

2006~2015년 동안 국내 유해화학물질 배출량 변화에 관한 연구

임지영 · 김현지 · 김민선 · 이지호 · 이상목 · 이청수*†

환경부 화학물질안전원

A Study on the Variation of Hazardous Pollutant Emissions in Korea from 2006 to 2015

JiYoung Im, HyunJi Kim, MinSun Kim, JiHo Lee, SangMok Lee, and ChungSoo Lee*†

National Institute of Chemical Safety, Ministry of Environment

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to investigate the changes in hazardous pollutant emissions in Korea over the period of 2006-2015.

Methods: A survey of hazardous pollutant emissions was conducted through the homepage for 2006-2015. The emission of hazardous chemicals and the health effect was examined using the Annual Report of Air Quality in Korea (2016) and National Health Statistics (2015) as references.

Results: Hazardous pollutant emissions increased by 1.1 times over the past decade, and the circulation amount of chemicals was 15% compared to the previous year. PM₁₀ concentrations showed a tendency to decrease, but emissions have not declined. In addition, asthma and atopic dermatitis correlated with similar emissions, but allergic disease showed no connection.

Conclusion: These results on hazardous pollutant emissions indicate that they have increased. However, no association between emissions and health effects was shown, so more research is needed.

Keywords: Air pollution, allergic diseases, hazardous pollutant emissions

I. 서 론

우리나라는 경제개발 정책시행 이후 단기간 내에 고도 경제성장을 추진함으로써 국민소득이 증가하였으나, 다양한 화학물질을 사용하여 환경오염이 급속히 진행되면서 쾌적한 삶의 질에 대한 국민적 요구 증대로 환경문제에 대한 관심이 증가하였다. 현대사회는 수많은 화학물질을 일상생활에 사용하면서 심각한 건강과 환경피해를 유발하고 있다. 유해화학물질들은 화학제품을 생산하고 폐기하는 동안 배출되고 있으며, 자연 상태에서도 화재 등에 의하여 발생

되고 있다^{1,2)}.

국내에서 화학물질과 관련하여 시행되고 있는 조사는 크게 화학물질통계조사와 유해화학물질 배출량조사로 구분할 수 있다. 화학물질통계조사는 국내에서 유통되고 있는 모든 화학물질의 종류와 물질별 제조, 수입, 사용, 수출량 파악을 목적으로 1998년 1차 화학물질 유통량조사를 시작으로 4년마다 조사되었다. 2015년 「화학물질관리법」으로 개정되면서 기존 유통량조사를 화학물질 통계조사로 명칭을 변경하였고, 유통흐름을 고려하여 조사주기를 4년에서 2년으로 단축하여 실시되고 있다^{3,4)}.

*Corresponding author: National Institute of Chemical Safety, Daejeon 34111, Republic of Korea, Tel: +82-42-605-7024, Fax: +82-42-605-7037, E-mail: leecs1103@korea.kr

Received: 09 January 2018, Revised: 22 January 2018, Accepted: 01 February 2018

유해화학물질 배출량 조사의 경우 기업에서 자발적으로 취급하는 유해화학물질의 환경으로 배출되는 양을 매년 보고하고 국민에게 공개하는 제도로, 미국에서 시행된 TRI (Toxics Release Inventory) 제도를 시작으로 우리나라를 비롯하여 일본, 호주, 캐나다, EU회원 31개국 등에서 유사한 방식으로 시행 및 공개가 되고 있다. 매년 기업에서 제출하여 공개하는 방식은 동일하며 대상업종, 대상물질, 사업장 규모, 보고기준 수량은 각 나라별 기준에 적합하게 시행되고 있다.

환경부에서는 환경관리정책인 유해화학물질 배출·이동량 정보(Pollutant Release and Transfer Registers, PRTR)를 통해 기업의 유해화학물질 생산 활동 과정에서 취급(화학물질을 제조, 수입, 판매, 보관·저장, 운반, 사용)하고 있는 화학물질이 환경(대기, 수계, 토양)으로 배출되거나, 폐기물 또는 폐수처리업체로 이동된 양을 파악하고 공개하여 지역사회 및 근로자의 알 권리를 보장하고 기업의 배출량을 줄이도록 유도하여 환경오염을 최소화하려는 목적을 가진다. PRTR제도는 1996년 OECD 가입시 화학물질 배출량조사제도 도입을 약속하고 같은 해 12월 유해화학물질 관리법을 개정하여 화학물질의 배출량조사에 필요한 법적 근거를 마련하여 시행되었다. 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. 또한 국민의 알권리 보장을 위한 기업의 배출량 자료 공개를 통해 자발적인 배출저감을 유도하고 있으며, 2004년부터 기업의 자

율적 배출저감 유도를 위한 30/50 프로그램(3년내 30%, 5년내 50%), 화학물질의 위해성을 기초로 지역단위별 배출량 및 저감을 고려한 SMART 프로그램(Stewardship-based Management for Area-specific Risk reduction Target)을 도입하여 추진하고 있다. 2015년에는 관련 법규가 기존 「유해화학물질관리법」에서 「화학물질관리법」으로 개정되었고, 2019년부터는 유해성이 높은 물질을 일정량이상 배출할 경우 배출저감계획서를 기업에서 5년마다 의무적으로 제출하여 지자체 장에서 공개하는 법이 개정되어 시행될 예정이다. 이처럼 유해화학물질 배출량 정보공개에 따라 지역사회의 적극적인 대응을 유발하여 배출량 저감을 촉진할 수도 있다⁵⁾.

따라서 본 연구는 최근 10년간의 국내 유해화학물질 배출량 변화 추이를 파악하여 배출저감 유도를 통해 국민의 건강을 보호하고 환경위해성 예방에 기여하고자 한다.

II. 연구방법

1. 화학물질 배출량조사

본 연구에서는 지난 10년간의 유해화학물질 배출량조사 결과를 활용하여 각종 화학물질 배출량의 단순 합계를 통해 배출량의 추이와 현황을 분석하고자 하였다. 2006년에는 총33개 업종 2,769개 사업장을 대상으로 배출량조사가 실시되었고, 현재 2015년도 자료(2017년 공개 기준)에 의하면 총 35개 업종, 3,634개 사업장을 대상으로 415종 조사대상 물질 중 226종의 유해화학물질이 배출량조사에서 보고되고 있다. 2008년 업종분류체계 변경에 따라 36개 업종에서 39개 업종으로, 조사대상 사업장 범위는 기존 30인 이상에서 종업원 수 규정을 삭제하여 1인 이

Table 1. Hazardous pollutant emissions survey status

Investigation year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Category of business	33	33	34	34	34	34	34	34	34	35
Number of hazardous substance* (Research**)	222 (388)	219 (388)	215 (388)	212 (388)	213 (388)	242 (415)	233 (415)	228 (415)	226 (415)	226 (415)
Size of company (Number of employees)	30or more	30or more	30or more	30or more	30or more	30or more	30or more	1or more	1or more	1or more
Number of companies	2,769	3,012	2,945	2,917	2,985	3,159	3,268	3,435	3,524	3,634

*Reported substance

**Object of interest substance

상 전체 사업장으로 변경하여 2013년부터 시행하였다. 조사대상 화학물질은 2000년 80종을 시작으로 2011년 415종으로 확대하여 I그룹 16종 II그룹 399종을 대상물질로서 조사되었다. Table 1은 연구대상의 연도별 조사대상 현황을 나타내고 있다. 유해화학물질 배출량 조사 결과와 건강영향과의 연관성을 파악하기 위해 대기환경연보(2016)와 2015 국민건강통계(2015) 자료를 이용하여 배출량 추이분석을 실시하였다.

2. 화학물질 통계조사

화학물질 통계조사는 기존 유통량조사에서 「화학물질관리법」이 개정되면서 명칭과 조사주기를 변경하여 2015년부터 조사되었다. 화학물질 유통량조사는 1차(1998)-4차(2010)까지 특정업종을 대상으로 단일물질과 혼합물질로 구분하였고, 2006년에는 37업종, 16,404개소 사업장 14,604종의 물질이 보고되었다. 반면, 2014년도 1차 통계조사는 화학물질을 취급하는 모든 업종을 대상으로 일반화학물질과 유해화학물질로 분류되어 사업장 22,661개소, 16,150종 물질이 조사되었으며, 국민의 알권리를 보장하기 위해 유해화학물질에 대한 통계조사 결과를 웹사이트를 통해 정보공개가 되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 유해화학물질 배출량 현황

지난 10년간의 유해화학물질 배출량조사 결과를

살펴보면, 2006년에는 전국 2,769개 사업장에서 47,796톤의 화학물질이 배출되었고, 2015년에는 전국 3,634개 사업장에서 53,732톤의 화학물질을 배출한 것으로 조사되었다. 사업장 수는 10년간 약 1.3배 증가하였으며, 배출량도 약 1.1배 증가하였고, 대부분은 대기를 통해 환경으로 배출되고 있었다(Table 2).

지역별로 유해화학물질 배출량 조사결과 지난 10년간 경기도, 경상남도, 울산광역시 상위 3개 지역에서 전체 배출량의 약 50% 이상이 배출되고 있었고, 2015년 결과 경기도(11,547톤, 21.5%), 경상남도(8,742톤, 16.3%), 울산광역시(8,107톤, 15.1%)순으로 나타났다(Table 3). 경기도의 경우 사업장 수가 전체 사업장의 약 25%를 차지하고 있어 상대적으로 화학물질이 다량 배출되고 있었으며, 경상남도는 강선건조업, 울산광역시는 대규모 산업단지에서 다량의 유해화학물질이 배출된 것으로 나타났다. 지난 10년간 지역별로 배출량이 다소 증가하거나 감소하는 경우도 있었지만 전체적으로 지역별 배출량 순위는 큰 차이를 나타내지는 않았다.

마지막으로 연도별 배출량 상위 5개 유해화학물질이 전체 배출량의 60% 이상을 차지하였다. 자일렌이 지난 10년간 가장 많이 배출되는 물질로 조사되었고, 톨루엔이 그 다음으로 조사되었다. 연도별로 조금씩 차이는 있었지만 아세트산에틸, 메틸에틸케톤, 에틸벤젠 등이 많이 배출되는 것으로 나타났으며(Table 4), 지역별 배출되는 상위물질의 경우 연도별 물질과 유사한 경향을 보여 표에는 제시하지

Table 2. Hazardous pollutant emissions characteristics by year

Year	Number of companies	Pollutant (ton)	Classification(%)		
			Air emissions	Water emissions	Soil emissions
2006	2,769	47,796	99.6	0.4	0.0
2007	3,012	47,688	99.5	0.5	0.0
2008	2,945	47,625	99.7	0.3	0.0
2009	2,917	46,989	99.7	0.3	0.0
2010	2,985	50,034	99.7	0.3	0.0
2011	3,159	52,289	99.6	0.4	0.0
2012	3,268	51,121	99.6	0.4	0.0
2013	3,435	50,767	99.6	0.4	0.0
2014	3,524	54,261	99.5	0.5	0.0
2015	3,634	53,732	99.5	0.5	0.0

Table 3. Distribution of hazardous pollutant emissions by region (unit: %)

Classification	2006 (47,796t)	2007 (47,688t)	2008 (47,625t)	2009 (46,989t)	2010 (50,034t)	2011 (52,289t)	2012 (51,121t)	2013 (50,767t)	2014 (54,261t)	2015 (53,732t)
Gyeonggi	18.7	16.7	15.4	14.2	14.4	16.2	15.8	19.1	21.6	21.5
Gyeongnam	15.7	18.5	21.4	22.4	23.1	18.9	18.6	17.0	16.2	16.3
Ulsan	16.1	16.3	18.4	17.5	15.7	17.4	16.7	16.0	15.8	15.1
Jeonnam	6.4	5.6	6.2	7.7	7.0	7.4	7.9	8.5	8.8	8.3
Chungbuk	6.0	5.9	5.2	8.6	11.1	11.2	9.4	6.6	7.5	7.3
Chungnam	7.2	6.7	6.1	6.5	6.2	6.0	6.5	6.4	7	7.3
Gyeongbuk	6.3	7.7	6.5	5.9	6.7	6.3	7.5	8.2	6.7	6
Jeonbuk	2.4	1.6	2.0	2.0	2.3	2.8	3.4	4.0	4.2	5.5
Gwangju	1.6	1.3	0.5	0.5	1.8	1.9	2.6	2.8	3.2	3.2
Busan	4.6	5.8	5.2	4.7	4.0	3.9	4.4	4.5	2.4	3.2
Daegu	7.4	5.8	5.0	4.7	3.1	3.6	2.8	2.6	2.6	2.6
Incheon	5.1	5.7	5.6	3.7	3.4	3.0	3.1	2.7	2.4	2.1
Gangwon	1.8	1.6	1.7	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9
Daejeon	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
Sejong	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.3	0.3
Seoul	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Jeju	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0

Table 4. Status of high rank hazardous pollutant emissions by year

Classification	High rank Chemical (%)				
	1st	2nd	3rd	4th	5th
2006	Xylene (25.9)	Toluene (15.8)	Methylalcohol (10.2)	Methylethylketone (7.3)	2-propanol (7.0)
2007	Xylene (28.5)	Toluene (14.4)	Methylalcohol (10.0)	Methylethylketone (7.0)	2-propanol (6.8)
2008	Xylene (35.1)	Toluene (14.5)	Methylalcohol (8.4)	Methylethylketone (6.3)	Ethylacetate (4.7)
2009	Xylene (36.4)	Toluene (13.2)	Methylalcohol (8.3)	Methylethylketone (5.9)	Ethylacetate (5.8)
2010	Xylene (34.9)	Toluene (13.7)	Dichloromethane (6.4)	Methylalcohol (6.7)	Ethylacetate (5.5)
2011	Xylene (33.4)	Toluene (13.3)	Dichloromethane (7.1)	Methylalcohol (7.0)	Ethylacetate (6.0)
2012	Xylene (34.0)	Toluene (12.8)	Ethylacetate (6.2)	Methylalcohol (6.4)	Methylethylketone (4.7)
2013	Xylene (32.3)	Toluene (13.9)	Ethylacetate (7.2)	Methylethylketone (5.7)	Ethylbenzene (5.0)
2014	Xylene (32.5)	Toluene (15.7)	Ethylacetate (7.8)	Methylethylketone (6.3)	Ethylbenzene (5.2)
2015	Xylene (31.4)	Toluene (15.3)	Ethylacetate (8.0)	Methylethylketone (7.3)	Ethylbenzene (5.4)

않았다. 2-프로판올의 경우 2007년 이후 배출되는 상위물질 순위에서 차이를 나타내었는데, 주로 운송 장비 제조업, 전자부품 및 통신장비 제조업에서 용매제나 희석제로 사용되는 물질로서 배출량에 대한 관심 증가와 배출저감 노력으로 대기오염방지시설 증설 및 취급공정이 개선됨에 따라 배출량이 감소한 것으로 판단된다. 유해화학물질 배출량 정보공개 이후 실제로 환경 배출량이 저감될 수 있도록 지역사

회의 적극적인 대응이 필요하며, 공개된 정보를 잘 활용하는지 여부는 그 지역사회의 사회적, 경제적, 정치적 요소에 따라 다양하게 나타날 수 있다⁶⁻⁸⁾.

2. 유해화학물질 통계조사 현황

화학물질 통계조사 결과에 따르면, 국내 화학물질 유통(제조+수입-수출)현황은 2014년도 기준으로 22,661개소에서 16,150종의 화학물질이 총 496.9백

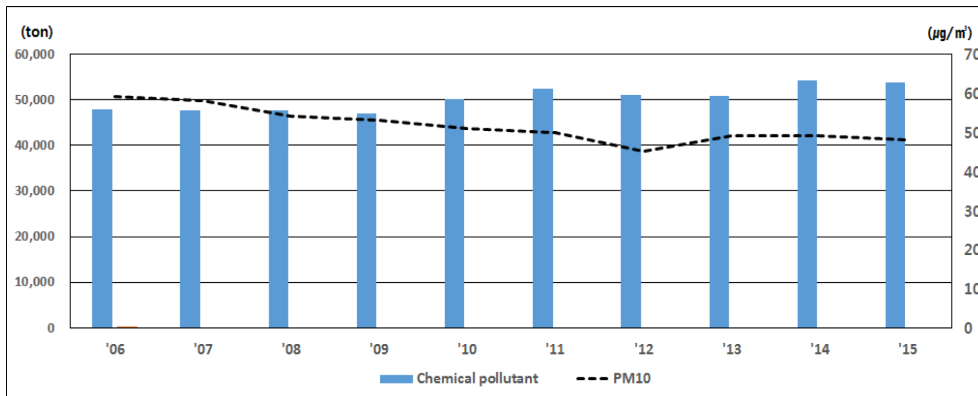
Table 5. Status of circulation amount of chemicals by year (unit: million ton)

Year	1998	2002	2006	2010	2014
Number of materials (Research)	8,030	9,358	14,604	15,840	16,150
Number of companies	13,052	13,773	16,404	16,547	22,661
Circulation amount of chemicals*	175.4	287.4	417.9	432.5	496.9
Production volume	181.2	216.2	286.3	289.1	323.6
Import volume	42.3	122.0	189.3	231	295.5
export volume	48.0	50.8	57.7	87.6	122.2

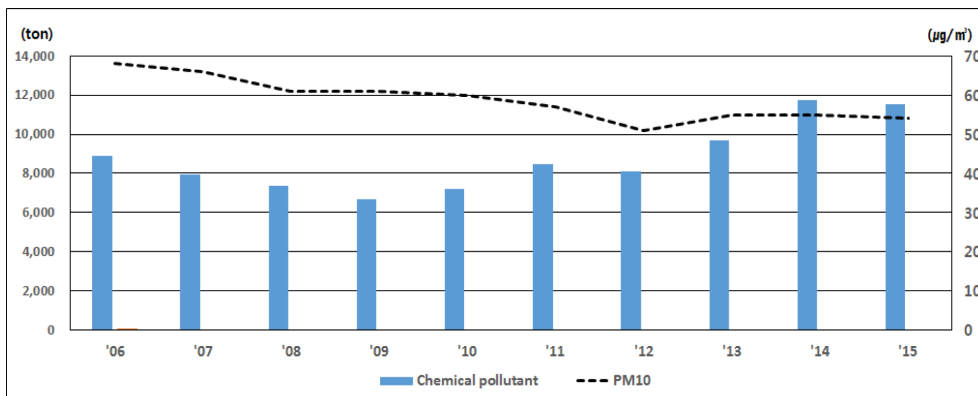
*Production+Import-Export

만톤으로 유통되고 있는 것으로 조사되었다. 각 유통형태별로는 제조량 11.9%, 수입량 27.9%, 수출량 39.5%로 전반적으로 증가되고 있는 추세를 보이고 있으며, 전체 유통량이 2010년 대비 14.9%의 증감을 나타내었다. 지역별로는 전남, 울산, 충남, 강

원, 경북 순으로 상위 5개 지역에서 전체 유통량의 83%를 차지하였고, 전남과 울산의 경우 석유·화학 국가 산단과 산업단지가 밀집되어 있는 지역에서 주로 취급 및 유통되는 지역적 특성을 보였다. 물질별로는 원유 등의 석유계물질에서 215.9백만톤으로 지

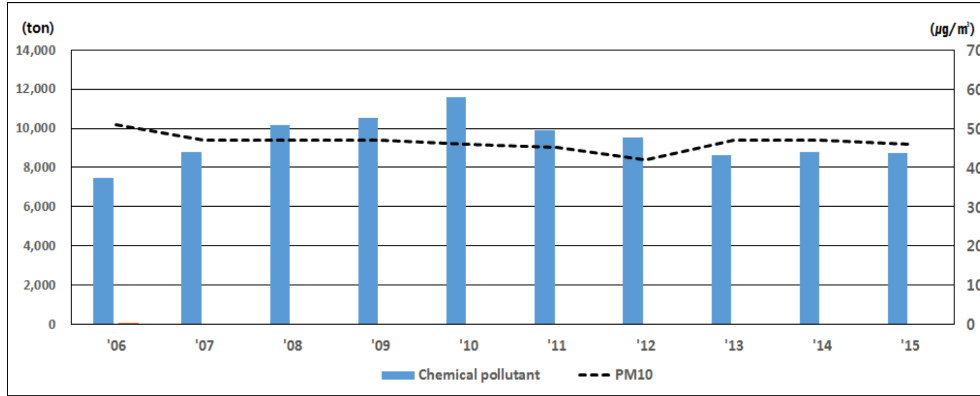


(A) All region

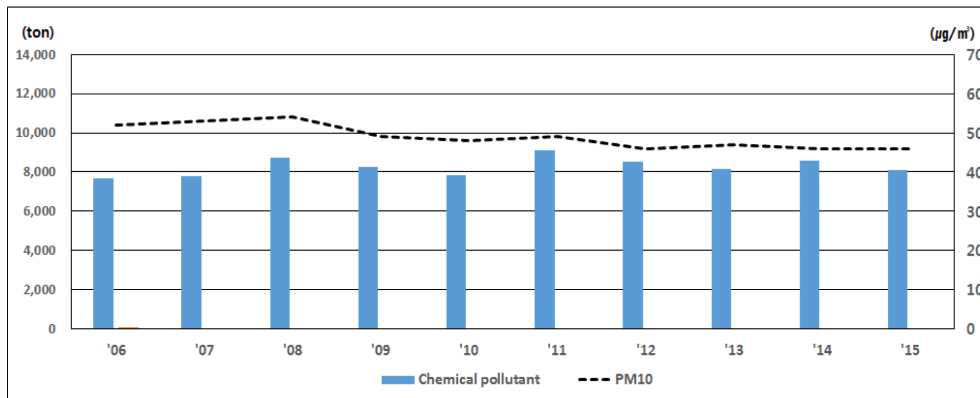


(B) Gyeonggi

Fig. 1. Comparison of hazardous pollutant emissions and dust (PM10) changes.



(C) Gyeongnam



(D) Ulsan

Fig. 1. Comparison of hazardous pollutant emissions and dust (PM10) changes (continued).

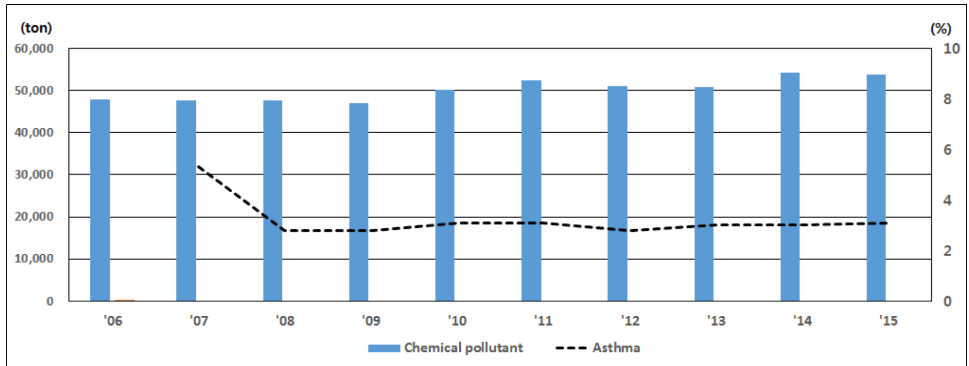
역별 특성과 유사한 경향을 나타내고 있으며, 유해 화학물질의 경우 총 715종 물질, 39.5백만톤으로 전체유통량의 7.9%로 2010년도 대비 1.4%가 증가되었다. 또한 유독물질은 688종, 사고대미물질 66종, 제한·금지물질 72종이 조사되어 「화학물질관리법」에서 규정하고 있는 유해화학물질의 50%이상이 유통되고 있는 흐름을 파악할 수 있었다(Table 5).

이러한 유통흐름을 국가통계지표인 「석유화학편람, 광업·제조업 동향조사(통계청)」 「원유·석유제품·화공품의 수입·출량(관세청)」 자료와 연도별 비교분석을 통해 유사하게 증가하고 있는 추세를 보여 통계조사 결과의 객관성과 신뢰성을 확보할 수가 있었다⁹⁾. 통계조사 결과는 국내에서 유통되는 화학물질의 흐름을 파악할 수 있으며, 사고발생 시 대응을 위한 정보와 함께 결과를 이용한 다양한 정책수립

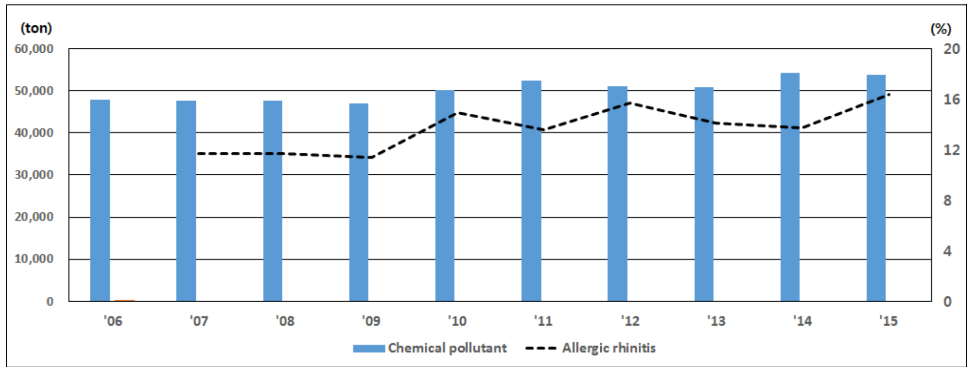
자료로서 제도 개선 및 가이드라인을 제시하는 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각한다.

3. 유해화학물질 배출량 추이분석

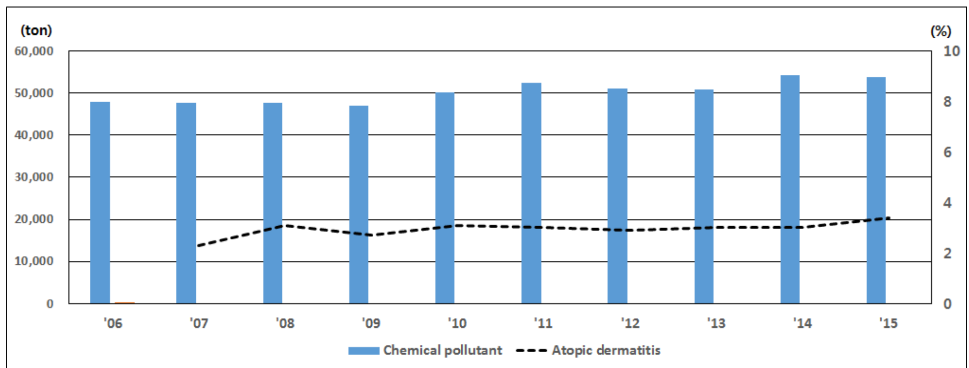
지난 10년간의 유해화학물질 배출량 조사결과를 통하여 대부분이 대기를 통해 배출되고 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 20세기 들어와서 인스턴트화 된 식생활, 생활양식의 변화, 새로운 알레르기 항원의 노출, 대기오염의 증가 등으로 알레르기성 질환은 전세계적으로 급격하게 증가하고 있다^{10,11)}. 이와 관련하여 환경부 국립환경과학원에서 발간한 대기환경연보(2016)에서 주요 배출물질을 직접 비교하고자 하였으나, 휘발성유기화합물(VOCs)을 측정하는 유해대기측정망은 전국에 32개소로 결과값을 직접적으로 비교하기 어려워 전국에 약 260여개소에서 측



(A) Asthma



(B) Allergic rhinitis



(C) Atopic dermatitis

Fig. 2. Comparison of hazardous pollutant emissions and allergic diseases changes.

정하고 있는 미세먼지(PM₁₀) 측정 결과 변화와 비교 하였다. 미세먼지는 액적상태 입자의 혼합물로 배출 되거나 화학반응 또는 자연적으로 생성되며, 사업장 연소, 자동차 연료 연소, 생물성 연소 과정 등 특정 배출원으로부터 직접 발생할 수 있다. 미세먼지 전체 평균은 2006년 59 µg/m³에서 2015년 48 µg/m³로

다소 감소하는 경향을 보였으나, 유해화학물질 배출량은 크게 감소하는 경향을 보이지는 않았다. 추가적으로, 배출량 상위 3개 지역의 경우도 지난 10년간 미세먼지는 다소 감소하는 경향을 나타내었으나 배출량은 크게 감소하는 경향을 보이지는 않았다(Fig. 1). 대기 중 미세먼지의 자연적 발생원으로는 안개,

황사 등을 들 수 있으며, 천식 등과 같은 호흡기계 질환 및 심혈관계 질환을 일으키고 그에 따른 질병의 발병 등을 증가시키며 조기출산 같은 생식이상과도 연관성이 있는 것으로 보고되고 있어^{12,13)}, 유해화학물질 배출량 증가와 미세먼지 농도변화의 상관성을 지속적으로 관찰할 필요가 있다고 생각한다.

또한, 최근에는 대기오염물질인 미세먼지(particulate matter), 오존(O₃), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂), 아황산가스(SO₂), 디젤배기입자(diesel exhaust particles) 등이 천식의 악화 등과 같은 호흡기 질환 뿐 아니라 알레르기 항원의 감작 및 알레르기성 질환의 발생에 관여한다는 연구결과가 제시되고 있다. 특히, 아동들의 경우 단위 체중 당 폐의 면적이 적지만 상대적으로 성인보다 더 많은 공기를 흡입하고 단위 폐 면적 당 노출되는 오염농도가 높다. 또한 아동들은 아직 폐가 발달 상태에 있고 폐의 방어기전이 완전하지 않기 때문에 성인에 비해 더 대기오염 노출에 취약하다^{14,15)}. 이와 관련하여 유해화학물질 배출이 대부분 대기로 배출되고 있어, 보건복지부 질병관리본부 2015 국민건강통계(2016) 결과 중 만 19세 이상 성인을 대상으로 조사한 천식, 알레르기성 비염, 아토피피부염을 의사로부터 진단받은 적이 있는 경험률을 비교하였다. 천식 경험률의 경우 2008년 이후 유사하게 나타나고 있었고, 알레르기성비염 경험률은 2010년 이후 다소 증가하는 경향을 보이기도 하였다. 아토피피부염 경험률은 조사 기간 동안 전체적으로 유사하게 조사되었다. 알레르기성질환과 유해화학물질배출량 변화와는 큰 연계성을 보이지는 않았다(Fig. 2). 추가적으로 활용 가능한 자료를 통하여 배출량과 건강영향을 확인하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한, 최근 도시지역의 경우 교통량이 증가하면서 배출되는 대기오염물질이 지속적으로 증가하고 있어 만성 호흡기계 질환이나 알레르기성 질환의 주요한 위험인자로 지목되고 있다^{16,17)}. 유해화학물질 배출량은 지속적으로 증가되어 있고 대부분 대기를 통해 배출되고 있어 추후에는 세부 지역별 알레르기성질환과의 추가 분석이 필요할 것으로 생각한다.

IV. 결 론

본 연구에서는 배출량 정보공개 홈페이지를 통해

공개되고 있는 지난 10년간(2006년~2015년)의 유해화학물질 배출량 조사 결과를 살펴보았다.

지역별로 유해화학물질 배출량 조사결과 지난 10년간 경기도, 경상남도, 울산광역시 상위 3개 지역에서 전체 배출량의 약 50% 이상이 배출되고 있었다. 연도별 배출량 상위물질로는 자일렌과 톨루엔이 10년간 가장 많이 배출되는 물질로서, 배출량의 많은 비율을 차지하는 제조업종에서 희석제와 용제로 사용됨으로써 많이 배출되고 있는 것으로 나타났다. 2014년도 통계조사 결과에 따르면, 국내 유통되는 화학물질이 총 16,150종, 496,9백만톤이 유통되었으며 이 중 유해화학물질은 715종, 39.5백만톤으로 유해화학물질의 경우 「화학물질관리법」에서 규정하고 있는 50% 이상의 높은 비율을 차지하였다.

이러한 배출량 조사 결과를 바탕으로 대기오염 발생과 천식, 알레르기성 비염, 아토피피부염 증상 발생의 추이를 분석한 결과 전체적으로 큰 연관성을 알 수는 없었지만 유해화학물질 배출량 대부분이 대기로 배출되고 있었고, 유해화학물질 배출량과 호흡기질환과의 연관성에 대한 연구가 지속적으로 필요하다고 생각한다.

따라서, 지속적으로 증가하고 있는 유해화학물질 배출량에 대한 장기적인 관찰 연구 및 지역주민들의 인체영향과의 추가분석이 필요할 것으로 보인다.

References

1. Strum M, Cook R, Thurman J, Ensley D, Pope A, Palma T, et al. Projection of hazardous air pollutant emissions to future years. *Science of Total Environment*. 2006; 366(2-3): 590-601.
2. United states Environmental Protection Agency (US EPA). National Emissions Inventory Data and Documentation. 2002.
3. Ok-Kim, Young-ho Song, Jin-Heon Lee. The Estimation of Benzo(a)pyrene Emission from Fuel Combustion in the Seosan Area. *J Environ Health Sci*. 2017; 43(1): 55-63
4. Chung-Sik Yoon, Seung-Hon Ham, Ji-Hoon Park, Sunju Kim, Sang-Ah Lee, Kwon-Seob Lee, Dong-Uk Park. Comparison between the Chemical Management Contents of Laws Pertaining to the Ministry of Environment and the Ministry of the Employment and Labor. *J Environ Health Sci*. 2014; 40(5): 331-345

5. National Institute of Chemical Safety (NICS). Pollutant Release and Transfer Register Report for 2015. 2015.
6. Lynn FM, Kartez JD. Environmental Democracy in Action: The Toxics Release Inventory. *Environmental Management*. 1994; 18(4): 511-521.
7. Fung A, O'Rourke D. Reinventing Environmental Regulation from the Grassroots Up: Explaining and Expanding the Success of the Toxics Release Inventory. *Environmental Management*. 2000; 25(2): 115-127.
8. Beierle TC. The Benefits and Costs of Disclosing Information about Risks: What Do We Know about Right-to-Know?. *Risk Analysis*. 2004; 24(2): 335-346.
9. National Institute of Chemical Safety (NICS). Chemical Statistics Survey Report for 2014. 2016.
10. Asher MI, Montefort S, Björkstén B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK, et al. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *The Lancet*. 2006; 368(9537): 733-743.
11. Asher MI. Recent perspectives on global epidemiology of asthma in childhood. *Allergologia et Immunopathologia*. 2010; 38(2): 83-87.
12. Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health effects. *The Lancet*. 1995; 345(8943): 176-178.
13. Zanobetti A, Schwartz J. The effect of particulate air pollution on emergency admissions for myocardial infarction: a multicity case-crossover analysis. *Environmental Health Perspectives*. 2005; 113(8): 978-982.
14. Moya J, Bearer CF, Etzel RA. Children's behavior and physiology and how it affects exposure to environmental contaminants. *Pediatrics*. 2004; 113(4): 996-1006.
15. Isabella Annesi-Maesano, Marion Hulin, François Lavaud, Chantal Raheison, Christine Kopferschmitt, Frederic de Blay, et al. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study. *Thorax*. 2012; 67: 682-688.
16. Ryan PH, LeMasters G, Biagini J, Bernstein D, Grinshpun SA, Shukla R, et al. Is it traffic type, volume, or distance? Wheezing in infants living near truck and bus traffic. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2005; 116(2): 279-284.
17. McConnell R, Berhane K, Yao L, Jerrett M, Lurmann F, Gilliland F, et al. Traffic, susceptibility, and childhood asthma. *Environmental Health Perspectives*. 2006; 114(5): 766-772.
18. National Institute of Environmental Research (NIER). Annual Report of Air Quality in Korea 2016. 2017.
19. Korea Centers for Disease Control and Prevention (CDC). National health statistics 2015. 2016.