

## A Study on Statistical Analysis of Chemical Accident Cases

- Busan, Ulsan, and Gyeongnam Areas -

Kyu Yeol Lee<sup>+</sup>, Ji Hun Jo, Seon Oh Park, Jin Woo Heo, Yong Sun Im

Nakdong River Basin Environmental Office, 5, Jungang-daero 250beon-gil, Uichang-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do, Korea

### Abstract

This study covers the present state of chemical accidents in Busan, Ulsan and Gyeongnam areas in South Korea for 6 years from 2013 to 2018. It analyzes a total of 87 chemical accidents (an average of 14.5 accidents annually) according to regional characteristics in various angles. The types of accidents include insufficient facility management (40.2%), inadvertent worker activity (37.9%), and transportation vehicle accidents (21.8%). According to regional analysis, 26 cases were found in Busan, 39 cases in Ulsan and 22 cases in Gyeongnam areas. The rate of accidents was high on Monday (20.7%) and Thursday (18.4%) as well as 9-11 AM (19.5%) and 1-3 PM (18.4%) during the day. The most frequent toxic chemical substances causing the accident was found ammonia (23.2%), followed by sulfuric acid (14.5%), chlorine (10.1%) and nitric acid (8.7%). Nine people died and 57 people were injured from the chemical accidents. It is expected that this research provides an important basis for the chemical management policies in South Korea.

**Key words:** chemical accident, Busan, Ulsan, Gyeongnam, statistics

### 1. 서론

화학물질은 의약 및 농업용 제품원료, 항생제, 감미료, 식품 첨가물, 에너지원, 고분자 폴리머 원료 등 우리의 일상에서 밀접하게 이용되고 있다. 특히 화학산업의 발달은 다른 산업기술의 발전에 큰 영향을 끼치며, 현대문명의 발달에 기여해 왔다.

세계적으로 미국화학협회에 등록된 화학물질의 종류는 약 2천만 종이 넘으며, 매년 2천여 종의 신규화학물질이 새롭게 등장하고 있다(You & Chung, 2014). 이

중 전 세계에 유통되는 화학물질은 약 10만여 종이며, 약 4만여 종의 화학물질이 우리나라에서 유통되고 있다(MOE, 2007).

이러한 화학물질은 인간의 활동정도에 따라 유용성이 있는 반면, 유해성·위해성의 양면성을 가지고 있다. 따라서 화학물질의 사고시 심각한 환경피해뿐만 아니라 인체에 다양한 형태의 자극, 부식, 질식, 기형, 질병 등의 유해성을 유발한다.

이와 같이 화학물질은 현대문명의 발전을 위해 필수적인 요소이지만, 화학물질의 사고시 심각한 건강

<sup>+</sup> Corresponding author: Kyu Yeol Lee, Tel. +82-52-228-5803, Fax. +82-52-228-5889, e-mail. [waabang@korea.kr](mailto:waabang@korea.kr)

과 환경피해가 발생할 수 있어서 국가적인 차원에서 부정적인 영향을 최소화하기 위해 다양한 사전예방 활동과 관리가 필요하다(MOE, 2015).

우리 정부의 화학물질 관련법은 1990년 8월 제정된 「유해화학물질관리법」이 2015년에 「화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률」, 「화학물질관리법」이라는 두 개의 법으로 강화되어 국가 화학물질 관리정책의 큰 패러다임 변화를 가져왔다(Oak & Lee, 2017). 이는 2012년 9월 구미 불화수소 누출사고 이후 사업장 내 노후·취약시설 개선 투자확대, 안전교육 강화, 신속한 사고 대응체계 구축, 정보공유, 도급관리 등을 포함한 화학물질 안전관리 종합대책을 수립하여 화학물질 취급시설의 사전예방제도 신설, 환경부 중심의 화학사고 대응 등이 이루어져 화학사고를 사전에 예방하여 효과적으로 대응하는 기틀을 마련하게 된 결과이다(Lee, et. al., 2018). 그러나 환경부 화학물질안전원 화학안전정보공유시스템(CSC: Chemisty Safety Clearing-house)의 통계에 의하면 국내 화학사고 발생건수는 2013년 86건, 2014년 105건, 2015년 113건, 2016년 78건, 2017년 87건, 2018년 66건 등 연 평균 89건으로 꾸준히 발생되고 있으며, 통계청이 발표한 「2018 한국의 사회지표」(KOSIS)에 따르면 우리나라 국민들이 인식하는 환경문제의 불안요소 가운데 화학물질이 미세먼지와 방사능을 이어 3위(53.5% 답변)를 차지하는 등, 여전히 화학사고에 의한 국민들의 불안감이 사라지지 않고 있다.

이를 위해 국내 화학사고 발생동향을 다각적으로 분석하여 이에 따른 예방과 대응방법 개선에 대한 연구가 필요하다. 이와 같은 연구는 국민의 안전을 위한 정부의 화학물질 관리 정책에 중요한 바탕으로 작용할 수 있다. 국내 화학사고 발생에 관한 연구는 You & Chung(2014)의 유해화학물질 유출의 사례 분석, Kim, et. al.(2015)의 국내 화학사고 조사제도 비교 연구 등, 화학물질 유·누출과 화학물질 관리제도에 대한 연구가 많이 이루어졌다. 2015년 「화학물질관리법」의 제정 이후에는 Lee, et. al.(2016)의 화학사고 예방을 위한 유해화학물질 관리개선 연구, Lee, et. al.(2017)의 화학사

고에 의한 인명사고 특성 분석에 관한 연구, Park, et. al.(2018)의 국내 화학사고의 휴먼에러 기반 분석에 관한 연구, Lee, et. al.(2018)의 국내화학사고 사례 분석을 통한 대응체계 개선에 관한 연구 등 화학사고 데이터를 이용하여 활발한 연구가 진행되고 있다.

이는 전국적인 화학사고 데이터를 활용한 국내 화학사고에 대한 연구가 대부분이며, 지역적 특색을 적용한 화학사고 발생에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 인구밀도가 높고 소규모 화학물질 취급업체가 많은 부산, 국내 최대 규모의 화학물질을 취급하는 울산, 화학물질 배출량이 많은 경남 등, 부산·울산·경남 지역의 화학사고 발생 현황을 조사하고, 통계적으로 유의한 데이터를 분석하여 지역적인 화학사고 발생 특성을 다각도로 비교·분석 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구지역

본 연구의 연구지역은 부산·울산·경남 지역으로 대상지역의 위치와 화학물질 배출량, 인구밀도를 <Figure 1>에 나타내었다.

부산·울산·경남 지역의 연간 유해화학물질 취급량은 6,100만 톤으로 영산강유역에 이어 전국에서 두 번째로 많으며, 등록된 유해화학물질 취급 사업장만 2,800여 곳이 넘는다(KNN News).

지역별 화학물질 배출량은 경남이 9,393톤으로 경기도에 이어 전국에서 두 번째로 많으며, 울산이 7,278톤으로 세 번째 수치를 나타낸다. 부산의 화학물질 배출량 2,201톤을 합한 부·울·경 지역의 화학물질 배출량은 전국 배출량 57,248톤의 32.9%에 달한다(NICS, 2018).

한국산업단지공단(KICOX, 2019)에 따르면 부·울·경 지역은 부산의 명지·녹산, 울산의 울산·미포·온산, 경남의 창원 등 12개의 국가산업단지가 있으며, 169개의 일반산업단지에서 화학물질이 취급되고 있다.

특히 울산에는 주요 정유 및 석유화학업체들로 구

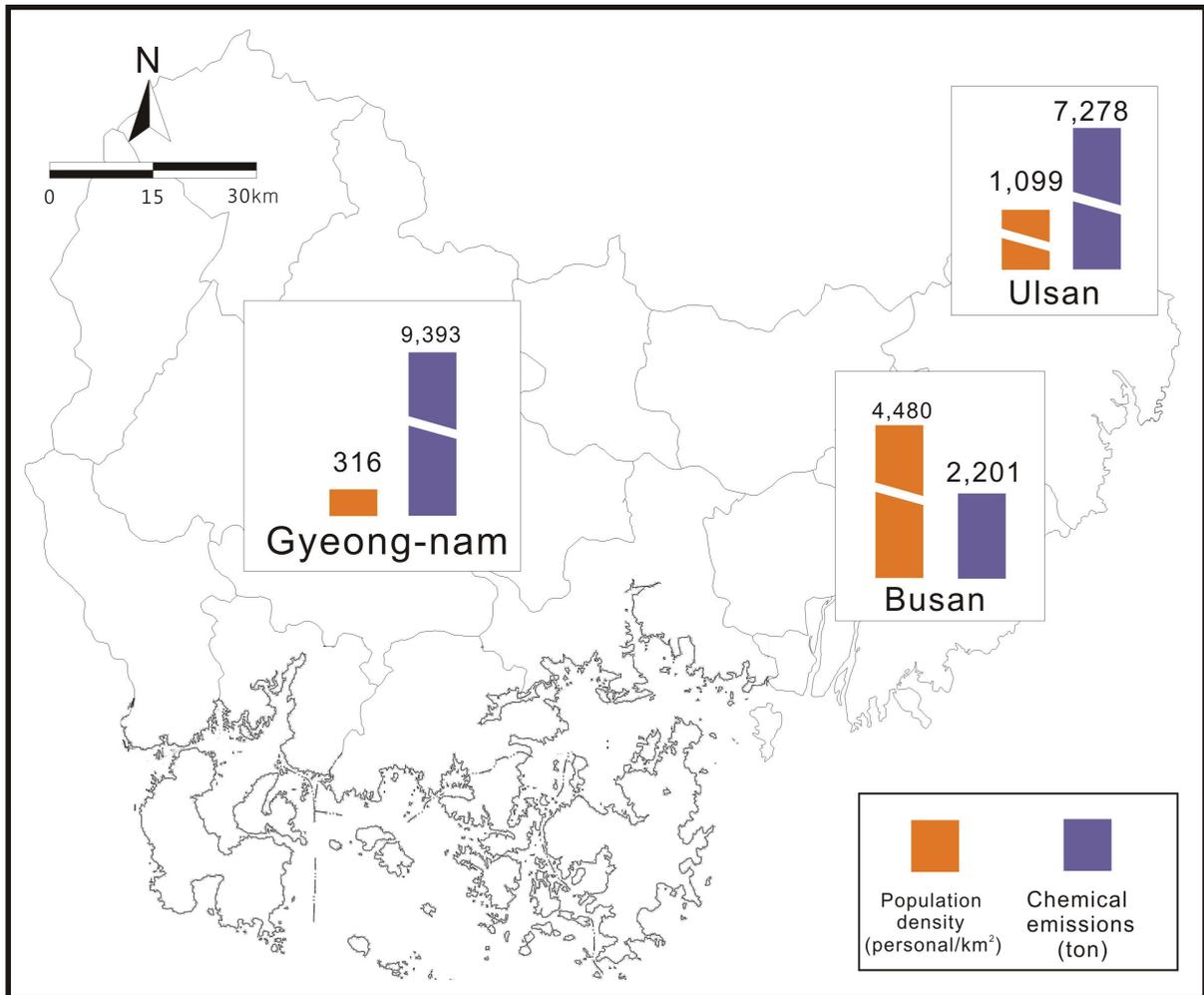


Figure 1. Location of chemical emissions, population density(Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

성된 국내 최대규모의 석유화학단지가 1962년부터 가동 중이며(Song, *et. al.*, 2018), 산단별 화학물질 취급량은 울산·미포국가산단이 62,692천 톤, 온산국가산단이 16,294천 톤으로 여수국가산단에 이어 전국에서 가장 많은 양이다(NICS, 2018).

## 2. 분석방법

화학사고 발생현황 분석을 위하여 환경부 화학물질안전원에서 운영하고 있는 「화학안전정보공유시스템」(CSC)의 화학사고 데이터를 기반으로 사고사례를 조사하였다. 자료는 부산·울산·경남 지역의 화학사고 발생현황이며, 기간은 2013년부터 2018년까지 총 6년간의 자료이다.

자료의 분석은 부산·울산·경남 지역의 6년간의

화학사고 발생 전체 데이터를 연도별, 지역별, 시간적, 사고 물질별, 사고 원인별로 각 각 분류하여 통계분석하였으며, 화학사고 의해 인명피해가 발생한 사고사례를 종합적으로 분석하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 연도별 분석

부산·울산·경남 지역의 2013년부터 2018년까지의 화학사고는 총 87건 발생하였으며, 연도별 발생현황을 <Figure 2>에 나타내었다.

본 연구지역의 화학사고는 2013년과 2014년 각각 12건과 11건이 발생하였으며, 「화학물질관리법」이 시행되기 시작한 2015년 19건으로 전년 대비 약 57.9%가

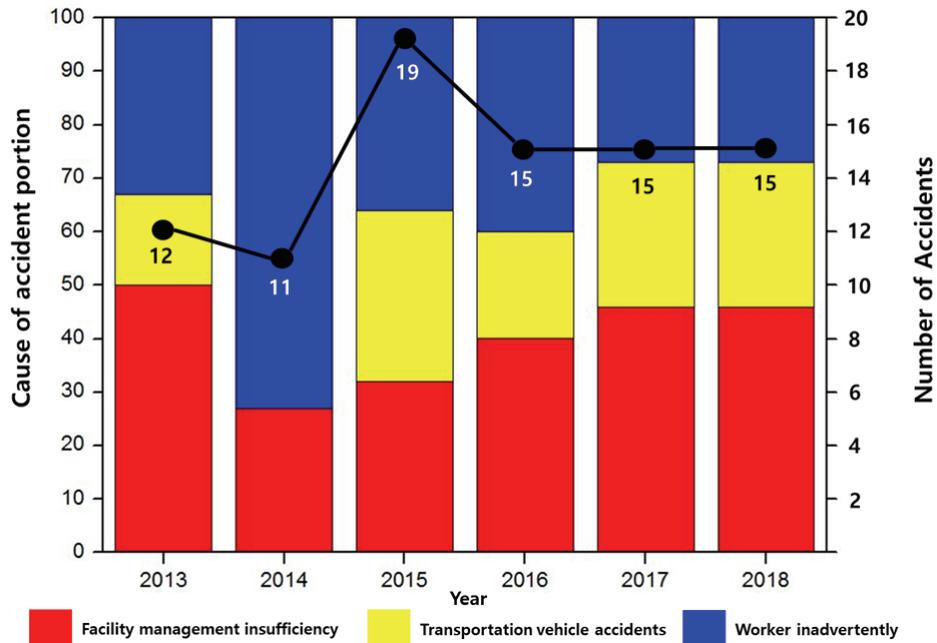


Figure 2. Occurrence of chemical accidents by year(in Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

증가하였다. 이 후 2016년도부터 2018년까지는 매년 15건씩 발생되었다. Kim, et. al.(2018)과 Shin, et. al.(2016)의 연구에 의하면 「화학물질관리법」 시행 후의 화학사고 증가 원인을 구미 불산사고 이후 일반국민과 화학물질 취급 근로자의 화학물질 위험성에 대한 인식의 변화로 볼 수 있으며, 법적으로도 화학사고 즉시신고기준이 강화되면서 과거에 화학사고 지표에 나타나지 않았던 소규모 사고들이 사고통계로 집계되면서 증가된 형태로 분석하였는데, 본 연구에서도 연도별 화학사고 평균 발생건수가 14.5건에 비하여 2015년 화학사고의 증가원인을 이와 같이 분석 할 수 있다. 전국적인 화학사고 발생현황과 비교하면 본 연구 대상지역 에서의 화학사고는 2013년부터 2018년까지 각각 14.0%, 10.5%, 16.8%, 19.2%, 17.2%, 22.7%의 비율이며, 평균 16.7%의 비율로 발생되었다.

한편 「화학안전정보공유시스템」(CSC)에서는 화학사고유형을 시설관리미흡, 작업자부주의, 운송차량사고 등 크게 3가지로 구분하고 있다. 본 연구지역의 화학사고 사례에서는 전체 기간 동안 시설관리미흡이 40.2%, 작업자부주의가 37.9%, 차량운송사고가 21.8%로 나타났다. 작업자부주의는 15년 이후 감소추세이

며 운송차량사고는 16년 이후로 매년 20% 이상의 비율로 발생되고 있다.

특히 주로 도로상에서 발생하는 화학물질 운반차량의 사고는 많은 인명피해와 환경피해를 유발할 수 있으므로 운송화학사고시 신속한 방재가 이루어질 수 있도록 범국가적 화학물질 시스템의 구축과 화학물질 운반자에 대한 교육강화가 필요하다(Kim, et. al., 2016; Lee, et. al., 2016).

## 2. 지역별 분석

<Figure 3>은 부산·울산·경남 지역의 2013년부터 2018년까지 화학사고를 사고발생 지역별로 분류하여 나타내었다.

본 연구지역의 6년간 총 87건의 화학사고 중 부산지역이 26건, 울산지역 39건, 경남지역이 22건으로 발생하였다. 전국적인 화학사고 발생현황과 비교하면 분석기간 동안 전국의 화학사고 발생은 총 535건으로 연평균 89.2건의 화학사고가 발생하였으며, 이 중 부산지역이 4.3건, 울산지역 6.5건, 경남지역이 3.7건으로 발생되었다.

부산지역의 경우 강서·사상·사하구에서의 화학

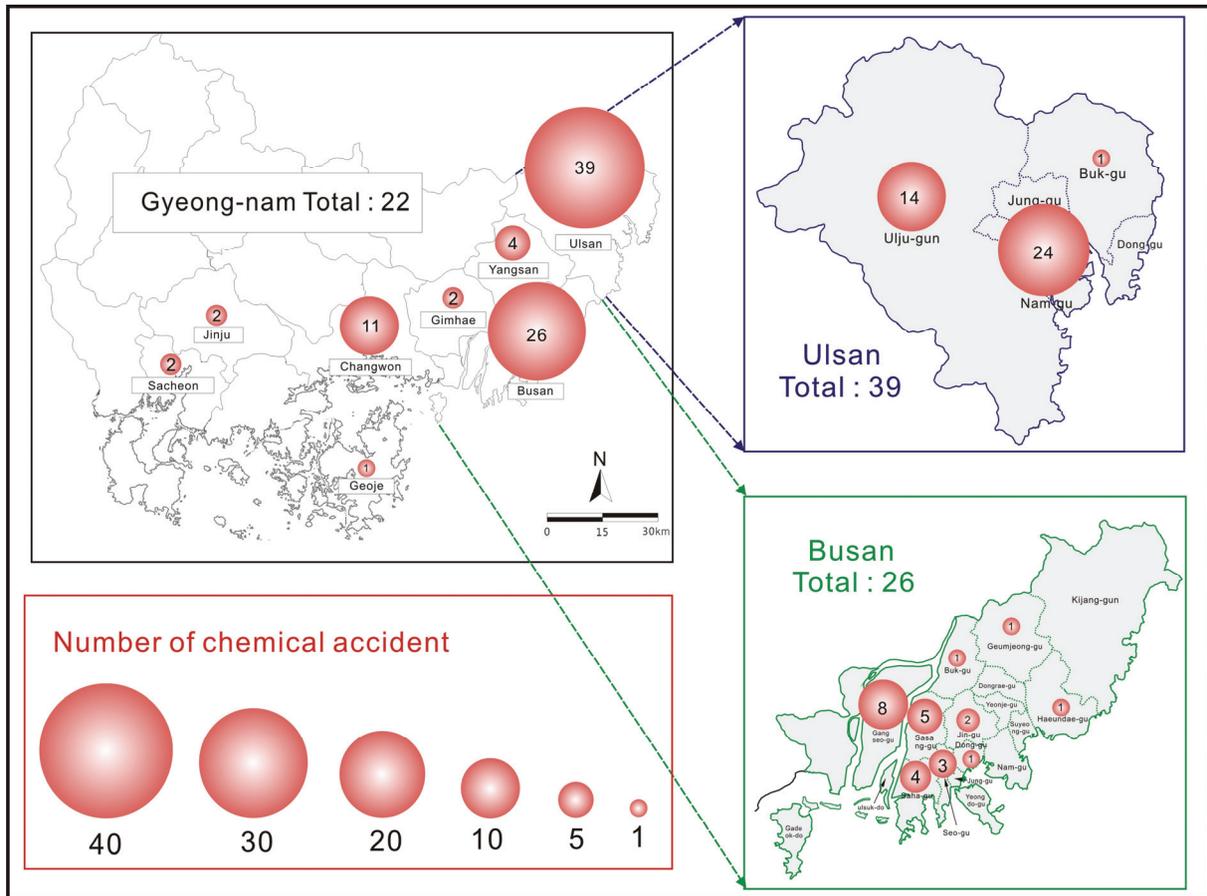


Figure 3. Occurrence of chemical accidents in by region(Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

사고 발생이 각 각 8건, 5건, 4건 으로 부산지역 전체의 65.4%로 발생되었다. 울산지역의 화학사고는 부·울·경 지역의 전체 화학사고 44.8%가 발생하였으며, 특히 한건을 제외하면 석유화학단지과 울산산업단지가 밀집한 남구와 울주군에서 발생한 사고가 울산지역 전체 화학사고의 97.4%로 대부분을 나타내었다. 울산시 남구와 울주군의 화학사고 발생건수가 각 각 24건, 14건으로 부·울·경 지역 전체의 43.7%로 매우 높은 분포를 보였다.

부산지역의 사하구, 사상구의 인구밀도는 각 각 8,007.0명/km<sup>2</sup>, 6,428.4명/km<sup>2</sup>로 부산 전체 평균의 1.8~1.4 배 수준이며, 울산지역 남구의 경우는 4654.4명/km<sup>2</sup>로 울산 전체의 4.2배에 달한다(MOIS, NAMU, WIKI). Kim, et. al.(2018)은 화학물질 취급시설이 많은 국가산업단지 인근에 화학재난합동방재센터가 설치·운영

되어 주변 사고대응의 골든타임이 줄어들고, 화학사고에 의한 환경인명피해를 저감하는 것으로 분석하였다. 울산 남구·울주군 인근에도 울산화학재난합동방재센터가 설치·운영, 부처별 화학사고 예방대응기능을 집결하여 신속한 공동체계를 구축하고 있다. 인구밀도가 높은 울산 국가산업단지 주변 지역의 화학사고 피해저감을 위하여 부처별 화학재난합동방재센터 역할이 중요하다고 사료된다.

경남지역의 화학사고 발생현황도 산업단지가 위치한 창원, 양산지역이 경남지역 전체의 63.6%로 대부분을 차지하였다. 창원의 경우 마산회원구와 성산구의 사고발생 빈도가 높았다. 특히 창원, 양산지역의 인구밀도 또한 각 각 1,419.9명/km<sup>2</sup>, 660.0명/km<sup>2</sup>으로 경남지역 평균의 4.5~2.1배로 나타나 화학사고 발생시 주변 환경·인명피해에 대한 철저한 대비가 필요하다.

### 3. 시간적 분석

본 연구지역의 화학사고 발생 현황을 월별, 계절별, 요일별, 시간별로 분류하여 <Figure 4>와 <Figure 5>, <Figure 6>에 나타내었다.

월별 화학사고 발생의 경우 7월에 14건이 발생하여 가장 높게 나타났으며, 12월이 3건으로 가장 낮았다. 계절별로는 6,7,8월의 여름철에서 40.2%의 화학사고가 나타났으며, 봄철의 5월을 포함한 5~9월까지의 화학사고가 전체의 51.7%로 분포되어 이 시기에 중점적인 화학물질 안전관리가 요구된다.

요일별 분석 결과에서는 전체 화학사고의 20.7%가 월요일에 집중 되었으며, 목요일이 18.4%로 뒤를 이었다. 하루 중 시간단위로 발생한 화학사고 추이는 10시와 13시에 일어난 화학사고가 각각 11.5%로 가장 높은 분포를 보이며, 9시에서 11시 사이의 화학사고 발

생이 전체의 19.5%, 13시에서 15시 사이가 18.4%로 높은 분포를 보였다. 이는 화학사고의 발생을 취급사업장에서의 사고로 한정하여 가정한다면, 주말 후 월요일 오전과 점심식사 후 화학물질 취급의 안전관리가 중요하다고 사료된다.

또한 18시부터 다음날 9시 이전 화학사고가 31.0%의 분포로 발생하였으며, 특히 심야시간인 22시부터 다음날 6시 사이의 화학사고가 16.1%의 분포로 나타났다. 이는 사고 대응에 있어서 사업장 관리자와 대응기관의 피로도를 가중시킬 수 있으며, 특히 화재, 폭발, 유·누출이나 지역적인 태풍, 지진 등의 복합사고 및 재난시 항상 화학사고의 연계 가능성을 대비해야 하는 관계기관 사고담당자들의 근무 여건이 취약할 수 있다.

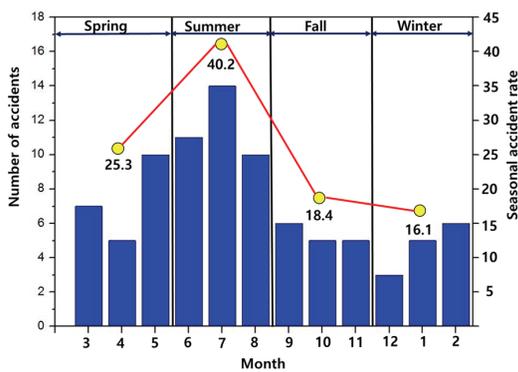


Figure 4. Monthly and seasonal chemical accidents(in Busan, Ulsan and Gyeongnam area)

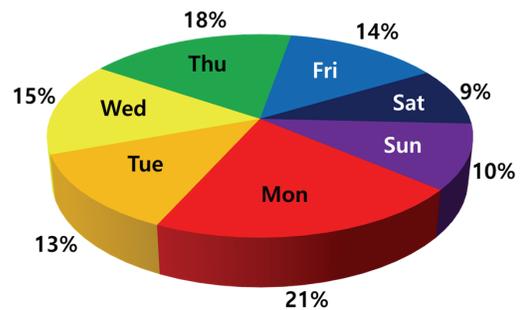


Figure 5. Occurrence of chemical accidents by day of(Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

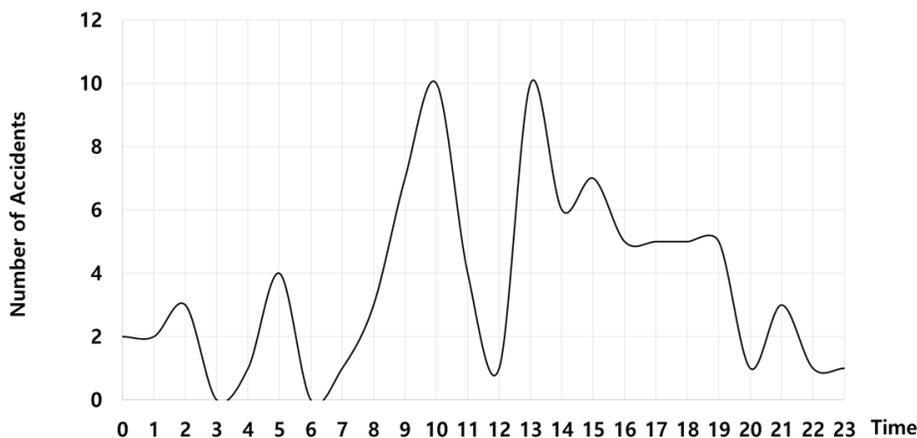


Figure 6. Occurrence of chemical accidents by hour(in Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

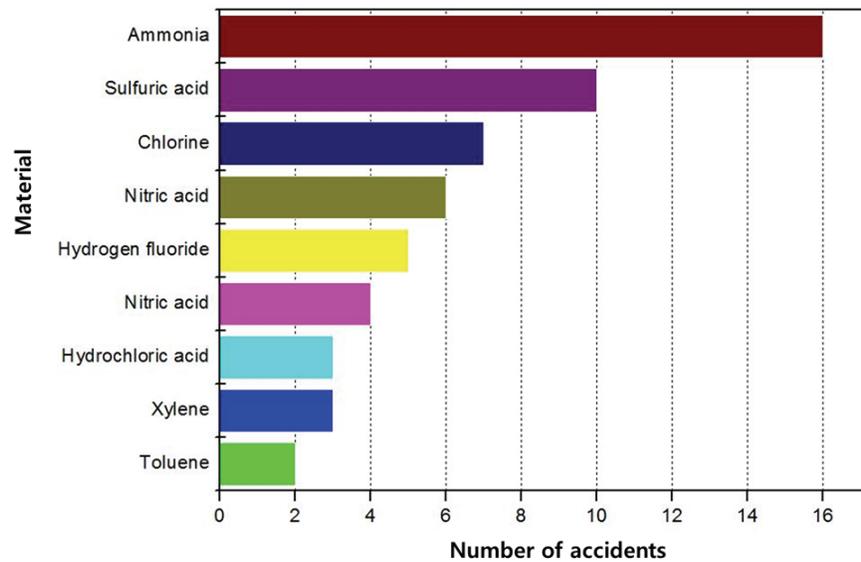


Figure 7. Status of chemicals causing chemical accidents(in Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

#### 4. 물질별 분석

본 연구지역의 화학사고 원인물질들의 분포를 비교해 보았다. 「화학물질관리법」에 의해 관리되고 있는 유해화학물질은 유해성 또는 위해성이 있거나 그러한 우려가 있는 화학물질로 물리적 위험성, 건강 및 환경유해성에 따라 유독물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비물질 등으로 정의되고 있다(MOE, 2016). 따라서 사고원인 물질의 분포특성 분석을 위해 유해·위해성이 큰 유해화학물질의 사고를 분류하였으며, 2개 이상의 복합물질에 의한 사고는 각 각의 물질별로 누적하여 분석하였다. 각 물질별로 1건 이하의 사고를 제외한 사고분포 상위 9개 유해화학물질을 <Figure 7>에 나타내었다.

부·울·경 지역 87건의 사고물질의 분석결과 유해화학물질에 의한 화학사고는 총 65건으로 나타나 본 연구지역의 전체 화학사고의 74.7%의 비율로 나타났다. 「화학물질관리법」에서 화학사고란 시설의 교체 등 작업 시 작업자의 과실, 시설결함, 노후화, 자연재해, 운송사고 등으로 인하여 화학물질이 사람이나 환경에 유출·누출 되어 발생하는 일체의 상황을 말한다(MOE, 2016). 즉 일반화학물질도 환경이나 인명피해 발생시 화학사고로 분류될 수 있다. 그러나 일반화학물질의 사고의 경우 화재·폭발·질식·수계유출

등의 피해가 대부분이며, 사고원인 물질도 특정 분포를 나타내지 않았다.

사고 원인이 된 유해화학물질의 종류는 22종이었으며, 이 중 암모니아(CAS NO: 7664-47-7)에 의한 사고발생 비율이 23.2%로 가장 높고, 황산(CAS NO: 7664-93-9)과 염소(CAS NO: 7782-50-5)가 각각 14.5%, 10.1%의 사고분포 순위를 이었다. 미국의 EPA에 보고된 화학사고 원인물질 순위의 경우에서도 암모니아(34%), 염소(12%), 불산(4%)이 상위 3개 물질로 보고되었다(Jeong & Baik, 2018). Lee, *et. al.*(2018)의 연구에서도 국내 전체 화학사고 원인물질이 염산, 암모니아, 질산, 황산 등의 사고대비물질로 분석되었다. 따라서 「화학물질관리법」에서도 사고대비물질은 급성독성·폭발성 등이 강하여 화학사고의 발생 가능성이 높거나 화학사고가 발생한 경우에 그 피해 규모가 클 것으로 우려되는 화학물질로, 취급자의 추가적인 관리를 법제화하고 있다. 본 연구에서도 전체 화학사고 원인물질 중 사고대비물질의 비율이 92.8%(유해화학물질 기준)로 나타나, 사고대비물질 취급자의 지속적이고 철저한 안전관리가 필요하다.

#### 5. 원인별 분석

앞에서의 기술과 같이 「화학안전정보공유시스템」

Table 1. Analysis of chemical accidents in Busan, Ulsan, and Gyeongnam areas

Index		Total	Ratio
Total		87	100 %
F) Facility management insufficiency (35, 100%)	f-1) Corrosion / Fatigue cracks (42.9 %)	15	17.2 %
	f-2) Vessel breakage (14.3 %)	5	5.7 %
	f-3) Control unit malfunction (5.7 %)	2	2.3 %
	f-4) Over reaction (17.1 %)	6	6.9 %
	f-6) Other (20.0 %)	7	8.0 %
	W) Worker inadvertently (33, 100%)	w-1) Management insufficiency (30.3 %)	10
w-2) Maintenance, repair insufficiency (33.3 %)		11	12.6 %
w-3) Manufacturing insufficiency (6.1 %)		2	2.3 %
w-4) Installation error (12.1 %)		4	4.6 %
w-5) Lack of education and training (9.1 %)		3	3.4 %
w-6) Other (9.1 %)		3	3.4 %
T) Transportation vehicle accidents (19, 100%)	t-1) Mismanagement (47.4 %)	9	10.3 %
	t-2) Driving an immature (21.0 %)	4	4.6 %
	t-5) Other (31.6 %)	6	6.9 %

※ f-5) Electric leakage, t-3) Drowsiness and driving, t-4) Drunk driving : None

(CSC)에서는 화학사고 유형을 시설관리미흡(F: Facility management insufficiency), 작업자부주의(W: Worker inadvertently), 운송차량사고 (T: Transportation vehicle accidents) 등 크게 3가지로 구분하고 각 유형을 5~6개의 세부 유형으로 분류하였다. Lee, et. al.(2016) 등의 선행연구에서도 이와 같은 분류로 통계분석을 실시하였으며, 본 연구에서도 부·울·경 지역에서 발생한 화학사고 원인을 각 각의 대분류에 따른 세부 유형으로 (f-1)부식·피로균열, (f-2)용기파손, (f-3)과잉반응, (f-4)제어장치 오작동, (f-5)누전, (f-6)기타 / (w-1)관리부실, (w-2)유지·보수부실, (w-3)제조부실, (w-4)설치오류, (w-5)교육·훈련미흡, (w-6)기타 / (t-1)관리소홀, (t-2)운전미숙, (t-3)졸음운전, (t-4)음주운전, (t-5)기타 로 분류하였고, 그 결과를 <Table 1>에 나타내었다.

시설관리미흡의 경우는 (f-1)부식·피로균열이 42.9%로 가장 높았으며, 작업자부주의에 의한 사고에서는 (w-1)관리부실(30.3%), (w-2)유지·보수부실(33.3%)이 대부분을 나타내었다. 운송차량사고에서는 (t-1)관리소홀이 47.4 %로 가장 높게 나타났다. 특히 본 연구에서 전체 화학사고의 원인들 중에 (f-1), (w-1), (w-2),

(t-1)이 차지하는 비율이 51.7%로 높게 나타났다. 따라서 화학사고 예방을 위하여 화학물질관리법에 의한 취급시설의 자체점검표의 면밀한 작성 등 관련법에 의한 취급시설의 종합관리가 중요한 요건이라 사료된다.

## 6. 화학사고 인명피해 현황

부·울·경 지역 6년간의 화학사고 중 부상이나 사망 등 인명피해가 발생한 사고에 대하여 분석하였으며 그 결과를 <Figure 8>에 나타내었다.

본 연구 대상지점의 인명사고 발생건수는 총 27건이었으며 2015년에 가장 증가하였고 이후로 감소하는 경향을 보인다. 기간 중 화학사고에 의한 사망자는 총 9명, 부상자는 57명으로 나타났다. 그러나 대부분의 사고사례에서 인명피해의 발생은 취급시설의 폭발·화재, 작업중 질식, 차량사고로 인한 사망·부상자들이 다수였다. 따라서 화학사고의 원인을 화학물질의 유해·위해성에 의해 발생한 인명피해 현황으로 분류하면, 기간 중 총 10건이 사고가 발생하였으며 사고원인으로는 작업자부주의 5건, 시설관리미흡 2건, 운송차량사고가 3건으로 나타났다. 이들 사고로 인한 인명

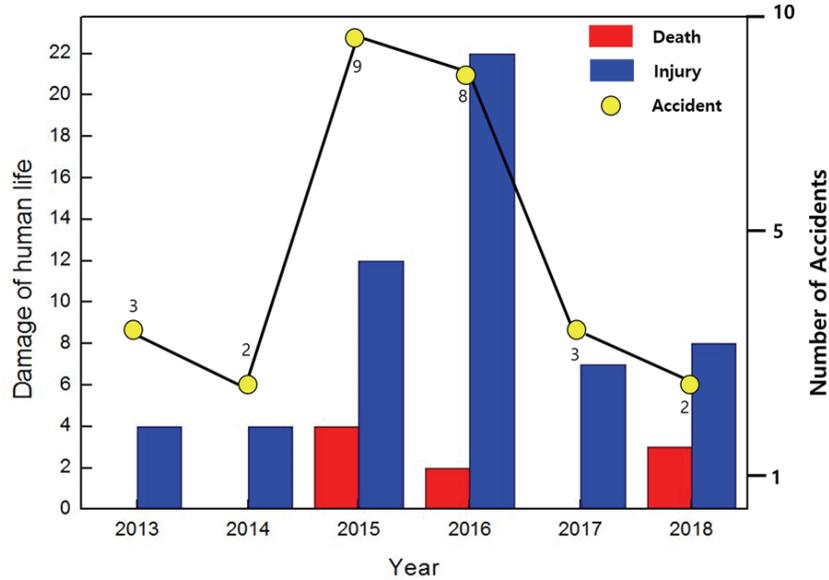


Figure 8. Status of chemical accidents causing personal injury(in Busan, Ulsan, and Gyeongnam area)

피해는 사망자 4명, 부상자 24명으로 분류되었다.

Lee, et. al.(2017)의 연구에서 2013년부터 2016년 10월까지의 전국적인 화학사고 중 인명피해가 발생한 화학사고는 총 377건 중 112건으로 30%에 해당하는 비율로 나타났다. 본 연구지역에서의 분석결과도 분석기간 총 87건 중 27건으로 31%의 비율로 나타나 비슷한 수치를 보였다.

위에서도 기술했듯이 화학사고는 복합적인 사고가 많으며, 화학물질취급과정 또한 복잡하다는 특성을 보인다. 따라서 화재폭발 등으로 연쇄적인 화학물질의 유·누출이 일어나거나, 유·누출에 따른 폭발이 발생하는 경우 등, 사고원인 규명이 어려운 경우가 많다. 지금까지의 화학사고에 의한 인명피해 현황자료도 사고자체의 인명피해 상황을 전수적으로 조사한 자료로서, 자료의 피해상황을 구체적으로 분류하기에는 한계가 있었다.

Choi, et. al.(2008)의 연구에서는 유럽과 미국, 일본의 사고관리시스템 분석기법을 비교하며 국내 각 기관별로 분산된 화학사고 이력관리의 문제점을 지적하였으며, 화학사고의 다양성에 따라 사고관리의 표준화된 DB확보와 신뢰성의 유지가 중요하다고 분석하였다.

현재 화학안전정보공유시스템(CSC)의 화학사고 데이터도 사고분류와 원인물질 등 사고정보가 체계적으로 관리되고 있지만, 과거의 자료에 대한 구체적인 분류가 어렵고 환경·인명피해 상황에 대한 사례별 분류에는 어려움이 있었다. 앞으로 표준화된 화학사고 데이터가 축적된다면 사고원인 및 피해상황에 대한 보다 정확한 통계분석이 이루어질 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 부산·울산·경남의 지역적 특색에 따른 화학사고 발생을 다각도로 분석하기 위해 「화학안전정보공유시스템」의 화학사고 데이터를 기반으로 2013년부터 2018년까지 총 6년간의 부산·울산·경남 지역 화학사고 발생 현황을 조사하였다. 해당지역의 화학사고를 연도별, 지역별, 시간별, 사고 물질별, 사고 원인별, 인명피해가 발생으로 분류하여 통계분석 하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

1) 연도별 분석결과 부·울·경 지역은 2014년부터 6년간 총 87건, 연평균 14.5건의 화학사고가 발생했으며, 사고유형으로는 시설관리미흡이 40.2%, 작업자부주의가 37.9%, 운송사고가 21.8%로 나타났다.

2) 지역별 분석결과 부산지역 26건, 울산지역 39건, 경남지역이 22건으로 나타났다. 부산지역은 강서·사상·사하구의 화학사고가 전체의 57.7%로 발생되었고, 울산지역은 석유화학단지과 울산산업단지가 밀집한 남구·울주군의 사고가 대부분의 분포를 보인다. 경남지역의 경우도 산업단지가 위치한 창원·양산지역이 경남지역의 63.6%로 나타났다. 특히 이들 지역은 인구밀도가 높은 지역이라 화학사고 발생시 주변 환경·인명피해에 대한 철저한 대비가 필요할 것이다.

3) 화학사고의 시간별 분석결과 7월이 가장 높고, 12월이 가장 낮은 분포를 보이며, 계절별로는 여름철(40.2%)에 높은 사고분포를 나타냈다. 요일별 분석결과 월요일(20.7%), 목요일(18.4%)에 사고발생이 높고. 시간단위로는 9~11시(19.5%), 13~15시(18.4%)의 사고분포가 높게 나타났다. 따라서 이 시기에 중점적인 화학물질 안전관리가 요구된다.

4) 물질별 분석결과 사고 원인의 유해화학물질의 종류는 총 22종이며, 암모니아(23.2%), 황산(14.5%), 염소(10.1%), 질산(8.7%) 등의 빈도순위를 보였다. 전체 화학사고 원인물질 중 사고대비물질의 비율이 92.8%(유해화학물질 기준)로 나타나, 특히 사고대비물질의 철저한 안전관리가 요구된다.

5) 세부원인별 분석결과 시설관리미흡의 경우는 부식·피로균열이 42.9%로 가장 높고, 작업자부주의 경우는 관리부실(30.3%), 유지·보수부실(33.3%)이 대부분이었다. 운송차량사고에서는 관리소홀이 47.4%로 가장 높게 분석되어, 화학사고 예방을 위하여 관련법에 의한 취급시설의 종합관리가 중요한 요건이라 사료된다.

6) 인명피해 분석결과 대상지점의 인명사고는 총 27건이었으며 2015년 증가 이후로 감소 경향을 보인다. 화학사고에 의한 사망자는 9명, 부상자는 57명이었으며, 폭발·화재, 작업 중 질식, 차량사고로 인한 사상자의 비율이 높다. 그러나 화학물질의 직접적인 피해에 의한 환경·인명피해의 구체적 분류에는 어려움이 있었으며 앞으로 표준화된 화학사고 데이터가

축적된다면 사고원인 및 피해상황에 대한 보다 정확한 통계분석이 이루어질 것이다.

위와 같이 본 연구는 대상지역의 화학사고 발생 사례를 예방적인 측면에서 다각도로 분석하였다. 연구결론의 내용들은 지역별 화학사고 예방관리 정책에 활용할 수 있는 기초자료로서의 가치가 크다고 사료된다. 즉 화학사고 취약시기별 화학사고 예방활동 강화, 화학사고 취약시간대의 사고대응 인원·장비의 확충 고려, 지역별 화학사고 발생 추이가 높은 물질들의 중점관리, 사고원인에 따른 취급시설 관리·보수 부실에 대비한 취급자의 철저한 안전관리, 이를 기반으로 한 취급시설 종합관리 강화 등을 들 수 있다. 또한 앞으로 화학물질 정책의 변화와 관리에 따라 화학사고 발생 추이는 지속적으로 변화될 수 있다. 따라서 장기간의 화학사고 데이터를 활용한 다각적인 통계분석에 관한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이며, 이와 같은 연구는 국민의 안전을 위한 화학물질 관리정책의 발전에 활용되어야 할 것이다.

## References

- Choi, Seung June, Kyu Sang Han, Mun Sik Cho, Yi Yoon, and En Sup Yoon. 2008. An Study on Encoding of Accident Information for the Chemical Accident Tracking System. *Journal of Korea Safety Management & Science*. 10(1): 49-58.
- Jeong, Gyeong Sam and Eun Sun Baik. 2018. Damage Effects Modeling by Chlorine Leaks of Chemical Plants. *Korea Institute of Fire Science and Engineering*. 32(3): 76-78.
- Kim, Sung Bum, Dae Hoon Kwak, Jeong Hyeon Jeon, and Seong Kyeong Jeong. 2018. A Study on the Contribution to reducing Chemical Accident of Joint Inter-agency Chemical Emergency Preparedness Center. *Journal of Korea Society of Disaster Information*. 14(3): 360-366.
- Kim, Sung Bum, Myung Hee Lim, and Sung Woon Choi. 2015. Comparison of Domestic Chemical Accident Investigation System. *Journal of the Korea Society of Disaster Information*. 11(4): 515-519.
- Kim, Sung Bum, Sang Jae Lee, Seong Kyeong Jeong, Myung

- Hee Lim, Young Il Song, Eui San Ahn, Ho Yong Jeong, Na Jin Kim, Hyun Joo Lee, and Sung Woon Choi. 2016. A Study on Investigation Procedure of Chemical Spill by Vehicle Transporting Chemicals. *Journal of Korea Society of Disaster Information*. 13(1): 1-5.
- Korea Industrial Complex Corporation. 2019. Status map of Korea Industrial Complex. URL: <http://www.kicox.or.kr>.
- Korea New Network. 2019. 3. 5. Hazardous Chemical Management Emergency(Busan, Ulsan, and Gyeongnam area). URL: <http://www.knn.co.kr>.
- Korean Statistical Information Service. 2018. Korea Social Indicator. URL: <http://kosis.kr>.
- Lee, Deok Jae, Tae Hyung Lee, and Chang Hyun Shin. 2016. Study of the Improvement of Hazardous Chemical Management for Chemical Accident Prevention. *Korea Institute of Fire Science and Engineering*. 31(1): 74-77.
- Lee, Sang Jae, Joong Don Park, Gyeong Seok Seo, Woo Sang Park, Young Hwan Kim, Sam Su Kim, and Chang Hyun Shin. 2018. Improvement on Response System by Analysis of Domestic Chemical Accidents. *Crisisonomy*. 14(7): 31-42.
- Lee, Tae Hyung, Deok Jae Lee, and Chang Hyun Shin. 2017. Characteristic Analysis of Casualty Accidents in Chemical Accidents. *Korea Institute of Fire Science and Engineering*. 31(1): 81-83.
- Lee, Tae Hyung, Sang Jae Lee, and Chang Hyun Shin. 2016. Statistical Analysis of Chemical Substance Transporting Accidents. *Korea Institute of Fire Science and Engineering*. 30(6): 23-30.
- Ministry of Environment. 2007. Status of chemical accidents in the Ministry of Environment and Major.
- Ministry of Environment. 2015. Easy-to-understand Chemical Story.
- Ministry of the Interior and Safety. 2017. Statistics. Population Density Ranking. URL: <http://namu.wiki>.
- National Institute of Chemical Safety. 2018. 2016 Chemical Emissions · Transfer Rates Survey Results.
- National Institute of Chemical Safety. Chemistry Safety Clearing-house. URL: <http://csc.me.go.kr>.
- Oak, Young Suk and Young Sub Lee. 2017. A Study on Improvement of Legal System for Harmful Chemical Substance Response Management System. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 18(4): 216-218.
- Park, Jung Chul, Jong Bae Baek, Jun won Lee, Jin woo Lee, and Seung Hyuk Yang. 2018. A Study on the Analysis of Human-errors in Major Chemical Accidents in Korea. *Journal of the Korean Society of Safety*. 33(1): 66-72.
- Song, Bong Geun, Tae Wook Lee, Hyun Ju Kim, and Tai Hoon Kim. 2018. An Analysis on the Appropriation of Chemical Accident Evacuation Facility Using GIS: focused on Ulsan metropolitan city. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 21(1): 71-73.
- Shin, Chang Hyun, Hyun Seung Lee, Tae Hong Kim, and Jai Hak Park. 2016. Analysis on Chemical Accident Characteristics of Facilities Handling Hydrochloric Acid. *Korea Institute of Fire Science and Engineering*. 30(6): 14-15.
- You, Ji Sun and Yeong Jin Chung. 2014. Case Analysis of the Harmful Chemical Substances' Spill. *Korea Institute of Fire Science and Engineering*. 28(6): 90-82.
- Korean References Translated from the English*
- 국가통계포털. 2019. 인구총조사. URL: <http://kosis.kr>.
- 김성범, 광대훈, 전정현, 정성경, 2018. 화학재난합동방재센터 운영을 통한 화학사고 감소 기여도 연구. *한국재난정보학회*. 14(3): 360-366.
- 김성범, 이상재, 정성경, 임명희, 송영일, 안유산, 정호영, 김나진, 이현주, 최성운. 2017. 화학물질 운반차량 누출사고 처리 절차에 관한 연구. *한국재난정보학회*. 13(1): 1-5.
- 김성범, 임명희, 최성운. 2015. 국내 화학사고 조사제도 비교 연구. *한국재난정보학회*. 11(4): 515-519.
- 부산경남대표방송 2019.3.5. 유해화학물질 비상관리, URL: [www.knn.co.kr](http://www.knn.co.kr).
- 박정철, 백중배, 이준원, 이진우, 양승혁. 2018. 국내 화학사고의 휴먼에러 기반 분석에 관한 연구. *한국안전학회지*. 33(1): 66-72.
- 신창현, 이현승, 김태홍, 박재학, 2016. 염산 취급시설 화학사고 특성분석에 관한 연구. *한국화재소방학회 논문지*. 30(6): 14-15.
- 송봉근, 이태욱, 김현주, 김태훈. 2018. GIS 기법을 활용한 화학사고 대피시설의 적정성 분석. *한국지리정보학회지*. 21(1): 71-73.

- 옥영석, 이영섭. 2017. 유해화학물질 대응시스템 적용을 위한 제도 개선 연구. 한국산학기술학회논문지. 18(4): 216-218.
- 유지선, 정영진. 2014. 유해화학물질 유출의 사례 분석. 한국화재소방학회논문지. 28(6): 90-82.
- 윤이, 양희선, 박춘화, 조문식, 김성범, 이문순. 2007. 한국위기관리논집. 10(1): 49-58.
- 이상재, 박중돈, 서경석, 박우상, 김영환, 김삼수, 신창현. 위기관리 이론과 실천. 14(7): 31-42.
- 이태형, 이덕재, 신창현. 2017. 화학사고에 의한 인명사고 특성 분석에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문집. 30(6): 23-30.
- 이태형, 이상재, 신창현. 2016. 화학물질 운송 화학사고의 통계 특성 분석에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지. 31(1): 81-83.
- 이덕재, 이태형, 신창현. 2017. 화학사고 예방을 위한 유해화학물질 관리 개선 연구 한국화재소방학회 논문집. 31(1): 74-77.
- 정경삼, 백은선. 2018. 화학공장의 염소 누출에 의한 피해 영향 모델링. 한국화재소방학회 논문집. 32(3): 76-78.
- 최승준, 한규상, 조문식, 윤이, 윤인섭. 2008. 화학물질 사고관리를 위한 사고정보 코드화 방안에 관한 연구. 10(1): 49-58.
- 한국산업단지공단. 2019. 전국·시도별 전국산업단지 현황지도. URL: [www.kicox.or.kr](http://www.kicox.or.kr)
- 화학물질안전원. 2018. 화학물질 배출·이동량 조사결과 보고서.

---

Received: May 17, 2019 / Revised: Jul. 2, 2019 / Accepted: Jul. 8, 2019

## 화학사고 사례의 통계분석에 관한 연구

- 부산·울산·경남 지역을 대상으로 -

**국문초록** 본 연구는 2013년부터 2018년까지 총 6년간의 부산·울산·경남 지역 화학사고 발생 현황을 대상으로 지역적 특색에 따른 화학사고를 다각도로 분석 하였다. 연도별 분석결과 6년간 총 87건, 연평균 14.5건의 화학사고가 발생하였다. 사고유형으로는 시설관리미흡이 40.2%, 작업자부주의가 37.9%, 운송사고가 21.8%로 나타났다. 지역별 분석결과 부산지역 26건, 울산지역 39건, 경남지역이 22건으로 나타났다. 연간 화학사고의 분석결과 7월이 가장 높고, 12월이 가장 낮은 분포를 보였다. 계절별로는 여름철(40.2%)이 가장 높은 사고분포를 나타내었고, 요일별 분석결과 월요일(20.7%), 목요일(18.4%)에 사고발생 비율이 높았다. 하루 중에는 9~11시(19.5%), 13~15시(18.4%)의 사고분포가 높게 나타났다. 물질별 분석결과 사고 원인의 유해화학물질은 암모니아(23.2%), 황산(14.5%), 염소(10.1%), 질산(8.7%) 등의 순으로 높게 나타났다. 연구기간 중 화학사고에 의한 인명피해는 사망자 9명, 부상자 57명으로 나타났다. 이와 같은 연구는 국민의 안전을 위한 화학물질 관리 정책에 중요한 기초자료가 될 것이다.

주제어 : 화학사고, 부산, 울산, 경남, 통계

**Profiles** **Kyu Yeol Lee** : He completed Doctor of Engineering course in Pusan National University. Currently, he is working at the Nakdong River Basin Environmental office of the Ministry of Environment. His interesting subject and area of research is Water Engineering, Hydrology, Chemical analysis and Accident Response Sector(waabang@korea.kr).

**Ji Hun Jo** : He received master's degree from Korea National Open University. Currently, he is working at the Nakdong River Basin Environmental office of the Ministry of Environment. The major task is chemical Accident Response Sector. The interested areas are Accident Response Sector, Risk Management Prevention, training, root cause analysis of accidents and so on(cho3466@korea.kr).

**Seon Oh Park** : He received Master' degree from Energy resources engineering and Environment in INHA University. Also, he conducted Waste management and recycling process research in National Institute of Environmental research. Currently, he conducting at the Nakdong River Basin Environmental office of the Ministry of Environment(seonoh31@korea.kr).

**Jin Woo Heo** : He is doing an engineering master's course at Pusan National University. And he is currently working for the Nakdong River Basin Environmental Office. Major tasks include responding to chemical accidents, reviewing plans to transport harmful chemicals, and managing chemical accident response equipment. The areas of interest are chemical accidents, prevention of secondary water pollution accidents caused by chemical accidents, efficient accident response measures, investigation of distribution of hazardous chemicals, and effective purification of hazardous chemicals leaked(jinwooh007@korea.kr).

**Yong Sun Im** : He received his Ph.D from Chungnam National University. He working at the Nakdong River Basin Environmental office of the Ministry of Environment is a professional engineer in chemical safety engineering(egzero68@korea.kr).