



## 화학 관련 산업의 중대 재해 원인분석을 통한 안전관리 중요성에 관한 연구

†안형환

한국교통대학교 안전공학과  
(2015년 1월 9일 접수, 2015년 2월 20일 수정, 2015년 2월 21일 채택)

### A Study on the Importance of Safety Measurement Based on the Analysis of the Factors Leading to Serious Accidents Related to Chemical Industries

†Hyung Hwan An

Dept. of Safety Engineering, Korea National University of Transportation, Chungju  
Chungbuk, Korea

(Received January 9, 2015; Revised February 20, 2015; Accepted February 21, 2015)

#### 요약

화학 관련 산업에서의 중대재해 발생 사고를 업종별로 분류하여 방호시설, 설비결함, 기인물 및 불안전 행동 그리고 고용형태 등에 대한 영향을 살펴보고자 하였다. 이에 다음과 같은 결과를 얻었다. 첫째 화학 관련 업종 중에서 화학물 및 화학제품 제조업이 중대재해자 수가 가장 많은 것을 알 수 있었고, 그 중에서도 특정방호시설에 집중되고 있는 것을 파악하였다. 둘째 고용형태에 따른 중대재해는 주로 임시직 및 일용직이 아닌 상용직 경력자들에서 일어나는 것을 알 수 있었으며 피해 형태는 주로 대형사고로 인한 4명이상 사망자가 발생하는 피해가 발생하는 것으로 파악되었다.

**Abstract** - This study is an analysis of characteristics and the causes of serious accidents in chemical industry. The statistical analysis was focused on preventive facilities, equipment failures, accident materials and instabilities of workers and employment type. First, it showed that the highest number of the victims of accidents were involved in the industry of chemical materials and chemical products among the investigation of the manufactural industries. Also, particularly, they were investigated to be focused on the occurrence of the serious accidents in preventive facilities. Secondly, the most of the victims of serious accidents were found out not to be temporary or part-time worker but regular workers and most of the accidents occur in the form of big accidents involving more than 4 workers.

**Key words** : serious accidents, chemical industry, a preventive facilities

#### 1. 서론

우리나라의 화학공장은 '60년대 말 '70년대 초에 설립되면서 산업화가 본격적으로 일어났다고 볼 수 있다. 이러한 산업화를 통하여 경제적으로 많은 효

과를 얻었으나 반면에 산업화로 인한 산업사고는 날로 증가하여 중대 사업사고에 의한 사망사고가 빈번하게 일어나고 있을 뿐만 아니라 선진국에 비해 월등히 높은 산업재해율을 기록하고 있다[1]. 이에 정부에서도 다양한 방법을 통해 산업재해를 줄이고자 하는 노력을 기울여오고 있으나 선진국과의 큰 재해율 격차를 크게 줄이지 못하고 있는 것이 현실이다. 이에 정부는 중대 화학사고 등에 대한 예방 대책에

†Corresponding author:hhahn@ut.ac.kr  
Copyright © 2015 by The Korean Institute of Gas

역량을 집중하고 있다[2]. 그 내용을 살펴보면 정부의 대책은 최근에 발생하는 중대사고가 장비/시설의 문제가 아니라 노사의 안전수칙 미 준수, 화학물질 취급사업장의 체계적 관리 미흡 등이 주요원인으로 분석하고 집중관리 하고 있다.

Boppana V. Ramabrahmam와 G. Swamina than [3]는 기술적인 재해관리에 대하여 강조하면서 생산이나 제조 분배에 대한 관리 일원화가 필요하다고 보고하였다. 또한 Chien-Chung Chena 등은[4] 석유화학 및 화학공정에서의 중대 재해는 주로 부주의나 실수에서 일어난다고 보고하였다.

따라서 이 연구에서는 고용노동부의 중대재해 자료를 이용하여 중대재해가 자주 일어나는 원인을 분석하여 대책을 마련하는데 기초자료로 활용하고자 하였다.

## II. 분석결과 및 고찰

화학 관련 산업에서의 사고는 세계적으로 매년 줄어드는 추세로 EU-15개국의 근로자 100인을 기준으로 사고발생율을 살펴보면 Fig. 1과 같이 최근 11년간 점차적으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 사고 발생율을 보면 1995년에 2.43에서 2004년에 1.45로 약 60%가까이 감소하고 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 세계 각국이 시설정비 및 안전관리 등을 통해 노력한 결과라 하겠다.

우리나라 화학 관련 산업의 최근 5년 동안의 사고율을 살펴보면 Fig. 2와 같이 점차 감소하는 것을 알 수 있다. 여기서의 화학 관련 산업이란 섬유 또는 섬유제품제조업(감, 울), 화학제품제조업, 코크스 및 석탄가스제조업, 고무제품제조업을 대상으로 분석하였다.

이 때 Fig. 1과 Fig. 2에서의 화학산업의 대상은

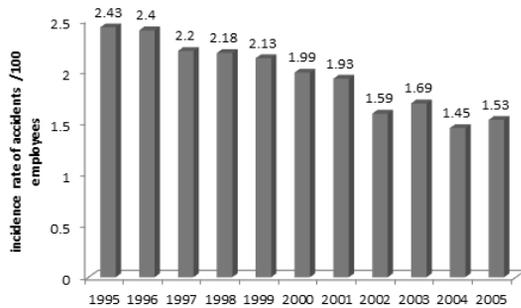


Fig. 1. EU-15 The rate of victims out of 100 chemical industrial workers.(Data:Cefic The european chemical industry council)

약간 다를 수 있다. 그러나 국내의 화학산업에서의 근로자 100인당 사고자율과 EU-15개국의 사고자율을 비교하면 우리나라 화학 산업에서의 사고자율이 적게 나타나는 것을 알 수 있다.

### 2.1. 산업별 안전방호시설에서의 재해 현황 (2006년기준)

화학 관련 산업별 안전방호시설에 대한 중대재해 발생에 대한 분석을 하면 Table 1에서 보는 바와 같이 화학 관련 산업 중대재해자 수 96명중 화학물 및 화학제품 제조업에서 53명의 재해자가 발생하여 55%를 차지하고 있는 것을 알 수 있었고, 그 중에서도 특정재해시설에 집중되고 있다. 따라서 특정재해시설에 대한 근본적인 점검 및 안전관리가 필요하고 장기적으로 관련한 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 섬유제품과 고무 및 플라스틱제품 제조업이 각각 12명, 13명을 나타내고 있어 약 26%를 차지하고 있다. 이들 업종 특징은 화학물 및 화학

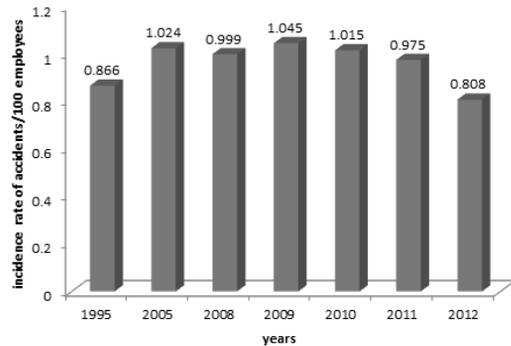


Fig. 2. The rate of victims out of 100 domestic industrial workers in chemical related industry.

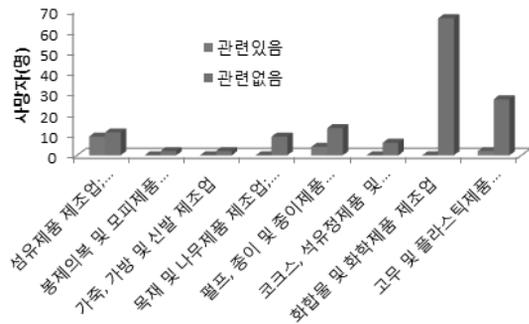


Fig. 3. The number and percentage of deaths by a facility deficiency in different industries.

제품 제조업의 특징과는 다른 방호시설의 전반에 걸쳐 재해가 일어나는 것을 알 수 있었다.

**2.2. 산업별 설비결함 상태에 따른 재해 비중**

Fig. 3은 화학 관련 산업에서의 설비결함과 재해의 상관관계에 대한 분석으로 대체적으로 화학 관련 산업의 경우 설비결함과 연관성이 크지 않은 것으로 나타났다. 이런 현상은 대체적으로 설비고장이나 결

함에는 대처를 잘하고 있으나 운영 중 운전미숙이나 작업 중 과실에 의해 일어나는 것을 알 수 있었다.

Table 2에서 중대재해의 기인물을 살펴보면 화학 관련 전 업종에서 발생한 중대재해자 수 131명 중 101명이 설비·기계에서 발생하고 있다. 이는 앞서 언급한대로 설비·기계의 직접적인 원인이 아닌 간접적인 원인에 의한 재해가 발생하여 중대사고로 이어지는 것으로 판단할 수 있다.

**Table 1.** The number of serious industrial accident victims in different industries and safe protective facilities

산업(업종)	안전방호시설 총계	통행로 작업지역 방호시설	추락, 전도, 낙하 등 방호시설	동력기계 위험부방 호시설	프레스 및 전단기 방호시설	비상정지 및 인터록	이상압력, 온도 등의 방호시설	작업환경적 요인의 방호시설	특정재해 방호시설	기타 및 분류불능
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	12	0	3	1	1	2	1	0	4	0
봉제의복 및 모피제품 제조업	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
가죽, 가방 및 신발 제조업	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	4	0	1	1	0	1	0	0	1	0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	5	2	1	1	0	1	0	0	0	0
코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업	6	0	0	0	0	1	0	0	5	0
화합물 및 화학제품 제조업	53	1	2	0	0	0	0	2	48	0
고무 및 플라스틱제품 제조업	13	0	2	1	0	4	0	0	6	0
계	96	3	9	4	2	9	1	2	66	0

(자료:한국산업안전보건공단,2006)

**Table 2.** The number of serious industrial accidents according to different causes

산업(업종)	기인물 총계	설비· 기계	휴대용 및 인력용 기계기구	부품, 부속물 및 재료	건축물· 구조물및 표면	용기, 용품, 가구 및 기구	화학물질 및 화학제품	교통 수단	사람, 동식물	작업환경 대기여건 등 자연현상	기타 및 분류불능
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외	20	7	1	7	2	0	3	0	0	0	0
봉제의복 및 모피제품 제조업	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
가죽, 가방 및 신발 제조업	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외	9	5	1	1	1	0	0	1	0	0	0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	17	12	0	1	2	1	0	0	1	0	0
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업	6	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0
화합물 및 화학제품 제조업	66	51	0	1	1	2	11	0	0	0	0
고무 및 플라스틱제품 제조업	29	19	0	0	3	1	0	3	0	1	2
계	131	101	2	10	9	6	15	4	1	1	2

(자료:한국산업안전보건공단,2006)

**2.3. 재해발생 형태 및 작업자의 불안정한 행동에 따른 중대재해 영향**

일반적으로 재해는 여러 가지 복잡한 인과관계에서 일어난다고 할 수 있다. Zoe Nivolianitou 등[5]은 연구논문을 통해 유럽의 석유화학산업에서 사람과 조직적인 측면의 주요사고 원인은 설비의 디자인이 23%로 가장 크고 절차적인 측면이 18%, 그리고

공정에 대한 분석 잘못이 15%를 차지한다고 보고하였다. 우리나라에서도 Table 3에서 보는 바와 같이 설비·기계 및 물질의 부적절한 사용·관리의 문제가 전체 재해자수 151명에 55명으로 36%를 차지하고 있어 중대재해를 최소화하기 위한 중요한 관리인자라 할 수 있다. 또한 특이한 사항은 화학관련 업종 중 화합물 및 화학제품 제조업의 경우 해당 업종

**Table 3.** Serious accident victim numbers of unsafe actions workers

산업(업종)	불안정한행동	총계	설비·기계 및물질의 부적절한 사용·관리	구조물등 그밖의 위험방지 및미확인	작업수행 소홀 및 절차 미준수	불안정한 작업자세	작업 수행중 과실	무모한 또는 불필요한 행위 및 동작	복장, 보호장비 부적절한 사용	기타 및 분류 불능
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외		20	17	1	0	0	1	0	1	0
봉제의복 및 모피제품 제조업		2	2	0	0	0	0	0	0	0
가죽, 가방 및 신발 제조업		2	2	0	0	0	0	0	0	0
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외		9	2	0	4	0	0	0	3	0
프, 종이 및 종이제품 제조업		17	7	1	6	0	0	1	1	1
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업		0	0	0	0	0	0	0	0	0
코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업		6	6	0	0	0	0	0	0	0
화합물 및 화학제품 제조업		66	8	3	8	0	42	0	3	2
고무 및 플라스틱제품 제조업		29	11	2	9	0	1	1	3	2
계		151	55	7	27	0	44	2	11	5

(자료:한국산업안전보건공단, 2006)

**Table 4.** Serious accident victim numbers of accident types

산업(업종)	재해발생형태	총계	물체 및 설비에 접촉	추락	전도 전복	충돌 접촉	낙하 비레	협착 감김	붕괴 도괴	기타	신체 반응 및 동작	유해·위험 물질 및 환경에 노출 접촉	화재 등 특정 사고	폭력 행위	기타 및 분류 불능
섬유제품 제조업; 봉제의복 제외		27	7	3	0	0	1	3	0	0	0	1	12	0	0
봉제의복 및 모피제품 제조업		3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
가죽, 가방 및 신발 제조업		3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
목재 및 나무제품 제조업; 가구제외		17	8	2	0	3	2	1	0	0	0	0	1	0	0
펄프, 종이 및 종이제품 제조업		30	13	2	2	1	0	6	2	0	0	0	3	1	0
출판, 인쇄 및 기록매체 복제업		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
코크스, 석유정제품 및 핵연료 제조업		7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	0
화합물 및 화학제품 제조업		73	7	2	1	1	0	1	2	0	0	48	11	0	0
고무 및 플라스틱제품 제조업		46	17	5	3	0	1	8	0	0	0	1	9	0	2
계		206	55	14	6	5	4	22	4	0	0	50	43	1	2

(자료:한국산업안전보건공단, 2006)

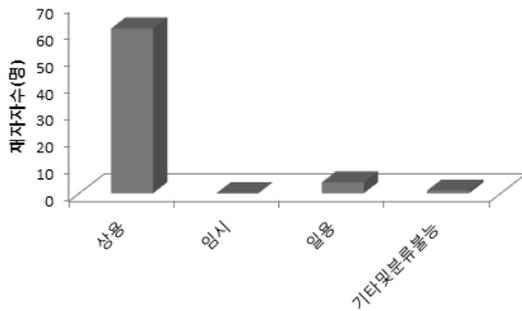


Fig. 4. Serious accident victim numbers on employment types.

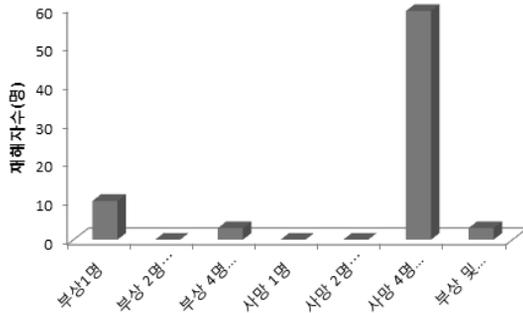


Fig. 5. The properties of industrial deaths.

전체 재해자 66명 중 44명의 피해가 작업수행 중과 실로 나타나고 있다. 이러한 결과는 화학물 및 화학제품 제조업의 경우 재해의 형태가 주로 대형사고로 이어질 수 있는 위험물질을 취급하는 것이 원인으로 파악될 수 있다. 그 외의 작업수행에 있어 절차소홀로 인한 재해자수 27명으로 18%를 차지하고 있어 완벽한 작업의 절차의 시스템이 갖추어야 할 것으로 판단된다.

발생형태별 중대재해가 어떻게 일어나는지에 대하여 알아보기 위하여 조사한 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 물체 및 설비의 접촉에 의해서 일어나는 사건이 55명으로 27%를 차지하고 있고 유해화학물질의 접촉으로 인한 사고가 50명의 재해자를 발생시켜 24%를 차지하여 이 두 가지 형태가 약 51%를 점유하고 있는 것을 알 수 있다. 이외에 화재사고 및 협착사고 그리고 추락사고 순으로 이루어지고 있다.

## 2.4. 중대재해의 고용 형태와의 관계와 인적피해 정도

일반적으로 고용형태에서 임시직이나 일용직의

경우 교육 및 작업에 대한 기술적 지식 등의 대하여 재해발생 가능성이 높을 것으로 인식하고 있으나 실질적인 중대재해의 경우는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 상용직에서 거의 90% 이상이 일어나는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 상용직의 경우도 주로 10년 이상 경력자의 경우가 사고 위험성이 커 작업에서의 절차 준수 등의 문제가 중대재해로 이끄는 중요한 인자로 대두되고 있다.

또한 화학 관련 산업에서의 중대재해의 인적피해 정도를 알아보면 Fig. 5에서 나타낸바와 같이 부상자 보다는 4명이상의 사망자가 월등히 많은 것을 알 수 있다. 따라서 화학 관련 산업에서의 사고는 대형 사고 이어져 많은 인명피해를 가져오는 것을 알 수 있다.

## IV. 결론

화학 관련 산업에서의 중대재해 예방을 위한 사고분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 화학 관련 업종 중에서 화학물 및 화학제품 제조업이 53명의 재해자가 발생하여 55%를 차지하여 가장 많이 발생하는 것을 알 수 있었고, 그 중에서도 특정방호시설에 집중되고 있는 것을 파악하였다.
2. 화학 관련 산업에서의 설비결함과 재해의 상관관계에 대한 사고분석에서 화학 관련 산업의 경우 설비결함과 연관성이 크지 않은 것으로 나타났다. 이런 현상은 대체적으로 설비고장이나 결함에는 대처를 잘하고 있으나 운영 중 운전미숙이나 작업 중 과실이 주요 요인이라고 판단된다.
3. 불안전행동에서의 설비·기계 및 물질의 부적절한 사용·관리의 문제가 전체 재해자수 151명에 55명으로 36%를 차지하고 있어 중대재해를 최소화하기 위한 중요한 관리 인자로 파악되었고, 특이한 사항은 화학 관련 업종 중 화학물 및 화학제품 제조업의 경우 해당 업종 재해자 66명 중 44명의 피해가 작업수행 중과실로 나타나고 있다.
4. 고용형태에 따른 중대재해는 주로 임시직 및 일용직이 아닌 상용직 경력자들에서 일어나는 것을 알 수 있었으며 재해 형태는 주로 대형사고로 인한 4명이상 사망자가 발생하는 피해가 발생하는 것으로 파악되었다.

## REFERENCES

- [1] 산업안전보건공단, 산업재해통계, 2006.

- [2] 고용노동부보도자료, 화학사고 예방대책, 2013. 6.28.
- [3] Boppana V. Ramabrahman\*, G. Swaminathan, "Disaster management plan for chemical process industries. Case study: investigation of release of chlorine to atmosphere", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 13, pp. 57-62, 2000.
- [4] Chien-Chung Chena, Tzu-Chi Wangb, Lu-Yen Chenc, Jie-Huei Daia, Chi-Min Shua, "Loss prevention in the petrochemical and chemical-process high-tech industries in Taiwan", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 23, Issue 4, July, pp. 531-538, 2010.
- [5] Zoe Nivolianitou, Myrto Konstandinidou, Christou Michalis, "Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS)", *Journal of Hazardous Materials A137*, pp. 1-7, 2006.