

사고대비물질 취급 사업장 Layout기반 위험작업 Mapping 방법론 개발

김진형 · 양재모 · 용종원 · 고병석 · 유병태* · 고재욱†

광운대학교 화학공학과
139-701 서울시 노원구 광운로 20
*안전행정부 국립재난안전연구원 안전연구실
121-719 서울시 마포구 마포대로 136
(2014년 4월 11일 접수, 2014년 6월 9일 수정본 접수, 2014년 6월 15일 채택)

Development of Hazardous Work Mapping Methodology Based on Layout of Workplace Handling The Accident Preparedness Substances

Jin Hyung Kim, Jae Mo Yang, Jong-Won Yong, Byung Seok Ko, Byungtae Yoo* and Jae Wook Ko†

Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoon-ro, Nowon-gu, Seoul 139-701, Korea

*National Disaster Management Institute, Ministry of Security and Public Administration, 136 Mapo-daero, Mapo-gu, Seoul 121-719, Korea

(Received 11 April 2014; Received in revised form 9 June 2014; accepted 15 June 2014)

요 약

사고대비물질 취급 사업장에서 사고가 발생하면 일반 화학물질사고보다 더 많은 인명, 재산피해를 야기한다. 사고를 예방하기 위해 여러 시스템들과 제도들을 개발하고 있지만, 사고발생의 주원인인 작업자의 오류를 제거 또는 감소시키기 위한 기술들은 미흡한 실정이다. 본 논문에서는 2012년 9월 구미 불산 누출사고 case study를 통해 국내기술지침들을 기반으로 위험작업 수치화 및 잠재위험확인, 작업평가를 수행하였으며 기존 시스템들을 보완하기 위한 새로운 risk mapping 방법론 개발에 관한 연구를 진행하였다.

Abstract – If an accident occurs at work places that handle 'the accident preparedness substances', it causes more property damage and casualties than accidents of normal chemical substances. Even though various systems and regulations have been operated in order to prevent accidents, techniques for reducing and removing human error, which is one of the main reasons of accidents, are still inadequate. In this paper, hazardous work digitization, potential hazard verification, and work evaluation based on domestic technical guidelines have been performed through a case study of the accident of hydrofluoric acid leakage in Gumi in September 2012, and development of a new risk mapping method has been studied to supplement existing systems.

Key words: Chemical Plant, Human Error, Accident Preparedness Substances, Hazardous Work, Risk Mapping

1. 서 론

미국 산업재해의 원인 분석 결과에 따르면, 불안전 행동이 76%, 행동과 상황이 20%로 전체 원인 중 96%가 '행동'이 재해의 원인이라는 분석된 결과처럼 대다수의 산업재해는 작업자의 오류로부터 발생되며[1], 고용노동부의 산업재해현황 자료에 따르면 국내 전체 재해자 수는 2010년 이후 지속적으로 감소하고 있지만, 유해한 화학물질의 종류와 양은 날로 증가하고 있고 Fig. 1과 같이 최근 3년간 (2010~2012) 화학물질로 인한 누출, 화재, 폭발 사고 피해는 오히려

증가하는 추세이다[2,3].

특히 환경부 유해화학물질 관리법으로 지정된 사고대비물질은 독성 및 폭발성 등이 강하기 때문에 이를 취급하는 사업장에서는 안전성 검토기법, 작업안전분석 등을 통하여 작업자의 작업현장 및 현상에 대한 안전점검을 실시하고 위험작업에 대한 근본적인 공정안전을 확보하여야 한다[4]. 하지만 경험 및 기술인력 부족 등으로 작업자의 오류로 인한 산업재해가 지속적으로 발생하고 있는 실정이고, 작업자의 오조작으로 인한 밸브 개방으로 발생한 2012년 구미 불산 누출 사고와 2013년 대림산업 고밀도 폴리에틸렌 저장탱크 정비 작업 중 폭발사고 등이 대표적인 예이며, 이는 화학사업장의 정상 가동, 운영 시에 발생한 사고가 아닌 수리, 보수작업 과정에서 발생한 사고임을 증명하고 있다[5,6].

이와 같은 사고로 인해 경제적인 손실과 인적손실이 증가함에도 불구하고 현행 제도와 시스템들은 작업자가 화학물질과 위험작업에

† To whom correspondence should be addressed.

E-mail: jwko@kw.ac.kr

‡ 이 논문은 서울대학교 윤인섭 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

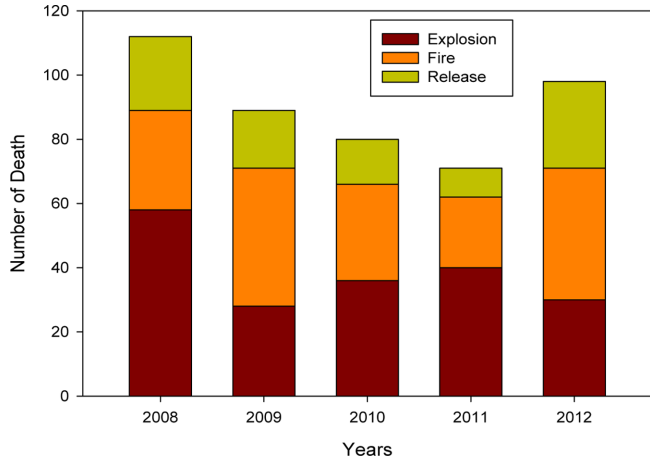


Fig. 1. Number of death due to chemical accidents [9].

대한 정보들을 현장에서 신속, 정확하게 습득하기 힘든 현실이며, 내용면에서도 기술 및 관리적인 요소들 위주로 구성되어 있을 뿐 작업자의 오류를 최소화하여 대형 사고를 미연에 예방할 수 있는 시스템이 부족하다[7,8].

현재 태풍, 홍수와 같은 자연재해 또는 화학물질의 누출로 인해 발생하는 화재, 폭발과 같은 산업재해 피해 범위를 예상하는 GIS 기반 mapping 기술의 연구와 관련 시스템들은 운용되고 있지만, 사업장에서 동시 수행되는 작업들의 잠재적인 위험도를 평면도에 표현하여 작업자의 오류를 최소화하고 사고를 미연에 방지하려는 연구는 현재 전무한 상황이다. 따라서 기존 위험작업 안전관리시스템들을 보완 및 개선하기 위해 화학사업장에서 작업자가 수행하는 운영, 보수 등의 작업 시 내재하고 있는 위험요소들을 확인하여 일반작업과 위험작업을 예측하고 잠재위험수치화, 작업안전분석 등 작업위험성을 평가하여 사업장 layout을 기반으로 작업위험성을 가시적으로 표현함으로써 위험작업에 대한 정보를 습득할 수 있으며 사고를 방지하기 위한 전반적인 개선방안을 제시해 줄 수 있는 위험도 mapping 방법론을 개발한다.

2. 연구대상 및 방법

2-1. 작업자 실수분석(HEA, Human Error Analysis)기법에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE P-90-2012)

사업장내 작업자들이 작업 중에 실수할 수 있는 실수의 종류와 결과를 사전에 파악하여 이에 대한 작업방법을 개선함으로써 사고를 예방하기 위한 기법이다. 사업장에서 시행되는 공정업무를 목록화하고 잠재위험이 큰 업무를 파악하여 평가대상을 선정한 뒤, 평가대상 업무에 대한 작업실수예측 및 실수인자 분석으로 작업안전절차 및 관리 개선방안을 도출하며, 사업장의 운전절차, 유지관리 계획 등 전반적인 작업자 업무를 목록화한 후, 잠재위험이 큰 작업을 파악하기 위하여 3가지 측면에서의 위험성을 평가하고 이를 잠재위험지수로 수치화한다.

2-1-1. 본질위험점수(IHS, Intrinsic hazard score)[10]

본질위험점수는 작업자체가 어느 정도의 위험을 잠재하고 있는지를 파악하는 지수이며, 배점범위는 높음(3), 보통(2), 낮음(1)으로 적용하고, 점수는 식 (1)과 같다.

$$\text{본질위험점수} = (S_1 - 2) / 4 \quad (1)$$

2-1-2. 위험취약 점수(IVS, Intrinsic vulnerability score)[10]

위험취약점수는 7개의 질문항목으로 이루어져 있으며 배점범위는 본질위험점수와 같고, 점수는 식 (2)와 같다.

$$\text{위험취약점수} = (S_2 - 7) / 14 \quad (2)$$

2-1-3. 빈도점수(FS, Frequency score)

빈도점수는 점수는 식 (3)과 같다.

$$\text{빈도점수} = (S_3 - 1) / 5 \quad (3)$$

2-1-4. 잠재위험점수(PREL, Potential risk exposure index)

잠재위험점수는 사업장에서 실시하는 작업에 대한 위험을 종합적

Table 1. Statistics of fire, explosion and chemical release accidents : Number of victim(death)(Ministry of employment and labor, 2013) [9]

Years		2008	2009	2010	2011	2012
Electronic manufacture industry	Total	18(1)	18(0)	11(0)	32(0)	19(3)
	Fire	10(1)	3(0)	2(0)	17(0)	4(2)
	Explosion	2(0)	4(0)	2(0)	3(0)	2(0)
	Release	6(0)	11(0)	7(0)	12(0)	13(1)
Chemical manufacture industry	Total	108(10)	115(8)	108(12)	119(15)	128(20)
	Fire	23(3)	40(2)	18(2)	35(4)	41(2)
	Explosion	48(5)	32(3)	40(8)	37(10)	39(10)
	Release	37(2)	43(3)	50(2)	47(1)	48(8)
PSM industry	Total	46(2)	43(5)	55(6)	45(11)	65(8)
	Fire	8(0)	16(1)	20(3)	7(1)	17(1)
	Explosion	24(0)	13(3)	21(2)	24(10)	25(7)
	Release	14(2)	14(1)	14(1)	14(0)	23(0)

Table 2. IHS calculating table

Classification	Intrinsic hazard	Score
1	Degree of the risk handling hazardous materials in terms of inventory, temperature, pressure, inflammability, toxicity.	
2	Degree of the risk working environment about aerial(high place) work, hot(high fever) work, underwater work.	
Total	S_1	

Table 3. IVS calculating table

Classification	Division of relevance	Score
1	Degree of the likelihood when workers is in direct contact with the hazardous material / work / situation	
2	Degree of disassembly / assembly work about the plant	
3	Degree of equipment change of the existing process	
4	Degree of mutual relevance with the work and the process control system	
5	Degree of mutual relevance with the work and the safety system	
6	Necessary degree of(Degree of necessary) block / release of the plant	
7	Necessary degree of(Degree of necessary) special approach	
Total	S ₂	

Table 4. FS calculating table[10]

Frequency of working	Score (S ₃)
More than twice a day	6
More than once a day	5
More than once a week	4
More than once a month	3
More than once a year	2
Less than once a year	1

으로 표시하며, 식 (4)에 의해 최종 산출되어 0(위험 낮음)에서 1(위험 높음)사이의 값을 표시하게 된다.

$$\text{잠재위험점수} = (S_1 + S_2 + S_3) / 3 \quad (4)$$

2-2. 작업안전분석(JSA, Job Safety Analysis)기법에 관한 기술 지침(KOSHA GUIDE P-140-2013)

안전관리의 가장 기본적인 단계는 위험요소를 확인하고 평가하는 것이며, 작업안전분석 기법은 특정한 작업과 관련된 직무들을 나열하고 주요 단계로 구분하여 각 단계별 유해위험요인과 잠재적인 사고를 파악하여 이를 제거, 예방 및 최소화하기 위한 방지대책을 개발하기 위해 작업을 연구하는 기법이다[11,12].

JSA는 작업을 수행하기 전, 사고발생 시 원인을 파악하고 방지대책의 적절성을 평가할 경우, 공정 또는 작업방법을 변경할 경우 등에 적용하며 방지대책을 사전에 수립함으로써 사업장에서 발생할 수 있는 사고의 위험성을 낮출 수 있는 효과적인 방법 중 하나이며, 화학물질을 다루는 사업장에서 작업안전분석을 적용할 작업들은 다음과 같다.

2-3. 안전작업허가 지침(KOSHA GUIDE P-94-2013)

공정안전보고서 제출대상 사업장 사업주가 작성하여야 하는 보고서 내용 중 유해위험요소가 잠재되어 있는 사업장 내에서 시운전 또는

운전 중 점검, 정비, 보수 등의 작업을 할 때 적용함으로써 위험작업 시 사전에 안전을 확보하기 위한 지침이며, 안전작업허가 지침에서 정의하는 작업 대분류는 다음과 같다[14].

(1) 화기작업 : 용접, 용단, 연마 드릴 등 화염 또는 스파크를 발생시키는 작업 또는 가연성물질의 점화원이 될 수 있는 모든 기기를 사용하는 작업을 말한다.

(2) 일반위험작업 : 노출된 화염을 사용하거나 전기, 충격에너지로부터 스파크가 발생하는 장비나 공구를 사용하는 작업 이외의 작업으로서 유해·위험물 취급작업, 위험설비 해체작업 등 유해·위험이 내재된 작업을 말한다.

(3) 보충적인 작업 : 화기작업 또는 일반위험작업을 하는 과정에서 보충적으로 병행하여 수행되는 작업을 말한다.

작업내용에 대한 위험요소 및 안전조치사항 등을 작업구역별 해당 작업자들이 작성하고 이를 관리자에게 보고, 작업의 위험정도, 규모 및 복잡성에 따라 화기작업, 일반위험작업, 보충적인 작업의 현장을 확인하여 안전조치사항을 검토하고 작업실시를 허가하는 지침이다. 이 지침에서는 화기작업, 일반위험작업, 보충적인작업의 세부분류와 해당 작업에 대한 안전조치사항을 제안하고 있으며, case study에서 수행할 일반위험작업의 조치사항은 Table 6와 같다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 연구대상의 선정

2012년 9월 27일 구미 휴브글로벌 액체 불화수소 누출사고가 발생한 이후 사고대비물질인 불산(HF, Hydrofluoric acid)에 대한 사회적 관심이 커진 상태에서 염산 또는 암모니아와 같은 독성 화학물질의 누출이 잇따라 발생하여 작업자, 인근주민에 대한 인명피해, 농경지와 작업장 손실로 사회적 및 경제적인 문제를 야기하고 있다. 특히 불산과 같은 화학물질은 기-액 변화나 수용액 여부에 따라 위험성이 달라지며, 사고 중 대부분은 저장탱크 및 운송배관의 손상에 의한 휘발성 유독성물질의 대량 누출이다[15]. 이러한 물질을 취급하

Table 5. JSA application work in chemical workplace [13]

Division of specific works	In the case of chemical handling workplace
	- The work that install electrical block or isolation system
	- The work for release of pressure system or separation
	- The work that access limited space
	- The cargo work for chemical substance drum
	- Raw material transport work
	- Pressure (water pressure and confidential) test work
	- Chemicals cargo work at storage tank and Tank lorry loading work
	- Radiation handling work
	- Weight handling work
	- The work that replace the catalyst
	- The work that separate the heat exchanger, etc.

Table 6. Safety measures for hazardous work[14]

Work type	Requirements for safety measures
The work of handling hazardous substances	- Setting the work area (Warning signs: Do not enter) - Measurement of dust gas - Measurement of dust concentration - Blocking valve and attaching block sign - Installing blind patch and attaching sign - Opening container and releasing pressure - Processing and release of hazardous substances
Hazardous work	- Processing and cleaning inside the container
The dismantle work of dangerous equipment	- Inert gas replacement and ventilation - Attachment of Power outage and lock label - Ventilating equipment - Lighting equipment - Fire extinguisher - Safety equipment - Safety training - Presence of operating personnel

Table 7. IHS and FS in workplace used HF

Work Type	Intrinsic hazard		IHS	Frequency	
	Score of each question			Score	FS
	1	2			
HF tank lorry loading and unloading work	3	3	1	5	0.8
Waste drum cutting work	2	3	0.75	5	0.8
Tent installation work	1	3	0.5	3	0.4

Table 8. IVS in workplace used HF

Work Type	Intrinsic vulnerability							IVS
	Score of each question							
	1	2	3	4	5	6	7	
HF tank lorry loading and unloading work	3	3	2	2	3	3	2	0.78
Waste drum cutting work	2	2	1	1	2	1	2	0.28
Tent installation work	1	1	1	1	2	1	2	0.14

는 대부분의 작업장 및 작업자들이 안전관리의 사각지대에 놓여있기 때문에 현실적이고 효율적인 평가방법과 방지대책 수립 및 기존 활용되고 있는 기술들을 보완할 시스템이 필요하다[16].

따라서 case study를 통해 잠재적인 위험요소를 지니고 있는 위험작업을 확인하고 작업평가를 실시하며 최종적으로 작업위험도 및 위험반경을 사업장 layout에 표현할 방법론을 개발한다.

3-2. 위험작업 수치화 및 작업평가

구미 사업장에서 다루었던 사고대비물질은 불산이었으며, 위험작업은 불산을 이송하기 위한 에어호스 연결 작업이었고, 대상설비는 20t 탱크로리이다. 작업자 실수분석 기법을 활용하여 불산 하역작업의 잠재위험지수를 계산해보면 다음과 같다.

작업 종류별 잠재위험지수 검토결과 불산 하역작업은 0.86, 폐드럼 용단 작업은 0.61, 천막 설치 작업은 0.34로 불산 하역작업이 다른 작업들보다 높은 잠재위험을 가진 작업이라는 것을 알 수 있다. 따라서 이 불산 하역 작업을 대상으로 1차 작업평가를 수행하고 하역작업 과정들 중 구미 불산사고의 발생 원인이었던 탱크로리를 공정 에 연결하는 작업을 잠재위험이 높은 작업으로 선정, 이를 추가적인 상세 작업평가를 수행하면 Table 9와 같다.

Table 9. Preliminary and detail work evaluation of HF tank lorry loading and unloading work

✓ Preliminary work evaluation
Preparation for cargo handling ▶ Tank lorry/process connection
▶ HF transfer ▶ ...
✓ Detail work evaluation
- Preparation work for cargo handling
1. Measuring weight of vehicle and safety education
2. Moving and parking tank lorry to HF cargo handling workplace
- The work of connecting process with HF tank lorry
1. Preparation of HF loading and unloading work
2. Check of tank lorry/process Transfer pipe
- HF transfer
1. HF loading and unloading work
2. Check after completion of the transfer

3-3. 작업평가 항목들에 대한 작업안전분석 및 안전작업허가

불산 하역작업은 세부적으로 준비, 연결, 이송작업 등 항목이 많지만 case study를 위해 실제 사고가 발생했던 작업인 불산 탱크로리를 공정에 연결하는 작업을 대상으로 하고 위험작업 수치화 및 1차 작업평가, 세부작업평가 결과를 토대로 JSA 기술지침을 적용하여 위험작업에 대한 잠재위험요인을 확인한다. 또한 안전작업허가 지침을

Table 10. Job safety analysis and safety measures based on detail work evaluation

Tank lorry/process connection work	Hazard	Safety measures
Preparation of HF loading and unloading work	HF release	- Installation of access warning sign and setting work area
	Fire and explosion	- Wearing safety shoes, safety helmet and face shield, etc. - Using of vehicle ground connection equipment (ground connection clip, switch)
	Fall accident	- Supporter for wheels and installation of vehicle warning sign - Measurement of gas concentration, placement of fire extinguisher
Check of tank lorry/process transfer pipe	Connected hose separation	- Presence of operating personnel
	Vented gas release	- Confirm of Hose connection part with eyes and hands

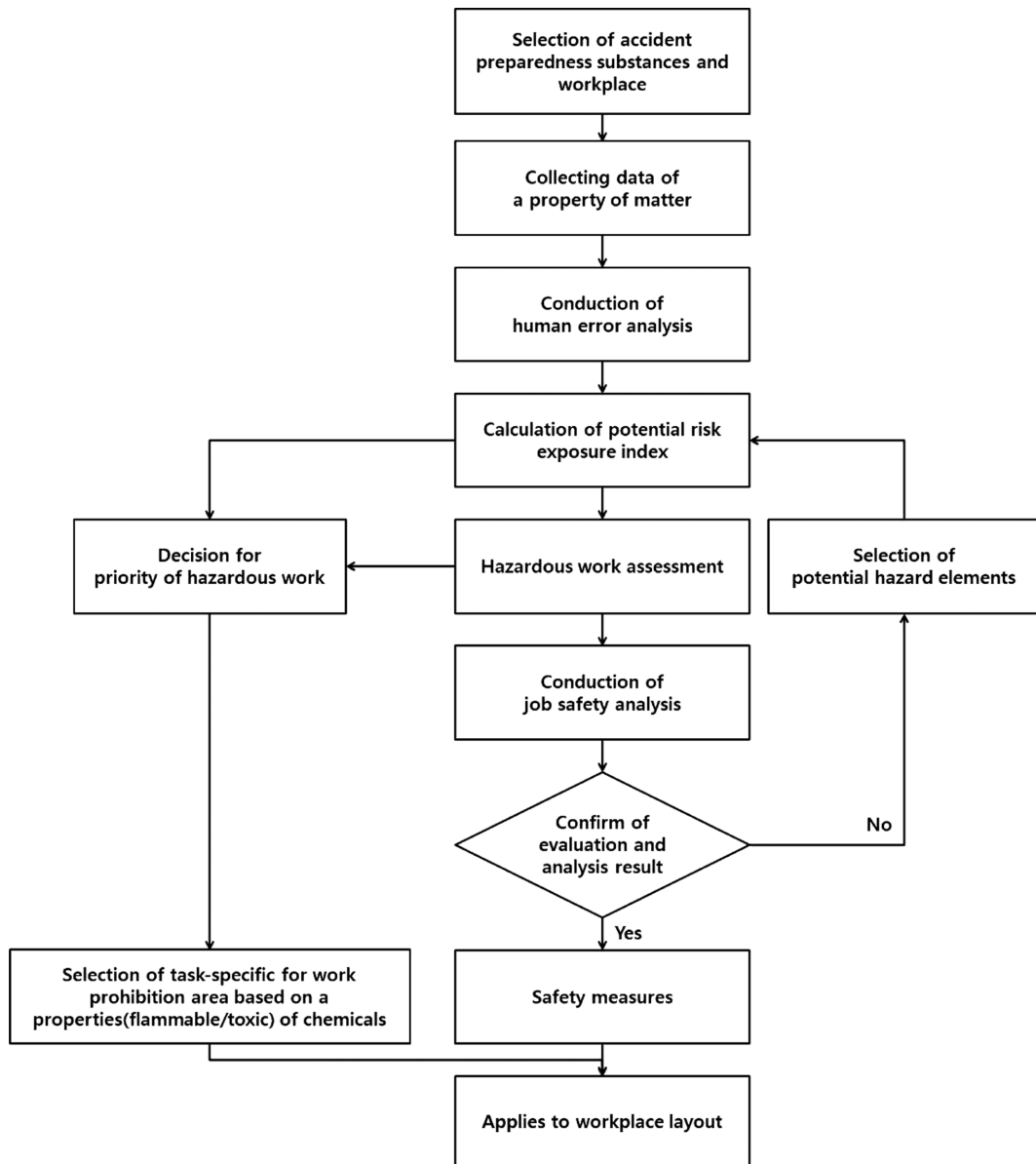


Fig. 2. Flow diagram for representation procedures of hazardous work.

기반으로 하여 작업자 오류로 인해 발생하는 사고를 미연에 방지하기 위해 안전대책을 마련한다.

3-4. 위험작업 가시화 방안 연구

화학산업을 포함한 유해산업시설의 위험성을 평가하기 위해 제안된 위험도 가시화 기술들은 선진국을 비롯한 많은 국가에서 정량적

위험성 평가, 비상조치 접근을 위한 수단으로 이용되고 있다[17]. 현재 국내 사고대비물질 위험작업 관련 시스템은 작업자가 필요로 하는 정보가 표 또는 장문의 문서로만 제공되기 때문에 작업자가 정보를 얻는데 많은 시간이 소요되며 또한 내용도 혼동된다. 그러므로 작업위치와 종류, 반경 내에 금지되어야 할 사고 원인이 될 수 있는 위험요소 및 행동과 같은 제한사항, 반응성이 높은 화학물질을 대용량

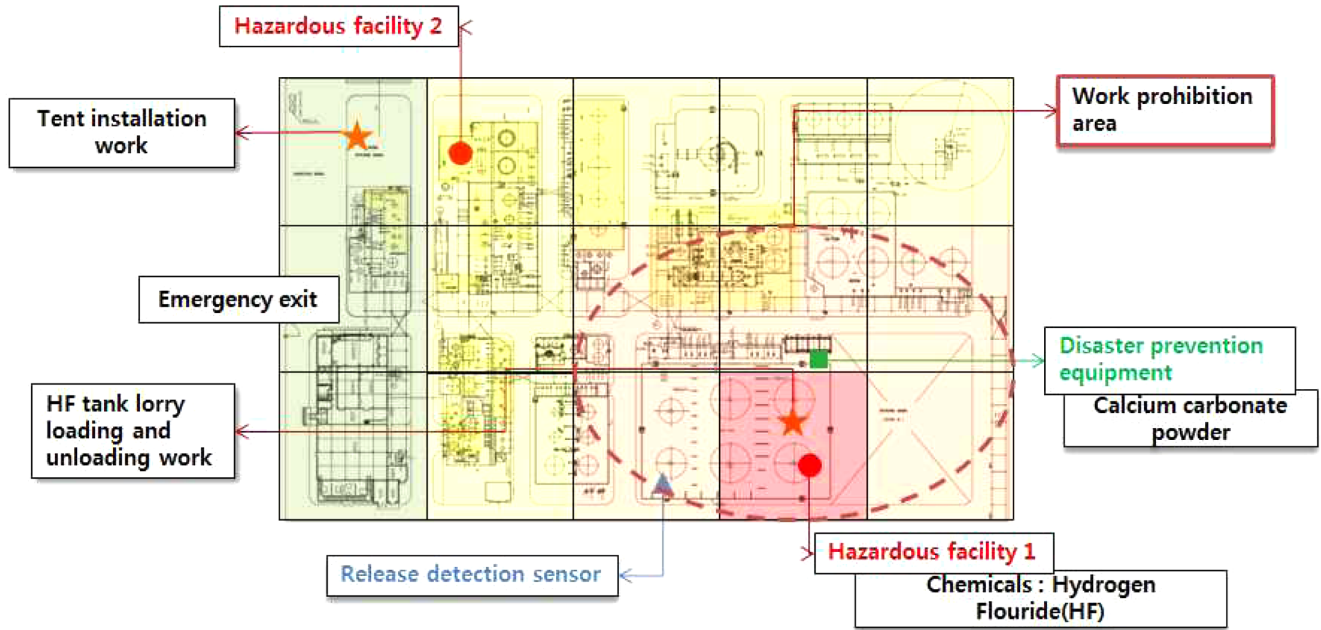


Fig. 3. Example for representation of hazardous work in chemical workplace layout.

으로 다루는 사고대비물질 취급 사업장의 특성을 고려한 동시다발적으로 실시하는 작업들이 서로 영향을 줄 수 있는 가능성 등의 여러 정보들을 작업자들이 작업 전 효율적이고 명확하게 확인할 수 있는 표현방법을 연구해야 한다. 따라서 사업장 layout을 grid 형식으로 분할하여 작업자들이 각자 실시하는 위험작업의 위치, 위험요인, 위험성 등의 정보들을 각 단위지역 셀에 표현하고 앞서 진행된 위험작업 수치화, 작업안전분석, 안전대책 결과를 적용시켜 작업자가 작업 신속 정확하게 얻을 수 있는 가시화 방안을 연구했으며, 수행한 위험작업 평가 데이터를 기반으로 하여 위험도 mapping 절차는 다음과 같다.

- Grid 분할 기준은 3.3 m²으로 한다.
- 높은 잠재위험을 지닌 작업을 우선적으로 표시한다.
- 수치화된 위험도를 작업자들이 쉽게 인식할 수 있는 색상의 기준을 선정한다.
- NFPA Code를 기반으로 독성, 인화성에 따른 위험작업범위를 선정한다.
- 방재설비가 있을 시, layout에 표시하고 해당 칸의 위험도 색상을 한 단계 낮춘다.
- KOSHA 지침을 기반으로, 작업자의 화학 장비, 금지행동, 안전조치 등을 표시한다.
- 동시에 수행하는 작업 간 상성에 따라 위험도, 작업 반경 등을 조정한다.

불산과 구미 사업장을 선정하고 대상 사고대비물질인 불산의 특성, 반응성, 방재대책과 같은 물성데이터를 수집 및 분석한다. 작업자 실수분석 기법을 수행하여 해당 사업장에서 실시되는 작업들에 대한 잠재적 위험성을 수치화시키고, 이를 토대로 위험도가 높은 순서대로 우선적으로 조치해야할 위험작업의 우선순위를 결정하며, 위험정도를 시각적으로 빠르게 습득하기위해 특정 기준을 수립하여 수치화된 위험도를 색상으로 표현하고(잠재위험지수 0.8 이상 붉은색, 0.4 이하 초록색), 1차 작업평가 및 세부작업 평가를 수행한다. 분석

된 불산의 물성데이터를 기반으로 개략적인 확산범위 및 작업금지반경을 선정하며 동시에 세부위험작업평가를 기반으로 작업안전분석을 실시하고 안전작업허가 지침을 활용하여 각 세부작업들의 잠재위험요인의 확인과 이에 따른 안전 및 방재대책을 세운다. 최종적으로 사업장 평면도, 방재물자의 위치 설비 및 배관의 위치와 처리하는 물질의 종류 등의 layout 공간정보에 적용함으로써 가연성 물질 근처에서 수행되는 heat work와 같이 동시다발적인 작업 간 위험요소, 안전대책, 작업금지반경 등의 시각적인 정보를 작업자들이 빠르게 확인할 수 있게 한다. 위험도 mapping의 예시는 Fig. 3과 같으며 추가적으로 위험도 map과 사업장 내에 설치되어 있는 센서를 연계하여 누출사고발생 시 사업장 내 인원에게 사고발생정보 및 센서들 간의 네트워크로 추정되는 누출 물질의 확산범위, 최소대피범위의 확인 그리고 유관기관에 사고상황전파를 할 수 있는 방재대책을 고려할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 사고대비물질 취급 사업장에서 발생하는 산업재해를 미연에 방지하기 위해 기존 안전관리 시스템을 보다 실용적이고 효율적으로 활용할 수 있는 risk mapping에 관한 연구를 진행하였으며, Fig. 2의 순서에 따라 2012년 작업자의 오류로 발생한 구미 불산사고의 case study를 수행하였다. 불산 취급 사업장에서의 위험작업들을 산업안전공단 작업자 실수분석 가이드에 따라 작업평가의 일부분을 진행하였고 이를 기반으로 하역작업을 수행하는 작업의 범위, 불산의 물성에 따른 최소 접근금지 범위, 동시에 사업장에서 수행되는 다른 작업들 간의 위험도를 판단하기 용이한 색상으로 grid화 된 사업장 layout에 표현하였으며, 본 연구의 기대효과는 다음과 같다.

· 작업자가 수행하는 화학물질, 작업종류 등 분류인자에 따른 위험도 순위를 부여하고, 상대적으로 높은 위험도를 갖는 작업을 사업장 안전담당자가 집중안전관리 할 수 있다.

· 위험작업의 범위에 따라 작업수행순서설정, 접근금지범위, 그리고 방재설비의 위치를 시각적으로 표현함으로써 수행하는 작업에 대한 작업자들의 이해력과 습득력을 향상시킬 수 있다.

향후 보충할 연구로는 화학사업장의 recycle flow와 같은 복잡한 공정과 여러 기기들을 포함하고 있다는 것과 온도나 습도에 크게 영향을 받는 독성 및 가연성을 지닌 화학물질을 고압, 고온, 저압 등의 극한의 조건으로 운전 된다는 것[18], 또한 사업장 내에서 높은 빈도로 행해지는 건설관련 작업은 작업자의 유동성이 심하고 중량물을 취급하는 작업이 많으며 옥외 및 고소작업 또한 가변성, 일회성의 작업이 주를 이루고 있으므로 다양한 위험요소가 존재하고 있다는 것을 반영하는 연구를 진행하고자 한다[19].

최종적으로 위험작업들의 안전절차 및 위험성을 사업장 layout을 기반으로 하여 수행되는 작업들의 종류, 작업 간 최소 이격거리, 작업절차 및 안전대책 등의 최종 결과물을 디스플레이 해 줄 시스템 개발함으로써 기존 유해화학물질 사업장에서 사용하고 있는 시스템들의 시각지대를 보완해 줄 수 있을 것이다.

References

1. McSween, T. E., "Value-Based Safety Process," A John Wiley & Sons Inc(2003).
2. Ministry of Employment & Labor, "Analysis of Industrial Disasters," (2008-2012).
3. Kim, S. B., Park, C. H. and Ahn, S. Y., "Study of the Integrated Management for Business Handling Hazardous Chemicals," *Journal of Korean Society of Disaster Information*, **9**(3), 259-265(2013).
4. Lee, K. B., Kim, G. H. and Kang, K. S., "A Study of Safety Management Assessment Method of Unit Working Process," *Journal of the Korea Safety Management and Science*, **9**(2), 1-8(2007).
5. Lee, Y. S., Choi, J. W. and Kang, M. J., "A Study on the Analysis of Effect for the Application of Risk," Korea Occupational Safety & Health Agency(2007).
6. Korea Occupational Safety and Health Agency, "Industrial Accident Statistics: Serious industrial accidents," (2012-2013).
7. Kim, B. S., Ryu, B. T. and Ko, J. W., "A Study on the Development of Safety Management System for Harmful Chemical Substance Accident," *Korean Journal of Hazardous Materials*, **1**(1), 37-41(2013).
8. Lee, J. M., Yoo, J. H. and Ko, J. W., "A Study on Hazard Identification Method for Small and Medium Chemical Industries," *Korean Chem. Eng. Res.*, **45**(1), 103-108(2007).
9. Kim, M. H., "Serious Chemical Accident Prevention Measures," The 46th Emphasizing Week of Occupational Safety and Health, COEX, Seoul.
10. Korea Occupational Safety and Health Agency, "KOSHA GUIDE P-90-2012: Guidelines for Human Error Analysis," (2012).
11. Roughton, J. E., Crutchfield, N., "Job Hazard Analysis: A Guide for Voluntary Compliance and Beyond," Elsevier Inc(2008).
12. Yoon, I. K., Oh, S. K. and Seo, J. M., "Development of Hazard Inventory System for Effective Job Safety Analysis," *Proceedings of the Korean Institute of Gas Conference*, 73-76(2010).
13. Korea Occupational Safety and Health Agency, "KOSHA GUIDE P-140-2013: Guidelines for Job Safety Analysis," (2013).
14. Korea Occupational Safety and Health Agency, "KOSHA GUIDE P-94-2013: Guidelines for Safe Work Permit," (2013).
15. Ko, J. S., "Study on the Consequence Effect Analysis & Process Hazard Review at Gas Release from Hydrogen Fluoride Storage Tank," *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, **9**(4), 449-461(2013).
16. Lee, H. C., Han, S. H. and Kim, T. W., "Estimation of Effect Zone for the Establishment of Damage-Minimizing Plan of Chemical Plants," *Journal of the Korean Institute of Gas*, **15**(2), 69-74(2011).
17. Lee, J. W., Lim, D. H. and Ko, J. W., "Development of Risk Representation System for Chemical Plants," *Journal of the Korean Institute of Gas*, **9**(2), 28-33(2005).
18. Kim, K. S. and Ko, J. W., "Real-Time Risk Monitoring System for Chemical Plants," *Korean J. Chem. Eng.*, **22**(1), 26-31(2005).
19. Park, J. H., Park, H. C. and Lee, K. H., "A Study on the Development of the Safety Work Manual of a Small Construction Site That Takes Advantage of the Risk Assessment Methods," *Proceedings of the Safety Management and Science Conference*, 301-310(2013).