

[Research Paper]

전라북도 내 화학사고 특성분석과 사고 발생 저감을 위한 연구

정재욱[†] · 박종은^{*}

한국환경공단 대리, *전북지방환경청 환경연구사

A Study on the Characteristics of Chemical Accidents and Reduction of Accidents in Jeollabuk-do

Jae-Uk Jeong[†] · Chong-Eun Park^{*}

Assistant Manager, Korea Environment Corporation,

*Researcher, Jeonbuk Regional Environmental Office

(Received January 8, 2020; Revised February 28, 2020; Accepted March 2, 2020)

요 약

본 연구는 2004년부터 2019년까지 16년간 전라북도 내에서 발생한 40건의 화학사고 특성을 알아보기 위하여 진행하였다. 도내에서는 연평균 2.5건의 사고가 발생하였다. 사고유형을 유·누출, 화재, 폭발, 이상반응, 복합사고로 분류한 결과, 유·누출은 34건, 폭발은 6건 발생하였다. 사고원인으로는 작업자과실 12건, 시설결함·노후화 16건, 운송사고 12건 발생하였다. 사고 원인물질로는 암모니아가 15%, 황산 12.5%, 테트라 클로로 실리콘 7.5% 순으로 나타났다. 계절별 화학사고 발생률을 확인한 결과 봄·여름이 75%로 가을·겨울에 비해 높게 조사되었다. 화학사고 발생 저감을 위해서는 관련법의 철저한 준수가 선행되어야 하고, 취급자의 안전교육과 훈련을 강화해야 한다. 더불어 취급시설 개선을 위한 정부의 적극적 지원이 필요하다.

ABSTRACT

This study aimed to identify the characteristics of 40 chemical accidents that occurred in Jeollabuk-do from 2004 to 2019. During this time, there were 2.5 accidents per year on average in the province; their types were classified as spill/leak, fire, explosion, adverse reaction, and complex. There were 34 leaks and six explosions, and they are categorized as follows: 12 by worker error, 16 from facility defects, and 12 by transport vehicle accidents. The substances involved in these accidents were ammonia (15%), sulfuric acid (12.5%), and silicon tetrachloride (7.5%). Notably, the rate of chemical accidents (75%) is the highest during spring and summer. In order to reduce chemical accidents, first, there should be compliance with the relevant laws. Second, the quality of safety education and training of workers should be improved. Finally, valuable government support is also necessary to improve facilities.

Keywords : Chemical accidents, Chemical substance, Jeollabuk-do

1. 서 론

화학물질은 산업과 과학기술이 발전함에 따라 그 종류와 사용량이 꾸준히 증가하고 있으며, 그에 따른 화학사고 발생 가능성과 화학테러에 대한 사회적인 우려 역시 증가하고 있다. 화학물질은 잔류성이 높고, 확산성이 있어 사고가 발생하는 경우 환경, 인명, 재산 등에 심각한 손실 및 피해를 유발하는 경우가 많으며⁽¹⁾, 화학물질은 제조, 사용, 폐기 등 전 과정에서 다양한 경로를 통하여 인체와 환경에

아주 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 최근에는 화학사고 예방 및 대응을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. Lee 등⁽²⁾은 화학사고 예방을 위해 법규 위반에 대한 처벌 강화, 화학사고 반복 사업장에 대한 관리 강화, 하·도급 신고제도의 개선 등을 제안하였다. Shin 등⁽³⁾은 강산 중 하나인 염산 취급시설의 화학사고 특성분석을 통해 시설안전관리를 강조하였다. Ahn 등⁽⁴⁾은 화학사고 통계 분석을 통해서 화학사고 대응방법 다변화를 제시하기도 하였다.

국내에서는 약 4만여 종의 화학물질이 유통되고 있는 것

[†] Corresponding Author, E-Mail: jaeuk1123@hanmail.net. TEL: +82-63-839-5212, FAX: +82-63-839-5219

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

으로 추정된다⁵⁾. 2016년 환경부에서 실시한 화학물질통계조사⁶⁾에 따르면 국내 화학물질 사용량은 약 5억 톤이며, 전라북도는 약 1000만 톤의 화학물질이 사용된 것으로 조사되었다. 2012년 구미 불산 누출사고 이후 화학물질의 잠재 위험성에 대한 국민의식이 증가함에 따라 국내에서는 화학물질로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 화학물질을 적절하게 관리하는 한편 화학물질로 인하여 발생하는 사고에 신속히 대응함으로써 화학물질로부터 모든 국민의 생명과 재산 또는 환경을 보호하는 것을 목적으로 2015년 「화학물질관리법」이 시행되었다. 이 법에 따르면 유해화학물질 취급시설은 제조·사용, 실내 저장, 실내 보관, 실외 저장, 실외 보관, 지하 저장, 차량 운송, 차량 운반, 배관 이송시설로 세분화하여 화학사고 예방을 강화하였다⁷⁾. 「화학물질관리법」⁸⁾에서 유해화학물질은 유독물질(958종), 허가물질(미지정), 제한물질(13종), 금지물질(60종), 사고대비물질(97종), 그 밖에 유해성 또는 위해성이 있거나 그러할 우려가 있는 화학물질이며, 화학사고는 시설의 교체 등 작업 시 작업자의 과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고 등으로 인하여 화학물질이 사람이나 환경에 유·누출되어 발생하는 일체의 상황으로 정의하고 있다.

전라북도는 전주시, 군산시, 익산시, 남원시, 정읍시, 김제시의 6개 시와 완주군, 진안군, 무주군, 장수군, 임실군, 순창군, 고창군, 부안군 8개의 군으로 이루어져 있다. Figure 1은 2019년 기준 전라북도 내 유해화학물질 취급시설 사업장 수(유해화학물질 영업허가 사업장 기준)를 나타내고 있다. 군산시, 익산시, 완주군, 전주시에 전체 유해화학물질 취급시설이 약 90% 집중되어 있다. 도 내에서 발생한 화학사고는 대표적으로 군산시 테트라 클로로 실리콘 누출사고가 있다. 2015년 6월 22일 군산 A 업체 폴리실리콘 제조공정 내 재증발기 상부 배관에 설치된 10인치 벨로즈 밸브 균열로 테트라 클로로 실리콘 혼합물 약 110 kg이 누출된 사고였다. 근로자 1명이 다치고, 인근 주민 309명이 병원 검진을 받았다. 주변 지역 농작물 및 식생 등에서 황

갈색 반점, 잎 마름 등 피해가 육안으로 확인되었다. 또한, 2015년 7월 8일 익산 B 업체 냉동창고에서 사용 중인 암모니아 탱크에서 펌프 교체 작업 중 밸브에서 암모니아가 약 100 kg 누출되어 주변 작물에 피해가 발생하는 사고가 있었다. 본 연구에서는 전라북도 내에서 발생한 연도별 화학사고 통계를 활용하여 사고유형, 사고원인, 원인물질로 분류·분석하였다. 이를 토대로 화학사고 예방 강화 및 피해 완화를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 본 론

2.1 화학사고 특성분석

Figure 2, 3은 화학물질안전원 화학물질종합정보시스템⁹⁾에 근거하여 2004년에서 2019년까지 전라북도에서 발생한 화학사고 현황을 보여준다. 2010년부터 2012년에는 화학사고가 발생하지 않은 것으로 집계되어 있지만, 이는 화학물질 취급자, 지역주민 등이 적극적으로 사고를 신고하지 않아 수치의 신뢰도가 낮은 것으로 판단된다¹⁰⁾. 하지만 2012년에 5명의 사망자가 발생한 구미 불산 누출사고 이후 화학사고에 대한 국민의 관심이 지속해서 증가하고, 사업주의 인식전환으로 사고 건수가 점차 증가하였다.

「화학물질관리법」에는 화학사고가 발생하면 화학물질별 유·누출량 등을 고려하여 환경부 장관이 정한 기준 이상이 유·누출된 경우 즉시 신고하도록 명문화하였다. 이에 따라 즉시 신고 기준 위반 시 벌칙이 강화되었으며, 언론에 보도된 화학사고 피해의 심각함을 국민이 인식하면서, 2015년 이후에는 소규모 사고도 신고되어 수치를 신뢰할 수 있게 되었다. 행정구역별로는 군산시에서 17건으로 가장 많은 화학사고가 발생하였으며, 익산시 8건, 완주군 7건 순으로 조사되었다. 군산시에서 화학사고가 많이 발생한 원인은, 군산시의 경우 국가산업단지 3곳, 일반산업단지 1곳, 농공단지 4곳 등 총 8곳의 산업단지가 있고¹¹⁾, 취급시설이 노후화된 사업장이 산재하고 있어 다른 지역보다 화학사고 발

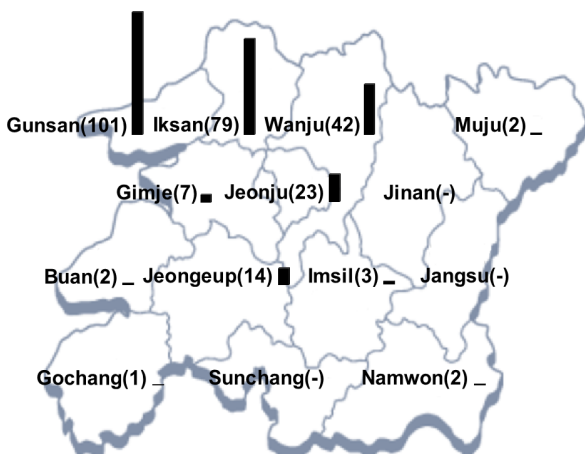


Figure 1. Hazardous chemical substance company in Jeollabuk-do (2019).

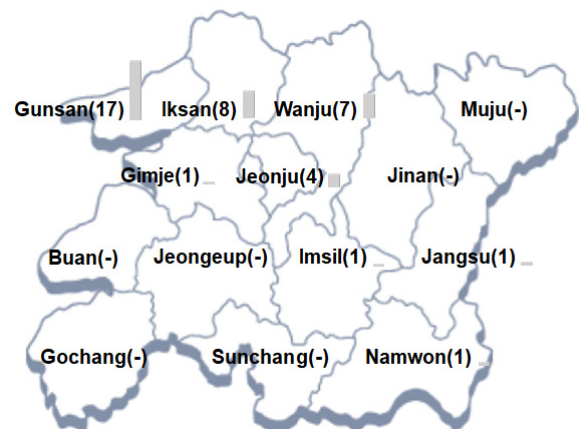


Figure 2. The number of chemical accidents in Jeollabuk-do (2004~2019).

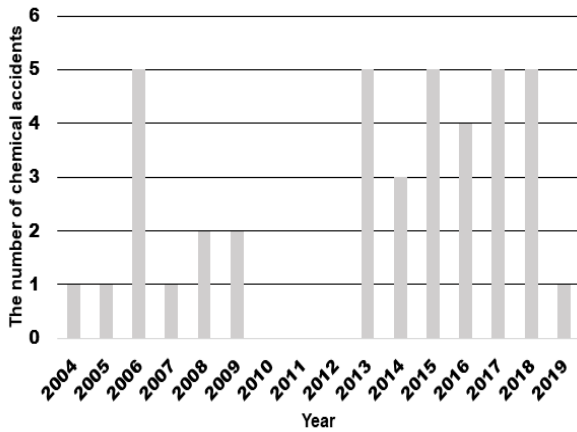


Figure 3. Statistics for type of yearly chemical accidents.

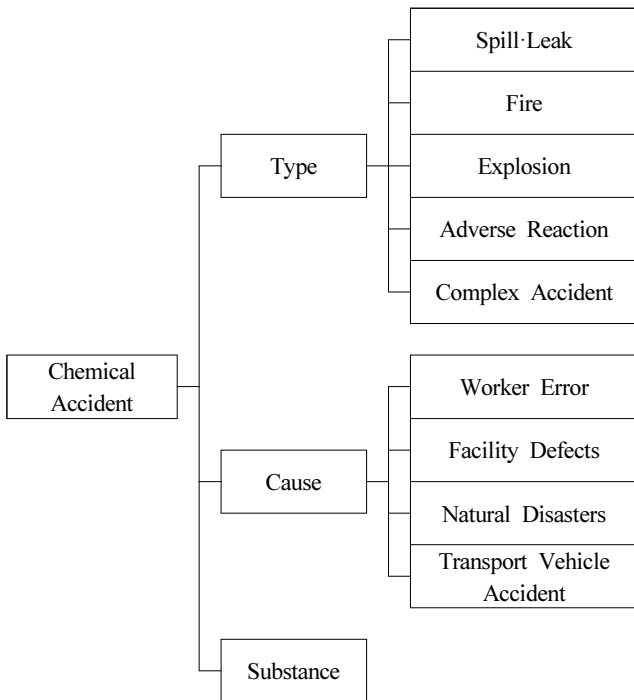


Figure 4. Accident analysis logic for characteristics of chemical accident.

생비율이 높은 것으로 분석된다. Lee 등⁽¹²⁾은 국내 화학물질 사고 특성분석에서 화학사고를 사고유형과 사고원인으로 분류하였으며, 본 연구에서 내용을 참고하였다. 2004년부터 2019년까지 전라북도에서 발생한 40건의 화학사고를 대상으로 사고현황, 사고유형, 사고원인, 원인물질 등의 화학사고 특성을 분석하였다(Figure 4). 사고유형은 유·누출, 화재, 폭발, 이상반응, 복합사고로 분류하였고, 사고원인은 작업자과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고로 분류하여 조사하였다. 화학사고를 사고유형별로 분석한 결과는 Table 1과 같다. 유·누출에 의한 사고가 34건으로 가장 많이 발생하였고, 폭발은 6건으로 조사되었다. 화학사고를 사

Table 1. Statistics for Type of Chemical Accident

	Total (Case)	Accidents Type				
		Spill·Leak	Fire	Explosion	Adverse Reaction	Complex Accident
2004	1	1	0	0	0	0
2005	1	1	0	0	0	0
2006	5	5	0	0	0	0
2007	1	1	0	0	0	0
2008	2	2	0	0	0	0
2009	2	2	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0
2013	5	4	0	1	0	0
2014	3	0	0	3	0	0
2015	5	4	0	1	0	0
2016	4	4	0	0	0	0
2017	5	4	0	1	0	0
2018	5	5	0	0	0	0
2019	1	1	0	0	0	0
Total	40	34	0	6	0	0

고원인 즉 작업자과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고 등으로 분류하여 조사한 결과를 Table 2에 나타내었다. 시설결함·노후화에 의한 사고가 16건으로 가장 많이 발생했고, 작업자과실, 운송사고는 12건으로 조사되었다. 화학사고를 원인 물질로 조사한 결과, 암모니아 6건(15%), 황산 5건(12.5%), 테트라 클로로 실리콘 3건(7.5%) 순으로 분석되었다(Figure 5). Lee 등⁽¹²⁾이 국내에서 발생한 200건의 화학사고를 대상으로 분석한 결과는 작업자 부주의에 의한 사고가 89건, 시설관리 미흡 67건, 운송 차량사고 44건 등으로 조사되었고, 암모니아, 황산, 불화수소가 주요 원인 물질이었다.

계절에 따른 화학사고 발생빈도를 확인한 결과, Figure 6과 같이 봄·여름에 발생한 화학사고가 75%로 가을·겨울에 비해 높았다. 이는 봄에 사업장 대정비 기간이 집중되고 여름철 기후요인 때문으로 판단된다.

2.2 화학사고 발생 저감 방안

화학사고 발생 저감을 위해서는 사업자와 근로자의 철저한 법 준수가 선행되어야만 한다. 우리나라는 「화학물질관리법」 제23조에 의거 유해화학물질 취급시설을 설치·운영하려는 자는 사전에 화학사고 발생으로 사업장 주변 지역의 사람이나 환경 등에 미치는 영향을 평가한 장외영향평가서를 제출하도록 하고 있으며, 사고대비물질을 지정수량 이상으로 취급하는 자는 위해관리계획서를 제출하도록

Table 2. Statistics for Cause of Chemical Accident

	Total (Case)	Accident Cause			
		Worker Error	Facility Defects	Natural Disasters	Transport Vehicle Accident
2004	1	1	0	0	0
2005	1	0	0	0	1
2006	5	3	0	0	2
2007	1	0	0	0	1
2008	2	0	0	0	2
2009	2	1	0	0	1
2010	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0
2013	5	2	2	0	1
2014	3	1	2	0	0
2015	5	2	3	0	0
2016	4	1	1	0	2
2017	5	0	4	0	1
2018	5	0	4	0	1
2019	1	1	0	0	0
Total	40	12	16	0	12

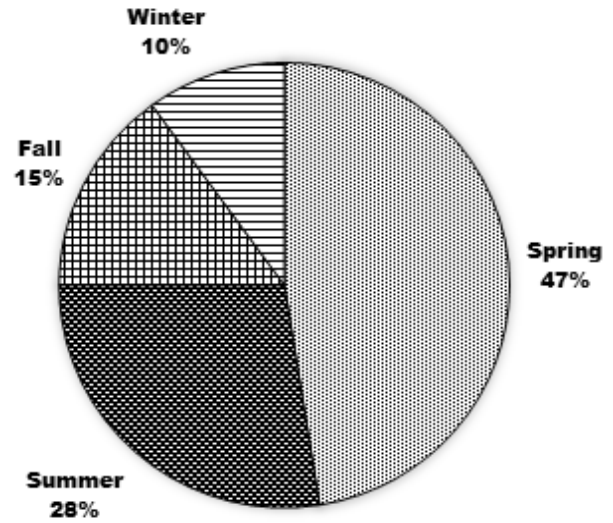


Figure 6. Seasonal chemical accident rate.

록 하여 화학사고 예방관리체계를 강화하였다. 사업주는 장외영향평가서의 안전성 확보방안을 계획에 따라 성실하게 이행하도록 하고, 화학물질의 유해성 정보 및 화학사고 위험성을 지역사회에 주기적으로 고지하여야 한다. 지역주

민이 쉽게 접근할 수 있는 인터넷 주민고지 시스템(<http://icis.me.go.kr>)을 활용하고, 유해화학물질 취급사업장 인근 주민센터와 비상 연락체계를 구축해야 한다. 이를 바탕으로 사업주, 지자체, 주민이 참여하는 소셜 네트워크 서비스를 활용하는 것도 좋은 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

전라북도는 시설결함·노후화에 의한 화학사고가 많이 발생하는 만큼 취급시설의 점검은 안전교육을 이수한 자가 실시하되, 주 1회 자체점검⁸⁾에서 상시점검으로 강화하고 시설(제조·사용, 실내 저장, 실내 보관, 실외 저장, 실외 보관, 지하 저장, 차량 운송, 차량 운반, 배관 이송시설)별 점검항목에 대한 개선이 필요하다. 또한, 정비·보수 작업 시 화학사고에 의한 사상자 발생 위험이 크므로 취급자는 개

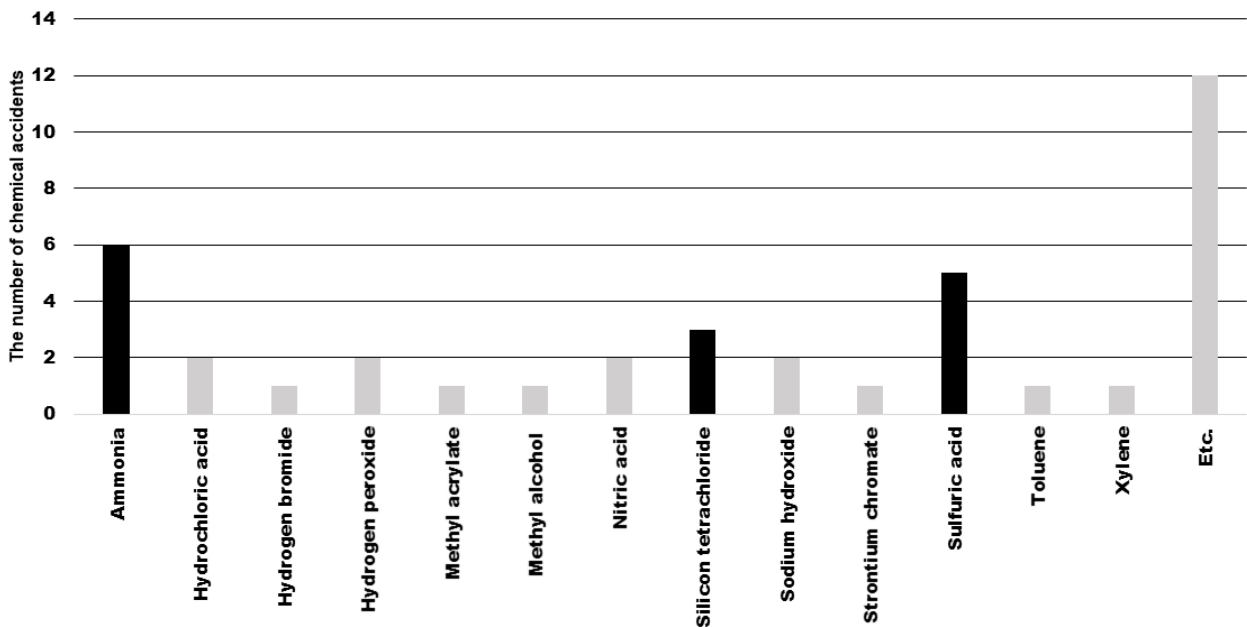


Figure 5. Status of chemical substance accidents in accident preparedness substances.

인보호장구를 작업상황과 취급물질에 적합하게 착용하고 안전수칙과 안전작업 절차를 준수해야 한다.

화학물질을 생산하거나 원료로 사용하는 사업장의 경우 안전을 최우선으로 하는 풍토를 조성하여 정착시키는 것이 중요하며, 취급자의 안전교육을 주기적으로 실시하여야 한다. 특히 사업장의 대정비 기간이 집중되는 봄에는 협력업체 직원들의 교육을 강화하는 한편 「화학물질관리법」에 따른 도급신고를 해야 한다. 날씨가 더운 여름에는 작업자와 실로 인한 사고 발생 가능성이 높은 만큼 실외작업에 대한 지도·감독, 열사병 예방을 위한 3대(물·그늘·휴식) 기본 수칙 등 근로자 보호에 사업장이 앞장서야 한다. 국내 유해 화학물질 사업장에서 근무하고 있는 외국인 근로자를 위해서 해당 외국어로 번역된 화학사고 발생 시 조치 요령 등 교육 자료 제작과 배포, 작업 유형별 위험 예방 교육 등이 주기적으로 필요하다²⁾. 사업장 및 협력업체 직원을 포함하여 발생 가능한 다양한 시나리오를 수립하여 매뉴얼에 맞게 반복·숙달 훈련함으로써 화학사고에 대비해야 한다.

더불어, 정부 차원의 지원도 필요하다. 중소기업의 취급 시설 개선을 위한 재정적 지원과 안전이 우수한 대기업과 중소기업 간 공동체를 통하여 시설관리 우수사례를 전파하고, 상호 간의 지식·노하우를 공유할 수 있도록 해야 할 것이다.

3. 결 론

본 연구는 2004년부터 2019년까지 전라북도 내에서 발생한 40건의 화학사고를 대상으로 화학사고 특성을 분석하였으며, 사고현황, 사고유형, 사고원인, 원인물질 등의 조사 및 분석을 통해 화학사고 발생의 문제점을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

화학사고를 사고유형 즉, 유·누출, 화재, 폭발, 이상반응, 복합사고로 분류하여 조사한 결과 유·누출 사고가 34건으로 가장 많이 발생하였다. 화학물질을 생산하거나 원료로 사용하는 사업장은 안전수칙과 작업절차를 준수하고, 취급자들에게는 화학물질에 대한 작업전·중 교육이 중요하다.

화학사고를 사고원인, 즉 작업자과실, 시설결함·노후화, 자연재해, 운송사고로 분류하여 조사한 결과 시설결함·노후화 사고가 16건으로 가장 많았다. 전라북도 주요 산업단지에는 노후화가 진행되고 있어 철저한 시설관리가 필요하며, 취급시설 안전관리 우수사례를 발굴하여 전파하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다.

특히, 화학사고 예방을 위해서는 평상시는 물론 대정비 기간이나 여름철에 사업장의 자발적인 안전점검 활동과 주

기적인 대응훈련이 중요하다. 또한, 취급시설 개선을 위한 자금 지원 등의 정부 정책도 필요하다.

References

1. Deputy Director General of Safety Environment in the Office for Government Policy Coordination, "Accidents of Harmful Substance's Crisis Management and Direction of Policy" (2013).
2. D. J. Lee, T. H. Lee and C. H. Shin, "Study of the Improvement of Hazardous Chemical Management for Chemical Accident Prevention", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 1, pp. 74-80 (2017).
3. C. H. Shin, H. S. Lee, T. H. Kim and J. H. Park, "Analysis on Chemical Accident Characteristics of Facilities Handling Hydrochloric Acid", Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 6, pp. 14-22 (2016).
4. S. R. Ahn, S. B. Kim, J. H. Lee and K. S. Chun, "Study on Chemical Incident Response Plan Identified as a Chemical Accident Statistics", Korea Journal of Hazardous Materials, Vol. 2, No. 1, pp. 50-54 (2014).
5. T. H. Lee, D. J. Lee and C. H. Shin, "Characteristic Analysis of Casualty Accidents in Chemical Accidents", Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 1, pp. 81-88 (2017).
6. Ministry of Environment, "Chemical Substance Statistics Survey" (2016).
7. C. H. Shin and J. H. Park, "Improvement in the Risk Reduction of Dikes of Storage Tanks Handling Hazardous Chemicals", Crisisonomy, Vol. 12, No. 1, pp. 83-93 (2016).
8. Ministry of Environment, "Chemical Substances Control Act" (2015).
9. National Institute of Chemical Safety, "Chemical Substance Total Information System" (2019).
10. D. J. Lee, S. W. Lyu and C. G. Song, "Improvement Strategy for Management of Accident Preparedness Substances Causing Chemical Accidents", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 1, pp. 47-52 (2017).
11. Korea Industrial Complex Corporation, "Industrial Complex Statistics" (2019).
12. T. H. Lee, J. D. Park, S. J. Lee, B. S. Bang, K. P. Kim, M. S. Kim and J. S. Park, "Characteristics of Chemical Substance Accident in Korea", Korea Journal of Hazardous Materials, Vol. 3, No. 1, pp. 35-39 (2015).