

## 대기환경부문 건강위해평가의 국내 연구 동향과 발전방향

### The Domestic Research Trend and the Road Map of Health Risk Assessment of the Air Quality in Korea

신 동 천\*

연세대학교 의과대학 예방의학교실 및 연세대학교 환경공해연구소  
(2013년 9월 2일 접수, 2013년 10월 8일 수정, 2013년 10월 15일 채택)

Dong Chun Shin\*

Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine,  
Yonsei University, Institute for Environmental Research, Yonsei University

(Received 2 September 2013, revised 8 October 2013, accepted 15 October 2013)

#### Abstract

Air pollution in large cities is reduced through the environmental health policies, but due to increased population and automobile, some pollutants are still a problem. These air pollutants are known to cause asthma and respiratory diseases. According to an OECD report, the number of premature deaths will increase. Hazardous air pollutants should be managed through a systematic monitoring, risk assessment, and many studies are in progress. In order to manage hazardous air pollutants, transformation of policy for the protection of human health is required. management policy through the calculation of the excess number of deaths that occur from hazardous air pollutants for the public health is necessary. Korea has put a lot of efforts for air quality, but health risk assessment should be more considered.

**Key words** : Risk assessment, Air pollution, Risk management, Hazardous air pollutants

#### 1. 서 론

우리나라 대도시의 대기오염은 꾸준한 관리와 투자로 과거에 비해 아황산가스와 일산화탄소 등 일부 오염물질은 감소하였으나, 인구밀집 현상과 자동차 증가로 인하여 이산화질소, 오존 그리고 미세먼지는 계속 문제가 되고 있다(NIER, 2006). 이러한 대기오

염물질들은 천식이나 호흡기 질환을 유발하고 심혈관 질환이나 폐암으로 인한 사망을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Dominici *et al.*, 2006; Atkinson *et al.*, 2001; Zanobetti *et al.*, 2000; Anderson *et al.*, 1998).

세계보건기구(WHO)에서는 '대기 중 인공적으로 배출된 오염물질이 존재하여 오염물질의 양과 그 농도 및 지속시간이 어떤 지역주민의 불특정 다수에게 불편감을 일으키거나 해당지역에 공중 보건상 위해를 미치고, 인간이나 식물, 동물의 생활에 해를 주어 도시민의 생활과 재산을 향유할 정당한 권리를 방해받는 상태'를 대기오염이라고 정의하고 있다(WHO, 2004).

\*Corresponding author.  
Tel : +82-(0)2-2228-1869, E-mail : dshin5@yuhs.ac

대기오염을 발생시키는 주요 물질로서는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 이산화황(SO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>), 납(Pb)이 있으며, 이 외 인체에 해로운 유해 가스로서 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠 등 휘발성유기오염물질과 연소과정에서 발생하는 대표적인 발암물질인 다환방향족탄화수소류, 소각으로 인한 다이옥신과 중금속, 그리고 도시대기오염의 주요 원인 중 하나인 자동차로 인한 미세먼지 등이 있다(US EPA, 2011, 2005; NIER, 2006; Singh *et al.*, 1992).

경제협력개발기구(OECD; Organization for Economic Co-operation Development)에서 환경전망에 대해 2012년에 발표하였다. 대기환경 오염물질에 대한 새로운 개선 정책이 없을 경우 2015년까지 조기사망자수가 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 미세입자의 경우 2050년에는 3.6백만명의 조기사망자수가 발생할 것으로 나타내었다. OECD에서도 환경문제로 인한 사망 원인 중 대기오염이 가장 높은 것으로 발표하였다(OECD, 2012).

많은 연구에서 사망률과 미세먼지 농도 사이에 밀접한 관계가 있고, 미세먼지의 농도가 높은 지역에서는 기대여명이 현저히 감소함을 보고하고 있다. 조기사망 외에도 천식의 30~40%, 모든 호흡기 질환의 20~30% 정도가 대기오염과 밀접한 관련에 있다고 보고하였다. 대기오염에 의한 영향은 노출되는 정도와 노출된 개인의 감수성에 따라 결정되고, 천식과 같은 호흡기 질환자와 노약자, 어린이, 그리고 면역력이 저하되어 있는 경우 특히 위험하다(Lin *et al.*, 2005; Pino *et al.*, 2004; Schwartz, 2004; Bobak and Leon, 1999).

대기오염은 일차적으로 자동차, 굴뚝 등의 오염원에서 다양한 오염물질로 대기 중에 배출되며, 이차적으로는 발생된 오염물질이 서로 반응하여 더 해로운 물질로 변형되면서 발생하기도 한다. 일차적으로 발생하는 대표적인 물질로서 미세먼지가 있다. 도시 대기 중 자동차 배출물질을 주요 기여원이라 할 수 있는 미세먼지의 경우 농도가 높아지면 기존의 심장질환 및 폐질환을 앓고 있는 사람 중에서 사망 위험이 증가한다는 사실이 여러 연구를 통해 밝혀지고 있다(Utelle and Samet, 1996). 특히 입자크기가 작은 미세먼지에는 황산염, 질산염, 산, 각종 중금속 등 다양한 유해물질이 표면에 붙어 있고 크기가 작아 폐 깊숙

이 침투하여 심각한 건강 영향을 일으킬 수 있다(Pope *et al.*, 2006; WHO, 2004). 이차적으로 발생하는 물질은 오존, 알데히드 등이 있으며, 이는 자동차의 배기가스에서 나오는 질소산화물, 탄화수소 등이 강한 자외선과 광화학반응을 일으켜 발생된다. 이로 인해 도시의 대기는 맑은 날에도 안개가 낀 것 같은 현상이 지속되는 광화학스모그가 발생하게 된다(Chritoforou *et al.*, 2000; US EPA, 1998). 광화학스모그를 이루는 대표적인 오염물질인 오존은 햇빛이 따가운 여름철 오후 2시부터 5시까지 농도가 급상승하게 되며(KEC, 2007), 기침 등 호흡기 자극증상과 폐기능 감소, 눈 자극 등 인체영향을 유발하고 천식 환자의 증상을 악화 시킨다.

서울시민을 대상으로 대기환경 관심도 조사결과, 환경문제 중 대기오염이 최우선 개선 분야로 가장 높게 나타났으며, 수도권 대기오염개선에 대한 질병 예방 등의 연구가 많이 진행되고 있다. 그 결과 대기오염에 따른 사회적 편익비용 평가 시 경제적 효과 역시 입증되어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Ha and Moon, 2013). 따라서 인체에 영향을 미치는 유해대기오염물질(HAPs; Hazardous Air Pollutants)의 관리 현황 및 문제점의 파악을 통해 개선방안의 도출이 필요하다. 궁극적인 목표로서 유해물질관리 정책으로부터 수송체 중심의 건강 관리를 위한 정책의 전환이 필요하며, 국민 건강 보호를 위해 만성 피해를 고려한 대기오염 관리정책이 시급하다. 대기 중 발생하는 오염물질은 인체 내 축적되어 주로 만성 영향을 나타낸다. 하지만 만성적 피해는 서서히 건강에 영향을 주기 때문에 쉽게 발견할 수 없다는 점이 문제라고 할 수 있다. 악성종양뿐 아니라 폐렴, 기관지염, 기관지 말초염, 기관지 확장염, 발작성 천식, 폐기종 등의 만성 호흡기 질환, 심장 기능 이상 등 심혈관 질환으로 요약할 수 있다(Utelle and Samet, 1996; Lawrence, 1983). 이러한 부분에 초점을 두어 건강위해평가를 실시할 필요가 있다.

기존 대기환경의 평가는 인과관계를 규명하는 것이 일차적 관심이었으나 구체적이고 정량적인 정보를 요구하는 현 시점에서는 오염피해의 정도와 심각성을 계량적으로 평가하는 것이 중요한 관심의 대상이다. 고도로 산업화된 사회에서 환경오염이 필연적일 수밖에 없다하더라도 과학적이고 합리적인 위해 평가가 이루어져야 한다.

본 연구의 목적은 국민건강관점에서 유해대기오염 물질 관리의 중요성 대해 검토하고 대기오염에 따른 건강영향 추정 방법을 분석함으로써 건강 위해성 중심의 유해물질 관리를 위한 발전방향에 대해 제시하고자 한다.

## 2. 국내 연구 동향 및 발전방향

위해성 중심의 대기오염물질 관리로 국민 건강성 확보를 위한 통합관리 방안 도출 및 환경보건감시가 가능한 오염물질 관리를 위해 체계적인 국내 대기오염 관리정책의 정립에 대한 필요성이 대두되고 있으며, 환경부에서는 2013년부터 2022년까지 인구 50만 이상의 도시지역 및 국가 산단지역을 대상으로 오염도 진단 및 대기오염물질의 통합관리 방안을 도출하기 위한 기본계획을 마련하였다. 계획 마련의 필요성으로 표 1과 같이 국내의 경우 특정대기유해물질의 종류를 35종으로 지정하여 관리하고 있으나, 미국 및 일본의 경우 187종, 234종으로 지정하여 관리하고 있다(NIER, 2012). 관리 대책에 대한 연구와 더불어 추가적인 유해대기오염물질의 선정이 필요하다.

2012년 12월 기준으로 국내측정망 측정항목은 표 2와 같으며, 전국 90개 시·군에 총 482개의 측정소가 설치되어 있다(KEC, 2012). 유해대기오염물질의 모니터링은 유해대기측정망 및 중금속 측정망에서 특정대기유해물질 13종에 대해서 농도를 측정하고

있다. 표 1에서 나타난 바와 같이 미국과 일본의 경우 HAPs 물질의 목록을 다수 등재하여 관리하고 있으나 미국의 경우 33종을 권장하고 있으며, 일본의 경우 실질적으로는 20종의 물질을 측정하고 있다. 등재된 목록에 비해 실질적으로 측정되고 있는 물질의 종은 적지만 국내 수준에 비해 많은 종의 유해물질을 측정하고 있다. 보다 면밀한 유해대기물질의 특성을 파악하기 위해서는 측정망 수와 측정 항목, 측정 주기에 대한 제한성을 검토하여 보다 많은 자료의 축적을 통해 위해성 평가와 연계된 평가를 할 수 있는 체계를 구축해야 한다. 국내의 경우 특정대기유해물질은 매 5년마다, 유해성감시물질은 매 10년마다 관리기본계획을 수립하여 오염물질에 대한 분류체계를 개정하고 있다. 따라서 환경부에서는 도시대기지정 독성물질의 위해도를 20% 저감하는 것을 기본목표로 benzene, 1,3-butadiene, TCE, formaldehyde, acrolein, benzo(a)pyrene, 6가 크롬, PM<sub>2.5</sub>을 선정하여 관리목표에 따라 저감하기 위해 오염도 진단, 오염물질의 특성 규명 및 관리방법에 대한 로드맵을 구축하였다. 세부 목표 중 배출량에 대한 인벤토리 구축, 모델링 기반 구축 등의 정확한 저감량 및 방법에 대해 구축하는 것 역시 중요하지만 대기오염물질 관리를 위해서 실질적인 모니터링 방법과 그에 대한 위해성 평가가 중요하다(NIER, 2012).

대기오염물질의 과학적인 모니터링을 위한 관리계획 수립과 동시에 최근 대기오염의 상태를 일반 대중이나 정책 결정자가 이해하기 쉽도록 설명하고 인

**Table 1. Management status of hazardous air pollutants.**

Country	Designation of hazardous air pollutants	Management direction
USA	- CAA 112 article 187 specifies material (118 sources)	- ‘Technology first, the Risk Approach’ - Industries/process-specific of NESHAP establishment for each substance HAPs emissions - Suggestion of HAPs management standards
Japan	- 234 kinds of harmful air pollutants - 22 kinds of priority pollutant - 4 kinds of designated pollutant	- Designation of Obligations to each subject (national, local, business) - Designation of 4 kinds of materials and set emission standards for some substances
Germany	- 154 kinds of carcinogenic substances, particulate, gaseous, organic chemicals classified into four types	- Receptor-based management policy - Emission standards based on the BAT - Perform environmental impact assessment of air quality
Korea	- 35 kinds of toxic substances - 48 kinds of harmful substances	- Source management (sources and emissions) - Establishment of emission standards for facility - Air quality assessment through source management

**Table 2. Measuring item and cycle of domestic monitoring site.**

Monitoring stations	Measurement items	Method of measurement	Stations		
			Total	Ministry of environment	Local government
Urban	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , wind direction, wind velocity, temperature, relative humidity	Consecutive measurement	251		251
Suburb	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , wind direction, wind velocity, temperature	Consecutive measurement	19	19	
Baseline air	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , wind direction, wind velocity, temperature	Consecutive measurement	3	3	
Roadside	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , wind direction, wind velocity, temperature	Consecutive measurement	38		38
Hazardous air	VOCs (13), PAHs (7)	1 per month	31	31	
Metal	Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, As, Be	2nd week of month	52		52
Photochemical	VOCs (56)	Consecutive measurement	27	18	9
Acid precipitation	pH, precipitation, electrical conductivity, ion concentration, Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	Precipitation	40	40	
Global air	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CFCs	Consecutive measurement	1	1	
PM-2.5	PM-2.5, OC, EC, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, As, Be	Consecutive measurement	20	20	
	SUM		482	132	350

체 위해를 고려한 대기의 질을 종합적으로 평가하기 위한 체계의 필요성이 지속적으로 대두되고 있다. 따라서 오염물질에 대한 급성, 만성 인체영향에 대한 상관관계 분석 및 위해성 평가를 위한 자료 조사와 분석을 실시하고 있다. 기존 조사 및 분석되었던 모니터링 사업, 측정망 자료 및 배출량 자료, 물질별 독성자료 등에 대한 자료를 정리하고 급성, 만성 인체영향에 대한 농도-반응 상관관계를 도출함으로써 대기오염물질에 대한 위해성 평가를 통해 실제 건강영향을 파악하는 연구가 다수 진행되고 있다.

대기오염물질 (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> 등)은 환경 중 농도 외에도 노출빈도와 기간, 체중, 접촉률 등을 고려하게 되며, 연구 대상 지역에서의 오염도를 바탕으로 우리나라 성인이 대기 중 오염물질에 평생 노출되어 생활할 경우의 인체 노출량을 산출한다. 이

때, 불확실성을 최소화하기 위해 환경 중 농도 결과에 적합한 확률분포를 선택하여 이용하고, 일부 노출 인자의 확률분포를 이용하여 인체노출량을 산정한 다.

독성 평가 자료 및 국내외 역학 자료의 사례를 활용하여 대기오염물질의 용량-반응의 상관관계를 규명하고 대기 중 오염물질의 단위 농도로 인한 사망/유병률의 변화를 결정하도록 한다.

위해도 결정을 하기 전에 우선 위해도 산출을 위한 노출 시나리오 구성한다. 노출 평가에서 추정된 환경 농도, 용량-반응 평가에서 도출된 단위 위해도, 노출 인구 집단을 고려하여 대기오염물질로 인한 사망/유병수를 추정하고, 인체 위해도 추정에 따르는 불확실성을 기술하고 분석한다.

위해도의 최종 결과물은 연간 사망자 수나 유병자

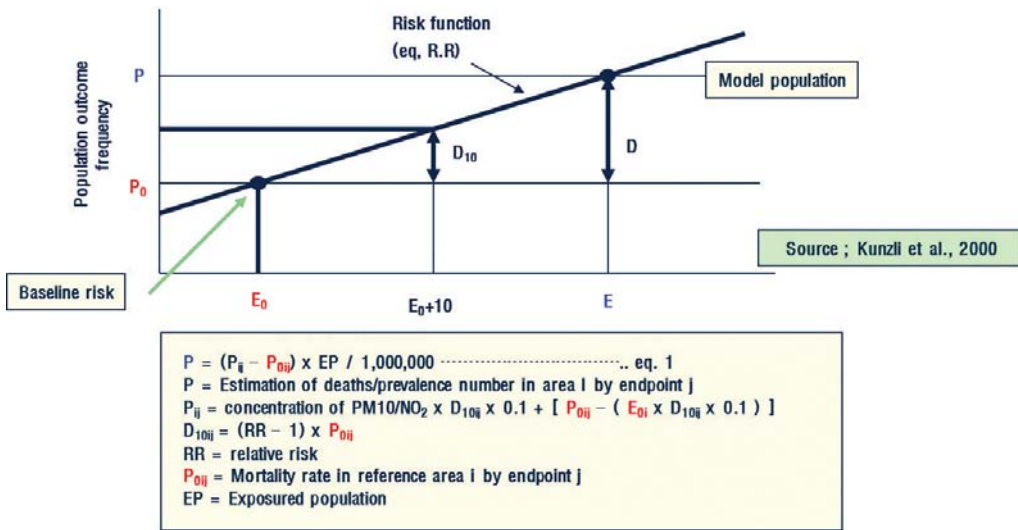


Fig. 1. Concentration-response function of air pollutants.

수로 표현되므로 이 값을 산출하기 위해서는 각 오염물질의 농도에 용량-반응 함수에서 도출된 기울기 (단위 농도당 인년당 유병자수, 또는 단위 농도당 연간 사망률의 변화폭)를 고려하고, 여기에 노출 가능한 인구수나 기대 사망자수를 곱하여 최종 위험도를 표현한다.

노출 인구수는 수도권 각 도시에 해당하는 인구가 대기오염물질에 100% 노출된다고 가정하여, 해당연도 사망률을 고려하여 연간 기대사망자/유병자수를 산출하도록 한다.

대기오염물질로 인한 초과 사망자수 추정을 위해 그림 1과 같이 농도-반응 함수(C-R function)를 이용한다. 농도-반응 함수는 시간의 흐름에 따른 인체 사망률 변화를 exponential distribution으로 규명한 Gompertz formula를 적용한 Rabl(1998)의 log-linear C-R function을 사용하며, 농도-반응 함수관계의 기본적인 인체 위해성 평가모델은 다음과 같다.

$$\Delta y = y[\exp(\beta \Delta x) - 1]$$

$$\beta = \ln(RR) / \Delta x$$

$\Delta y$  : 건강영향 지표의 변화량

$y$  : 건강영향 지표의 기저값

$\Delta x$  : 대기오염도 변화량

$\beta$  : 계수

RR : 상대위험도

Table 3. Estimation of death number according to the reduced concentration.

Reduced concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Number of excess deaths (years)	Number of excess deaths (years)
	$\beta=0.0006$	$\beta=0.0017$
5	96.6	273.0
10	193.0	543.9
20	384.9	1078.4
30	575.6	1604.3
40	765.2	2121.2

농도-반응 함수를 적용함으로써 서울지역에서 하루에 사고사를 제외하고 사망하는 수를 N으로 하면 PM<sub>10</sub>의 변화량에 대한 초과사망자수를 산출할 수 있다.

$$\Delta N = y_0 (\exp(-\beta \Delta \text{PM}_{10})^{-1}) * \text{Pop}$$

$\Delta N$  : 초과사망자수

$y_0$  : PM이 변화되기 전의 사망자수

$\beta$  : 비례상수(=ln(RR)/ $\Delta \text{PM}$ )

$\Delta \text{PM}_{10}$  : PM 농도의 변화량

Pop : 인구수

서울지역세의 PM<sub>10</sub> 농도의 저감에 따른 초과사망자수의 추정치는 표 3과 같다.

$-\Delta N=y_0(\exp(-\beta\Delta PM_{10})^{-1})*Pop$   
 $y_0$  (Average Deaths a Day)=8.55E-06  
 $\beta$  (Proportional factor)=0.0006 (Kwon HJ *et al.*),  
 0.0017 (Kim H *et al.*)  
 Pop (Population in Seoul)=10,331,224

표 3과 같이 서울시의 PM<sub>10</sub> 농도를 20 µg/m<sup>3</sup> 저감 효과를 달성한 경우 β값의 변화에 따른 연간 대기오염으로 인한 초과사망자가 대략 385~1077명 정도 감소될 수 있음을 추정할 수 있으며 (Ministry of Environment, 2011), 대기오염물질의 농도 증감에 따라 추정된 초과사망자수의 변화를 통해 오염원별 계획 삭감량 및 개선방안 도출 등은 정책적 결정자료로 활용될 수 있다.

환경정책의 패러다임이 사전 예방적 환경보전정책으로 변화하고 있음에 따라 대기 중 유해물질이 국민 건강 및 생태계에 미치는 영향을 통합적으로 고려하여 수용체 중심의 위해성관리대책을 마련코자 하는 정책적 수요가 증대되고 있다. 하지만 국내 대기 규제 기준은 국민건강 보호수준을 목표로 제정하기 보단 선진국의 기준을 참고 및 도입하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 대기 규제 기준과 배출허용기준의 연계를 통해 명확한 목표 설정과 배출기준의 강화를 위한 정책적 제고가 필요하다. 따라서 인체 및 생태계에 미치는 영향은 물론 유통량, 환경으로의 배출량, 노출형태, 생태 여건 및 노출 실태 등을 종합적으로 고려하여 인체나 환경에 대한 위해가 예상되는 물질 및 지역의 효과적인 관리가 필요하며, 수용체 중심의 위해성 관리대책을 마련하기 위한 종합적인 위해성 평가 및 관리 체계를 수립하는 것이 필요하다.

특히, 도시지역 내 대기환경오염원 중 자동차 배기가스가 상당부분을 차지하고 있다. 디젤배기가스와 관련하여 그동안 많은 관심과 연구가 진행되고 있으며, 미국 국립암연구소(NCI; National Cancer Institute)와 미국 질병통제관리국 산하 산업안전 보건연구원(NIOSH; National Institute of Occupational Safety & Health)에서 광부를 대상으로 한 2가지의 역학연구를 토대로 2012년 6월 12일, 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer)에서는 디젤배기가스의 발암등급을 2A에서 1로 상향조정하였다. 배기가스에 대한 indicator로

서의 surrogate 물질 선정 및 모니터링을 통해 실질적으로 저감할 수 있는 체계를 구축해야 한다.

유해대기오염물질의 경우 일반적으로 환경대기 중에서 독성이 강하다고 알려진 물질들로서 대기로 직접 배출되거나 대기로 배출된 물질들이 대기 반응을 통하여 이차생성 된 것을 말한다. 대기로 직접 배출되는 물질은 국가차원에서 특정대기유해물질이라고 지정하여 지속적인 모니터링과 함께 관리, 규제를 하고 있는 반면, 대기반응에 의해 생성되어지는 이차오염물질들에 대한 위해성 평가 및 관리는 적절히 이루어지지 않고 있는 실정이다. 현실적으로 인간건강을 지키기 위해서는 배출원으로부터 직접 배출되는 유해대기오염물질의 관리뿐만 아니라 산화성 PAHs와 같이 대기반응에 의해 형성되는 이차생성물질들에 대한 위해성 평가 및 관리방안이 필요하다. 궁극적으로 대기오염물질에 대한 위해성평가 연구 체계를 구축하여 국민들과 위해성 정보에 대한 의사소통을 실시해야 한다.

### 3. 맺음말

우리나라는 지난 30~40년 동안 괄목할 만한 산업화와 도시 집중화로 인하여 환경이 악화되어 왔었으며 대도시의 환경오염은 개선이 필요하다. 물론 그동안의 저유황유 공급 및 청정연료 사용 의무화, LNG, LPG의 공급확대 등의 저감대책과 배출오염규제 강화로 인하여 아황산가스, 일산화탄소 등이 감소되었고 자동차 배출가스의 규제강화와 배출가스 관리 및 연료의 품질 등이 개선되었지만 자동차의 급격한 증가에 따라 질소산화물, 탄화수소류, 오존 및 미세먼지와 같은 일부 오염물질은 감소하지 않거나 증가하고 있어 도시 대기질은 개선되고 있지 않으며 이로 인한 사망 및 질병발생 위해도는 아직도 크다고 보여진다.

특히 이러한 대기오염물질의 경우 신체구조나 생리학적으로 어른에 비해 취약한 어린이들에게 있어 위해도는 더욱 크다. 어린이의 폐는 출생 시에는 충분히 발달되어 있지 않아 성장을 계속해야 하므로 더욱 대기오염에 민감하고, 어른에 비해 단위 체중당 마시는 공기의 양이 훨씬 많아 어른보다 많은 대기오염물질에 노출된다. 또한 임신 기간 동안 심각한

대기오염에 노출될 경우에는 태아의 조기사망, 조산, 저체중아 등의 심각한 결과를 야기할 수도 있다는 연구결과가 보고된 바 있다. 노령자, 심혈관질환 또는 폐질환자들 역시 대기오염에 민감한 집단이다. 대기오염이 증가하면 심장질환으로 인한 입원 환자가 증가하며, 심부전 환자들의 대기오염으로 인한 사망위험이 일반 인구집단보다 높게 나타나는 외국 연구결과 등을 보면 민감집단을 고려한 대기오염관리의 중요성이 강조되어야 한다. 따라서 대기오염에 취약한 사람들인 어린이, 고령자, 심장, 폐질환을 앓고 있는 사람들을 대상으로 한 건강위해평가를 더욱 체계적으로 발전시켜나아가야 한다.

현재 우리나라는 대기환경 관리에 있어 선진국 수준으로 많은 노력을 계속하고 있으나, 국민들의 사회경제적 수준이 향상됨에 따라 더욱 더 쾌적하고 건강한 환경을 얻기 위한 관리의 중요성이 높아지고 있다. 대기환경의 건강위해평가는 단순히 실태 파악을 넘어 더 좋은 수준의 대기환경을 영위하기 위한 동기로서 고려되어야 하며, 국민건강증진의 최우선과제로서 도시대기오염관리가 중요함을 잊지 않아야 한다.

## References

- Anderson, H.R., de L.A. Ponce, J.M. Bland, J.S. Bower, J. Emberlin, and D.P. Strachan (1998) Air pollution, pollens, and daily admissions for asthma in London 1987 ~ 1992, *Thorax*, 53, 842-848.
- Atkinson, R.W., H.R. Anderson, J. Sunver, J. Ayres, M. Baccini, J.M. Vonk, A. Boumghar, F. Forastiere, B. Forsberg, G. Touloumi, J. Schwartz, and K. Katsoyanni (2001) Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air pollution and health: a European approach*, *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, 164, 1860-1866.
- Bobak, M. and D.A. Leon (1999) The effect of air pollution on infant mortality appears specific for respiratory causes in the postneonatal period, *Epidemiology*, 10, 666-670.
- Christoforou, C.S., L.G. Salmon, M.P. Hannigan, P.A. Solomon, and G.R. Cass (2000) Trends in fine particle concentration and chemical composition in Southern California, *J. AWMA*, 50, 43-53.
- Dominici, F., R.D. Peng, M.L. Bell, L. Pham, A. McDermott, S.L. Zeger, and J.M. Samet (2006) Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases, *JAMA*, 295, 1127-1134.
- Ha, J.S. and N.K. Moon (2013) Uncertainty and Estimation of Health Burden from Particulate Matter in Seoul Metropolitan Region, *J. Korean Soc. Atmos. Environ.*, 29(3), 275-286. (in Korean with English abstract)
- Korea Environment Corporation (2007) A Study on the Distribution Characteristics of Air Pollutants at PAMS in Seoul Metropolitan Area, *Environmental Societies Joint Conference*, PD64, 1396-1399.
- Korea environment corporation (2012) <https://www.keco.or.kr/01kr/business/climate/02/01/>.
- Lawrence, J.L. (1983) health effects of air pollution measured by outpatient visits, *The J. of Family Practice*, 16(2), 307-313.
- Lin, M., D.M. Stieb, and Y. Chen (2005) Coarse particulate matter and hospitalization for respiratory infections in children younger than 15 years in Toronto: a case-crossover analysis, *Pediatrics*, 116, 235-240.
- Ministry of Environment (2011) Improvements of air quality Management System for Risk prevention in Capital.
- National Institute of Environmental Research (2006) A Study on the Characteristics Comparison of Vehicle Emission Using DME and ULSD 1829-1834.
- National Institute of Environmental Research (2012) Management Plan for Hazardous Air Pollutants.
- Organization for Economic Co-operation Development (2012) *OECD Environmental Outlook to 2050*.
- Pino, P., T. Walter, M. Oyarzun, R. Villegas, and I. Romieu (2004) Fine particulate matter and wheezing illnesses in the first year of life, *Epidemiology*, 15(6), 702-708.
- Pope, C.A., J.G. Watson, J.L. Mauderly, D.L. Costa, R.E. Wyzga, S. Vedal, G.M. Hidy, S.L. Altshuler, D. Marrack, J.M. Heuss, G.T. Wolff, C.A. 3rd Pope, and D.W. Dockery (2006) Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 56, 709-742.
- Rabl, A. (1998) Mortality risks of air pollution: the role of exposure-response functions, *J. Hazard. Mater.*, 61, 91-98.
- Schwartz, J. (2004) Air pollution and children's health, *Pediatrics*, 113, 1037-1043.
- Singh, H.B., L. Salas, W. Viezee, B. Sitton, and R. Ferek (1992) Measurement of Volatile Organic Chemicals at Sel-

- ected Sites in California, Atmos. Environ., 26A(16), 2929-2946.
- US EPA (1998) Technical Assistance Document for Sampling and Analysis of Ozone precursors.
- US EPA (2005) 2005 National-Scale Air Toxics Assessment.
- US EPA (2011) An Overview of Methods for EPA's National Scale Air Toxics Assessment.
- Utell, M. and J. Samet (1996) Airborne particles and respiratory disease : clinical and pathogenetic considerations. In: Wilson R, Spengler JD. Particles in our air : concentrations and health effects, 1st ed. Boston : Harvard University Press, 169-188.
- World Health Organization (2004) Health Aspects of Air pollution-Results from the WHO project "Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe".
- Zanobetti, A., J. Schwartz, and D.W. Dockery (2000) Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease, Environ. Health Perspect., 108, 1071-1077.