

중·소 화학공장에 적합한 위험성 평가 기법 개발에 관한 연구

이재민 · 유진환 · 고재욱[†]

광운대학교 화학공학과
139-701 서울시 노원구 월계동 447-1
(2006년 11월 17일 접수, 2006년 12월 27일 채택)

A Study on Hazard Identification Method for Small and Medium Chemical Industries

Jae Min Lee, Jin Hwan Yoo and Jae Wook Ko[†]

Department of Chemical Engineering, Kwangwoon University, 447-1, Wolgye-dong, Nowon-gu, Seoul 139-701, Korea
(Received 17 November 2006; accepted 27 December 2006)

요 약

HAZOP 기법은 전문가의 경험과 지식을 기초로 브레인스토밍(brainstorming) 방식을 적용함으로써 체계적으로 잠재 위험을 분석, 평가하는 방법으로 검토 시 누락의 가능성을 배제하고 비교적 객관화된 평가서를 작성할 수 있는 장점으로 인하여 널리 이용되고 있다. 그러나 대규모 화학공장에서는 HAZOP 기법을 이용한 위험성 평가의 실시 및 그 결과의 활용이 잘 이루어지고 있으나, 중·소 화학공장들의 경우 기법 적용이 용이하지 못하여 현실적으로 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 본 연구에서는 기존에 많이 사용되고 있는 위험성 평가 기법들의 장·단점을 분석·검토하여 중·소 화학공장의 현장에 적용하기 쉬운 위험성 평가 기법을 제시함으로써 사업장 위험 관리 수준의 향상에 기여하고자 하였다.

Abstract – HAZOP analysis is a systematic method on the basis of the experts' experience and knowledge and is used for hazard identification and risk assessment by using brainstorming method. So, HAZOP analysis has been applied to major chemical industries efficiently. But it does not apply to small and midium chemical industries because of the insufficiency of the experts. Hence, in this study a new hazard identification method is proposed by modifying complexity and expertise of the HAZOP analysis and will be contributed to improve risk management for small and midium chemical industries.

Keywords: HAZOP, Hazard Identification, Small and Midium Chemical Industry, Release, Fire & Explosion, Process Trouble, Injury

1. 서 론

1996년 PSM 제도의 시행으로 국내 화학공장에 공정 위험성 평가를 위해 HAZOP 기법이 도입 되었다. 2005년 기준으로 약 10년이 경과하였으며, 지속적인 PSM 제도 이행 점검 결과와 공정 안전 문화 연구 등을 통하여 위험성 평가 부분에 문제점이 있음을 인식하게 되었다. 대규모 사업장의 경우 상대적으로 풍부한 물적 자원과 교육 수준이 높은 자원으로 인해 위험성 평가 부분의 평가 결과와 비교적 양호 하였으나, 중·소규모의 사업장은 위험성 평가 부분의 평가 결과가 하위권에 속하는 경향을 보였다. 따라서 HAZOP 기법을 이용한 위험성 평가 기법이 중·소규모 사업장에 적용하기에 다소 어렵고, 그 결과 위험성 평가 및 위험 요소 관리가 잘 이루어지기 힘든 상황이다.

따라서 본 연구에서는 기존에 많이 사용되고 있는 정성적 위험성 평가 기법들을 분석·검토하고, 실제 현장에서 많이 발생하고 있는 화재·폭발·누출 사고 메카니즘을 중심으로 분석하였다. 그리고 공정 변수들의 오조작에 의한 공정 문제점 메카니즘 및 상해(injury) 메카니즘을 분석하여 각 잠재적 위험에 대하여 원인을 분류하고, 위험성 평가를 위한 가이드 워드를 개발하고자 하였다.

또한, 가이드 워드들에 대한 원인·결과, 관련 문제 사항, 현재 안전 조치, 개선 사항을 포함시켜 새로운 위험성 평가 기법의 워크시트를 개발하고, 중·소 화학공장을 대상으로 사례 연구를 실시하여 기법의 장·단점을 분석 하였다. 그리고 기존의 많이 사용되고 있는 정성적 위험성 평가 기법 중 HAZOP 기법과의 비교를 통하여 중·소 화학공장의 현장에 적용하기 용이하다는 것을 입증하고 이를 중·소 화학공장에 새로운 위험성 평가 기법으로 제시함으로써 사업장 위험 관리 수준의 향상에 기여하고자 한다.

[†]To whom correspondence should be addressed.
E-mail: jwko@daisy.kw.ac.kr

2. 본 론

2-1. 사고 원인 분석

2-1-1. 화재·폭발·누출 사고 원인 분석

화학공장에서 물질 누출 발생 시 누출 물질의 성질에 따라 화재·폭발 및 독성 물질 확산 사고로 전개된다. 가연성 물질 누출 시 점화에 의한 사고로서 화재·폭발이 발생하며, 화재·폭발 사고는 상호 연관성이 많으며, 대부분 복합적으로 발생한다. 점화되지 않을 경우 토양 및 하천으로 흘러들어 환경오염 등 2차적인 영향을 줄 수 있다.

또한 독성물질 누출 시 독성가스 확산에 의한 인체 상해 및 환경오염 사고로 전개되는 경우 그 피해가 가장 심각하며, 대기오염으로 전개될 경우 그 피해 범위가 광범위해져 on-site뿐만 아니라, off-site까지 피해를 줄 수 있어 지역사회로 까지 사고가 확대될 가능성이 있다.

따라서, 점화원 및 점화시기에 따른 구분은 Fig. 1과 같다.

2-1-2. 공정 문제점(process trouble) 원인 분석

연속식 공정에서 온도, 압력, 농도, pH, 유량, 액위 등 공정 변수들의 조절 실패 같은 조업적인 요인과 촉매의 불균일 및 부적절한 교체 시기 등 물질적 요인에 의해 공정 Shut-Down 및 품질 이상 등 공정 문제점을 초래하게 된다.

공정변수 및 촉매 등의 요인과 더불어 조업 순서 및 운전 시간이 조업 상 변수로서 공정 문제점의 원인으로 작용한다.

공정 문제점의 메카니즘은 Fig. 2와 같다.

2-1-3. 상해(injury) 메카니즘 검토

상해(injury)는 산업재해와 밀접한 관련성을 가지며, 유지·보수 등 사람의 손길이 닿아야만 이루어지는 활동 중 발생하게 된다.

산업재해 원인은 직접 원인과 간접 원인으로 나누어지며, 재해의 과정은 다음과 같은 연쇄 관계를 거쳐 진행된다. 따라서 연쇄를 절단하여 하나의 원인을 제거하면 사고의 발생을 방지할 수 있다.

상해 메카니즘은 Fig. 3과 같다.

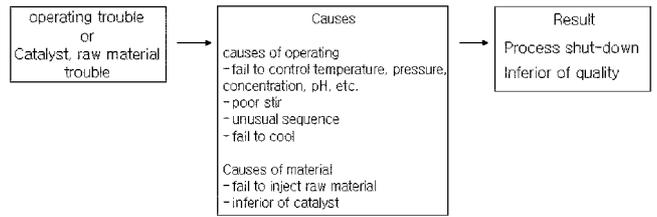


Fig. 2. The mechanism of process trouble.

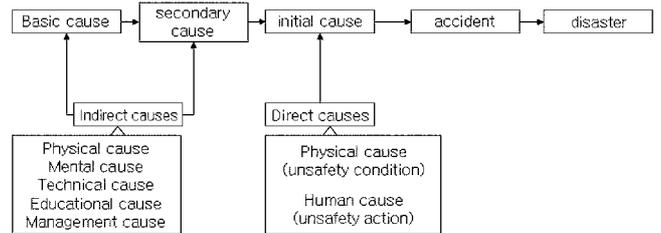


Fig. 3. The mechanism of injury.

2-2. 위험성 평가 가이드 워드(guide words) 개발

위험성 평가를 위한 가이드 워드는 앞 절에서 분석된 사고 메카니즘을 기반으로 각 잠재적 위험을 위험 요소(hazard)와 원인·결과(cause·consequence)로 구분하여 워크시트 작성시 적용이 용이하도록 가이드 워드를 개발하였다.

2-2-1. Guide words

(1) 잠재위험요소(hazard)

누출(release)
화재·폭발(fire & explosion)
공정 trouble(process trouble)
상해(injury)

(2) 원인·결과(cause·consequence)

2-3. 위험성 평가 워크시트 개발

본 연구에서 개발한 위험성 평가를 위한 워크시트는 HAZOP, PHR 등 기존의 위험성 평가 기법을 벤치마킹하고, 현장 시범 적용을 통한 현장 의견을 반영하여 완성하였다.

본 연구에서 개발된 가이드 워드에서 위험(hazard)을 4가지로 구분하고, 그 원인과 결과를 메카니즘 분석을 통하여 정립하였다. 따라서 워크시트는 가이드 워드의 구성 요소를 이용하여 쉽게 화학공장에 위험성을 평가할 수 있도록 위험(hazard)과 원인·결과(causeconsequence) 구조로 개발하였다.

따라서, 기본 정보 입력 후 가이드 워드의 4개 위험을 선택하여 그 원인·결과를 찾아 가는 논리적이고 체계적인 구조를 가지고 있다고 할 수 있으며, 본 연구에서 개발된 워크시트와 가이드 워드를 이용한 위험성 평가 절차는 Fig. 4와 같다.

위험성 평가 워크시트는 기본적으로 평가 대상 공정을 정확히 알 수 있도록 기존 평가 기법들에서 대부분 기록하는 평가 공정, 평가일, 평가 팀, 도면 번호 등 기본정보를 워크시트 상단에 구성하였고, Fig. 4의 평가 절차를 사업장에서 손쉽게 적용할 수 있도록 워크시트 항목을 구성하였다.

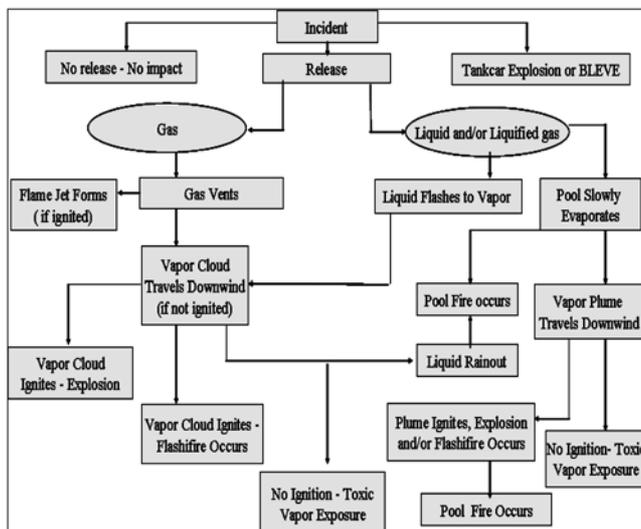


Fig. 1. The mechanism of fire, explosion & release.

Table 1. Guide words of release

Hazard	Causes	Causes(detail)
Release	Corrosion	In/out corrosion, stress corrosion, Creep, thermal repetition, etc.
	Erosion	Metal fatigue, crack, quake, etc.
	Leak	Release out of flange, sampling, point, valve, pump
	Rupture	Polymerization, contamination, inside detonation, physical overpressure, expanding, vent close, fail to control, overcharge, layering, rollover, water hammer, flashing
	Puncture	Mechanical energy, machine failure, missile, shock, outside vehicle, collision, domino effect, machine quake, overspeed, liquid ingestion
	opening failure	Vent, drain, pressure vent latter, maintenance failure, sample point, spilling, blow down, hose, tank loading/unloading
	Etc.	Missile effect, sightglass rupture, etc.

Table 2. Guide words of fire and

Hazard	Causes	Causes(detail)
Fire/Explosion	Physical overpressure	Inlet/outlet close, valve close, relief system failure
	Handling limit chemical material and dust	Fire of flammable mixture, runaway reaction, fire & explosion caused by catalyst failure, composition change caused by pollutant
	Ignition source	Ignition caused by static, spark, welding, friction heat, radiation, vehicles, flare
	Puncture	Mechanical energy, machine failure, missile, shock, outside vehicle, collision, domino effect, machine quake, overspeed, liquid ingestion
	Opening failure	Vent, drain, pressure vent latter, maintenance failure, sample point, spilling, blow down, hose, tank loading/unloading
Etc.	Air contact, fuel trouble, etc.	

Table 3. Guide words of process trouble

Hazard	Causes	Causes(detail)
Injury	Unsafety condition (physical causes)	Oneself defect, safety guard defect, operating condition defect
	Unsafety behavior (human error)	Hazard area access, safety guard remove, protection equipment failure, unsefety speed control, hazard material handles, unsafety condition, leave, unsafety position/action, supervision and connection failure
	Etc.	Otherwise that can't classify

Table 4. Guide words of injury

Hazard	Causes	Causes(detail)
Process trouble	Operation	Failure of temperature, pressure, concentration, pH, stir, operation, sequence, cooling
	Material	Raw material and catalyst failure
	Etc.	Otherwise

표 안의 5가지 항목은 다음과 같다.

■ 위험(hazard)

사업장에서 발생한 사고로 인하여 직·간접적으로 인적, 물적, 환경적 피해를 입히는 원인이 될 수 있는 잠재적인 위험성으로서 본 연구에서는 누출, 화재/폭발, 공정 문제점 및 상해 4가지로 표현하였다.

■ 원인·결과(cause·consequence)

위험 요소가 발생할 수 있는 사고 원인 및 사고 원인으로부터 발생할 수 있다고 예측 되어지는 사고 결과를 표현 하였다.

■ 관련 문제 사항(problem & concern)

해당 잠재 위험 및 원인·결과 사항에 대한 주요 관심 사항 및 팀 원 또는 경영진에서 생각하는 주요 쟁점 사항 등을 표현한다.

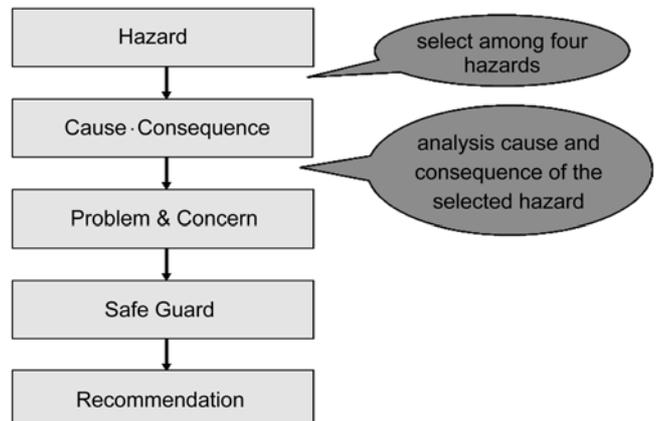


Fig. 4. The procedure of assessment.

Table 5. The worksheet of risk assessment

Hazard	Cause · Consequence	Problem & Concern	Safe Guard	Recommendation
--------	---------------------	-------------------	------------	----------------

1. Plant : 2. Team : 3. Item : 4. Date : 5. Page : 6. Drawing No.

Table 6. The release worksheet of CASE STUDY

Hazard	Cause · Consequence	Problem & Concern	Safe Guard	Recommendation
Release	1. Environment pollution by toxic gas release caused by gasket obsolete and assembly failure	1.1 After repair, operator fail to assemble and used unfit gasket 1.2 Not enough management of flanges and gaskets specification	1. After checking gasket installed	1. Manage the flange and gasket
	2. Fire and explosion by pressure rise caused by overpressure in reactor		2.1 PSV-2105 installed 2.2 PIC-2101 installed 2.3 Interlock-2101 operate	
	3. Environment pollution by benzene release caused by GA-pump seal leak	3. Non-seal type is safe but expensive	3.1 Installed gas detector 3.2 Patrolling interval of 2 hour	3. Non-seal type installing
	4. Environment pollution by pipe and flange metamorphosis and release toxic gas caused by thermal repetition at start-up		4. Observe SOP	
	5. Pipe and flange rupture caused by pump alignment failure after repair		5. Test pump after repair	

1. Plant : continuous process-1, 2. Team : O O Team, 3. Item : O O, 4. Date : 2005. 07. 27, 5. Page : 1-1

Table 7. The fire and explosion worksheet of CASE STUDY

Hazard	Cause · Consequence	Problem & Concern	Safe Guard	Recommendation
Fire and explosion	1. Ignite flammable material caused by static under raw material injection inside of reactor		1.1 Checking ground by period 1.2 Thoroughly ground	
	2. Reactor explosion by overpressure caused by runaway reaction		2.1 Installed TIC-2101 2.2 Interlock-2107 operated by TIH-2101 2.3 PSV-2105 installed 2.4 PIC-2101 installed 2.5 PIH-2101 installed 2.6 Interlock-2101 operated by PSHH-2105	
	3. Fire and explosion caused by overheating of poor GA-2101 seal		3.1 Fire extinguisher equipped 3.2 Fire protection equipment installed 3.3 Check seal condition by period	3. Non-seal type installing
	4. Fire and explosion caused by spark under flammable work		4.1 Work by safety operation permission formality 4.2 One-point hazard training before work	4.1 Simplicity and clearness of safety operation permission formality

1. Plant : continuous process-1, 4. 2. Team : O O Team, 3. Item : O O, 4. Date : 2005. 07. 27, 5. Page : 1-2

■ 현재 안전 조치(safe guard)

잠재 위험 및 원인·결과 사항에 대한 안전 장치의 역할을 하고 있는 이미 설치된 장치 등을 말한다.

■ 개선 사항(recommendation)

잠재 위험 및 원인·결과 사항에 대한 현재 안전 조치가 부족하다고 판단 될 때 안전성을 확보하기 위해 도출된 추가적인 장치 또는 활동 등을 말한다.

3. 사례 연구

현재 PSM 제도 적용 대상 사업장 중 본 연구에 적합한 중·소 화학공장(주) OO화학을 선정하여, 효율적인 진행을 위하여 기본 교

육 후 위험성 평가를 실시하였다.

■ 진행 내용

- 공정 안전 관리 개론 및 위험성 평가 방법 교육
- 공정 위험성 평가 실시

대상 사업장을 대상으로 본 연구에서 개발한 위험성 평가 기법을 실시한 결과는 아래 Table 6부터 9와 같다.

시범 사업장을 선정하여 나타난 문제점은 가이드 워드 개발 및 수정 과정에 현장 적용성을 극대화하기 위하여 반영하였으며, 시범 사업장 적용 결과 분석 내용은 Table 10과 같다.

시범 사업장의 결과, 본 연구에서 개발한 새로운 위험성 평가 기법에 대한 기존의 위험성 평가 기법과의 차이점을 인식하지 못하였

Table 8. The process trouble worksheet of CASE STUDY

Hazard	Cause · Consequence	Problem & Concern	Safe Guard	Recommendation
Process trouble	1. Reaction declined by catalyst injection process omission caused by catalyst injection pump failure		1.1 FI-2116(low alarm) installed 1.2 PSV-2105 installed 1.3 PIC-2101 installed 1.4 PIH-2101 installed 1.5 Interlock operated by PSHH-2105	
	2. Reaction declined by temperature keeping failure caused by TIC-2101 trip failure		2.1 PSV-2105 installed 2.2 PIC-2101 installed 2.3 PIH-2101 installed 2.4 Interlock operated by PSHH-2105	
	3. Temperature risen by cooling failure caused by GA-2101 trip		3.1 Pump trip alarm installed 3.2 Stand-by pump auto operated by PIAL-2109(pressure alarm) 3.3 Interlock-2107 operated by TIH-2101	
	4. Temperature risen by cooling failure caused by heat exchanger tube damage		4. Interlock-2107 operated by TIH-2101	

1. Plant : continuous process-1, 2. Team : O O Team, 3. Item : O O, 4. Date : 2005. 07. 27, 5. Page : 1-3

Table 9. The injury worksheet of CASE STUDY

Hazard	Cause · Consequence	Problem & Concern	Safe Guard	Recommendation
Injury	1. Fracture caused by misstep in process drainage cover uninstalled area	1. Some part cover uninstalled	1. cover installed	1. Installing cover
	2. Collide with pipe and projection in process area	2. Pipe positioning impossible place existence	2. Hard hat putting on, training	1. Caution label installing at usual pass
	3. Lumbago caused by weight work under repair		3.1 Pair work at weight work 3.2 Work that use equipment 3.3 Wear waist safety protection equip	
	4. After pipe purge for work, injury caused by remained pressure under take to piece hose		4. Wear goggle	4. Installing vent valve
	5. Falling caused by ground freezing and oil releasing		5. Clean oil release and freezing area	5. Equip oil dustcloth at oil release and freezing area
	6. Scald caused by steam tracing part touching		6. Wear long-armed working cloth	
	7. Stricture caused by centrifugal machine under repair		7. Safety cover installed	

1. Plant : continuous process-1, 2. Team : O O Team, 3. Item : O O, 4. Date : 2005. 07. 27, 5. Page : 1-4

Table 10. The result of CASE STUDY

Classification	Present Condition	Countermeasure
General item	1. Number of employee that is familiar with HAZOP do not recognize a point of difference with new technique in work place 2. There is part that is not so comprehensive and specific, and unfamiliarity about method is felt 3. Convenient than hazop, and is included know-how of maintenance that hazop have not reflected	1. Because employees are familiar to hazop in a place of business, need education 2. Education must clarify and execute role of leader and clerk in charge 3. This method is middle form of what-if and checklist method
Worksheet	1. Integration hope of hazard, cause and consequence 2. Substance for 3 item is not specific	1. It will be corrected worksheet after correction and repletion for items
Guide words and assessment methods	1. Plain justice of guide and re-thesis 2. It may have batter greatly extent of node 3. It has better take advantage of past accident case actively including near-miss	1. Accident cause may apply on the basis of PHR method 2. Study node may establish unit process 3. Consequences will include shut-down, deterioration, injury, etc. beside fire, explosion, release
Team composition	1. It have better attend official team and accident investigation team 2. It is thought that leader's role is very important	1. An example workplace assessment result, it need supplementation in estimation team 2. It will reflect in estimation guide

고, 기존의 위험성 평가 기법인 HAZOP의 틀에 맞추어 가려는 경향을 보였다.

또한, 워크시트의 각 항목에 대한 이해가 아직 부족했으며, 새로운 가이드 워드에 익숙하지 않아 원인·결과를 도출하는데 어려움이

있었다. 하지만 본 연구에서 개발한 평가기법은 노드(node) 단위가 아닌 단위로 평가를 수행하기 때문에 기존의 평가 기법보다 시간이 단축되었으며, 기존에 반영되지 않은 유지보수 및 노하우 등이 반영되어 있다.

Table 11. Comparison of HAZOP and new assessment technique

Classification	Developed Hazard Identification Method	HAZOP
Fitness to chemical industries	Fitness in work step	Fitness in design step
Required persons in estimation	Each class 4~6 person	Each class 5~8 person
Required time in estimation	A half of HAZOP	-
Employees' adaptation time about estimation techniques	Various situation reflection of workplace	N/A
Required time for education about new number of persons	2 Day	4 Day
Fitness of estimation result	Real side result deduction	Designable side result deduction
Fitness of estimation result improvement plan	Establishing accident mechanism through setting an example application and domestic accident analysis, it is fairly actualization	Designable side recommendation deduction

HAZOP과 개발한 위험성 평가 기법을 비교한 결과는 Table 11과 같다.

5. 결 론

1996년 PSM 제도의 시행으로 국내 화학공장에 공정 위험성 평가를 위해 HAZOP 기법이 도입 되었다. 2005년 3월 기준으로 약 10년이란 기간이 경과 하였으며, 지속적인 PSM 제도 이행 점검 결과와 공정 안전 문화 연구 등을 통하여 위험성 평가 부분에 문제점이 있음을 인식하게 되었다.

현재 화학공장에서는 HAZOP 기법이 화학공장에서의 위험성과 운전성을 정해진 규칙과 설계도면에 의하여 체계적으로 분석, 평가하는 방법으로 검토 시 누락의 가능성을 배제하고 비교적 객관화된 평가서를 작성할 수 있는 등의 장점으로 인하여 널리 이용되고 있다. 그러나 HAZOP 기법은 팀 구성원 변경, 리더의 경험의 지나친 의존, 토론 분위기의 부자유성 및 기록의 부실화 등 단점이 있으며 지나치게 전문적인 지식을 요구함으로써 해당 공정에 대한 오랜 경험 및 HAZOP 기법에 대한 전문지식 없이 수행하는 것이 불가능하다는 결정적 단점이 있으며, 교육 수준이 높은 직원을 많이 보유한 대규모 사업장은 HAZOP 기법을 이용한 위험성 평가의 실시 및 그 결과의 활용이 잘 이루어지고 있으나, 소규모 사업장의 경우 기법 적용이 용이하지 못하여 현실적으로 많은 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 PSM 대상 중·소 화학공장에서 사용하기 쉬운 위험성 평가 기법이 필요하다고 사료되어 이에 대한 연구를 통해 새로운 위험성 평가 기법을 개발하였고 연구 결과는 다음과 같다.

■ 본 연구에서 개발한 가이드 워드는 화학공장에서 발생 가능한 화재·폭발·누출 메카니즘, 공정 문제점 메카니즘 및 상해 메카니즘을 분석하여 각 잠재적 위험을 회분식과 연속식 공정을 대상으로 별도로 구분하여, 위험요소(hazard)와 원인·결과(cause-consequence)로 구분하여 워크시트 작성 시 적용이 용이하도록 개발되었다.

■ 중·소 화학공장에 대한 새로운 위험성 평가 기법의 적용 결과, 기법의 적합성, 위험성 평가 소요 인원, 평가 소요 시간, 기존 직원들의 위험성 평가 기법에 대한 적응, 신규 인원에 대한 위험성 평가 교육 소요 시간, 평가 결과의 적합성 등 기존의 위험성 평가 기법(HAZOP)에 비해 현저히 개선되었다.

■ 본 연구에서 개발된 현장 적용이 용이한 화학공장의 위험성 평가 기법을 사업장에 보급함으로써 사업장 위험 관리 수준의 향상에 기여할 수 있다고 사료된다.

■ 끝으로, 본 연구에서 개발된 위험성 평가 기법을 사업장에 보급하고 신뢰성 및 적용성을 높이고 수정 및 보완을 거친다면 중·소 화학공장에 대한 위험성 평가 시 매우 유용하리라 사료된다.

감 사

이 연구 결과는 한국산업안전공단과 소방방재청의 지원 결과로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. CCPS, "Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis," *AIChE, SECOND EDITION*, 5-387(2000).
2. CCPS, "Guideline for Technical Management for Chemical Process Safety," *AIChE*, 9-70(1989).
3. CCPS, "Guideline for Hazard Evaluation Procedure," *AIChE*, 24-224(1989).
4. Crowl, D. A. and J. F. Louvar, "Chemical Process Safety : Fundamentals with Applications, SECOND EDITION," 429-532(2002).
5. David, D. B., "System Analysis and Design for Safety," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey(1976).
6. Farmer, F. R., "Experience in the Reduction of Risk," Institute of Chemical Engineers Symposium Series, No. 34(1971).
7. Less, F. P., "Loss Prevention in the Process Industries," *Vol. 1*, (1980).
8. Korean Occupational Safety & Health Agency, "Effect Analysis and Development Direction of Process Safety Management System," (2001).
9. Korean Occupational Safety & Health Agency, "Major Industrial Accident Casebook," (2004).
10. Ralph King, "Safety in the Process Industries," 60-298(1990).
11. Theodore, L., Reynolds, J. P., Taylor, F. B., "Accident and Emergency Management," (1989).
12. Korean Occupational Safety & Health Agency, "KOSHA-Code," (2001).
13. "Major Hazard Control : A Practical Manual," (1988).