

## 주요 산업단지의 화학물질 배출량 특성에 관한 연구

김현지\*\*\* · 임지영\*\*\* · 윤정현\* · 이지호\*\*\* · 전준호\*\* · 이형수\*†

\*화학물질안전원 사고총괄훈련과, \*\*창원대학교 환경공학과, \*\*\*화학물질안전원 사고예방심사1과

### A Study on the Characteristics of Chemicals in Major Industrial Complexes

Hyunji Kim\*\*\*, JiYoung Im\*\*\*, Jeonghyeon Yun\*, JiHo Lee\*\*\*, JunHo Jeon\*\*, and ChungSoo Lee\*†

\*Accident Coordination and Training Division, National Institute of Chemical Safety, Daejeon, Korea

\*\*Department of Environmental Engineering, Changwon National University, Gyeongnam, Korea

\*\*\*Accident Prevention and Assessment Division 1, National Institute of Chemical Safety, Daejeon, Korea

#### ABSTRACT

**Objectives:** Based on the results of a chemical substance emissions survey, we investigated characteristics of chemical emissions in industrial complexes and used them as basic data for chemical management.

**Methods:** The emissions and characteristics of chemicals by major industrial complexes from 2011 to 2015 were analyzed using the Pollutant Release and Transfer Register homepage. To understand the status of chemical accidents for major chemicals emitted from the industrial complexes, the Chemistry Safety Clearing-house system of the National Institute of Chemical Safety was used.

**Results:** Emissions from the top five industrial complexes accounted for about 30% of total chemical emissions. The chemical emission was the highest in the order of Ulsan Mipo Industrial Complex and Okpo Industrial Complex. The main chemicals emitted were xylene, ethylbenzene, ethyl acetate, toluene, dichloromethane, and others. Carcinogen emissions differed by industrial complex, but ethylbenzene and dichloromethane were the major chemicals for this type of emissions.

**Conclusion:** Recently, the use and emission of chemicals have been continuously increasing. A chemical management plan should be prepared considering the characteristics of industrial complexes and chemical substance emissions.

**Keywords:** Chemical substance emissions, carcinogen emissions, industrial complexes, chemical management

## I. 서론

현대사회는 경제개발 이후 단시간 내의 고도성장에 따라 인류에게 물질적 풍요와 편리성을 주었으나 산업화와 도시화로 인하여 환경오염이 심각해지고 국민의 생활수준이 높아지면서 환경오염에 대한 관심이 지속적으로 증가되고 있다.<sup>1,2)</sup>

국내의 경우 1960년대부터 산업단지 개발을 시작하였고, 최초의 산업단지인 울산공업지구가 중화학공업의 입지를 위해 개발되었다. 1960년대 건설된 대부분의 산업단지는 수출 위주의 경공업에 중심을 두었고, 1970년대에는 중화학공업을 중심으로 기계·화학·철강·선박 등의 산업 구조가 형성되었다. 1980년대 경제 산업 구조가 고도화되면서 다수의 산

†Corresponding author: National Institute of Chemical Safety, Daejeon 34111, Republic of Korea, Tel: +82-42-605-7024, Fax: +82-42-605-7095, E-mail: leecs1103@korea.kr

Received: 06 October 2018, Revised: 25 October 2018, Accepted: 06 November 2018

업단지와 공업지역이 자리 잡으면서 국내에서 유통되는 화학물질의 종류와 사용량이 크게 증가하게 되었다.<sup>3)</sup> 주요 산업단지에서는 화학물질을 저장·운반 시설, 제품제조공정 및 환경오염방지시설 등 화학물질 취급(사용, 제조) 과정에서 환경 중으로 배출하고 있다.<sup>4)</sup> 결국 배출되는 다양한 화학물질들이 인체와 환경에 피해를 일으킨다는 것이 확실해지면서 국민들의 관심이 매우 높아지고 있다.<sup>5,6,7)</sup>

화학물질을 체계적으로 관리하여 화학물질의 위험으로부터 국민 건강 및 환경을 보호하기 위해 환경부에서는 사업장에서 배출되는 화학물질이 환경(대기, 수계, 토양)으로 배출되거나 폐기물 또는 폐수처리업체로 이동되는 양을 파악하여 공개하는 PRTR (Pollutant Release and Transfer Registers, PRTR) 제도를 1996년부터 운영하고 있다. 화학물질 배출량 조사의 경우 기업에서 자발적으로 취급하는 화학물질이 환경으로 배출되는 양을 매년 보고하고 국민에게 공개하는 제도로 2000년 석유정제·화학 등 2개의 업종 80종 화학물질을 대상으로 처음으로 조사를 실시한 이후, 현재 2015년(2017년 공개기준) 약 3,600개의 사업장을 대상으로 유해화학물질, 발암물질, 중금속 등 총 415종 물질, 한국표준산업분류에 의한 39개 업종, 1인 이상 사업장을 대상으로 범위를 확대하여 화학물질 배출량조사를 매년 실시하고 있다.<sup>8)</sup> 미국에서 시행된 TRI (Toxics Release Inventory) 제도를 시작으로 우리나라를 비롯하여 일본, 호주, 캐나다, EU회원 31개국 등에서 유사한 방식으로 시행 및 공개가 되고 있다.<sup>9)</sup> 이처럼 화학물질 배출량 정보공개에 따라 지역사회의 적극적인 대응을 유발하여 배출량 저감을 촉진할 수도 있다.<sup>9)</sup>

이번 연구에서는 화학물질 배출량조사 결과를 바탕으로 국내 주요 산업단지에서 배출되고 있는 화학물질의 특징을 분석하여 지역의 화학물질 배출 저감 및 환경 관리를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 화학물질 배출량조사

본 연구에서는 화학물질 배출·이동량정보 홈페이지에 공개된 지난 5년간의 화학물질 배출량조사 결과를 활용하여 주요 산업단지별 각종 화학물질 배출량 추이와 현황을 분석하고자 하였다. 화학물질은 저

장·운반시설, 제품제조공정 및 환경오염방지시설 등 16개 화학물질 취급(제조, 사용) 과정에서 환경 중으로 배출되고 있다. 2011년에는 총 34개 업종, 3,159개 사업장을 대상으로 배출량조사가 실시되었고, 2015년도 자료(2017년 공개 기준)에 의하면 총 35개 업종, 3,634개 사업장을 대상으로 조사대상 415종 중 226종의 화학물질 배출량이 조사되었고, 이 중 그룹 1 발암물질 12종, 그룹 2A 발암물질 10종, 그룹 2B 발암물질 33종이 포함되어 있었다. 조사대상 사업장 범위는 기존 30인 이상에서 종업원 수 규정을 삭제하여 1인 이상 전체 사업장으로 변경하여 2013년부터 시행하였다. 조사대상 화학물질은 80종을 시작으로 2011년 415종으로 확대하여 배출량에 따라 I그룹(1톤/년) 16종, II그룹(10톤/년) 399종을 대상물질로서 조사되었다.

### 2. 산업단지별 배출량 특성 비교

주요 산업단지별 화학물질의 배출 특성을 확인하고자 가장 먼저 최근 5년간의 화학물질의 배출량을 국내 산업단지(국가산단, 일반산단)별로 구분하였다. 전체 배출량 중 2015년에는 70% 이상이 산업단지에서 배출되었고, 이중 가장 많이 화학물질이 배출되고 있는 울산·미포(13.1%), 옥포(4.7%), 영암삼호(4.0%), 죽도(3.0%), 반월(3.0%) 산업단지를 연구대상으로 선정하였다. 이후 주요 산업단지별 화학물질 배출량의 변화와 화학물질의 특성 등을 조사하였다. 또한, 산업단지에서 배출하고 있는 주요 화학물질에 대해 화학사고 현황을 파악하기 위해 화학물질안전원 화학안전정보공유시스템을 활용하여 연도별 화학사고 사례를 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 화학물질 배출량 현황

Table 1은 화학물질의 연도별 배출량조사 결과를 제시하였고, 2011년에는 전국 3,159개 사업장에서 52,289톤의 화학물질이 배출되었고, 2015년에는 전국 3,634개 사업장에서 53,732톤의 화학물질이 배출된 것으로 조사되었다.

Table 2는 최근 5년간의 화학물질 배출량이 많은 주요 산업단지별 특성을 제시하였다. 울산·미포산업단지는 1975년부터 조성되어 산업구조 고도화와 업종

간의 균형발전 및 첨단산업의 유치로 중화학공업육성을 도모하였다. 옥포와 죽도산업단지는 1974년부터 조성되었고 조선소 건설을 위한 종합 산업기지로서 개발되었고, 영암삼호산업단지는 1991년부터 조성되어 조선 및 기계공업의 계열화·집단화를 위해 조성된 민간개발 산업단지이다. 반월산업단지는 1977년부터 조성되어 기계, 전기·전자, 석유화학 등 다양한 업종이 입주해 있으며 지역 개발 활성화와 미래지향적 지원체제를 갖춘 복합산업단지로 개발되었다.<sup>3)</sup>

Table 3은 연구대상 산업단지의 최근 5년간 화학물질 배출량 조사 결과를 제시하였다. 2011년에는

52,289톤 중 상위 5개 산업단지에서 14,818톤의 화학물질이 배출되었고, 2015년에는 53,732톤 중 14,970톤의 화학물질을 배출한 것으로 조사되었다. 배출량 상위 5개 산업단지의 배출량이 전체 산업단지 화학물질 배출량의 약 30% 정도 차지하고 있었다. 울산·미포산업단지에서 배출량이 가장 높은 것으로 조사되었고, 2011년부터는 다소 감소하는 경향을 보였다. 옥포산업단지, 영암삼호산업단지, 반월산업단지의 경우 배출량이 다소 증가하는 경향을 보였다. 표에는 제시하지 않았지만 화학물질 대부분은 대기를 통해 환경으로 배출되고 있었다.

**Table 1.** Hazardous pollutant emissions survey status

| Investigation year                             | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Category of business                           | 34           | 34           | 34           | 34           | 35           |
| Number of hazardous substance*<br>(Research**) | 242<br>(415) | 233<br>(415) | 228<br>(415) | 226<br>(415) | 226<br>(415) |
| Scale company<br>(Number of employees)         | 30or more    | 30or more    | 1or more     | 1or more     | 1or more     |
| Number of companies                            | 3,159        | 3,268        | 3,435        | 3,524        | 3,634        |
| Pollutant (ton)                                | 52,289       | 51,121       | 50,767       | 54,261       | 53,732       |

\*Reported substance

\*\*Object of interest substance

**Table 2.** Characteristics of industrial complexes

| Classification | Designation year | Area (m <sup>2</sup> ) | Business category                                   |
|----------------|------------------|------------------------|---|
| Ulsan · Mipo   | 1975             | 45,653,000             | Machinery, transportation equipment, petrochemistry |
| Okpo           | 1974             | 5,780,000              | Shipbuilding  |
| Samho          | 1991             | 2,926,000              | Machinery, shipbuilding                             |
| Jukdo          | 1974             | 4,260,000              | Shipbuilding  |
| Banwol         | 1977             | 15,373,000             | Machinery, electrics & electronics, petrochemistry  |

**Table 3.** Emissions of industrial complexes by year (Unit: ton)

| Classification | 2011<br>(52,289) | 2012<br>(51,121) | 2013<br>(50,767) | 2014<br>(54,261) | 2015<br>(53,732) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ulsan · Mipo   | 7,796<br>(14.9%) | 7,267<br>(14.2%) | 7,236<br>(14.3%) | 7,265<br>(13.4%) | 7,049<br>(13.1%) |
| Okpo           | 2,280<br>(4.4%)  | 2,359<br>(4.6%)  | 2,115<br>(4.2%)  | 2,499<br>(4.6%)  | 2,500<br>(4.7%)  |
| Samho          | 1,936<br>(3.7%)  | 1,737<br>(3.4%)  | 1,508<br>(3.0%)  | 2,466<br>(4.5%)  | 2,174<br>(4.0%)  |
| Jukdo          | 1,829<br>(3.5%)  | 2,022<br>(4.0%)  | 1,858<br>(3.7%)  | 1,841<br>(3.4%)  | 1,630<br>(3.0%)  |
| Banwol         | 977<br>(1.9%)    | 948<br>(1.9%)    | 1,283<br>(2.5%)  | 1,588<br>(2.9%)  | 1,617<br>(3.0%)  |

**Table 4.** Distribution of major substances for total emissions

| Classification | High rank Chemical (ton) |                          |                              |                         |                            |
|----------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
|                | 1st                      | 2nd                      | 3rd                          | 4rd                     | 5rd                        |
| Ulsan · Mipo   | Xylene<br>(23,424)       | Ethylbenzene<br>(4,207)  | Toluene<br>(1,875)           | Methyl alcohol<br>(648) | Ethylene<br>(581)          |
| Okpo           | Xylene<br>(9,528)        | Ethylbenzene<br>(1,925)  | Ethylene<br>(86)             | 2-Propanol<br>(81)      | Toluene<br>(77)            |
| Samho          | Xylene<br>(7,264)        | Ethylbenzene<br>(1,776)  | 2-Propanol<br>(339)          | Toluene<br>(242)        | Ethylene<br>(160)          |
| Jukdo          | Xylene<br>(8,167)        | Ethylbenzene<br>(711)    | Ethylene<br>(128)            | 2-Propanol<br>(117)     | Toluene<br>(53)            |
| Banwol         | Toluene<br>(1,750)       | Ethyl acetate<br>(1,577) | Methyl Ethyl Ketone<br>(743) | Methyl alcohol<br>(530) | Hydrogen chloride<br>(241) |

Table 4는 산업단지별 최근 5년간 배출되는 화학물질 중 가장 많이 배출되는 화학물질을 구분하여 제시하였다. 울산·미포산업단지(23,424톤), 옥포산업단지(9,528톤), 영암삼호산업단지(7,264톤)에서는 자일렌이 가장 많이 배출되고 있었다. 다음으로 에틸벤젠, 톨루엔 등이 많이 배출되고 있는 것으로 조사되었다. 반월산업단지의 경우 톨루엔(1,750톤)과 아세트산에틸(1,577톤) 등이 많이 배출되는 것으로 나타났다. Fig. 1.에서는 전체적으로 주요 산업에서 배출되고 있는 화학물질의 종류와 비율을 제시하였다.

자일렌, 아세트산에틸의 경우 기타운송장비 제조업, 1차 금속 제조업, 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업, 고무제품 및 플라스틱 제조업 등에서 페인트 희석제나 용제로 주로 사용되고,<sup>10,11)</sup> 에틸벤젠과 톨루엔은 자동차 및 트레일러 제조업과 1차 금속 제조업, 고무제품 및 플라스틱 제품 제조업, 화학물질 및 화학제품 제조업 등에서 페인트 희석제나 용제로 사용하고 필름 및 종이제품 제조업에서 점도 조정제나 용제로 배출되고 있다<sup>12)</sup>. 주요 산업단지에서 배출되고 있는 자일렌, 에틸벤젠, 톨루엔 등은 휘발성 유기화합물로서 대기 환경 중으로 쉽게 증발한다.<sup>13)</sup> 또한, 자일렌은 눈, 코 및 목의 자극과 신경학적 영향을 유발할 수 있고,<sup>14)</sup> 톨루엔은 주로 중추신경계에 영향을 미치는 신경독성 물질로서 흡입하면 폐를 통해 빠르게 흡수된다.<sup>15,16)</sup>

화학물질 배출량조사의 경우 대상 물질 415종과 대상 업종 39개 업종을 대상으로 화학물질의 기준량 이상(그룹 1톤, II그룹 10톤)을 취급하는 경우에만 해당하여 본 연구에서 제시한 화학물질과 업종이

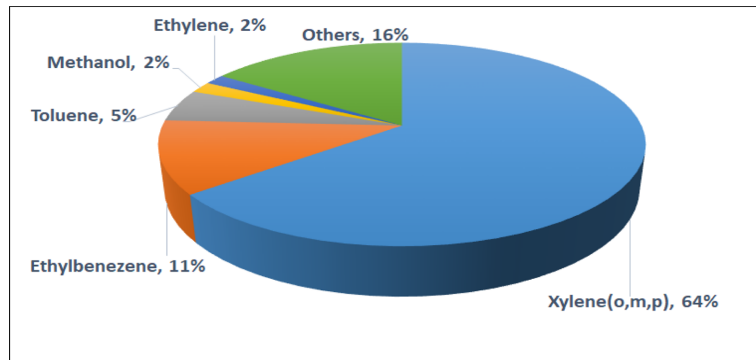
한정되는 제한점을 가지고 있다. 하지만, 배출량 조사를 통해 취급하는 주요 화학물질에 대한 정보를 파악할 수 있었고, 이를 바탕으로 국내 주요 산업단지의 화학물질 배출 저감에 대한 자료로 활용이 가능하다고 사료된다.

## 2. 산업별 화학물질 배출 특성

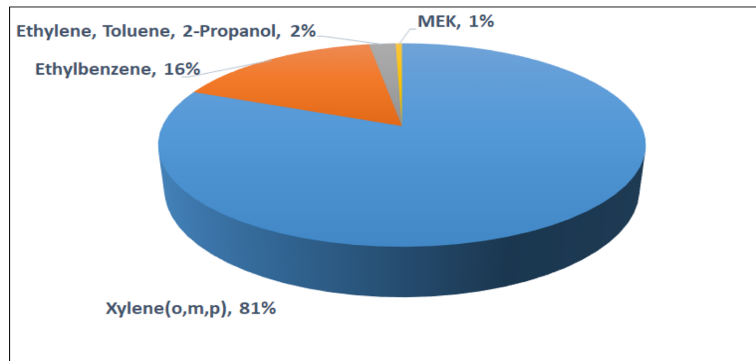
### 2.1. 발암물질 배출량

Table 5는 산업단지별로 배출되고 있는 화학물질 중 발암물질을 구분하여 제시하였다. 발암성 분류는 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 제시한 기준을 따르며, 그룹 1 인체발암성물질, 그룹 2A 인체발암추정물질 그리고 그룹 2B 인체발암가능물질로 분류하고 있다<sup>17)</sup>. 산업단지별 발암물질의 배출량을 조사한 결과 울산·미포산업단지의 경우 그룹 1 물질은 10종이 배출되었고 전체적으로 다소 감소하고 있었다. 그룹 2B 물질의 경우 연도별로 약 20여종이 배출되고 있었고, 배출량은 증가하고 있었다. 옥포와 영암삼호산업단지의 경우 그룹 2B물질 2종이 배출되고 있었으며 배출량이 전체적으로 큰 변화를 나타내지 않았다. 죽도산업단지의 경우도 그룹 2B 물질 1종이 배출되고 있었고, 배출량이 다소 증가하는 경향을 보였다. 반월산업단지의 경우 그룹 1 물질 약 7종이 배출되고 있었고, 배출량은 감소하는 경향을 보였고, 그룹 2B 물질 약 12종의 배출량은 2015년에는 취급량이 전년대비 증가되면서 배출량이 증가한 것으로 나타났다.

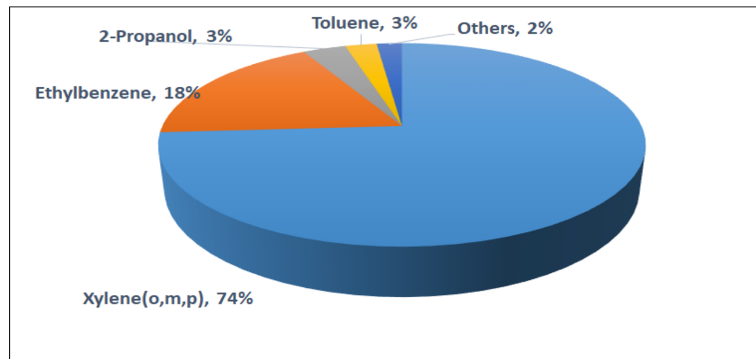
Table 6는 배출되는 발암물질 중 가장 많이 배출되는 화학물질을 구분하여 제시하였다. 산업단지별



(a) Ulsan·Mipo



(b) Okpo

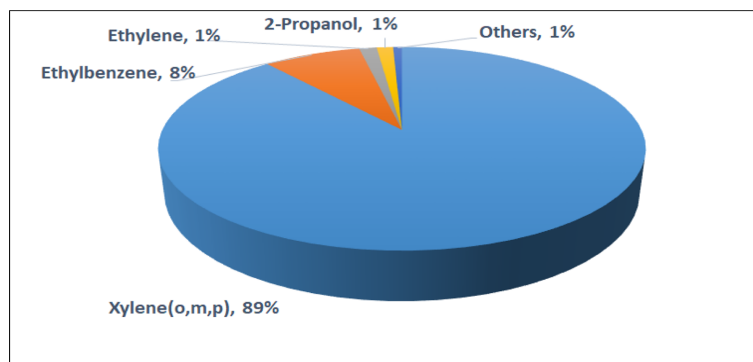


(c) Samho

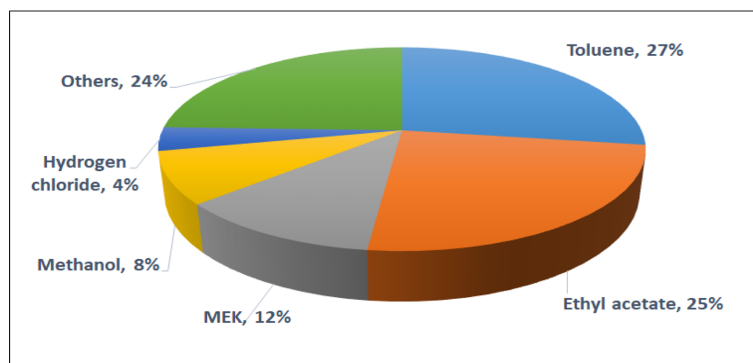
Fig. 1. Status of hazardous chemicals by industrial complexes.

발암물질의 최근 5년간 배출량을 살펴보면 울산·미포산업단지(4,207톤), 옥포산업단지(1,925톤), 영암삼호산업단지(1,776톤), 죽도산업단지(711톤)에서는 에틸벤젠이 가장 많이 배출되고 있었다. 에틸벤젠의 경우 주로 기타 운송장비 제조업에서 도료용 용제로 사용되는 것으로 조사되었다.<sup>18,19)</sup> 반월산업단지(204

톤)의 경우 디클로로메탄이 가장 많이 배출되는 것으로 나타났다. 디클로로메탄은 주로 산업에서 세척제, 분리막 제조공정의 필름표면 세척, 프린터 드럼표면 코팅제의 혼합용매 등으로 사용되고 있었다.<sup>18,20)</sup> 반월산업단지는 기계와 전기·전자 업종이 주요 산업으로 위치하고 있어 원유정제를 처리하는 공장이



(d) Jukdo



(e) Banwol

Fig. 1. Status of hazardous chemicals by industrial complexes (continued).

나 리튬2차전지에 들어가는 폴리에틸렌 필름을 생산하는 공장 등에서 발암물질의 일종인 디클로로메탄을 사용하여 배출하는 것으로 판단된다.<sup>18,21)</sup>

## 2.2. 주요 배출 화학물질과 화학사고

Table 7은 주요 산업단지에서 배출되는 주요 화학물질의 화학사고 빈도를 제시하였다. 화학안전정보 공유시스템에서는 2014년에서 2018년 8월까지 화학사고 435건 중 5개 산업단지에서 배출하고 있는 주요 화학물질인 자일렌 3건, 톨루엔 9건, 에틸렌 2건, 아세트산에틸 4건, 메틸에틸케톤 1건의 화학사고가 발생한 것으로 나타났다.<sup>22)</sup> 또한, 화학사고가 30건 이상 발생한 화학사고 다발물질은 암모니아, 염산, 질산으로 조사되었다.<sup>22)</sup> 전국의 화학 사고를 산업별로 명확하게 구분할 수는 없었지만 화학사고의 특성상 사고가 발생하면 막대한 인적, 물적 손실을 초래할 뿐만 아니라 환경을 오염시키고 지역주민들에게

피해를 줄 수 있다.<sup>23)</sup> 특히 우리나라의 화학물질을 취급하는 산업단지들은 20년 이상의 노후화 된 산업단지들이 많아 화학물질 사고에 의한 위험이 크다고 할 수 있다. 이처럼 산업단지에서는 화학물질 저장, 취급, 이송 등 다양한 원인으로 화학사고가 발생할 수 있어 사고를 예방하고 관리하기 위해 안전의 중요성을 인식하고 화학물질 취급 및 사용에 대한 적절한 교육 등 지속적인 관리가 필요하다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 최근 5년간의 주요 산업단지별 화학물질 배출량 특성을 살펴보았다.

배출량이 높은 주요 산업단지의 배출량이 전체 산업단지 화학물질 배출량의 약 30% 정도 차지하고 있었고, 울산·미포산업단지에서 배출량이 가장 높았다. 주로 배출되는 화학물질은 자일렌, 에틸벤젠, 아

**Table 5.** Status of carcinogen emissions by industrial complexes (Unit: ton)

| Classification |          | 2011 | 2012 | 2013  | 2014  | 2015  |
|----------------|----------|------|------|-------|-------|-------|
| Ulsan · Mipo   | Total    | 921  | 863  | 1,175 | 1,144 | 1,376 |
|                | Group 1  | 84   | 72   | 78    | 79    | 73    |
|                | Group 2A | 5    | 4    | 6     | 18    | 20    |
|                | Group 2B | 832  | 787  | 1,090 | 1,047 | 1,283 |
| Okpo           | Total    | 366  | 407  | 363   | 424   | 366   |
|                | Group 1  | -    | -    | -     | -     | -     |
|                | Group 2A | -    | -    | -     | -     | -     |
| Samho          | Total    | 373  | 382  | 339   | 345   | 338   |
|                | Group 1  | -    | -    | -     | -     | -     |
|                | Group 2A | -    | -    | -     | -     | -     |
| Jukdo          | Total    | 135  | 132  | 123   | 161   | 160   |
|                | Group 1  | -    | -    | -     | -     | -     |
|                | Group 2A | -    | -    | -     | -     | -     |
| Banwol         | Total    | 94   | 78   | 63    | 46    | 115   |
|                | Group 1  | 33   | 31   | 40    | 19    | 7     |
|                | Group 2A | 8    | 4    | 4     | 5     | 5     |
|                | Total    | 53   | 43   | 19    | 22    | 103   |
|                | Group 1  | -    | -    | -     | -     | -     |
|                | Group 2A | -    | -    | -     | -     | -     |

**Table 6.** Distribution of major carcinogens for industrial complexes

| Classification | High rank Chemical(ton)  |                            |                          |
|----------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                | 1st                      | 2nd                        | 3rd                      |
| Ulsan · Mipo   | Ethylbenzene<br>(4,207)  | Dichloromethane<br>(185)   | Benzene<br>(177)         |
| Okpo           | Ethylbenzene<br>(1,925)  | -                          | -                        |
| Samho          | Ethylbenzene<br>(1,776)  | -                          | -                        |
| Jukdo          | Ethylbenzene<br>(711)    | -                          | -                        |
| Banwol         | Dichloromethane<br>(204) | Trichloroethylene<br>(106) | Dimethyl sulfate<br>(20) |

세트산에틸, 톨루엔, 디클로로메탄 등이 배출되고 있었다.

발암물질의 배출은 산업단지별로 차이가 있었지만 주로 에틸벤젠, 디클로로메탄 등이 가장 많이 배출되고 있었다. 영암삼호산업단지, 반월산업단지에서는 발암물질의 배출량이 감소하는 경향을 보였다.

국내에는 국가산업단지, 일반산업단지, 도시첨단산

업단지 등 총 1,100여 개의 산업단지가 형성되어 단지의 사업장 특성에 따라 다양한 화학물질을 사용하고 있다. 이에 특정 지역에서 배출되는 화학물질의 특성을 고려해 보면 환경오염과 인체에 건강 영향을 유발할 수 있다. 아직까지는 배출되는 화학물질과 해당지역 주민들의 건강영향에 대한 연구는 진행되지 않았지만, 화학물질에 대한 적극적인 저감 정책과 지

**Table 7.** Status of chemical accidents (Unit: case)

| Classification         | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018.8 |
|------------------------|------|------|------|------|--------|
| Total                  | 105  | 113  | 78   | 87   | 52     |
| Xylene                 | 1    | -    | 1    | 1    | -      |
| Toluene                | -    | 5    | 2    | 2    | -      |
| Ethylene               | 1    | 1    | -    | -    | -      |
| Ethyl acetate          | -    | 1    | 2    | 1    | -      |
| Methyl Ethyl<br>Ketone | -    | 1    | -    | -    | -      |

역주민들의 건강 영향 등에 대한 연구가 지속적으로 필요하다고 생각한다. 또한, 화학물질관리법의 개정으로 유해성이 높은 화학물질을 일정량 이상 취급하는 사업자로 하여금 화학물질 배출저감계획서 제출이 시행 예정이다. 이렇게 접수된 배출저감계획서를 공개할 수 있는 제도적 장치 마련을 통해 화학물질 배출 저감에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

산업단지별 다양한 화학물질의 사용은 결국 화학사고의 위험성을 갖고 있다고 할 수 있다. 화학사고의 특성상 사고 발생 시 2차 피해 발생으로 확대될 수 있어 산업단지별 지역 특성과 주로 사용되는 화학물질 특성을 고려한 다양한 화학물질 관리 방안이 마련되어야 하는 것으로 보인다.

## References

1. United states Environmental Protection Agency (US EPA). National Emissions 1. United states Environmental Protection Agency (US EPA). National Emissions Inventory Data and Documentation. 2002.
2. Hyaejeong Byun, Jeongim Park. A Review on Chemical Exposure and Related Health Risks in Laboratory Workers. *J Environ Health Sci.* 2010; 36(6): 441-455.
3. Korea Industrial Complex Corporation. Available: <http://www.kicox.or.kr> [accessed 5 October 2018].
4. Park HS, Chah S, Choi E, Kim H, Yi J (2002) Releases and transfers from petroleum and chemical manufacturing industries in Korea. *Atmos Environ.* 2002; 36(31): 4851-4861.
5. Byoungjun Lee, Jung Heo, Dayoung Jung, Sunshin Kim, Hyeon-Su Ryu, Jian-Fei Shuai, Min-Ji Choi, Sung-Guk Im, Wonho Yang. Correlation Relationship between Personal Exposure and Biological Monitoring for Airborne Toluene in an Industrial Complex and General Environments. *J Environ Health Sci.* 2017; 43(4): 324-333.
6. Lopez-Aparicio S, Guevara M, Thunis P, Cuvelier K, Tarrason L. Assessment of discrepancies between bottom-up and regional emission inventories in Norwegian urban areas. *Atmos Environ.* 2017; 154: 285-296.
7. Phetxumphou K, Dietrich AM, Shanaiah N, Smiley E, Gallagher DL. Subtleties of human exposure and response to chemical mixtures from spills. *Environ Pollut.* 2016; 214: 618-626.
8. JiYoung Im, HyunJi Kim, Minsun Kim, JiHo Lee, SangMok Lee, ChungSoo Lee. A Study on the Variation of Hazardous Pollutant Emissions in Korea from 2006 to 2015. *J Environ Health Sci.* 2018; 44(1): 15-23.
9. National Institute of Chemical Safety (NICS). Pollutant Release and Transfer Register Report for 2015. 2016.
10. Fung A, O'rourke D. Reinventing Environmental Regulation from the Grassroots Up: Explaining and Expanding the Success of the Toxics Release Inventory. *Environ Manage.* 2000; 25(2): 115-127.
11. Na KS, Kim YP, Moon KC, Moon I, Fung K. Concentrations of volatile organic compounds in an industrial area of Korea. *Atmospheric Environment.* 2001; 35(15): 2747-2756.
12. National Institute of Chemical Safety (NICS). Chemical Statistics Survey Report for 2014. 2016.
13. In-Sub Kil, Duk-Hyun Kim, Dong-Jib Yang, Gu-Hoi Chung. Research om Emission Feature of Volatile Organic Compounds from Metal Producing/Processing Plants in Sihwa and Banwol Industrial Complex. *J Odor Research and Engineering.* 2006; 5(3): 163-170.
14. Reena Kandyala, Sumanth Phani C Raghavendra, Saraswathi T Rajasekharan. Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2010; 14(1): 1-5.
15. Ju-Cheol Park, Sun-Tae Kim, Kyu-Sung Lee. A Study on the VOCs Emission Characteristics in the Manufacture of Other Chemical Products. *J Odor Research and Engineering.* 2005; 4(4): 223-233.
16. Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR). Public Health Statement for Ethylbenzene. 2010.
17. International Agency for Research on Cancer (IARC). Agents Classified by the Iarc Monographs.



18. JiYoung Im, Bokyeong Kim, Hyunji Kim, Jeonghyeon Yun, HwaJin Heo, JiHo Lee, SangMok Lee, ChungSoo Lee. Study on the Characteristics of Carcinogenic Pollutant Emissions and Cancer Incidence Rates in Korea. *J Environ Health Sci.* 2018; 44(2): 160-168.
19. W Tanyanont, N Vichit-Vadakan. Exposure to volatile organic compounds and health risks among residents in an area affected by a petrochemical complex in Rayong, Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2012; 43(1): 201-211.
20. Krautstrunk M, Neumann-Hauf G, Schlager H, Klemm O, Beyrich F, Corsmeier U, Kalthoff N, Kotzian M. An experimental study on the planetary boundary layer transport of air pollutants over East Germany. *Atmos Environ.* 2000; 34(8): 1247-1266.
21. Yoon SH, Tanaka H. Formation of N-nitrosamines by chloramination or ozonation of amines listed in Pollutant Release and Transfer Registers (PRTRs). *Chemosphere.* 2014; 95: 88-95.
22. Chemistry safety clearing-house. Available: <https://csc.me.go.kr> [accessed 5 October 2018].
23. Adamczyk J, Piwowar A, Dzikuć M. Air protection programmes in Poland in the context of the low emission. *Environ Sci Pollut Res.* 2017; 24(19): 16316-16327.

**저자정보**

김현지(전문위원), 임지영(주무관), 윤정현(전문위원), 이지호(연구관), 전준호(교수), 이청수(연구사)