

유해화학물질 안전관리를 위한 중소기업장의 위험도 분류에 관한 연구

A Study on Risk Classification of Small Plant for Safe Management of Hazardous Chemicals

이효은¹, 김민규², 이봉우^{3*}

Hyo-Eun Lee¹, Min-Gyu Kim², Bong-Woo Lee^{3*}

〈Abstract〉

Chemical accidents can happen anywhere in the world. To prevent chemical accidents, Korea introduced the Chemicals Control Act. However, Small and medium-sized businesses do not meet these regulations. Accordingly, the Ministry of Environment is providing a chemical safety management support project for Small and medium-sized businesses. However, there are many small and medium-sized businesses, and businesses that need support need priority. In this study, the risk of the plants was classified into high, medium, and low risk based on four methods. As a result, out of 90 plants subject to the study, high risk was 30% and medium risk was 70%. The industries with the high risk were chemical products manufacturing and paint manufacturing. The plating and printing industries showed relatively medium risk. This risk classification has the advantage that it can obtain intuitive and quick results. These studies can be used as basic data for chemical safety management of local governments and Ministry of Environment.

Keywords : Hazardous Substances, Chemical Control Act, Mahalanobis-Tagichi System, Chemical Facility, Risk Assessment

1 공동주저자, 고려대학교 환경보건학과 보건학박사

2 공동주저자, 고려대학교 보건안전융합과학과(환경보건 안전전공) 박사과정

3* 교신저자, 서울디지털대학교 소방방재학과 교수
E-mail: silicones@sdu.ac.kr

1 Dept. of Health & Environmental Science, Korea University

2 Dept. of Health & Safety Convergence Science, Korea University

3* Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Seoul Digital University

1. 서론

화학물질의 위험성은 누구나 알고 있지만, 화학산업의 발전에서 필연적인 결과이다. 특히, 화학사고는 화학물질을 사용하는 전 세계 어디에서나 발생할 수 있다.[1]

화학사고 예방을 위해 전 세계적으로 많은 연구가 진행되었고 그 결과 여러 가지 규제가 도입되었다. 대표적인 규제는 고용노동부의 Process safety management (PSM)이 있다. 이는 공장 내부에서 발생할 수 있는 사고의 위험성을 정량적으로 평가하고, 대처방안을 모색하여 화학사고등의 피해를 최소화하기 위한 규제이다. 그러나 이러한 규제는 지정수량이라는 화학물질의 사용량에 제한이 있다. 즉 지정수량 미만으로 화학물질을 취급하는 사업장은 규제를 준수할 필요가 없는 문제가 있다. [2]

2012년 구미 불화수소 사고로 인해서, 유해화학물질을 취급하는 모든 사업장에 대해서 환경부에서는 장외영향평가제도를 도입하였다. 이는 종전 대형사업장을 대상으로 하던 PSM에서 범위를 확대해 모든 유해화학물질을 취급한 사업장이라는 점에서 의의를 가진다. [3]

그러나 이러한 법적 규제에도 불구하고 많은 중소기업들은, 화학물질의 위험성과 화학사고가 발생 가능한 환경에 처해있다.

정부와 지자체는 단순히 화학물질에 대한 규제에서 끝나는 것이 아니라, 중소기업들이 화학사고에서 안전하게 사업을 영위하도록 지원하는 정책을 수립해야 한다.[4]

이러한 정책의 일환으로 환경부에서는 매년 중소기업장을 대상으로 사업장 유해화학물질 취급시설 진단과 근로자의 안전의식 고취를 위한 교육을 진행하고 있다. [5]

환경부는 2015년 화학물질 관리법이 제정된 이후 5년간 지원사업을 지속하고 있으며, 앞으로 5

년 동안 지원정책을 펼칠 예정이다. 그러나 단순히 산발적인 지원과 교육에서 끝나는 것 보다는 5년간의 중소기업장을 분석하여, 관리가 필요한 사업장의 선별 및 우선순위를 선정하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는, 이러한 중소기업을 대상으로 취급하는 화학물질의 종류, 화학물질의 취급량, 보유하고 있는 설비의 위험성, 근로자들의 안전의식수준 등을 종합 고려해서 우선적으로 지원이 필요한 사업장의 위험도를 분류한다.

그 결과를 통해 지원 사업이 우선적으로 필요한 업종과 지역을 구분하고, 환경부 정책이 나아가 갈 방향성을 제시하고자 한다.

2. 조사대상 및 방법

2.1 연구대상 중소기업장의 특징

연구대상 중소기업장은 환경부에게 유해화학물질을 제조, 사용, 판매, 운반 한다는 영업허가증을 교부받은 사업장을 대상으로 했다.

한국에서 유해화학물질 관리제도는 2015년에 제정된 ‘화학물질관리법’에 따른다. 유해화학물질은 유독물질, 허가물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비물질 5종류로 구분한다. 유해화학물질 중에는 유독물질과 사고대비물질에 모두 해당되는 경우도 있다. 이러한 분류의 기준은 독성이 있다고 구분된 물질일 경우는 유독물질, 화재 폭발 등으로 특별히 화학사고가 크게 발생할 가능성이 있는 경우는 사고대비물질로 정하며, 또한 특별한 용도나 제품으로 사용할 수 없는 물질일 경우 제한물질과 허가물질 등으로 구분한다. [6]

이러한 화학물질을 이용해서 사업을 영위하려는 사업장은 관한 유역환경청에 영업허가를 받아야 한다. 영업허가의 종류는 5가지이며 구분은 Table 1과 같다[7].

Table 1. Permission to conduct Hazardous Chemical business

Classification	Definition
Hazardous chemical manufacturing business	Businesses that manufacture hazardous chemicals for sale other than chemicals requiring a permission and prohibited chemicals
Hazardous chemical sales business	Businesses that commercially sell hazardous chemicals other than chemicals requiring a permission and prohibited chemicals
Hazardous chemical keeping or storage business	Businesses that keep or store hazardous chemicals, other than chemicals requiring a permission and prohibited chemicals, in a certain facility for the purposes of manufacturing, use, sale, and transport
Hazardous chemical transport business	Business of transporting (excluding transport by air, ship, or train) hazardous chemicals other than chemicals requiring a permission and prohibited chemicals
Hazardous chemical using business	Businesses that use hazardous chemicals, other than chemicals requiring a permission and prohibited chemicals, in the course of their work, such as manufacturing, cleaning or painting products

또한 중소기업을 대상으로 진행하기 때문에 중소기업등록증을 포함한 사업장을 연구대상으로 정했다.

2.2 취급하는 화학물질의 물리적 특성에 따른 위험도 구분

같은 화학물질이더라도, 화학사고 발생 가능성이 높은 화학물질이 있다. 또한 취급하는 화학물질의 성상 (고체, 액체, 기체)에 따라서도 안전성이 달라진다고 할 수 있다.

연구대상 사업장의 취급하는 화학물질의 위험도 점수를 산출하기 위해서 Table 2 및 Table 3을 활용한 Mahalanobis-Tagichi System을 이용하여 화학물질의 위험성을 구분했다. 이러한 구분을 통해 연구대상 사업장의 취급하는 화학물질의 위험도를 점수화 할 수 있다. [8]

Table 2. Classification of health hazards according to the Globally Harmonized System (GHS)

No	Classification of health hazards	Categories							
		1	2	3	4	5	Not Classified	Classification Not Possible	Not Applicable
1	Acute toxicity (oral)	1	2	3	4	5			
2	Acute toxicity (dermal)	1	2	3	4	5			
3	Acute toxicity (inhalation)	1	2	3	4	5			
4	Skin corrosion or irritation	1	2	-	-	-			
5	Serious eye damage or irritation	1	2	-	-	-			
6	Germ cell mutagenic substances	1A	1B	2					
7	carcinogenic	1A	1B	2	-	-			
8	Reproductive toxicity	1A	1B	2	-	-			
9	Specific target organ toxic substances (single exposure)	1	2	3	-	-			
10	Specific target organ toxicity (repeated exposure)	1	2	-	-	-			

Table 3. Score table according to health hazard

Classification	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5	Not Classified	Classification Not Possible	Not Applicable
Score	100	100/2 = 50	100/3 = 33.3	100/4 = 25	100/5 = 20	10	30	1

2.3 취급량에 따른 화학물질의 위험도 구분

화학사고는 화학물질의 특성만으로 발생하지 않는다. 사업장 내 취급하는 화학물질의 양 또한 위험도에 영향을 미친다. 이에 따라 화학물질 등록 및 평가에 관한 법률에서 정하고 있는 톤수 범위에 따라 점수를 선정하였다(Table 4)[9].

Table 4. Risk score table according to the amount of chemicals handled

Classification	Range of chemical amounts	Score
1	over 1,000 tons	100
2	100 tons~1,000 tons	80
3	10 tons~100 tons	60
4	1 tons~10 tons	40
5	less than 1 ton	20

2.4 보유하고 있는 화학설비의 위험도 구분

사업장별 보유하고 있는 화학설비의 종류에 따라서도 화학사고 발생가능성이 달라진다. 예를 들면, 고온, 고압으로 운전하는 반응기 등을 취급하는 사업장이 상온, 상압에서 운전하는 믹서를 취급하는 사업장보다 위험성이 높다.

국내 통계에 따르면 2014년부터 2017년까지 사고사례 총 651건 중 탱크로리 등 운송차량에서 발생한사고가 131건으로 약20.1 % 이고 시설결함으로 발생한 사고가 261건으로 약40.1% 이다.

시설결함 사고를 살펴보면 저장탱크에서 발생한 사고가 약 33.1%로 1위이고 이후 배관, 플랜지, 밸브, 펌프 등으로 이송설비 결함 사고가 26.1%로 2위이다. 그 뒤를 반응기 등 고온, 고압설비이며 마지막으로 일반 도금용 조 및 배합설비 등이 순서이다. [10]

이에 따라 취급하는 설비를 Table 5와 같이 분

Table 5. Risk score table according to chemical facilities

Classification	Equipment type	Score
1	Transportation equipment (tank lorry, etc.)	100
2	Storage tank (including underground and above ground)	80
3	Reactor (high temperature, high pressure facility)	60
4	Plating tank and mixing equipment (room temperature and pressure equipment)	40
5	storage warehouse	20

류하고 점수를 선정하였다.

2.5 근로자의 안전교육 참여율에 따른 구분

사업장의 안전에 영향을 미치는 요소 중에 중요한 것은 기업의 문화이다. 이는 근로자들이 가지고 있는 안전인식이 결론적으로는 화학사고를 예방할 수 있음을 의미한다. 결국 이러한 안전에 대한 태도는 사업장 내 안전문화와 화학사고 예방을 위한 사업주의 인식 등이 근로자들의 안전교육 참여율을 통해 알 수 있다. [11]

중소사업장에서 전체 공장 근로자 수 대비 안전교육에 참여한 근로자수의 비율을 통해 5구간으로 나누어 점수를 선정하였다(Table 6).

Table 6. Classification according to participation rate in chemical safety education

(Percent %)

Classification	Ratio of safety training participants/total workers	Score
1	Over 80	100
2	60 or more and less than 80	40
3	40 or more and less than 60	60
4	20 or more and less than 40	80
5	less than 20	100

3. 결 과

연구대상 사업장 90개를 기준으로 방법론에 따른 4가지 섹션을 기준으로 점수를 산정하였다. 현재 한국에서의 화학물질과 관련된 법은 화학물질 관리법이 있다. 이에 따르면 사업장은 장외영향평가서에 따라서 고, 중, 저 등급 사업장으로 구분하여 관리하고 있다. 고 등급 사업장 일수록 화학물질 취급하는 양이 많고 화학사고가 크게 날 가능성이 있는 업체임을 의미한다. 이러한 등급에 따라 안전진단 주기가 각 4년, 8년, 12년에 1회로 규제하고 있다.

기존 저 등급 사업장은 극소량을 취급하는 간이 장외영향평가서 기준인 실험실이나 병원 등의 사업장으로 제조공장과는 큰 관계가 없다고 볼 수 있다. 90개 사업장 대상으로 분석한 결과 Fig. 1과 같다.

90개 사업장이 사용하는 유해화학물질 고유의 위험도는 1,000점 만점을 기준으로 200점마다 등급을 나누어 총 5등급으로 구분하였다. 그 결과 Table 7과 같이 800점 이상 사업장이 33%로 가장 많았으며, 저위험을 가진 화학물질을 취급하는 사업장은 7%로 대부분의 사업장이 유해화학물질

Table 7. Distribution of plants according to the amount of hazardous chemicals handled

Classification	Range of chemical amounts	Percentage (%)	Number of plants
1	over 1,000 tons	13.3	12
2	100 tons~1,000 tons	41.1	37
3	10 tons~100 tons	27.8	25
4	1 tons~10 tons	14.4	13
5	less than 1 ton	3.3	3

중에서도 상위권 위험도를 가진 화학물질을 취급함이 나타났다.

유해화학물질 취급하는 양에 따른 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 연구대상 사업장의 41.1%가 구분 2 사업장으로 연간 100톤 이상~1,000톤 미만을 취급 하였다.

Fig. 3은 유해화학물질을 취급하는 사업장별 설비를 기준으로 위험도를 분석한 결과이다. A 등급 일수록 사고발생가능성이 높은 설비(운송설비, 리액터, 저장탱크)를 많이 보유한 사업장이고 D등급 일수록 사고발생 가능성이 낮은 설비(보관창고, 상압 교반탱크)등을 보유한 사업장이다.

연구대상 사업장의 참여율은 화학사고 예방에

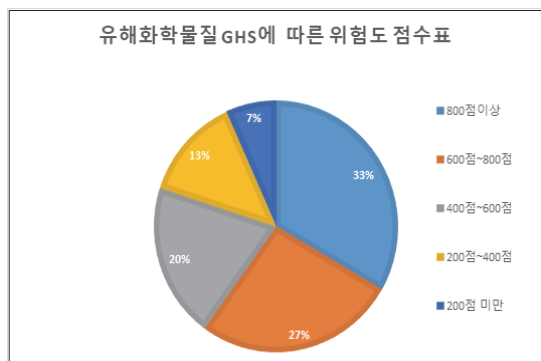


Fig. 1 Risk score table according to GHS classification of hazardous chemicals

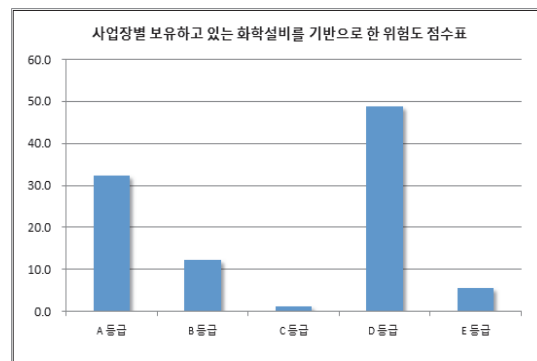


Fig. 2 Risk score table based on chemical facilities owned by each plants

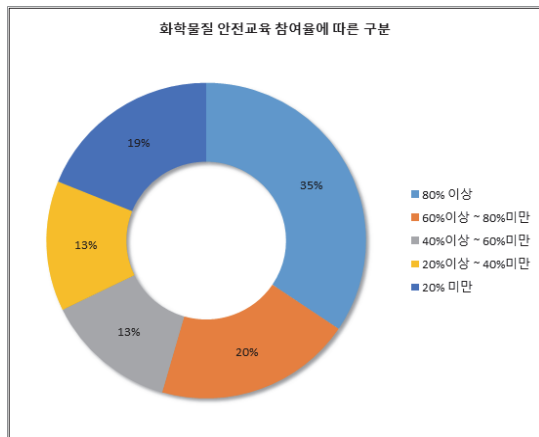


Fig. 3 Classification of risk according to participation rate in chemical safety education

관한 작업자들의 인식과 사업주의 의지가 직결된 중요한 사항이다. 참여율을 분석한 결과 많은 사업장이 60% 이상의 참여율을 보이고 있었다.

이러한 4가지 Data를 근거로 하여 90개 사업장을 기존 화학물질관리법에서 구분하고 있는 고, 중, 저 등급으로 나누었다. 총점 400점을 만점으로 3등분하여 0~133점 이내는 저 위험도 사업장으로, 134점~266점을 중 위험도 사업장, 267점 이상이면 고 위험도로 구분하였다.

그 결과 90개 사업장 중 저 위험도는 1개도 없었으며, 고위험도 사업장이 30% 중위험도 사업장이 70%로 판정되었다.

이는 기존 한국에서의 화학사고 예방제도에서 적용하고 있는 저 위험도 사업장의 판단근거인 장외영향평가서 제출 제도와의 동일한 결과를 나타낸다. 연구대상 사업장 90개 중 실제 장외영향평가에서 저 위험도를 받은 사업장은 없었다.

업종별로 구분하면 화학물질 및 화학제품 제조업과 (합성수지 포함). 페인트 제조업에 고 위험도 사업장이 대부분 포진하였다. 반면 도금업과 인쇄업에서 상대적으로 중 사업장의 비율이 높았다.

지역별로 살펴보면 경기도와 인천광역시 등 수도권 지역 사업장이 51%로 가장 많은 비율을 차

지했으나 대부분의 사업장이 중위험도 사업장이었다. 이들 사업장 중 고 위험도 판정 사업장은 약 20%로 전체 사업장인 30%에 못 미치는 결과를 나타냈다. 상대적으로 경상남도 울산 등 대형 산업단지에 입주한 사업장일수록 고 위험도가 많았다.

이는 업종분류상 고위험도 사업장이 화학물질 제조업 등이기 때문에 그러한 산업이 많이 입지한 지역에서 고 위험도 사업장이 많이 분포된 것으로 보인다.

4. 고찰 및 결론

본 연구는 유해화학물질을 취급하는 중소기업 90개를 대상으로, 4가지 분류로 위험도를 평가하는 연구이다.

한국에서는 2012년 구미 불산사고로 인해 2015년 화학물질 관리법이 제정되었다. 이러한 화학사고 예방제도에서는 사업장의 위험도를 장외영향평가라는 규제를 통해 고,중,저 등급으로 나누어 관리하고 있다. (2021년 현재 화학사고 예방관리계획이라는 제도로 통합 운영 중)

장외영향평가제도에서는 산업장 내에 유해화학물질을 취급하는 모든 화학설비를 대상으로 KORA (Korea Off-site Risk Assessment supporting tool)을 이용하여 모델링하고 그 결과를 기반으로 위험도를 분석한다. [12]

이러한 분석은 개별설비를 평가하고 화학사고가 발생 시 어느 정도 영향범위가 나오는지 계산함으로써, 사업장과 지역주민들과 공조할 수 있는 시스템 등을 개발 할 수 있다. 그러나 이러한 방식은 사업장 자체적으로 수행하기 어려운 부분이 있고 특히 중소기업 같은 경우에는 직접적으로 대응이 어려우며, 지원사업 등을 통해 규제를 대응하고 있다.

위험도를 직관적으로 분석하고 나타내는 점은

통계분석에서 중요한 점이다. 이러한 직관적인 방법을 통해 한국 전체 사업장을 분류할 수 있다.

본 연구를 통해 90개 사업장을 대상으로 사업장에서 취급하는 물리·화학적 특성을 고려하고, 사업장에서 취급하는 유해화학물질의 취급량을 고려하고, 화학물질 취급설비의 종류를 고려하고 나아가서 화학 사고에 대한 임직원의 인식도 또한 고려하여 위험도를 분석하였다.

또한 환경부에서 지속적으로 지원하는 화학물질 안전관리 지원 사업에서도 우선적으로 지원할 중소기업의 업종과 취급물질 등을 고려할 수 있다. 본 연구에 따르면 도금업과 인쇄업 보다는 화학물질 제조업과 페인트 제조업이 고 위험도 사업장이 많이 분포하였다.

그 결과 현재 화학사고 예방제도에서의 장외영향평가 위험도와 유사한 결과를 나타냈다.

이러한 방법을 통해 지자체는 해당 지역의 사업장을 대상으로 조사 평가하여 위험도 지도를 구분하고 사업장의 안전관리의 지표로 본 연구를 활용할 수 있다.

참고문헌

- [1] Kourmiotis, S. P., C. T. Kiranoudis, and N. C. Markatos. "Statistical analysis of domino chemical accidents." *Journal of hazardous materials* 71.1-3 (2000): 239-252.
- [2] Kwon, Hyuck-myun. "The effectiveness of process safety management (PSM) regulation for chemical industry in Korea." *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 19.1 (2006): 13-16.
- [3] Kim, Jungkon, et al. "Suggestions for Increasing Utilization of KORA for Supporting the Off-site Risk Assessment System." *Journal Of Environmental Health Sciences* 44.2 (2018): 124-132.
- [4] 박경돈. "산업재해와 산업재해예방정책의 수용성." *지방정부연구* 17.3 (2013): 1-22.
- [5] Gyeong-Sam, Jeong, and Baik Eun-Sun. "A study on the improvement of safety management of hazardous chemicals handling in the workplace." *Fire Science and Engineering* 28.1 (2014): 12-19.
- [6] Lee, Deok-Jae, Tae-Hyung Lee, and Chang-Hyun Shin. "Study on improvement measures for prevention and countermeasure of chemical accident." *Fire Science and Engineering* 30.5 (2016): 137-143.
- [7] Yun, Chung-Sik. "우리나라 화학물질관리의 현황-고용노동부 및 환경부의 화학물질 관리." *월간산업보건* (2016): 21-30.
- [8] Huh, Da-An, et al. "Development of a screening method for health hazard ranking and scoring of chemicals using the Mahalanobis-Taguchi system." *International journal of environmental research and public health* 15.10 (2018): 2208.
- [9] Jeong, Emma, and Seok-Jong Jeon. "A Study on the Major Contents of the Examining Toxic Substances Registration and Evaluation Act and Its Policy Implications." *The monthly packaging world* (2017): 48-53.
- [10] 조철희, 이동원, and 김성연. "2017 년 국내 화학사고 통계 및 분석: 소방청 중앙 119 구조본부 중심으로." *한국위험물학회지* 6.1 (2018): 37-46.
- [11] Khan, Mohammad Muhshin Aziz, Zaheed Ibne Halim, and Mohammad Iqbal. "Attributes of occupational injury among workers in the chemical industry and safety issues." *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 12.3 (2006): 327-341.
- [12] Lee, Hyo Eun, et al. "Alternative risk assessment for dangerous chemicals in South Korea regulation: Comparing three modeling programs." *International journal of environmental research and public health* 15.8 (2018): 1600.

(접수: 2021.09.14. 수정: 2021.09.28. 게재확장: 2021.10.01.)