명 미만
				4	20명 이상
				0	입력사항없음
		C	재산 피해	1	1억 원 미만
				2	1억 원 5억 원 미만
				3	5억 원 10억 원 미만
				4	10억 원
				0	선택사항없음
				1	대도시
A	내륙	2	중소도시		
		3	전원		
		4	공원/공유지		
		5	초원/황무지		
		6	경작지		
		7	삼림		
B	담수	8	산지		
		9	습지		
		0	선택사항없음		
		1	하천		
C	해안 /해 양	2	호수		
		3	저수지		
		4	지하수		
		0	선택사항없음		
		1	간석지		
		2	해안		
X	선택 사항 없음	3	강여귀		
		4	근해		
		5	원양		
		6	해저		
8	수습 상황	A	피해 제거 차단	0	선택사항없음
				1	방제 장비
				2	소방 인력 투입
				3	개인 장비 사용
		B	인명 보호	4	격납
				0	선택사항없음
		C	대피	1	구급/구조
				2	군중 통제
				0	선택사항없음
		D	기타	1	타 지역 이동
				2	대피시설 이용
		X	선택 사항 없음	3	격리
0	선택사항없음				
9	사후 관리	A	인명 보호	1	교통 통제
				2	없음
				0	선택사항없음
		B	환경 복원	1	대응 물질 살포
				2	오염지 정화
				3	환경 감시

10	기상 정보	C	기타	0	선택사항없음	
				1	현장 정리	
				2	경찰/군 중재	
				3	정부기관 개입	
		X	선택 사항 없음	0	선택사항없음	
				4	시민 단체 개입	
		A	날씨	0	선택사항없음	
				1	맑음	
				2	갸름	
				3	흐림	
				4	비	
				5	눈	
				6	우박	
				7	태풍	
			B	기온	0	선택사항없음
					1	-10℃ 미만
					2	-10℃ ~ 0℃
					3	0℃ ~ 10℃
					4	10℃ ~ 20℃
		C	강수량	0	선택사항없음	
1	1mm 미만					
2	5mm 미만					
3	20mm 미만					
4	80mm 미만					
5	150mm 미만(주의보)					
D	풍향	0	선택사항없음			
		1	동풍			
		2	서풍			
		3	남풍			
		4	북풍			
		5	남동풍			
		6	남서풍			
		7	북동풍			
E	풍속	0	선택사항없음			
		1	1m/s 이하			
		2	2~4m/s			
		3	5~8m/s			
		4	9~12m/s			
		5	13~17m/s			
11	화학 물질	CAS No.	(XXXX-YY-Z)			

### 3.3.2. 화학사고 코드 설명

다음에서는 위의 코드의 항목들을 선정하게 된 근거를 주로 설명하였으며, 필요한 경우 실제 데이터베이스에 입력하는 과정에 관한 설명을 추가했다.

#### (1) 코드1 : 업종분류

업종 분류는 MARS, RISCAD 등의 시스템을 비교한

결과 대체로 사고 관련 업종의 유형, 성격 등을 기준으로 분류하고 있었다. 그런데 현재 국내에서는 산업의 형태 분류에 관해 “한국표준산업분류”가 시행중인 관계로, 이를 도입해 사고 관련 업종을 분류할 수 있도록 하였다. 20개 대분류 하에 통계적 목적을 기초로 하여 분류된 산업군들이 있으며, 코드분류에 이용하는 분류 수준은, 다른 대분류 항목과의 통일성을 고려해 중분류까지로 한정했다. 각 분류에는 다른 대분류 항목과 마찬가지로 ‘선택사항없음’ 항목을 두어 실제 표준산업분류 표와는 다소 다르게 보일 수 있다.

#### (2) 코드2 : 사고 시설 현황

사고가 발생한 시설, 장비 등을 표현하는 코드로서, MARS와 RISCAD를 집중적으로 벤치마킹하였다. 특히 전체 사고 시설을 10개의 종류로 분류한 MARS에 비해 8개의 대분류와 36개의 소분류로 분류된 RISCAD의 사고시설 분류가 더 논리적이고 세부적으로 분류가 되어 있어 이를 좀 더 참고하였다. 또한 국내 실정을 감안해 ‘중대산업사고조사지침’과 관련 법령에 사용된 용어를 주로 따랐다. 7개 시설과 기타 시설 및 선택사항없음 항목을 두었다.

#### (3) 코드3 : 사고 유형

어떤 사고가 발생한 것인지 표현하는 코드로, 3대 화학 사고에 해당하는 화재, 폭발, (독성물질)누출로 구분하였다. 이들 3대 사고는 이전부터 널리 통용되었던 분류이기도 하며, 앞서 수행한 통계조사 결과 실제로 그러한 사고가 대부분을 차지하여 그대로 적용하였으며, 세부적인 사고 항목은 벤치마킹한 시스템과 관련 법령의 분류를 토대로 하였다.

#### (4) 코드4 : 사고 원인

사고가 발생하게 된 원인을 6가지 큰 분류로 나누어 표현하도록 하였다. 세부적인 사항은 MARS와 RISCAD의 항목을 주로 참고하였으며 ‘중대산업사고조사지침’의 항목 또한 주요 참고 대상이었다. 크게는 인적 요인과 기술적 요인으로 나눌 수 있으며, 좀 더 세부적으로 6가지 중분류를 두었다.

#### (5) 코드5 : 사고 시 활동

많은 사고 기록을 검토하고 관련 법령 및 선행 시스템을 분석한 결과 사고의 원인이나 관련 시설 못지않게 사고 발생시에 이루어지고 있던 공정 활동 또한 중요한 영향을 미치는 판단되었다. 따라서 7개 분류 및 기타 항목으로 표현할 수 있도록 했으며, 산업 활동 뿐만 아니라 연구 활동에서 발생하는 사고를 포함할 수



있도록 '연구'분류를 포함했다.

#### (6) 코드6 : 피해 상황

사고로 입은 피해를 인명 피해(사망/실종과 부상)와 재산 피해로 나누어 표현할 수 있도록 한 코드이다. 다른 대분류와는 다르게 조사를 통해 구체적인 수치가 나오는 부분인데, 이를 위해 항목 중 선택이 아니라 수치를 입력하면 미리 마련된 등급 기준에 따라 분류되도록 하는 방식을 택했다. 등급의 인명 및 피해액 기준은 '가스사고 조사 보고 규정'의 제4장 제9조를 참조하였다. 실제 수치를 이용하지 않는 이유는, 다른 대분류 코드와의 통일성 부분도 있으나, 그보다는 사고의 코드화가 갖는 의미를 고려해서이다. 즉, 코드화 및 데이터베이스화를 통해 해당 사고가 어떤 사고인지 판단할 수 있도록 하는 역할을 먼저 할 수 있도록 등급화 했으며, 실제 수치 역시 텍스트 형태로 별도로 저장되도록 하여 구체적 수치를 원하는 사용자에게는 그대로 제공할 수 있도록 한다.

#### (7) 코드7 : 주변 지역 영향

사고가 일어난 지형이나 사고의 피해가 미치는 범위를 표현하는 코드이다. 국내 상황에 무리 없이 적용 가능하고, 충분히 구체적인 분류를 이용하고 있는 이유 등으로 MARS의 분류 체계를 주로 차용했다. 단 일부 항목에 대해서는 조정을 거쳐 좀 더 논리적인 체계를 이룰 수 있도록 했다.

#### (8) 코드8 : 수습 상황

사고의 피해를 회복하기 위해 사고 즉시 또는 근시일 내에 취해진 조치를 표현하는 것으로, MARS, RISCAD의 항목을 벤치마킹 하였다. 사후 관리와 구분하도록 하였기 때문에 일부 항목이 유사한 경우가 있다.

#### (9) 코드9 : 사후 관리

사고 발생 이후 장기간이 지나 이루어지는 관리 내용을 표현한다. 장기에 걸쳐 이루어지거나, 조치의 적용이 사고 발생 시점과 차이가 많이 나는 경우에 해당한다.

#### (10) 코드10 : 기상 정보

사고가 발생하던 당시의 기상 상황을 기록할 수 있도록 했다. 기상 상황은 사고의 외부적 요인으로 작용할 수 있기 때문에 포함하였다. 분류 항목은 기상청에서 예보하는 주요 항목을 모두 포함할 수 있도록 하였으며, 각 항목은 '피해 상황'과 마찬가지로 실제 수치를 입력하면 등급을 매겨 코드화되고 텍스트 정보 역시 저장되도록 한다. 실제 수치의 입력은 '피해 상황'의 경우와 마찬가지로 사고의 코드화 입장에서는 크게 의미

가 없다고 판단된다.

#### (11) 코드11 : 관련 화학 물질

화학물질을 분류하기 위해 가장 널리 쓰이는 CAS 번호를 이용한다. CAS 번호는 XXXX-YY-Z와 같은 형태의 숫자 배열로 이루어져 있으며, 각 자리 수는 고정된 것이 아니라 더 줄어들 수도 있다.

#### (12) 최종 코드

위 11개 대분류에 사고 발생 일자와 사고발생지의 지역코드를 포함해 최종 코드를 생성하게 된다. 예시로써 다음과 같은 코드를 볼 수 있다.

```
080321_151-744_1A2_2B7_3A5_4E7F3_5A3_
6A0B1C2_7C2_8C0_9A1_10A1B2COD3E2_67-64-1
```

정리하면, "(사고발생일자)\_(사고지역코드)\_(업종분류)\_(사고시설현황)\_(사고유형)\_(사고원인)\_(사고시활동)\_(피해상황)\_(주변지역영향)\_(수습상황)\_(사후관리)\_(기상정보)\_(관련화학물질)" 형태의 코드이다. 여기서 앞의 두 가지는 위에서 설명되지 않았는데, 분류 등이 없이 단순히 정보를 입력하는 부분이기 때문에 '대분류'로 두지 않았다.

사고 발생 일자는 최종 사고가 발생한 일자를 'YYMMDD' 형태로 입력하면 코드가 매겨지며, 사고 지역 코드는 우편번호를 입력하도록 했다. 우편번호는 현재 국내 모든 지역에 할당된 코드로 가장 적용 가능성이 높기 때문에 채택했다.

## 4. 결론 및 제언

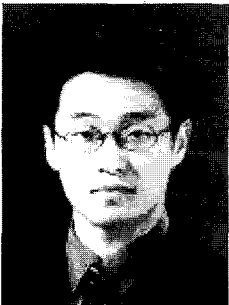
선진국의 사례에서 볼 수 있는 것처럼 화학물질사고에 대한 올바른 정책수립 및 제도개선을 위한 화학물질사고의 체계적인 관리가 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 국내 발생 화학사고의 원인, 현장 대응활동 및 교훈 등의 경험을 정보화하는 사고관리시스템을 개발하기 위한 화학사고정보의 코드화 방안에 대하여 제시하였다. 본 연구에서 제안된 코드는 세분화된 각 코드를 이용하여 화학물질사고를 보다 체계적으로 구분, 분류할 수 있도록 하였으며, 이를 통하여 체계적인 화학물질사고의 데이터베이스 구축 및 이를 통한 여러 통계, 분석이 가능할 것으로 기대된다. 또한 제안된 코드는 선행 시스템과 관련 법령 등을 충분히 분석하고, 논리성, 통일성을 유지할 수 있도록 여러 번의 수정을 거친 완성된 체계이나, 실제 사고 사례에 적용하는 데에 있어서는 개선사항이 드러날 수도 있다. 따라서 실제 적용 전에 과거사고 사례를 이용해 코드를 부여해 보는 과정을 거치는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

## 5. 참고 문헌

- [1] 국길현, “화학공장의 사고현황과 예방을 위한 대책 고찰”, 전남대 산업대학원 석사논문, 1999.
- [2] 권혁면, “화학공장 사고예방을 위한 아차사고 분석 및 사고유발요인 관리에 관한 연구”, 연세대 산업대학원 석사논문, 1999.
- [3] 김창섭, “재난에 대비한 화학물질 사고처리체계에 관한 연구 : 소방의 화학물질 사고대응능력 향상방안”, 경희대 경영대학원 석사논문, 2002.
- [4] 노희원, “국내 화학산업에서 Risk management 도입에 관한 연구”, 인제대 대학원 석사논문, 2001.
- [5] 오영석, 김구희, 윤인섭, “가스안전실태분석 및 발전방안 연구”, 화학공학의 이론과 응용, 2(1), 549-552, 1996.
- [6] 정상태, “유해화학물질 사고대응현황 및 제도적 개선방향”, 화학물질정보, 12(2), 6-14, 2002.
- [7] Kirchsteiger, C. EC DG-JRC, MAHB, “MAJOR ACCIDENT REPORTING SYSTEM (MARS), Technical Guideline on Reporting, 2001.
- [8] Hamazaki, Y., Relational Information System for Chemical Accidents Database (RISCAD), AIST Today, 14, 2004.

## 저자 소개

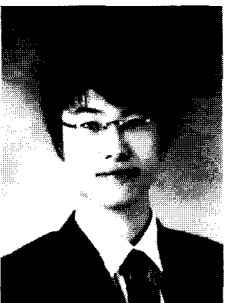
### 최 승 준



서울대학교에서 학사 학위를 취득하였고, 현재는 동대학원 화학생물공학부 석박사통합과정으로 재학중이며, 관심분야는 공정시스템 및 안전 분야이다.

주소: 서울시 관악구 신림9동 서울대학교 공과대학 화학생물공학부

### 한 규 상



서울대학교 공과대학 화학생물공학부에서 학사학위를 취득하였다. 현재 동대학원 공정 시스템 및 안전 연구실에서 석사과정에 재학 중이다.

주소: 서울시 관악구 신림9동 서울대학교 공과대학 화학생물공학부

### 윤 이



영남대학교와 한양대학교에서 학사, 석사학위를 취득하였으며, 육군 화학장교를 거쳐 현재 국립환경과학원 화학물질안전관리센터에서 책임전문위원으로 재직 중이며 화학사고, 테러 예방 및 대응 관련 업무를 총괄하고 있다

주소: 인천 서구 경서동 종합환경연구단지 국립환경과학원 화학물질안전관리센터

### 조 문 식



수원대학교에서 학사, 석사 학위를 취득하였으며, 국립환경과학원 자원순환과, 배출시설연구과를 거쳐 현재는 화학물질안전관리센터에서 전문위원으로 재직 중이며 화학물질 사고 관련 업무를 담당하고 있다.

주소: 인천 서구 경서동 종합환경연구단지 국립환경과학원 화학물질안전관리센터

### 윤 인 섭



서울대학교에서 학사학위를 미국 MIT에서 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 화학생물공학부 교수 및 서울대학교 안전 및 방재연구 센터장을 역임하고 있다. 국내외 공정시스템 및 안전, 환경 등의 다양한 분야의 학술 활동 및 정부 및 민간 정책 자문 등의 활동에 참여하고 있다.

주소: 서울시 관악구 신림9동 서울대학교 공과대학 화학생물공학부