

안전보건경영시스템 구축을 위한 위험성평가모델에 대한 연구 - 화학물질 사용조직을 중심으로 -

조 경 석* · 이 창 호*
*인하대학교 산업경영공학과

A Study on Risk Assessment Model for Occupational Health and Safety Management System

- Focused on Organization Using Chemical Material -

Kyeong-Seok, Cho* · Chang-ho Lee*

*Department of Industrial Engineering, INHA University

Abstract

The occupational health and safety accidents were continuously increased during handling, usage and manufacturing the chemical materials according to increase of small and medium sized enterprises in domestic industries. These accidents mainly resulted from insufficient occupational health and safety management and deteriorative facilities and focused on corresponding operation to minimize the damage of accidents after occurrence.

But, it was required that we grasped the occurrence causes of occupational health and safety risk in handling, usage and manufacturing the chemical materials and develop the adequate corresponding operation and system according to the possible occurrence of occupational health and safety risk.

This study deals with the development of risk assessment model to derive the risk and important risk of occupational health and safety and then help to construct the self-controlled occupational health and safety system for small and medium sized enterprises handling the chemical materials.

Key words : Risk Assessment, Chemical Substance, Occupational Health and Safety

1. 서 론

현재 전 세계적으로 유통되고 있는 화학물질 수는 10만 여종이며, 매년 2천 여종의 새로운 화학물질이 개발 및 상품화되고 있다. 국내의 경우 화학산업은 제조업의 14%(약 88조원)을 차지하고, 4만종 이상의 화학물질이 유통되고 있으며, 매년 400여 종 이상의 새로이 국내시장에 진입하고 있다. 국내에서는 화학물질에 대하

여 유독물 및 사고대비물질(700여종), 유해·위험물질(700여종), 에너지 및 고압가스(50여종), 위험물(3,000여종) 등으로 구분하고 이를 위험물질로 통칭하여 사전관리하고 있다. 국내 산업현장에서 화학물질을 취급하는 중소기업이 증가함에 따라 화학물질의 취급, 사용 및 제조과정에서 화학물질 관련 안전보건환경사고는 꾸준히 늘어나고 있는 추세이며, 화학물질 사고는 전국 어디서나 일어날 가능성이 있다.

† Corresponding Author : Chang-Ho Lee, Industrial Engineering, INHA UNIVERSITY,
100, inha-ro, Nam-gu, Incheon, M·P : 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

Received October 20, 2014; Revision Received December 2, 2014; Accepted December 3, 2014.

화학물질 관련 사고의 유형은 화재, 폭발, 누출로 구분되는데, 2000년부터 2011년까지 국내에서는 약447건의 화학물질 관련 사고가 일어났고, 화재사고가 총 182건, 폭발사고가 90건, 누출사고가 175건이 집계되었다. 이 중 누출사고는 화재나 폭발과는 달리 운송과정에서 일어난 사고가 73건으로 가장 많았으며, 탱크에 저장된 상태에서 배관을 통해 이동하기 때문에 이 부분의 누출사고에 상대적으로 취약하다[10].

화재나 폭발은 사고자체의 강력함으로 인해 인명과 재산피해의 규모는 클 수 있지만, 2차적인 환경오염에 대한 우려는 상대적으로 적다. 반면에 2012년 발생한 구미 불산 누출사고와 같은 사례처럼 누출사고는 가장 다양한 발생원을 가지고 있으며, 누출과정에서 나온 화학물질이 확산되면 주변 환경에 미치는 영향이 화재나 폭발에 비해 훨씬 커질 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이에 정부는 국무조정실 및 관계 부처 간 합동으로 유해화학물질사업장의 전수조사를 통해 현장의 시설 및 관리실태, 현장의 목소리를 반영한 ‘화학물질 안전관리 종합대책’을 발표(‘13.7.5.)하였으며, 노후·시설 점검 및 개선자금 지원, 전문장비 기술개발 등 제도변화에 적응하기 어려운 중소기업체에 대한 정부지원 추진하고 있다. 또한 화학사고 대응과정, 화학테러 대응과정 등 교육·훈련을 강화하고 있으며, 화학사고 대응정보시스템(CARIS)을 활용하여 다양한 물질과 사고유형에 대한 유관기관 합동 모의훈련을 계획·실시하고 있다. 하지만, 기업의 자발적인 참여를 유도하고 근본적인 예방을 위해 화학물질의 취급, 사용 및 제조 등의 활동이 이루어지는 사업장의 ‘안전보건’에 대한 위험성과 중대위험을 도출할 수 있는 위험성 평가 모델의 개발과 보급이 필요하며, 이를 통한 안전보건경영시스템에 대한 구축이 필요하다. 사업장의 화학물질 관련 안전보건리스크 발생 요인에 대한 정확한 평가가 이루어질 경우 단계 전체에 걸쳐, 발생 가능한 안전보건리스크에 적절한 대비 및 대응책을 수립할 수 있다. 따라서 이번 논문에서는 화학물질 사용조직에 적합한 위험성평가 모델 개발을 위한 연구를 진행하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 화학물질관리체계

현재 국내의 화학물질 관련 환경, 제조 및 보건안전과 관련한 법규 및 제도는 환경부, 산업통상자원부 및 고용노동부 등의 정부부처가 주관하고 있으며, 부처별 관련 법규 및 제도는 <Table 1>과 같다[8].

<Table 1> The main laws and regulations related to chemicals

주관부처	법규 및 제도
환경부	유해화학물질관리법
산업통상자원부	화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조수출입규제 등에 관한 법률
환경부	화학물질관리법
환경부	화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률
고용노동부	산업안전보건법

또한, EU의 REACH(Registration, Evaluation, Authorization and restriction of Chemicals), 미국의 TSCA(Toxic Substance Control Act), 일본의 화심법, 중국의 신규화학물질환경관리제도 등의 국외 화학물질 관리 법규 및 제도들이 국제적으로 화학물질관리가 날로 강화되고 있는 추세이다.

2.2 안전보건경영시스템

안전보건경영시스템이란 “최고경영자가 자사의 경영방침에 안전보건 방침을 선언하고, 이에 대한 계획을 수립하고(Plan), 실행 및 운영하고(Do), 점검 및 시정 조치한 후(Check), 그 결과를 최고경영자가 검토하여 지속적인 개선(Action)을 하는 체계적인 활동을 말한다. 국내·외 대표적인 안전보건경영시스템은 <Table 2>와 같다[7].

<Table 2> Domestic and International OH&S Management System

국가	구성 및 내용	비고
미국	VPP (1982) -경영층 관심, 지원 -안전보건프로그램 -위험요인 분석, 평가 -안전보건교육훈련 -근로자의 참여 -노,사합의 사항	-OSHA자체 개발 -안전보건경영시스템과는 약간의 차이로 index에 가까움 -인증과 법적인 인센티브 부여
	OHSMS (1996) -경영시스템 -준수/적합성 검토 -위험요소 확인 -공정관리 -시정 및 예방조치 -운영 및 유지관리	-AIHA자체 개발 -미국의 사회여건에 따라 안전보건관련 협회 차원에서 개발된 지침

<Table 2> 계속

영국	HS(G) 65 (1991)	-방침 -조직 -계획 -성과측정 -검사와 성과검토	-최초의 안전보건경영시스템 규격 -HSE(안전관련 통합 정부기관)에서 제정 -사업장에 자율적으로 제공한 지침
	BS 8800 (1996)	-적용범위 -OH&S 요소 -ISO 9001과의 연계 -위험성평가 -성과측정	-HS(G) 65, ISO14001참조로 개발 -기업에서 원할 경우 평가업무 수행
일본	OHSMS (1996)	-안전위생방침 표명 -위험, 유해요인 측정 -안전위생목표 설정 -노동자 의견 반영 -일상점검, 개선 -시스템 재검토	-자체 모델로 개발 -일본 노동성 관계 기관인 중앙노동재해 방지협회에서 제정 -평가 업무 수행
한국	KOSHA 18001 (1999)	-안전보건 수준과 악 -정책수립, 목표설정 -계획수립 -이행 및 운영	-BS 8800을 참조하여 자체 개발 -노동부 산하 산업안전공단에서 제정한 규격 -인정/인증 업무를 동시에 수행
기관	OHSAS 18001 (1999)	-일반요구사항 -안전보건방침 -기획 -실행 및 운영 -점검, 경영검토	-ISO9001/14001을 기초로 개발 -다국적 인증기관들의 인증을 위한 규격

2.3 위험성평가모델

위험성평가란 사업주가 사업자의 유해위험요인을 파악하고 해당 유해위험요인에 의한 부상 또는 질병의 발생가능성(빈도)과 중대성(강도)을 추정, 결정하고 감소대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정으로 위험성평가에 사용하는 기법은 다양하다. 위험성 평가는 크게 정성적 평가와 정량적 평가로 구분 할 수 있으며, 두 가지를 혼합하여 사용하기도 한다. 대표적인 위험성평가모델은 <Table 3>과 같다[5].

<Table 3> Risk assessment model

NO	평가모델
1	체크리스트 평가 (Check list)
2	사고예상 질문분석 (What-If 분석)
3	상대위험순위(Dow and mond indices)
4	위험과 운전분석 (Hazard & operability studies: HAZOP)
5	이상과 위험도분석 (Failure modes effects & criticality analysis: FMECA)
6	결함수 분석(Fault tree analysis: FTA)
7	사건수분석 (Event tree analysis: ETA)
8	원인-결과분석 (Cause-consequence analysis: CCA)
9	4M 기법 (4M-Risk Assessment)
10	화학물질 위험성평가기법 (Chemical Hazard Risk Management: CHARM)

또한, 선진 외국의 위험성평가제도 도입현황은 <Table 4>와 같다[15].

<Table 4> Foreign risk assessment system

구분	내용
EU-O SHA (유럽)	'89년에 산업안전보건관리 기본지침(The Framework Directive 89/331/EEC)을 제정 (EU 회원국은 자국의 사정에 맞게 국내법을 제정하고 위험성평가 정책을 추진)
영국	'92년에 EU 기본지침에 따라 The Management of Health and Safety at Work Regulation을 제정, 본격 도입
독일	'96년에 EU 기본지침에 부합되도록 「사업장 근로자안전보건보호법(ArbSchG)」을 제정 (지도·감독의 중심을 사업장 내부의 위험성평가 실시 여부로 변경)
미국	위험성평가에 대한 의무규정은 없는 반면, 위험성평가를 기반으로 하는 자율안전보건 관리체계를 구축하도록 감독 규제
호주	'00년 산업안전보건법에 도입하고, '01년 시행령에 사업주 의무를 부과(위험성평가 및 개선토록하고 5년에 한번 이상 재평가 의무화)
일본	'06년에 노동안전위생법을 개정하여 위험성평가 노력의무를 규정(위험성평가 등에 관한 지침을 정하여 운영)

2.4 유사 연구

화학물질 및 화학물질을 사용조직의 위험성평가 기법에 관한 국내 연구는 미비한 실정으로 선행 및 유사 연구를 살펴보면 <Table 5>와 같다[4] [5] [9].

<Table 5> Similar researches

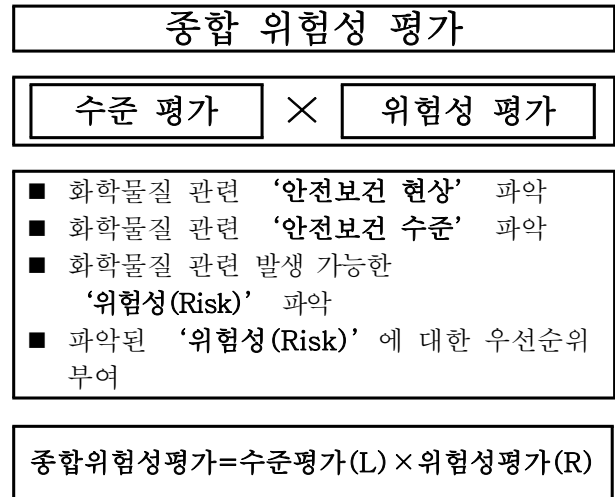
제목	내용
「위험성평가 해설지침서, 한국산업안전보건공단 (2014)	-사업장 스스로 위험성을 평가할 수 있도록 위험성평가 절차 및 방법 등을 참고용으로 제시한 자료. -이 연구에서는 위험성평가 방법, 절차, 위험성 추정, 위험성 결정 및 위험감소 대책 수립 및 실행 등을 정리 수록하고 있음.
「화학물질의 위험성평가 기법 조사를 위한 연구」, 안전보건공단 (2013)	-화학물질의 위험성평가에 관한 법령, 제도, 규정, 지침, 가이드라인, 사례 등을 정리하여 수록하고 있으며, 국외 유해물질관리 체계 및 위험성평가에 대한 내용을 상세히 수록하고 있음.
「화학물질 안전보건환경 진단가이드라인 개발」(재)한국품질재단(2014)	-국내·외 화학물질 관련 제도 사례 및 지침 분석, 국내·외 화학물질 관련 제도 사례 및 지침 분석, 화학물질 안전보건환경 진단 가이드라인(안)개발, 화학물질 안전보건환경수준진단 체크리스트, 화학물질 안전보건환경 진단가이드라인의 시범적용 등을 정리, 분석하여 수록하고 있음.

3. 위험성평가 모델 개발

3.1 일반 사항

화학물질 사용조직의 안전보건에 대한 종합위험성평가는 취급하는 화학물질의 종류와 양, 그리고 화학물질을 취급하는 프로세스에 의하여 위험성평가를 실시한다. 화학물질 사용조직의 안전보건 종합 위험성평가는 <Table 6>과 같이 화학물질의 일반적인 관리현황을 파악하기 위한 ‘수준 평가’ 및 ‘위험성 평가’의 2 단계로 구성된다.

<Table 6> Risk assessment for health and safety management system



또한, 각 프로세스 별 종합위험성평가에 대한 등급은 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Composite risk assessment score

종합위험성 점수	위험성 등급	해설
242점 이상	E	즉시 개선조치 필요
183점 이상 ~ 242점미만	D	개선 계획 수립 및 계획에 따라 반드시 개선조치 필요
124점 이상 ~ 183점미만	C	향후 개선 계획 수립 및 계획에 따라 조치 필요
65점 이상 ~ 124점미만	B	상황에 따라 개선조치 실시 필요
65점 이하	A	현재는 개선조치 필요 없으나 변수 발생 시 개선계획 수립 및 개선 조치 필요

3.2 안전보건 수준 평가

3.2.1 취급하는 화학물질의 종류 및 양 파악

조직에서 취급(제조, 수입, 판매, 보관/저장, 운반¹⁾ 또는 사용하는 화학물질의 종류 및 연간 사용량을 물질수지를 고려하여 파악한다.

화학물질의 종류는 ‘유해화학물질관리법’에 의하여 구분되는 6대 물질(유독물, 관찰물질, 취급제한물

1) 유해화학물질관리법에 의거 철도, 선박 및 항공 운반은 제외함.

질, 취급금지물질, 사고대비물질, 기타 화학물질)로 화학물질 연간 취급량을 파악하고, 파악된 화학물질 및 사용량에 따라 기업의 화학물질 취급 카테고리를 <Table 8>에 따라 구분한다.

<Table 8> Handling category of chemical materials

취급 화학물질 현황										
구분	사용		제조		수입/판매		저장/보관		운반	
	물질명	사용량	물질명	사용량	물질명	사용량	물질명	사용량	물질명	사용량

물질/취급량	10톤/연 미만	100톤/연 미만	1,000톤/연 미만	10,000톤/연 미만	10,000톤/연 이상
Category 구분					
A: 기타 화학물질을 제외한 취급량 합이 10천톤/연 이상					
B: 취급량의 합이 1,000톤/연 이상 10천톤/연 미만					
C: 취급량의 합이 100톤/연 이상 1,000톤/연 미만					
D: 취급량의 합이 10톤/연 이상 100톤/연 미만					
E: 취급량의 합이 10톤/연 미만					

각 카테고리 별 화학물질 안전보건 잠재리스크에 대한 강도는 다음과 같다.

Category A : 잠재 리스크가 가장 크며, 가장 높은 수준의 안전보건환경 관리시스템 필요

Category B : 잠재 리스크가 크며, 높은 수준의 안전보건환경 관리시스템 필요

Category C : 잠재 리스크가 보통이며, 보통 수준의 안전보건환경 관리시스템 필요

Category D : 잠재 리스크가 낮으며, 낮은 수준의 안전보건환경 관리시스템 필요

Category E : 잠재 리스크가 가장 낮으며, 최소한의 안전보건환경 관리시스템 필요

3.2.2 화학물질 취급 시의 관리수준 파악

화학물질 안전보건의 시스템적인 관리수준을 평가하기 위하여 <Table 9>의 점검항목에 대하여 객관적인 평가를 실시하고, 실시된 수준평가 결과에 따라 <Table 10> 와 같이 화학물질 관리 수준을 구분한다.

<Table 9> Item of level assessment

구분	분류	항목수
1	리더십	3개 항목
2	교육훈련	3개 항목
3	설비 및 프로세스 모니터링	3개 항목
4	자원, 역할, 책임 및 권한	3개 항목
5	사고조사	3개 항목
6	비상사태 대비 및 대응	3개 항목
7	작업허가	3개 항목
8	법규 및 그 밖의 요구사항	3개 항목
9	안전보건관리	3개 항목
10	위험성평가	3개 항목
11	환경영향평가	3개 항목
12	안전보건시스템 평가	3개 항목
합계		36개 항목

<Table 10> Management level of chemical materials

구분	수준 점수	안전보건환경 관리 수준
a	301점 이상	높은 수준의 안전보건시스템 보유
b	241점~300점	보통 수준의 안전보건시스템 보유
c	181점~240점	낮은 수준의 안전보건시스템 보유
d	121점~180점	최소한의 안전보건시스템 보유
e	120점 이하	안전보건시스템 없음

안전보건 현상 및 수준을 통한 수준평가 결과는 <Table 11>을 이용하여 분석한다.

<Table 11> Assessment result for present condition and management level of health and safety management

구분	안전보건 잠재 리스크 강도(Category)					
	E	D	C	B	A	
안전 보건 관리 수준	a	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0
	b	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1
	c	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1
	d	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1
	e	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2

3.3 위험성 평가

화학물질의 입고, 보관, 분출, 사용/제조, 운송 및 유통 프로세스를 파악하여 정상상태, 비정상상태 및 비상사태에서 발생 가능한 위험성을 파악한다.

3.3.1 프로세스 별 화학물질 위험 식별 및 결과 종합

화학물질을 취급하는 입고, 보관, 불출, 사용/제조, 운송 및 유통의 전 프로세스에 대하여 투입물질(원부자재, MRO), 배출물질(제품, 악취를 포함한 대기오염물질, 폐기물 및 부산물, 수질오염물질) 및 세부프로세스 별 발생 가능한 리스크(건강상 장애 및 위험성)를 파악하고, 파악된 프로세스 별 화학물질 위험요인들을 정리한다.

3.3.2 중대한 화학물질 위험 결정

중대한 화학물질 위험을 결정하기 위하여 사용되는 변수는 각 빈도(정상상태, 비정상상태 및 비상상태)에 따른 (1)심각도, (2)가능성, (3)법규 및 그 밖의 요구사항의 3가지를 적용하며, 중대한 화학물질 위험성 등급을 결정하기 위하여 다음과 같이 (1)심각도, (2)가능성, (3)법규 및 그 밖의 요구사항의 3가지 등급 별 점수를 곱하여 계산한다.

$$\text{위험성(R)} = \text{심각도(H)} + \text{S} \times \text{가능성(P)} \times \text{법규 및 그 밖의 요구사항(L)}$$

위험성(R) 종합점수에 대하여 <Table 12>에 따라 화학물질 위험성 등급을 결정한다.

<Table 12> Risk grade of chemical materials

위험성(R) 종합 점수	위험성 등급	해설
201점 이상	E	즉시 개선조치 필요
152점 이상 ~ 201점미만	D	개선 계획 수립 및 계획에 따라 반드시 개선조치 필요
103점 이상 ~ 152점미만	C	향후 개선 계획 수립 및 계획에 따라 조치 필요
54점 이상 ~ 103점미만	B	상황에 따라 개선조치 실시 필요
54점 미만	A	현재는 개선조치 필요 없으나 변수 발생 시 개선계획 수립 및 개선 조치 필요

(1) 심각도(Severity)의 결정

화학물질 취급과 관련하여 발생 가능한 리스크의 크기인 심각도를 유해등급(H)과 영향의 중대성(S)을 통하여 결정한다.

① 유해등급(Harmfulness Class)

유해등급은 화학물질의 위험성 수준을 고려하여

<Table 13>에 의해 점수를 부여하며, 유해등급을 결정할 수 없는 경우 경험적으로 등급을 결정할 수 있다.

<Table 13> Score according to hazard risk ranking

등급	등급 해석	점수
E	매우 높은 위험의 화학물질	3.0
D	높은 위험의 화학물질	2.5
C	중간 정도 위험의 화학물질	2.0
B	약간 위험한 화학물질	1.5
A	낮은 위험의 화학물질	1.0
S	피부나 눈에 영향을 줄 수 있는 화학물질	+1

② 영향의 중대성(Seriousness)

영향의 중대성은 예상되는 재해의 정도(상해정도, 회복기간, 예상손실액의 합계)로 <Table 14>에 의해 점수를 부여하며, 중대성을 결정할 수 없는 경우 경험적으로 등급을 결정할 수 있다.

<Table 14> Score according to accident damage

구분	해설	점수
상해정도	사망·휴업 4일 이상의 상해	2
	휴일 4일 미만의 상해	1.5
	휴업하지 않아도 되는 상해	1
회복기간	1개월 이상의 회복기간 필요	2
	1개월 미만의 회복기간 필요	1.5
	1주일 이내의 회복기간 필요	1
예상 손실액	10억 이상의 손실액 예상	2
	1억원 이상의 손실액 발생	1.5
	1천만원 미만의 손실액 발생	1

(2) 가능성(Possibility)의 결정

가능성은 노출시간, 취급량, 물리적 형태 및 제어등급 등의 4가지 변수를 고려하여 결정하고, 가능성(P) 등급을 결정하기 위하여 다음과 같이 가능성에 영향을 주는 노출시간(T), 발생빈도(F), 취급량(Q), 물리적 형태(S) 및 제어등급(C)의 점수를 합산한다.

$$\text{가능성(P)} = E + F + Q + S + C$$

결정된 가능성 점수에 따라 가능성 등급을 결정하고 <Table 15>에 의해 가능성 등급 점수를 결정한다.

<Table 15> Score according to Possibility

가능성(P) 합산 점수	가능성 등급	점수
19점 이상	E	5
14점 초과 ~ 19점 미만	D	4
10점 초과 ~ 14점 이하	C	3
6점 초과 ~ 10점 이하	B	2
6점 이하	A	1

① 노출시간(Exposure time)

노출시간은 8시간을 기준으로 하며, 화학물질을 취급하는 과정 중에 직접적으로 노출되거나 장소는 이격되어 있으나 공정의 특성 상 간접적으로 노출되는 모든 경우의 노출시간을 포함하여 <Table 16>에 의해 점수를 부여한다.

<Table 16> Score according to exposure time

노출 시간	점수
7시간 이상 연속 노출	5
3시간 이상 7시간미만 연속 노출	4
간헐적 노출, 산술 합산할 경우 4시간 정도 노출	3
연속노출 1시간 이상 3시간미만 또는 간헐노출 1시간 이상 4시간미만	2
연속 또는 간헐 노출 1시간 미만	1
월 4회 이상 초과근무를 통하여 노출시간이 조금이라도 추가되는 경우	+1

② 발생빈도(Frequency)

화학물질을 취급하는 과정 중에 이상현상이 발생한 빈도수를 기준으로 <Table 17>에 의해 점수를 부여한다.

<Table 17> Score according to frequency

이상현상이 발생하는 빈도	점수
1~2회 이상/분기 발생함	5
1~2회 이상/년 발생함	4
1~2회 이상/10년 발생함	3
1~2회 이상/30년 발생함	2
거의 일어날 수 없음	1

③ 물리적 형태(Shape)

물리적 형태는 고체, 액체 또는 기체로 구분하여 각 성상 별로 <Table 18>에 따라 점수를 부여한다.

<Table 18> Score according to chemical shape

구분	해설	점수
고체	미세하고 가벼운 분말로 취급시 먼지 구름이 형성되는 경우	3
	결정형 입상으로 취급시 먼지가 보이거나 쉽게 가라앉는 경우	2
	부스러지지 않는 고체로 취급 중에 거의 먼지가 보이지 않는 경우	1
액체	N/A	3
기체	상온 (20℃) 끓는점이 50 ℃미만	3
	끓는점이 50 ℃ 이상 150 ℃미만	2
	끓는점이 150 ℃이상	1
	온도(X) 끓는점 < 2X+10℃	3
	가 상온 이외 2X+10℃ ≤ 끓는점 ≤ 5X+50℃	2
	5X+50℃ < 끓는점	1

④ 제어등급(Control class)

방호장치 및 보호구의 적절한 설치 및 보급, 그리고 방호장치 및 보호구의 적절한 사용과 관련하여 <Table 19>에 의해 점수를 부여한다.

<Table 19> Score according to protective devices

구분	방호장치 및 보호구 설치·보급			
	전혀 없음	일부만 있음	완벽하게 갖추어짐	
방호장치 및 보호구의 사용	전혀 안 이루어짐	5	5	5
	일부만 이루어짐	5	3	3
	완벽하게 이루어짐	5	3	1

⑤ 취급량(Dealing volume)

취급량은 하루 동안 취급하는 화학물질 양의 단위를 기준으로 <Table 20>에 의해 점수를 부여한다.

<Table 20> Score according to dealing volume

구분	대	중	소
하루 취급량	ton, m3	kg, l	g, ml
점수	3	2	1

(3) 법규 및 그 밖의 요구사항의 결정(Legal and other requirements)

화학물질 취급활동과 관련된 법규 및 그 밖의 요구사항 정도를 판단하여 <Table 21>에 의해 점수를 부여한다.

<Table 21> Score according to legal and other requirements

등급	해설	점수
심각	-과거 3년 이내에 관련 법규 위반 발생 -지속적으로 해당 화학물질의 취급과 관련하여 민원이 제기 -비상사태 발생 시 외부 이해관계자에게 심각한 피해를 초래	5
보통	-간헐적으로 민원이 제기 -비상사태 발생 시 외부 이해관계자에게 소규모의 피해를 초래 -지속적인 관리가 필요.	3
문제 없음	-민원 없음. -비상사태 발생 시 외부 이해관계자에게 아무 피해를 초래하지 않음.	1

3.4 기존 위험성평가 기법과의 비교

<Table 22>에서와 같이 본 연구에서 개발된 종합위험성평가기법과 화학물질 또는 화학물질을 사용하는 기업에서 널리 사용하는 HAZOP기법, 한국산업안전보건공단에서 개발 보급한 화학물질위험성평가 기법(CHARM: Chemical Hazard Risk Management)을 비교하였다. HAZOP기법은 대상공정에 관련된 여러 분야의 전문가들이 모여서 공정에 관련된 자료를 토대로 정해진 연구방법에 의해 공장(공정)이 원래 설계된 운전목적으로부터 이탈(Deviation)하는 원인과 그 결과를 찾아보며 그로 인한 위험과 조업도에 야기되는 문제에 대한 가능성이 무엇인가를 조사하고 연구하는 정성적인 위험성평가 기법으로, 화학공장에서의 위험성과 운전성을 정해진 규칙과 설계도면에 의하여 체계적으로 분석, 평가하는 방법으로 검토 시 누락의 가능성을 배제하고 비교적 객관화된 평가서를 작성할 수 있는 등의 장점으로 널리 이용되고 있다. 그러나 지나치게 전문적인 지식을 요구함으로써 해당 공정에 대한 오랜 경험 및 HAZOP기법에 대한 전문지식 없이 수행하는 것은 불가능하기 때문에 중소기업의 경우 현실적으로 적용이 어렵다[10].

또한, 화학물질위험성 평가 기법(CHARM)은 사용하는 화학물질의 유해성과 노출실태를 토대로 유해성등급과 노출수준등급에 의해 결정되는 위험성 평가 기법으로 사용이 용의하나 이는 화학물질의 유해성(Hazard) 및 노출수준에만 기초하여 근로자의 건강 장애 예방을 위한 평가에 치우쳐 있다. 본 연구에서 개발된 종합위험성평가 기법은 취급하는 화학물질의 종류와 양, 그리고 화학물질을 취급하는 프로세스에 의하여

발생 가능한 환경, 보건 및 안전에 대한 위험요인을 식별하고 식별된 모든 위험요인에 대하여 위험성을 평가하여 관리대상 위험성에 대한 우선순위를 부여하는 기법이다. 이는 종합위험성평가를 통해 화학물질에 초점을 맞춘 위험성 평가가 이루어 질 수 있으며, 이를 통해 안전보건전략 및 관리계획 수립이 가능하며, 화학물질을 사용하는 중·소기업에 적합하다.

<Table 22> Comparison of risk assessment

평가기법	평가
종합 위험성 평가	종합 위험성 평가 (TRA) = 수준 평가 (Level) × 위험성 (Risk) 위험성 (R) = 심각도 (Severity) × 가능성 (Possibility) × 법규 (Legal)
HAZOP	위험성 (R) = 발생가능성 (Frequency) × 피해심각도 (Severity)
CHARM	위험성 (R) = 노출수준등급 (Probability) × 유해성등급 (Severity)

4. 결론

본 연구에서는 화학물질 사용조직의 안전보건경영시스템 구축을 위한 위험성평가모델에 대한 연구로 국내·외 화학물질관리체계, 국·내외 안전보건경영시스템, 선진 위험성평가도입현황과 현재 널리 사용하고 있는 다양한 위험성평가모델을 분석하였다.

이를 토대로 화학물질 관련 발생 가능한 위험성을 파악·분석하여 화학물질을 사용하는 중·소 조직이 안전보건경영시스템을 효과적으로 구축하기 위한 핵심이 되는 위험성평가 모델(종합위험성평가)을 개발하였다.

향후에는 실제로 화학물질 사용 조직에 종합위험성평가 기법을 적용한 사례와 종합위험성평가 기법을 도입·적용하는 과정에서 도출되는 문제점을 파악하고, 이를 수정·보완하여 좀 더 발전된 위험성평가모델에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

5. References

- [1] “Act on Registration and Evaluation, etc. of Chemical substance”, Ministry of Environment, 2014
- [2] “Chemicals Control Act”, Ministry of Environment, 2014
- [3] Heon-gi Baek, “Risk Assessment Guideline”, Korea Occupational Safety Health Agency, 2014

- [4] Heon-gi Baek, "Risk Assessment Guideline of a place of business", Korea Occupational Safety Health Agency, 2013.
- [5] Hwan-Pal Jung, "Study on the efficient execution of risk assessment for manufacturing business places", Master's theses, YEUNGNAM University, 2014.
- [6] Hyeong-il Moon, "Comparing of the Qualitative and Quantitative Risk Assessment to Harmful Substances to be Controlled of Occupational safety and health act", Master's theses, KOREA University, 2014.
- [7] Jae Min Lee, Jin Hwan Yoo and Jae Wook Ko, "A Study on Hazard Identification Method for Small and Medium Chemical Industries", Korean Chem. Eng. Res., Vol. 45, No.1, 2007. 02.
- [8] Jee-young Song, "Gap analysis guideline for Occupational Health, Safety and Environment of chemicals", Korea Foundation for Quality, 2014
- [9] Jo-deok Yun, Jung-Hoon Kim, Yeong-hun Jung, Jong-yong Yun, "Research for risk assessment techniques of chemical", Korea Association of social Policy, 2013. 11. 30.
- [10] Jun-hyeon Yun, "The reality of chemicals management through a Toxic Chemicals accident", Korea environment preservation association 2013.05., pp 12~15
- [11] Ki-Taek Oh, "A Study on the Actual Conditions of the Occupational Health and Safety Management System", Master's theses, SEOUL NATIONAL University, 2007.
- [12] "Occupation safety and health acts", Ministry of Employment and Labor, 2014
- [13] Seung-Hyun Baek, "Semi-Quantitative Risk Assessment(S-HAZOP) for Petrochemical Plant", SEOUL NATIONAL University, 2007.
- [14] "Toxic Chemicals Control Act", Ministry of Environment, 2014
- [15] Young-sun Lee, "Effects analysis of workplace risk assessment", Korea Occupational Safety Health Agency, 2013.

저자 소개

조경석



한밭대학교 산업경영공학과 학사 취득. 명지대학교 공학대학원 산업시스템공학 석사 취득. 현재 인하대학교 산업경영공학과 대학원 박사과정 중이며 GGT R&C에 재직 중.

관심분야 : 경영시스템, SCM, PI 등.

주소 : 경기도 고양시 일산 동구 장항동 751, GGT R&C

이창호



인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.

관심분야 : 물류, RFID, SCM 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과