

기본연구보고서 2012-11

대기오염측정망 운영에 관한 기초연구

정 환 도



연구진

연구책임

- 정환도 / 도시기반연구실 책임연구위원

- 목 차 -

제1장 연구의 개요	3
제1절 연구의 필요성 및 목적	3
제2절 연구방향 및 내용	5
제2장 대기오염 측정망의 현황 및 사례조사	9
제1절 대기오염의 이론적 고찰	9
1. 대기오염특성	9
2. 대기오염물질의 종류와 영향	19
제2절 대기오염 측정망의 현황	30
1. 대기오염 측정망의 개념 및 설치목적	30
2. 대기오염 측정망의 설치방법 및 운영현황	33
제3절 국내·외 대기오염 측정망 사례조사	37
1. 국내사례	37
2. 국외사례	41
제3장 대전시 대기오염 측정망 현황 및 운영방안	51
1절 대전시 대기오염 측정망 현황 및 문제점	51
1. 대전시 대기오염 측정망 현황	51
1. 대전시 대기오염 측정망의 문제점	53
제2절 대전시 대기오염 측정망의 운영방안	56
1. 도시 공간변화에 의한 대기오염 측정망 배치개선	56
2. 지역특성을 고려한 대기오염 측정망 지점수 확충	58
3. 대기오염 측정망 설치조건 고려 및 기기정비	59
4. 측정망의 평가체계 마련 및 운영관리 개선	60
5. 대기환경 정보시스템 구축의 체계화	61

제4장 결론 및 정책적 제언	67
제1절 결론	67
제2절 정책적 제언	70
참고문헌	72

- 표 목 차 -

<표 2-1> 오염되지 않은 대류권 공기의 가스상 조성	11
<표 2-2> 대기오염 배출원 유형 및 특징	14
<표 2-3> 업종별 대기오염물질의 배출원	15
<표 2-4> 지표면의 맑고 건조한 대기의 조성	19
<표 2-5> 입자상 대기오염물질의 정의와 특징	21
<표 2-6> 황화합물의 종류와 배출원 및 배출공정	23
<표 2-7> 대기오염 측정망의 설치목적 및 측정항목	31
<표 2-8> 미국 EPA의 대기오염 관측목적과 공간규모	33
<표 2-9> 미국 EPA에서 제시한 이산화황 및 PM-2.5 측정망 설치기준	36
<표 3-1> 대전시 대기오염 측정망 위치 및 지역구분	51
<표 3-2> 미국 대기오염 측정망의 오염물질별 측정위치 조건	57

- 그림 목 차 -

〈그림 1-1〉 연구 수행절차	6
〈그림 2-1〉 대기의 구성성분	9
〈그림 2-2〉 대기오염제어 및 관리체제도	12
〈그림 2-3〉 지역에 따라 발생하는 연도별 아황산가스 배출량	24
〈그림 2-4〉 지역에 따라 발생하는 연도별 이산화질소 배출량	25
〈그림 2-5〉 지역에 따라 발생하는 연도별 일산화탄소 배출량	27
〈그림 2-6〉 지역에 따라 발생하는 연도별 오존 배출량	29
〈그림 2-7〉 동심원을 이용한 측정망 설치방법	34
〈그림 2-8〉 서울시 도시대기 측정망 설치 위치도	37
〈그림 2-9〉 서울시 도로변대기 측정망 설치 위치도	38
〈그림 2-10〉 광주광역시 대기오염 측정망 설치 위치도	39
〈그림 2-11〉 부산광역시 대기오염 측정망 설치 위치도	40
〈그림 2-12〉 영국 런던의 대기오염 측정망 설치 위치도	41
〈그림 2-13〉 런던시 저배출지역 적용사례	42
〈그림 2-14〉 스웨덴 스톡홀름의 도로변대기 측정망의 위치	43
〈그림 2-15〉 미국 AIRNOW의 대기오염 정보	44
〈그림 2-16〉 독일 대기오염 예보 지도	46
〈그림 2-17〉 일본 대기오염 관련 주제도	47
〈그림 3-1〉 대전시 대기오염 측정망 위치도	52
〈그림 3-2〉 대기환경정보 공개시스템	61

제 1 장

연구의 개요

제1절 연구의 필요성 및 목적

제2절 연구방향 및 내용

제1장 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

1960년대 이후 급속한 산업화 및 도시화는 물질적으로 풍요로운 생활을 가능하게 하였으나 이와는 반대로 ‘환경오염’이라는 원치 않는 부산물들을 만들어 내기에 이르렀다. 특히 대도시 및 석유화학단지 등에서 심각하게 발생하는 대기오염은 그동안의 지속적인 완화노력에도 불구하고 크게 개선되지 않았으며, 중국, 인도 등의 신흥공업국에서 유입되는 2차 오염물질의 영향 또한 계속적으로 증가하고 있다(김용표, 2006; 유은철과 박옥현, 2007).

현재 우리나라 대도시의 대기오염은 매우 심각한 수준이며, 이보다 더 큰 문제는 이러한 대기오염의 경우 국지적인 지역에 한정되지 않고 국가전체, 더 나아가서는 국제적, 범세계적 문제로 확대되고 있다는 것이다(경기개발연구원, 2007; 장연기와 송동웅, 1995; 환경부, 2005; U.S. EPA, 2004).

이러한 시대적 흐름에 부응하여 최근에는 지구의 대기환경을 보호하기 위한 다양한 국제 환경협약들이 체결되고 있으며, WTO, OECD 등의 국제기구에서도 CO₂의 배출량을 줄이기 위한 국가별 제한량, 탄소세 및 에너지 부과세, 자동차 연비기준 등의 각종 규제수단을 제시하고 있다(이상득, 2003).

우리나라의 경우, 과거 대도시 지역에서는 주로 석유·석탄 등의 화석연료를 연소하는 과정에서 생성되는 SO₂와 CO 등 1차 오염물질에 의해 대기가 오염되어 왔으나, 저황유 사용 확대, 고체연료 사용 금지, 청정연료 사용 의무화 등 연료의 규제제도로 인해 어느 정도 환경기준에 부합하는 결과를 낳고 있다.

그러나 최근 자동차 보급의 증가와 화학산업의 고도화로 인해 상기의 1차 오염물질 외에 광화학 스모그, 미세먼지, 휘발성유기화합물(VOCs) 등의 유해 대기오염물질이 대기오염의 큰 비중을 차지하는 선진국형 대기오염 현상이 급속히 진행되

고 있다.

한편, 이러한 상황에서 우리나라는 1980년대 대기환경 기준물질의 농도 변화를 모니터링하기 위해 대기오염 측정망을 설치하기 시작하였으며, 2000년대 들어서는 기준물질 이외에도 대기환경적으로 중요한 대기오염물질을 측정하는 측정망을 추가하여 대기질 모니터링 측정망 체계를 발전시키고 있다.

현재 환경부 및 지방자치단체에서는 총 11개 종류의 측정망(도시대기, 교외대기, 국가배경농도, 도로변대기, 유해대기물질, 대기중금속, 광화학 오염물질, 산성강화물, 지구대기, 시정거리, 종합대기)을 설치·운영하고 있으며, 2010년 2월 기준 전국 88개 시·도·군에 총 438개소의 측정망이 설치되어 있다. 대전광역시의 경우 국가 측정망을 포함해 총 11개의 대기오염 측정망을 운영중이며, 상업지역, 공업지역, 녹지지역, 주거지역 등으로 구분하여 상시 모니터링하고 있다.

그러나 현재 설치되어 있는 대기오염 측정망 및 추가로 설치되는 측정망은 과학적이고 객관적인 기준에 의해 설치되기 보다는 특정목적에 따라 몇몇 대표지점을 선정하여 설치·운영하고 있다. 또한 그 운영목적이 불분명하여 측정자료의 평가에 따른 환경정책의 수립 및 시행이 비효율적으로 진행되고 있는 실정이다. 다시말해, 기존의 대기오염 측정망은 행정구역에 기초하여 인구밀도, 토지이용현황 등에 따라 그 위치를 결정하였던 바, 측정망에서 도출되는 대기오염 자료를 해석하여 효과적으로 대기질을 개선하는데 한계가 있었가. 또한 측정소의 규모와 주요 측정항목을 구체적으로 고려하지 않아 측정기기의 중복설치 등 비효율적인 측정망 운영이 이루어지고 있는 문제점이 있었다.

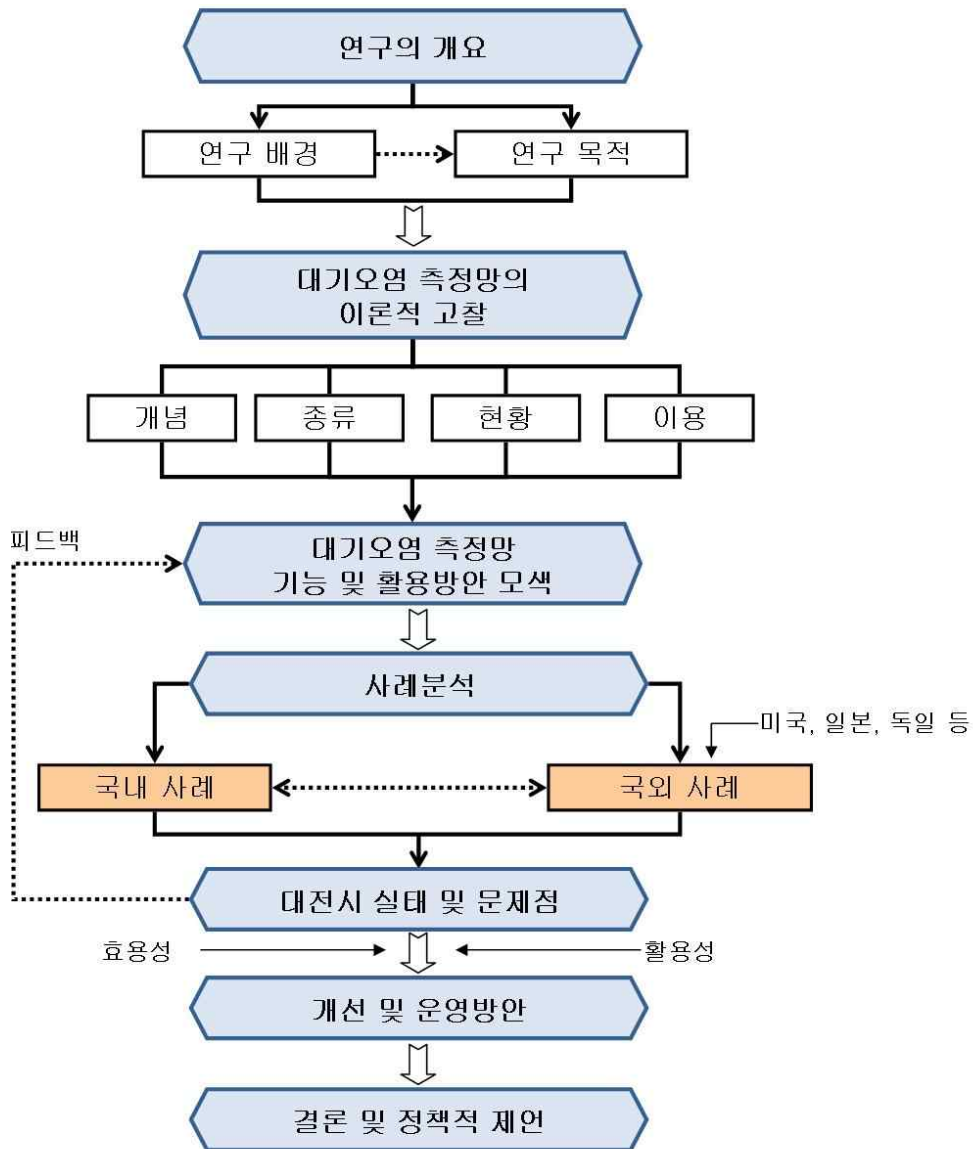
따라서 본 연구에서는 국내·외 사례조사를 기초로 하고, 대전광역시에 있어 대기오염측정망의 효율적 이용측면에서의 운영방안 등을 제시하는 기초연구이다.

제2절 연구의 방향 및 내용

본 연구는 국내·외 사례연구를 통해 대기오염 측정망의 개념과 활용방안을 이해하고 대전광역시 대기오염 측정망의 효율적 운영·관리방법에 기초자료를 제공하는데 가장 큰 의의가 있다.

우선 대기오염 측정망의 기능 및 활용방안을 이해하기 위해 대기오염 측정망의 개념, 종류, 설치목적, 우리나라의 대기오염 측정망의 현황, 이용현황 등을 살펴보았다. 또한 미국, 영국, 독일, 일본 등의 국외 사례조사를 통해 대기환경 정보시스템의 현황과 대기오염 측정망의 설치·운영방안에 대해 구체적으로 분석하였다.

이상과 같은 대기오염 측정망의 현황과 국내·외 사례분석 결과를 토대로 대전광역시의 대기오염 측정망의 실태 및 문제점을 고찰하였으며, 측정망의 활용성 극대화 및 효율성 제고를 위한 바람직한 개선방안을 제안해 보았다. 특히 본 연구에서는 대전광역시의 대기오염 측정망 운영방안과 효율적인 대기질 데이터 확보를 위한 기초연구에 주안점을 두었다.



<그림 1-1> 연구 수행절차

제 2 장

대기오염 측정망의 현황 및 사례조사

제1절 대기오염의 이론적 고찰

제2절 대기오염 측정망의 현황

제2절 국내·외 대기오염 측정망 사례조사

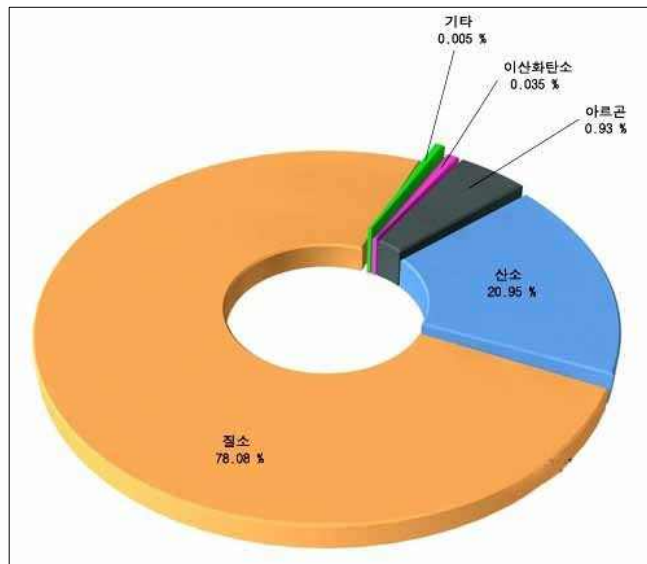
제2장 대기오염 측정망의 현황 및 사례조사

제1절 대기오염의 이론적 고찰

1. 대기오염특성

1) 대기의 정상¹⁾

지구는 기체로 둘러싸여 있으며, 이 기체는 거의 같은 높이의 기층으로 되어 있어 대기권(大氣圈) 또는 기권(氣圈)이라고 한다. 대기권을 구성하고 있는 기체를 총괄하여 대기라고도 한다. 대기는 여러 가지 기체의 혼합물이다. 대기의 하층에서는 공기의 운동에 의하여 상하의 공기가 잘 혼합이 되므로 상당한 높이까지 조성비가 일정하다. 지표 부근에서 수증기를 제외한 건조공기의 성분은 그 부피백분율로 따져서 약 78%가 질소 N₂, 약 21%가 산소 O₂, 0.93%가 아르곤, 0.035%가 이산화탄소, 그 나머지는 미량의 네온·헬륨·크립톤·제논·오존 등으로 되어 있다.



<그림 2-1> 대기의 구성성분

1) 두산백과사전(<http://terms.naver.com>)

부피백분율은 장소에 따라 변하는 값이다. 예를 들면, 이산화탄소는 식물의 호흡 작용에 의해 소비되나, 동물의 호흡으로 배출되기도 하고, 연소나 화학작용에 의해 생성되기도 하므로 그 양은 장소와 계절에 따라서 변한다. 공업의 발달로 대기 중의 이산화탄소는 조금씩 증가하는 경향을 보이고 있다.

특히 오존은 지상에서 20~50km 높이에 다량 분포되어 있으며, 공기 전체 부피에 비해 이산화탄소와 오존은 비록 적은 양이지만 기상에 미치는 영향은 크다. 여러 고도에서 공기의 시료(試料)를 채취하여 분석한 결과 이산화탄소와 오존을 제외하고 대략 80km 까지는 조성의 기체가 일정하게 분포되어 있음이 밝혀졌다.

아주 높은 상공에서는 공기의 상하운동이 거의 없어서 혼합작용이 감소되므로 공기 분자 자체의 분자운동으로, 성분기체 중 무거운 기체는 아래쪽으로, 가벼운 기체는 위쪽으로 확산 분리하게 된다. 인공위성 관측에 의하면 대기는 지상 120km 층까지 주로 질소와 산소로 되어 있고, 120~1,000km 층은 산소 원자로, 1,000~2,000km 층은 헬륨으로, 그 이상 1만km까지는 수소로 되어 있어 조성별로 성층(成層)을 이루고 있다.

2) 대기오염의 정의²⁾

근본적으로 대기오염이란 공기 중에 외부 물질의 존재를 의미한다. 대기오염문제는 이러한 외부물질의 농도가 인간의 복지를 방해할 때 일어나며, 세계보건기구(WHO)에 따르면 「대기오염이란 인공적으로 배출되어 대기 중에 있는 오염물의 양, 농도, 및 지속시간의 과잉으로 특정지역의 다수에게 불쾌감을 주는 상태, 혹은 공중위생상 인간, 동·식물 및 재산에 유해하고 쾌적한 생활을 방해하는 상태」라 정의하고 있다.³⁾ 또한 Engineers Joint Council는 「대기오염이란 먼지, 훈연, 가스, 연무, 악취, 연기 또는 수증기 등과 같은 오염물질이 한가지 또는 그 이상으로 실외대기에 존재하면서 그 양, 특성 및 지속성이 인간이나 동·식물의 생활과 재산에 해를 끼치거나 생활과 재산의 편안한 향유를 부당하게 방해하는 상태」라고 정

2) 신용섭(2004) 새로운 환경공학개론.

3) 서광석(2001) 대기오염개론.

의되어 있다.⁴⁾ 따라서 대기오염이란 ‘오염되지 않은 공기에 이물질이 혼입되어, 그 결과로서 인간에게 직·간접적으로 피해를 유발하는 상태’로 정의해 볼 수 있다.

<표 2-1> 오염되지 않은 대류권 공기의 가스상 조성

종류	ppm(vol)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
질소	780,000	8.95×10^8
산소	209,400	2.74×10^8
수분	—	—
아르곤	9,300	1.52×10^7
이산화탄소	315	5.67×10^5
네온	18	1.49×10^4
헬륨	5.2	8.50×10^2
메탄	1.0-1.2	$6.56-7.87 \times 10^2$
크립톤	1.0	3.43×10^3
질소산화물	0.5	9.00×10^2
수소	0.5	4.13×10^1
크세논	0.08	4.29×10^2
유기성 증기	ca 0.02	—

대기오염을 규정하는 또 다른 방법은 “오염되지 않는” 혹은 “정상적인” 건조 공기의 조성을 먼저 규정하고 이와 같은 조성에서 더 많은 양으로 존재하면서 인간, 동물, 식물, 혹은 물질에 해를 주는 조성 물질 혹은 대기조성과 다른 물질들을 대기오염물질로 분리하는 것이다. <표 2-1>은 오염되지 않은 대류권 공기의 가스상 조성을 보여준다.

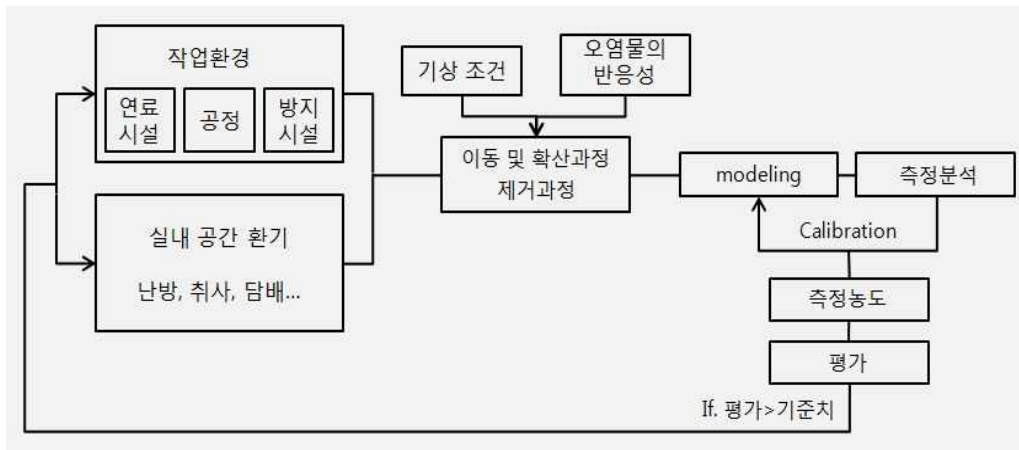
오염되지 않는 공기란 인간이나 그들의 활동이 지구상에 존재하지 않는다고 가정할 때의 공기의 조성을 의미한다. 오염되지 않은 공기의 정확한 조성을 아는 것은 인간이 대기의 조성을 결정할 수 있는 도구와 의지를 가지게 된 시점이 이미 수 천년동안 대기를 오염시켜 온 시점이기 때문에 불가능하다고 할 수 있다. 바다,

4) 김태선(2003) 도시주거지역 완충녹지의 대기오염 저감효과.

극 지역, 사막, 혹은 산과 같은 가장 고립된 지역에서의 공기도 정확하게 표현하면 희석된 오염공기라고 할 수 있다.

3) 대기오염의 분야 구분

환경공학분야에서 다루고 있는 대기오염제어 및 관리체계를 <그림 2-2>에 개략적으로 도시하였다. 환경공학에서 취급하고 있는 대기오염의 영역은 오염된 장소에 따라 크게 실내대기오염과 옥외 대기오염으로 구분될 수 있다.



<그림 2-2> 대기오염제어 및 관리체계도

먼저 실내대기오염은 실내공간의 활용목적에 따라서 생산 공장 내의 작업대기 환경과 지하공간 사무실 등의 생활실내 대기환경으로 세분될 수 있다. 실내공간에서 적절한 수준의 대기질을 유지 관리하거나, 옥외대기로 배출되는 배기가스의 농도를 적정수준이하로 낮추기 위하여 환기시설이나 방지시설 등을 가동하고 있다. 환기시설은 송풍기의 사용유무에 따라 강제환기 및 자연환기 시설로 구분되는데, 전자의 경우 보통 방지시설을 포함하고 있는 것이 일반적이다.

방지시설은 대기오염물질 배출시설로부터 배출되는 오염물질이 배출허용기준 이하로 배출되기 위해 설치되는 시설로 제어대상 오염물질의 물리적 성상에 따라서,

입자상오염물질 및 가스상 오염물질 방지지설로 구분 될 수 있다.

실내공간의 각종 배출원에서 방출되는 대기오염물질은 작업자 보호의 관점에서, 실내공간의 대기질을 규제하는 산업안전보건법(노동부)에 적용받는 동시 배출구(연돌)를 통해 옥외대기로 방출되는 때는 배출허용기준(환경부)에 의해서도 규제를 받게 된다. 배출구를 통해 옥외 공기중 배출된 대기오염물질은 기상조건과 오염물질의 성상(크기, 밀도, 반응성 등)에 따라 대기 중에서의 이동·확산 및 제거과정을 거친 뒤 최종적으로 피해지점에서의 특정농도를 형성하게 된다.

이때 피해지점에서 형성된 농도를 파악하기 위하여 직접 시료를 채취분석하거나, 대기모형을 이용하여 농도를 산정해 내게 된다. 이렇게 산정된 농도자료를 평가한 후, 그 결과가 평가기준치(옥외 대기 환경기준치 등)의 초과여부에 따라 적절한 추후조치를 취하게 된다.

이와 같이 대기오염의 영역은 배출원에서 배출된 오염물질이 최종적으로 피해지점에 도달되어 형성된 농도에 대한 평가과정을 포함하고 있는 것과 같이 범위가 넓다. 대기오염의 각 과정을 정확히 이해되어야만 효과적인 대기질 관리가 용이해질 수 있다.

4) 대기오염물질 배출원

대기오염물질 배출원은 인간의 활동과 관계없이 오염물질을 발생시키는 자연적 배출원(natural sources)과 이에 반하는 인위적 배출원으로 크게 나눌 수 있다. 주요한 자연적 배출원과 인위적 배출원의 예를 들면 <표 2-2>로 분류 할 수 있으며, 업종별 대기오염물질 배출원은 <표 2-3>과 같다.

<표 2-2> 대기오염 배출원 유형 및 특징

유형	배출인자	특징
자연적 배출원	화산폭발	입자상물질, SO ₂ , H ₂ S, 메탄가스 등이 발생. 영향을 광범위하게 미침.
	산불	다량의 연기, 불연소 탄화수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물 및 재 등이 발생. 가시도 및 태양광선의 감쇠현상 초래.
	먼지폭풍	다량의 입자상 물질 발생. 가시도 악화현상 초래.
	해양	해양입자 형태로 입자상물질 배출. 금속과 페인트 부식 유발.
	식물	주요탄화수소 배출원. 숲 상공에 나타나는 푸른색의 박무는 나무에서 배출되는 휘발성 유기화합물이 대기 반응을 통하여 형성되는 것으로 알려져 있다.
인위적 배출원	점 오염원 (point source)	발전소, 도시폐기물 소각로, 대규모공장과 같이 하나의 시설이 다량의 오염물질을 배출하는 것. 높은 굴뚝에서 배출되는 것이기 때문에 그 영향범위가 넓다.
	선 오염원 ((line source)	대표적인 것은 자동차로서 이는 도로를 중심으로 오염물질을 발생시켜 도로주변에 대기오염문제를 일으키게 하는 것. 배출구가 낮아 대기확산이 잘 이루어지지 않기 때문에 지표면에 보다 직접적인 영향을 미치는 특성.
	면 오염원 (area source)	주택과 같이 일정 지역 내에 소규모 발생원이 다수 모여 오염물질을 발생함으로써 해당 지역내에 오염문제를 발생시키는 것. 배출구가 낮아 대기확산이 잘 이루어지지 않기 때문에 지표면에 보다 직접적인 영향을 미치는 특성.

5) 대기오염물질의 측정 및 단위

대기오염물질로 오염된 공기에는 순수한 공기성분, 수분 및 다양한 대기오염물질로 혼합되어 있다.

이렇게 오염된 공기 중 특정 오염물질의 농도를 분석하기 위해서는 먼저 대표성과 신뢰성을 가질 수 있는 적절한 시료채취위치와 채취점을 선정하고, 특정오염물질만을 선택 분리할 수 있는 방법을 통해, 시료를 채취한 후, 적절한 전처리와 분석방법을 통하여 측정해 내어야 한다.

일반적으로 대기오염물질의 측정 및 분석은 크게 연도를 통하여 대기 중으로 배출되는 물질에 대해 농도를 측정하는 배출허용기준시험과 일반 대기환경중의 대기오염물질 농도를 측정하는 환경기준 시험방법으로 구분되어 있다.

(1) 시료채취위치

이론적으로 될 수 있으면 시료채취지점수를 많이 선정하여 분석된 농도자료는 대표성과 신뢰성을 높게 유지할 수 있을 것이다.

그러나 시간과 경비의 제약으로 인해 시료채취지점수를 무한정 선정할 수 없기 때문에, 가능한 농도자료의 신뢰성과 대표성이 확보될 수 있는 시료채취위치를 적절히 선정함으로써 이와 같은 문제를 완화할 수 있다.

현행 우리나라의 공정공해시험법에서는 위와 같은 문제를 고려하여, 배출허용기준 및 환경기준시험을 위한 시료채취위치 선정 등에 대해 다음과 같이 규정해 놓고 있다.

■ 시료 채취 위치 선정

① 배출허용기준 시험을 위한 채취위치 선정

가스상물질의 경우 원칙적으로 가스의 흐름이 안정되어 균일한 농도의 시료를 채취할 수 있다고 판단되는 지점을 선정하도록 규정되어 있다.

입자상물질의 경우, 수직굴뚝 하부 끝단으로부터 위를 향하여 그 곳의 굴뚝

내경이 8배 이상이 되고, 상부 끝단으로부터 아래를 향하여 그 곳의 내경이 2배 이상이 되는 지점에 측정공 위치를 선정하는 것을 원칙으로 한다. 또한 위의 기준에 적합한 측정공 설치가 곤란하거나 측정작업의 불편, 측정자의 안정성 등이 문제될 때에는 하부 내경이 2배 이상과 상부 내경의 1/2배 이상 되는 지점에 측정공 위치를 선정할 수 있다.

② 환경기준 시험을 위한 채취위치 선정

시료채취위치는 그 지역의 주위환경 및 기상조건을 고려하여 다음과 같이 선정한다.

- ㉠ 시료채취위치는 원칙적으로 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 없고, 그 지역의 오염도를 대표할 수 있다고 생각되는 곳을 선정한다.
- ㉡ 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 있을 경우에는 채취위치로부터 장애물까지의 거리가 그 장애물 높이의 2배 이상 또는 채취점과 장애물 상단을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도가 30° 이하 되는 곳을 선정한다.
- ㉢ 주위에 건물 등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우에는 건물 바깥벽으로부터 적어도 1.5 m 이상 떨어진 곳에 채취점을 선정한다.
- ㉣ 시료채취의 높이는 그 분근의 평균오염도를 나타낼 수 있는 곳으로 가스상 물질은 1.5~10 m, 입자상 물질은 3.0~10 m로 한다.

(2) 측정 분석

대기분야의 측정분석은 시료채취위치에서 바로 자동분석기를 이용하여 농도를 분석해 내는 경우와 일단 채취된 시료를 실험실이나 자동분석기가 있는 곳으로 이동시켜 농도를 분석하는 경우로 농도를 분류할 수 있다.

오존농도분석과 같이 시료의 변질이 우려되는 경우 그 오차를 줄이기 위해서 현장에서 바로 측정하는 방식이 권장되지만 일반적으로 자동측정장치의 구입이 고가이기 때문에 현실적으로 적용하기에는 한계가 있다.

화학적 방법에 의해 농도를 산정해내는 경우와 분석기기를 사용하여 농도를 정

량해내는 방법으로 분류할 수 있다. 이렇게 측정된 대기오염물질은 그 물리적 형태에 따라 먼지와 같은 입자상 물질은 공기단위부피(m^3)당의 오염물질의 질량(μg)으로 표시하며, 황산화물, 질소산화물과 같은 가스상물질은 공기단위부피당(m^3) 포함되어 있는 가스상물질의 부피(ml)로 표시하는 것이 일반적이다. 특히 그 단위가 $\frac{ml}{m^3}$ 일 경우, ppm단위로 나타내기도 한다.

그러나 먼지농도의 경우 시료채취시의 온도와 압력에 불편을 해소시키기위해 표준상태($0^\circ C$, $1atm$) 혹은 특정의 온도, 압력($20^\circ C$, $1atm$)상태로 보정하여 그 농도를 나타내고 있다. 보통 가스상 물질의 경우 특정 가스상 물질만을 선택적으로 흡수하는 흡수액을 통과시켜 오염된 공기 속에 들어있던 특정가스상 물질이 흡수액에 모두 흡수되었다고 가정하여, 그 흡수액 속에 들어있는 특정 가스상물질의 양을 실험적으로 산정한 뒤 이 양을 시료채취를 위해 통과된 총 공기량과 연결시켜 농도를 산정하는 방식을 사용하고 있다.

이에 반해 먼지농도는 오염된 공기중에 포함되어 있는 먼지성분만을 분리 포집하기 위하여 보통 필터방식을 사용하는데, 시료채취 전후의 필터무게차이와 시료채취시 통과된 공기량을 측정하여 먼지농도를 산정하게 된다.

2. 대기오염물질의 종류와 영향

대기오염물질이란 자연상태 대기 중에 존재하지 않는 물질이거나, 본래 대기의 구성성분일지라도 농도가 평균농도 이상으로 증가하여 인간과 자연환경에 악영향을 미치는 물질을 말한다.

대기오염물질은 화산활동과 같은 자연현상에 의하여 배출될 수도 있고, 인간의 활동에 의하여 배출될 수도 있다. 여기서는 자연적인 배출원에서 배출되는 대기오염물질들은 제외하고 인위적인 배출원에서 배출되는 대기오염물질들에 대해서 설명하였다.

<표 2-4> 지표면의 맑고 건조한 대기의 조성

성분	농도(ppmv)	농도(v%)
질소(N ₂)	280,000	78.09
산소(O ₂)	209,500	20.95
알곤(Ar)	9,300	0.93
이산화탄소(CO ₂)	320	0.032
네온(Ne)	18	0.0018
헬륨(He)	5.2	0.00052
메탄(CH ₄)	1.5	0.00015
크립톤(Kr)	1.0	0.0001
수소(H ₂)	0.5	0.00005
일산화이질소(N ₂ O)	0.2	0.00002
일산화탄소(CO)	0.1	0.00001
크세논(Xe)	0.08	0.000008
오존(O ₃)	0.02	0.000002
암모니아(NH ₃)	0.006	0.0000006
이산화질소(NO ₂)	0.001	0.0000001
일산화질소(NO)	0.0006	0.00000006
이산화황(SO ₂)	0.0002	0.00000002
황화수소(H ₂ S)	0.0002	0.00000002

대기오염물질의 생성기구에 따라 배출원으로부터 배출된 형태 그대로인 1차오염물질(primary pollutants)과 1차오염물질이 대기 중에서 1차오염물질간 화학반응 혹은 1차오염물질과 대기 중의 정상성분과 화학반응을 통하여 생성된 2차오염물질(secondary pollutants)로 분류될 수 있다. 그러나 일반적으로 사용되는 대기오염물질의 분류는 대기오염물질의 물리적인 성상에 따른 분류로써, 물리적 상태가 가스인 물질들은 가스상 대기오염물질 그리고 물리적 상태가 고체상인 물질들은 입자상 대기오염물질로 분류된다.

1) 입자상 대기오염물질

대기오염물질 중 입자상 대기오염물질이 차지하는 비율은 약 9% 정도이다. 대기 중 입자상물질의 입경 범위는 0.001 μm ~500 μm 정도이나, 0.1 μm ~10 μm 범위의 입경을 갖는 입자상물질이 대부분이며 입자상 대기오염물질은 적은 양에 비하여 환경에 미치는 피해는 심각하다.

입자상 대기오염물질은 대기 중에서 입자상물질 자신의 무게에 의하여 대체로 침강분리되는 강하분진과 무게가 가벼워서 침강분리가 잘되지 않는 부유분진으로 크게 나눌 수 있으며, 입자상 대기오염물질의 종류는 다음 <표 2-4>와 같다.

입자상 대기오염물질의 고정발생원은 분진의 고정 발생원인 일반가정, 상가, 공장 그리고 발전소이며, 주요 고정 발생원은 화석연료(석탄)를 사용하는 화력 발전소이다. 분진의 발생공정은 여러 가지가 있으나 가장 중요한 발생공정은 화석연료의 연소공정이다. 자동차와 같은 이동배출원에서 발생하는 입자상 대기오염물질은 연료의 불완전연소에 의한 탄소, 탄화수소, 그리고 연료첨가제 중에 포함된 금속에 의한 금속성재 등이 있다.

입자상 대기오염물질은 대류권내의 대기 중에 부유하면서 가시도에 영향을 미치며, 특히 입경 0.1 μm ~1 μm 정도의 입자들이 시야에 방해를 준다. 일반적으로 입자상 대기오염물질은 고도 2km이하의 대기 중에 존재하면서 햇빛을 산란하여 입경에 따라 다양한 광학적 효과를 나타낸다. 그러나 대규모 화산 폭발의 경우와 같이 입

자상 대기오염물질들이 성층권까지 상승하게 되면, 지구로 입사되는 태양빛을 차단하여 지구의 평균기온을 낮출 수도 있다.

이와 같이 입자상 대기오염물질이 대기권 내에 존재하는 위치에 따라, 단순한 광학적 효과를 유발할 뿐만 아니라 지구의 기후에도 영향을 미칠 수 있다. 또한, 입자상 대기오염물질은 입자 표면에 가스상 오염물질 혹은 중금속 등을 부착하고 있는 경우가 대부분이기 때문에 인체와 생물체에 많은 악영향을 미칠 수 있다. 인체에 호흡을 통하여 입자상 대기오염물질이 침투하는 경우 입경이 10 μ m 보다 큰 입자들은 호흡기에서 효과적으로 제거되나, 약 0.5~10 μ m 사이의 입자들은 폐에까지 도달하여 침전될 수 있다.

<표 2-5> 입자상 대기오염물질의 정의와 특징

명 칭	정 의 및 특 성
분진 (particulate matter)	대기 중 입자상 물질들의 총칭.
재 (fly ash)	연소시 발생한 미세한 회재입자. 불완전 연소한 연료를 포함하기도 함.
검댕 (soot)	타아르에 젖은 탄소입자가 뭉친 것.
에어로졸 (aerosol)	대기 중 고체 혹은 액체 입자가 부유하고 있는 일종의 콜로이드.
먼지 (dust)	파쇄, 연마, 폭발등과 같은 물리적 작용으로 형성된 고체입자. 모체의 성질을 갖고 있으며, 체분리 가능 함.
안개 (fog, mist)	증기가 응축되거나 액체가 분리되어 생성된 액적. 100 μ m 보다 큰 입자는 빗방울 형성.
훈연 (fume)	연소, 승화 또는 증류와 같은 화학적 반응에 의해 생긴 고체 입자. 1 μ m 보다 작은 입자로 체분리 불가능 함.
연기, 매연 (smoke)	연소와 같은 일종의 산화과정에서 생긴 입자. 광학적인 밀도가 전제됨.
연무 (haze)	대기 중 약간의 수증기를 가진 입자가 주변의 입자와 합쳐진 것.
스모그 (smog)	연기와 안개가 결합된 형태로서 광화학적 반응 생성물과 수증기가 결합되어 자극성의 에어로졸을 형성함.

특히, 2 ~ 4 μ m 정도의 입자들이 폐내에 가장 잘 침전되며, 이러한 입자들은 표면에 여러 가지 독성물질들을 부착하여 인체 내로 운반하는 역할을 하게 된다.

따라서 10 μ m 보다 작은 입자상 대기오염물질들이 인체에 대한 영향이 크며, 우리나라에서는 1995년 1월 1일부터 PM-10 대기기준이 입법화되어 10 μ m 보다 작은 입자들의 대기 중 농도를 별도로 측정하여 관리하고 있다. 황산화물과 연관되어 입자상 대기오염물질의 대기 중 농도가 증가하게 되면, 윗쪽 호흡기 감염이나, 심장병, 기관지염, 천식과 폐렴 등을 유발하고 독성을 가진 중금속 fume 등은 인체나 동물에 치명적인 피해를 줄 수 있다.

2) 가스상 대기오염물질

가스상 대기오염물질에는 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x), 탄화수소(HC), 할로젠 화합물, 일산화탄소(CO), oxidant, 그리고 이산화탄소(CO₂) 등이 있으며, 우리나라에서는 총 16개 항목으로 분류하여 규정하고 있다. 이들 중 중요한 가스상 대기오염물질은 황산화물과 질소산화물이며, 대부분의 가스상 대기오염물질들은 화석연료의 연소과정에서 주로 발생된다. 여기서는 몇 가지 중요한 가스상 대기오염물질들을 설명하였다.

(1) 황산화물(SO_x)

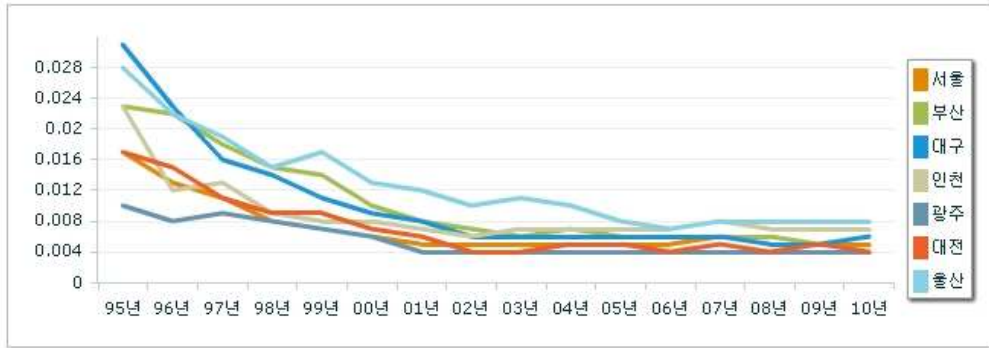
일반적으로 배출되는 황화합물의 종류는 다음 <표 2-6>와 같다. 여러 가지 황화합물 중 황산화물이 가장 중요한 가스상 대기오염물질이며, 주로 화석연료의 연소 과정에서 발생된다. 화석연료의 연소과정에서 발생하는 황산화물은 연료중에 포함된 유기황과 무기황 중의 일부가 연소되어 발생되며, 아황산가스(SO₂)의 발생량이 거의 대부분을 차지한다.

<표 2-6> 황화합물의 종류와 배출원 및 배출공정

종류	주요 배출원 및 배출공정
황산화물 (SO, SO ₂ , SO ₃ 등)	연료의 연소, 황산제조, 비철금속 정련, 용광로, 화산
H ₂ S	석유정제, 연료의 연소, 화산
황산염 (H ₂ SO ₄ , CaSO ₄ , MgSO ₄ 등)	연료의 연소, 바다 소금물에 의한 SO ₄ ²⁻ 의 방출

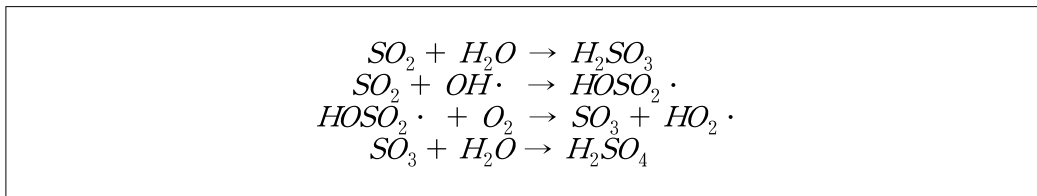
아황산가스는 무색의 자극성 기체로 환원성이 있으며, 수분이 있으면 아황산으로 각종 색소를 표백한다. 물에 잘 녹는 무색의 자극적인 냄새가 나는 불연성 가스이다. 천연으로는 화산, 온천 등에 존재하며 황화수소와 반응하여 황을 생성한다. 황을 함유하는 석탄, 석유 등의 화석연료가 연소될 때 인위적으로 배출되며, 주요 배출원은 발전소, 난방장치, 금속 제련공장, 정유공장 및 기타 산업공정 등에서 발생한다. 고농도의 아황산가스는 옥외 활동이 많고 천식에 걸린 사람과 어린이에게 일시적으로 호흡장애를 일으킬 수 있으며, 고농도에 폭로될 경우 호흡기계 질환을 일으키고 심장혈관 질환을 악화시키는 것으로 알려져 있다.

질소산화물과 함께 산성비의 주요원인 물질로 토양 등의 산성화에 영향을 미치고 바람에 의해 장거리 수송되어 다른 지역에 영향을 주며 식물의 잎맥손상 등을 일으키고 시정장애를 일으키며 각종 구조물의 부식을 촉진시킨다.



<그림 2-3> 지역에 따라 발생하는 연도별 아황산가스 배출량

또한, 대기 중에서 광화학반응이나 촉매반응에 의하여 다른 대기오염물질과 반응하고 2차 오염물질을 형성하는 특징이 있다. 대기 중에서 수분과 반응하여 황산을 생성하고 산성비의 원인이 되기도 한다.



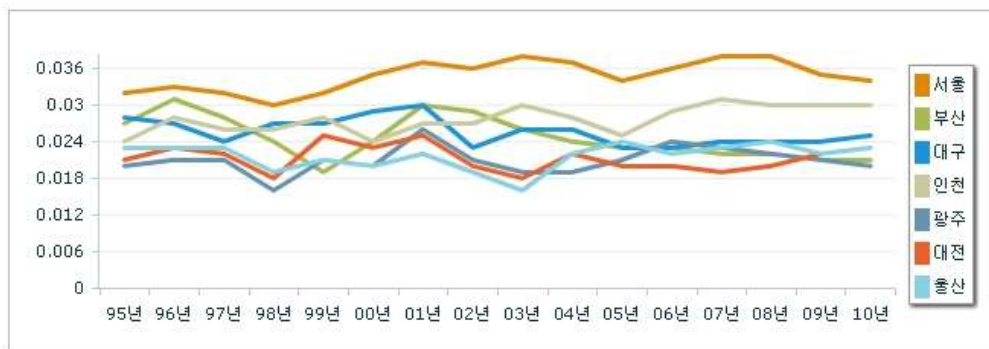
사람이나 동물이 아황산가스에 노출되면 기관지 수축현상이 일어난다. 일반적인 경우 아황산가스 농도가 5 ppm이상이 되면 인체에 반응이 나타나지만 민감한 사람은 1 ~ 2 ppm에서도 가벼운 반응을 보인다. 동일한 아황산가스 농도에서도 습도가 낮은 경우에는 피해가 적지만 미립자 혹은 황산 등 흡입성 물질이 혼합되어 있는 경우에는 피해가 증가한다.

식물의 경우 잎의 하부 기공으로 침투한 아황산가스는 해면조직과 색소조직을 파괴한다. 따라서 광택이 없고 건조한 잎의 주변과 잎맥에 반점이 형성되고 이로 인해 잎의 수분이 상실되고 건조되어 황갈색 혹은 상아색으로 퇴색하여 죽게 된다.

(2) 질소산화물(NOx)

가스상 대기오염물질 중 질소산화물에는 N_2O , NO , NO_2 , NO_3 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 등이 있다. 이러한 질소산화물 중에서 NO , NO_2 가 가장 중요한 질소산화물이며, 일반적으로 질소산화물(NO_x)이라고 하면 이들 두 물질을 말한다.

이산화질소는 적갈색의 반응성이 큰 기체로서, 대기 중에서 일산화질소의 산화에 의해서 발생하며, 대기 중에서 휘발성유기화합물과 반응하여 오존을 생성하는 전구물질(precursor)의 역할을 한다. 주요 배출원은 자동차와 파워 플랜트와 같은 고온 연소공정과 화학물질 제조공정 등이 있다.



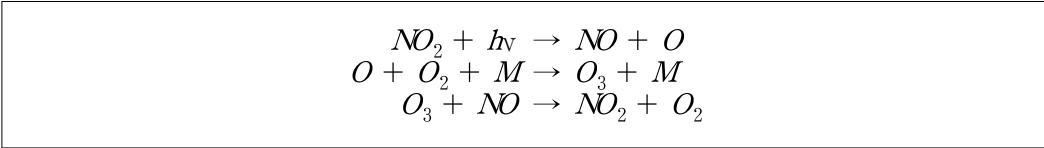
<그림 2-4> 지역에 따라 발생하는 연도별 이산화질소 배출량

자연상태에서 상당량의 질소산화물이 생물학적으로 발생되나, 배출농도가 적고 주변지역으로 거의 확산되지 않으므로 자연적인 발생원에 의한 환경오염은 무시한다. 인위적으로 발생하는 질소산화물은 화석연료의 연소과정에서 주로 발생된다.

질소산화물은 질소원의 종류에 따라 대개 fuel NO_x 와 thermal NO_x 로 분류된다. Fuel NO_x 는 연료 중에 포함된 질소가 산화분위기내에서 질소산화물로 전환된 것을 말한다. 그러나 황산화물과는 달리 fuel NO_x 는 연료 중에 포함된 질소가 모두 질소산화물로 전환되지는 않으며, 경우에 따라 다르지만 연료에 포함된 유기질소의 최대 약 60%정도만이 질소산화물로 전환되는 것으로 알려져 있다. 반면에 thermal NO_x 는 연료를 연소시키기 위하여 공급된 공기 중의 질소가 $1000^{\circ}C$ 이상의 고온산

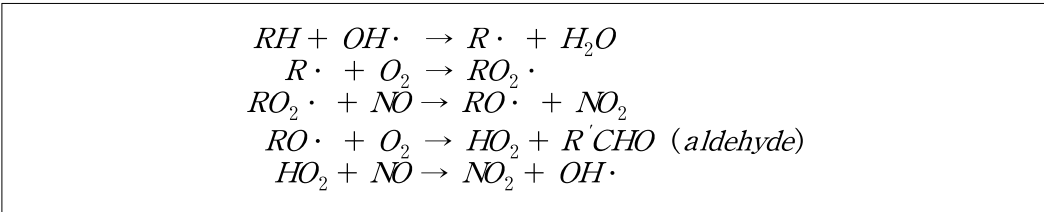
화분위기에서 산소와 결합하여 생성된 것이다. 화석연료의 연소과정에서 배출되는 질소산화물은 대부분이 thermal NO_x에 해당되며, NO₂보다 NO의 배출량이 월등히 많다. Thermal NO_x의 배출원으로는 화력발전소, 산업용 보일러 이외에도 내연기관을 사용하는 자동차와 선박 등 이동오염원도 중요한 배출원이다.

화석연료의 연소과정에서 질소산화물은 대기 중에서 여러 가지 2차오염물질을 형성하는 특징이 있으며, 중요한 2차 오염물질들은 질산, 오존과 광화학 스모그 등을 들 수 있다. 이산화질소(NO₂)는 대기 중에서 수산화라디칼(OH)과 반응하여 질산(HNO₃)을 생성하며, 이것은 산성비의 원인이 된다.



위와 같이 이산화질소가 광분해되는 순환과정에서 오존이 생성되게 된다. 성층권 내에 존재하는 오존은 인간에게 유익한 작용을 하지만, 지표면 근방에 존재하는 오존은 강력한 산화제로써 인체와 생태계에 악영향을 미친다.

질소산화물이 대기 중에서 탄화수소화합물과 공존하는 경우에는 다음과 같은 광화학반응에 의하여 광화학 스모그를 형성한다.



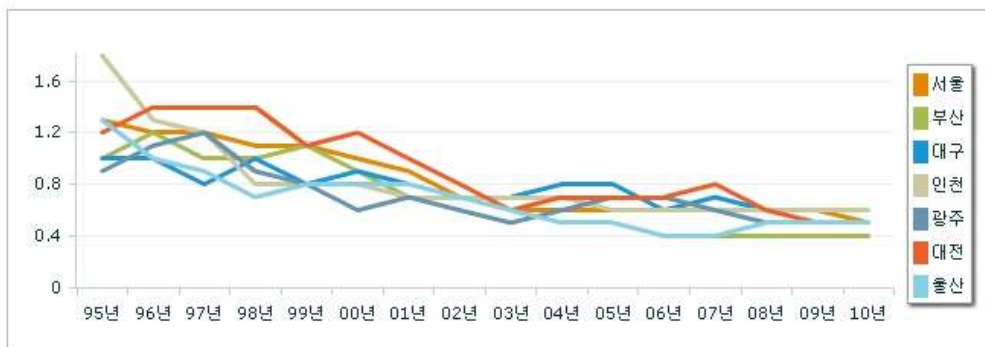
이와 같이 생성된 광화학 스모그는 기도축소, 눈, 코와 목구멍 등을 자극하고 많은 호흡성 질환을 유발하는 것으로 알려져 있다. 일산화질소(NO)는 무색의 기체로 인체와 생물체에 대한 영향이 그다지 크지 않고 이산화질소는 적갈색 스모그를 유발하며, 0.2~0.6 ppm 정도에서도 면과 나일론 섬유를 탈색시킨다. 식물의 경우에는

이산화질소의 농도가 25 ppm을 초과하면 식물세포를 파괴하여 꽃식물의 잎에 갈색이나 흑갈색의 반점이 생기게 한다.

인체에 대하여 급성 혹은 만성피해를 유발하며 급성의 경우 코를 강하게 자극하고 폐충혈, 폐수종, 기관지염과 폐렴을 유발시켜 결국 사망에 이르게 한다. 1~3 ppm 정도의 농도에서 냄새를 느낄 수 있으며 500 ppm에서는 즉시 폐수종을 유발하고 1일 이내에 사망한다. 만성적인 피해의 경우 10~40 ppm 정도의 농도에 장기간 노출된 사람은 만성 폐섬유화 및 폐수종을 일으킨다고 보고되어 있다.

(3) 일산화탄소(CO)

일산화탄소는 무색, 무미 그리고 무취의 가스로 화석연료의 연소시 탄소가 산소가 부족한 상태에서 불완전 연소하였을 때 발생된다. 특별한 경우 고온에서 이산화탄소와 탄소와 함께 분해되어 일산화탄소를 생성하는 경우도 있다. 화석연료의 연소 시 연료와 연소장치의 종류, 연소장치의 조업상태 즉, 연소온도, 체류시간, 공기비 등에 따라 일산화탄소의 발생량은 크게 다르다. 화력발전소는 화석연료를 대량 소모하기 때문에 대기오염물질의 중요한 고정발생원이지만, 화력발전소의 연소관리가 매우 철저하기 때문에 일산화탄소의 배출량은 다른 오염원에 비하여 상대적으로 적다. 오히려, 주택난방과 교통기관에서 발생하는 일산화탄소의 배출량이 거의 대부분을 차지한다.



<그림 2-5> 지역에 따라 발생하는 연도별 일산화탄소 배출량

일산화탄소는 공업적으로 매우 용도가 많은 가스로서 일산화탄소의 강한 환원력을 이용하여 금속산화물을 환원시키는데 주로 사용된다. 이외에도 일산화탄소를 원료 물질로 하여 메탄올, 시안화물, 알데히드, 케톤 그리고 금속탄화물의 생산에 이용되기도 한다. 도시 대기 중의 일산화탄소 농도수준에서는 일산화탄소가 물질이나 식물에 뚜렷한 피해를 미치지 않는지만 인체에는 좋지 않은 영향을 미친다. 일산화탄소는 산소보다 헤모글로빈에 대한 친화력이 200배 정도 더 커서 적은 양의 일산화탄소로도 인체 내 산소 운반량을 현저히 감소시킨다. 인체가 일산화탄소를 흡입하면 혈류 내 탄화헤모글로빈(COHb)을 형성하여 혈류의 산소 운반량이 감소되며, 이로 인하여 뇌의 활동이 영향을 받고 심장박동이 빨라지는 산소결핍현상이 나타난다.

(4) 오존(O₃)

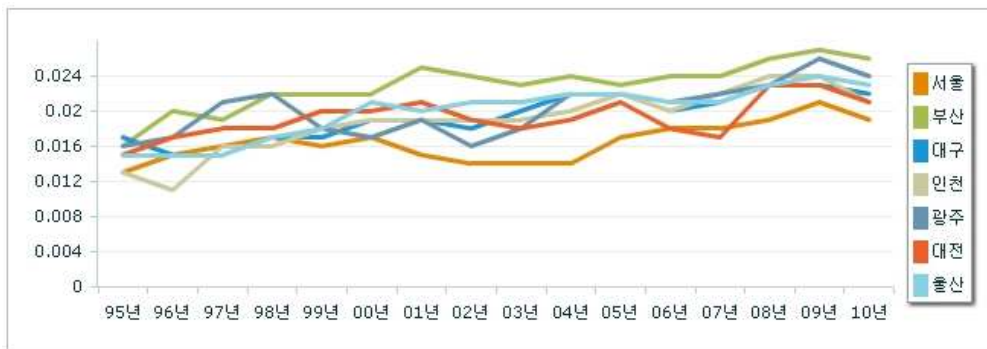
오존은 성층권의 오존층 내에 존재하여 유해한 자외선을 차단하는 역할을 하지만, 지표면 근방의 대기 중에도 0.04 ~ 0.1 ppm의 낮은 농도로 존재한다. 대기 중에 배출된 NO_x와 휘발성유기화합물 등이 자외선과 광화학 반응을 일으켜 생성된 PAN, 알데하이드, Acrolein 등의 광화학 옥시단트의 일종으로 2차오염물질로 생성되기도 한다. 오존의 전구물질인 휘발성유기화합물은 자동차, 화학공장, 정유공장과 같은 산업시설과 번개 등에 의한 자연적 생성 등 다양한 배출원에서 발생한다.

오존은 탄화수소화합물과 함께 광화학 스모그를 형성하여 인체에 피해를 주기도 하지만 자극성이 강하고 산화성이 큰 가스로서 오존 그 자체만으로도 인체와 생물체에 큰 피해를 준다. 특히 오존에 반복 노출 시 폐에 피해를 줄 수 있는데, 가슴의 통증, 기침, 메스꺼움, 목 자극, 소화 등에 영향을 미치며, 기관지염, 심장질환, 폐기종 및 천식을 악화시키고, 폐활량을 감소시킬 수 있다. 또한 기관지 천식환자나 호흡기 질환자, 어린이, 노약자 등에게는 많은 영향을 미치므로 주의해야 할 필요가 있다. 오존의 농도가 0.02~0.05 ppm정도이면 냄새를 감지할 수 있고 0.1 ppm에서 30분 이상 노출되면 두통을 일으킨다. 0.1~1.0 ppm 농도에서는 눈에 영향을 주어 시각장애를 일으키고 폐포내의 공기확산능력을 떨어뜨린다. 0.8~1.7 ppm정도

에서는 폐충혈이 일어나고 9 ppm이 되면, 폐수종을 유발하게 된다. 만성중독의 경우에는 기관지 천식 이외에 폐, 장 등을 악화시키고 체내 효소계를 교란시켜 DNA, RNA에 작용하여 유전인자에 변이를 초래할 수 있다.

식물의 경우 잎의 율타리세포를 파괴하여 얼룩모양의 반점을 만들고 심하면 해면상조직까지 파괴하여 잎을 백색 혹은 황갈색으로 탈색시킨다. 뿐만 아니라 농작물에 직접적으로 영향을 미쳐 수확량이 감소되기도 한다. 고무의 경우에는 고무표면에 열화현상을 유발한다.

따라서 오존이 성층권에 존재하는 경우에는 인간과 생태계에 매우 유익하지만 지표면 근방에 존재하는 경우에는 심각한 피해를 줄 수도 있다.



<그림 2-6> 지역에 따라 발생하는 연도별 오존 배출량

제2절 대기오염 측정망의 현황

1. 대기오염 측정망의 개념 및 설치목적

대기오염 측정망은 대기오염실태를 파악하고 대기질 개선대책 수립을 위한 기초 자료 확보차원에서 대기환경 기준물질의 농도변화를 모니터링하기 위해 설치된다고 할 수 있다. 우리나라의 경우 1980년대 심각한 대기오염에 대응하여 설치되기 시작하였으며, 2000년대 들어서는 기준물질 이외에도 대기환경학적으로 중요한 대기오염물질을 측정하기 위해 계속적으로 설치되고 있다.

이러한 대기오염 측정망은 그 설치목적에 따라 대기환경 기준물질을 측정하는 일반대기오염 측정망과 대기환경 기준물질 이외의 물질을 측정하는 특수대기오염 측정망, 전체항목을 측정하는 종합대기 측정소 등 크게 3가지로 구분해 볼 수 있다 (표 2-1)⁵⁾⁶⁾.

또한 운영주체에 따라 국가 측정망과 지방 측정망으로 나누어 볼 수 있다. 국가 측정망은 환경부에서 운영·관리하는 교외대기 측정망, 국가배경농도 측정망, 유해 대기물질 측정망, 광화학 오염물질 측정망, 산성강하물 측정망, 지구대기 측정망 등이며, 지방 측정망은 광역지자체 및 지방자치단체에서 운영·관리하는 측정망으로 도시대기 측정망, 도로변대기 측정망, 대기중금속 측정망, 시정거리 측정망 등이다. 또한 종합대기 측정소는 중앙정부와 지방자치단체가 공동으로 운영·관리하는 측정소로 분류할 수 있다.

5) 환경부(2010) 대기오염 측정망 설치·운영 지침

6) 환경부(2005) 대기오염 측정망 기본계획(2006~2010)

<표 2-7> 대기오염 측정망의 설치목적 및 측정항목

구분		설치목적	측정항목
일반 대기 오염	도시대기 측정망	도시지역 평균 대기질 농도파악	SO ₂ , CO, NO _x , PM-10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도
	교외대기 측정망	내륙지역중 자연 대기질 상태의 대표오염도 측정	SO ₂ , CO, NO _x , PM-10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도
	국가배경농도 측정망	국외 오염물질 유입 및 유출 상태 파악 등	SO ₂ , CO, NO _x , PM-10, PM-2.5, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도, 습도
	도로변대기 측정망	교통량이 많은 도로변 자동차 배출가스 오염물질 측정	SO ₂ , CO, NO _x , PM-10, O ₃ , 풍향, 풍속, 온도(필수) Pb, PM-2.5, HC(필요시)
특수 대기 오염	유해대기물질 측정망	도시지역, 주요 산업단지, 배경농도지역 등의 특정대기물질에 의한 오염실태 파악	VOCs(13종), PAHs(7종), 유해금속 (총 가스상 수은, 산화수은, 입자 상수은)
	대기중금속 측정망	인구 50만 이상 도시지역 및 산업단지 주변 중금속 오염실태 파악	Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, 황사 기간 중에는 3개 항목 추가 측정 (Al, Ca, Mg)
	광화학 오염물질 측정망	도시지역 휘발성유기화합물의 농도를 파악하여 오존 오염현상 규명 및 예보	O ₃ , NO _x , PM-10, PM-2.5, VOCs, 일사량, 자외선량, 온도, 습도, 풍 향, 풍속, 강수량, 기압, 저농도 CO, NO _y , 카르보닐기
	산성강하물 측정망	대기로부터 오염물질의 건성침착량 및 강우·강설 등에 의한 오염물질의 습성 침착량 파악	•건성: SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , HNO ₃ , NH ₃ (집중 측정 기간에 한함), PM-2.5, PM-2.5 중 SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ •습성: 강우 또는 강설 중 pH, 전 기전도도, 이온농도, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ •기상인자: 풍향, 풍속, 온도, 습 도, 일사량, 강수량, 채취량, 수 거량 등
	지구대기 측정망	지구온난화 물질, 오존층 파괴물질의 대기중 농도 파악	CO ₂ , CFCs(-11, 12, 113, 114), N ₂ O, CH ₄
	시정거리 측정망	도시대기의 시정거리를 측정하여 체감 오염도 파악	시정거리(km), PM-2.5
종합대기 측정소		종합적인 대기오염 측정	SO ₂ , CO, NO _x , PM-10, PM-2.5, O ₃ , 유해대기물질, 대기중금속, 산 성강하물, 기상인자 등

<표 2-1>과 같이 대기오염 측정망의 설치 및 운영목적은 각 측정망에 따라 다양하게 구분된다. 그러나 일반적으로 아래와 같이 하나 혹은 둘 이상의 복합적인 목적으로 설치·운영된다고 볼 수 있다.

- 특정 지역의 최고 농도 관측
- 인구밀도가 높은 지역의 지역 대표농도 관측
- 주요 배출원의 주변 영향 관측
- 일반적인 배경농도 관측
- 지역 간 오염물질 이동범위 분석
- 교외지역의 시정장애, 농작물 영향 등 복지관련 영향 관측

2. 대기오염 측정망의 설치방법 및 운영현황

이상과 같은 대기오염 측정망의 경우 2010년 현재 전국적으로 438개가 설치·운영되고 있다. 그러나 수도권을 제외하고는 그 수가 매우 부족한 것으로 나타났던 바, 한정된 수의 측정망으로 다양한 규모의 대기오염 현상을 전체적으로 파악하는데는 무리가 있을 것으로 사료된다.

따라서 지금까지 운영되고 있는 대기오염 측정망을 살펴보면, 특정목적에 따라 한정된 지역을 대표하는 몇몇 지점에 한하여 측정망을 설치하고 이를 운영하고 있으며, 측정망의 적정 개수를 결정하기 위한 방법론의 개발은 아직 이루어지고 있지 않은 실정이다.

측정소 적정 개수를 결정하기 위해서는 무엇보다 어떠한 대기오염 물질을 얼마나 큰 공간적 규모에서 측정할 것인가를 설정하는 것이 중요하다. 미국 EPA(환경보호청)의 경우 측정소의 관측목적과 측정하고자 하는 대기오염 물질의 공간적 규모간의 관계를 설정하고 있다(표 2-2). 그러나 우리나라에서는 아직 대기오염의 공간적 규모 및 특성에 따른 측정망 배치 방법에 대한 구체적인 연구는 이루어지지 않고 있다.

<표 2-8> 미국 EPA의 대기오염 관측목적과 공간규모

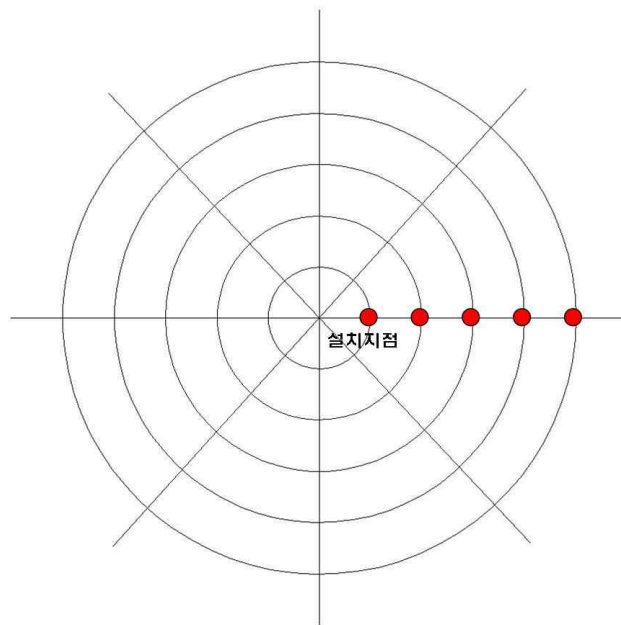
관측목적	공간규모
지역의 최고농도 관측	micro / middle / neighborhood (sometimes urban scale)
인간의 영향 관측	neighborhood / urban
특정 배출원의 영향 관측	micro / middle / neighborhood
일반적 배경농도 관측	neighborhood / urban / regional
지역간 이동 관측	urban / regional
복지관련 관측	urban / regional

대기오염 공정시험방법에 의하면 환경기준 시험을 위한 시료채취 장소 및 지점 수는 측정하고자 하는 대상지역의 발생원 분포, 기상조건 및 지리적, 사회적 조건

을 고려하도록 하고 있으며, 인구비례에 의한 방법, TM좌표에 의한 방법, 중심점에 의한 동심원을 이용하는 방법, 대상지역의 오염정도에 따른 공식이용 방법, 미국 EPA 추진표에 의한 방법 등을 참고하여 결정하도록 하고 있다.

우선 인구비례에 의한 방법은 지역의 인구분포 및 인구밀도에 기초하여 측정망 개수를 결정하는 것으로, 인구밀도 5,000명(1km²당)을 기준으로 5,000명 이상일 경우 다음 식에 의하여 측정망 수를 결정하도록 하고 있다. 또한 5,000명 이하일 경우에는 대상지역의 총면적에서 전답, 임야, 호수, 하천 등을 면적을 제외한 실 거지지 면적을 다음 식에 대입하여 측정망 수를 결정하도록 권장하고 있다.

$$\text{측정망 수} = \frac{\text{대상지역 거주지 면적}}{25\text{km}^2} \times \frac{\text{대상지역 인구밀도}}{\text{전국 평균 인구밀도}}$$



<그림 2-7> 동심원을 이용한 측정망 설치방법

다음으로 TM좌표에 의한 방법은 TM좌표에 따라 대상지역을 2~3km 간격으로 격자구획하고 각 구획마다 측정망을 지정하는 방식이다. 또한 중심점에 의한 동심원을 이용하는 방법은 대상지역을 대표할 수 있는 한 지점을 선정하고 그 지점을 중심으로 0.3~2km 간격으로 동심원을 그린 후, 중심점에서 각 방향(8방향 이상)으로 직선을 그어 각 동심원과 만나는 점을 측정망 설치지역으로 설정하는 방식이다. 이때 전체 측정망 수는 인접 측정망과의 거리를 고려하여 조절이 가능하다.

대상지역 오염정도에 따른 공식이용 방법은 측정망을 설치하고자 하는 대상지역의 오염정도를 파악하여 다음 공식에 적용한 후 최종 측정망 수를 결정하는 방식이다.

$$N = N_x + N_y + N_z$$

$$N_x = 0.095 \times \left(\frac{C_h - C_s}{C_s} \right) \times x$$

$$N_y = 0.0096 \times \left(\frac{C_s - C_b}{C_s} \right) \times y$$

$$N_z = 0.0004 \times z$$

N = 측정망 수

C_h = 최대농도(ppm)

C_s = 환경기준(ppm)

C_b = 자연상태 시 최저농도(ppm)

x = 환경기준보다 농도가 높은 지역(km²)

y = 환경기준보다 농도가 낮으나 자연농도보다 높은 지역(km²)

z = 자연상태의 농도와 같은 지역(km²)

마지막으로 미국 EPA 추진표에 의한 방법은 이산화황과 미세먼지의 측정망 수에 대한 권고안을 제시하고 있다(U.S. EPA., 1998). 미국의 대기오염 측정망은 크게

SLAMS(State and Local Air Monitoring Stations), NAMS(National Air Monitoring Stations, PAMS(Photochemical Air Monitoring Stations) 측정망으로 구분되는데 SLAMS는 우리나라 도시대기 측정망과 유사하다고 볼 수 있다.

미국의 SLAMS 측정망은 납의 배출원 근처에서만 설치하며, 굴뚝 배출과 비산 배출을 별도로 측정하기 위해 최소 2곳 이상의 측정망을 추가 설치할 것을 권장하고 있다. 여기에서 이산화황과 PM-2.5의 최소 측정망 수는 <표 2-3>과 같다.

<표 2-9> 미국 EPA에서 제시한 이산화황 및 PM-2.5 측정망 설치기준

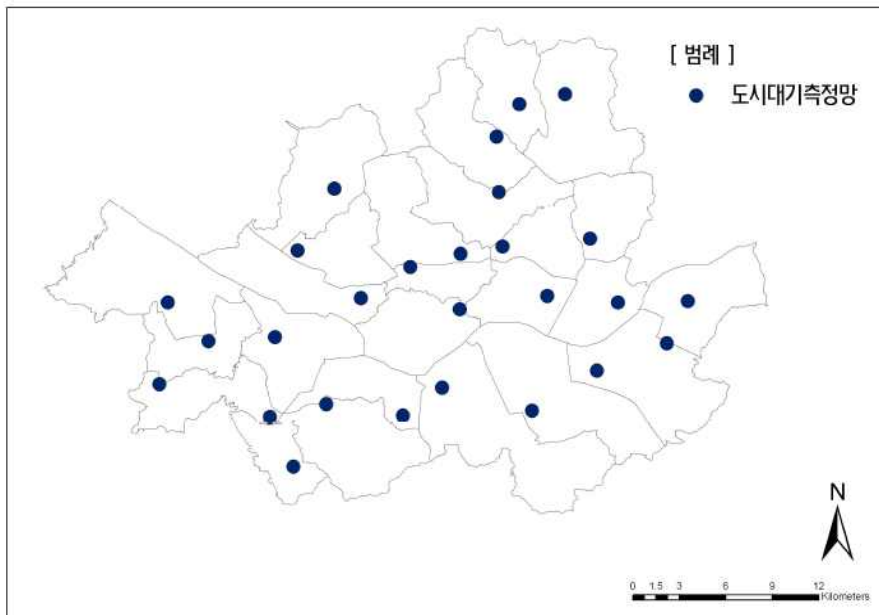
구분	설치기준	최소 측정망 수
이산화황	이산화황 배출량 10만톤 이상	2
	이산화황 배출량 2만톤 이상 10만톤 미만	1
	이산화황 배출량 2만톤 이하	0
PM2.5	인구 100만 이상	3
	인구 200만 이상	4
	인구 400만 이상	6
	인구 600만 이상	8
	인구 800만 이상	10

제3절 국내·외 대기오염 측정망 사례조사

1. 국내사례

1) 서울시⁷⁾⁸⁾

서울시의 경우 대기오염 측정망은 총 72개를 운영하고 있으며, 1개의 측정소에 최소 1개 이상의 측정망이 설치되어 있다. 이상의 측정망 중에서 도시대기 측정망이 27개소로 가장 많고, 도로변대기 측정망 15개소, 산성강화물 측정망 11개소, 광화학 측정망 9개소, 중금속 측정망 6개소, 유해대기 측정망 2개소, 시정장애 측정망 1개소, 교외대기 측정망 1개소 순으로 설치되어 있다.



<그림 2-8> 서울시 도시대기 측정망 설치 위치도

이중 가장 많은 비율을 차지하는 도시대기 측정망의 경우 측정망의 배치는 TM와

7) 서울시정개발연구원(2008) 교통대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구

8) http://cleanair.seoul.go.kr/air_city.htm?method=measure

표법에 따라 가로, 세로 약 5km 간격으로 서울시 전역 적정지역에 설치되어 있으며, 대부분 도시의 주요 대기오염물질 배출원인 자동차의 배출가스 측정을 위해 주요 도로 중심으로 위치하고 있다. 용도지역별로는 주거지역에 21개소, 준공업지역에 3개소, 상업지역에 2개소, 녹지지역에 1개소가 설치·운영중에 있다.

또한 도로변대기 측정망은 교통량이 많은 시내 주요 지점 15개소에 설치·운영되고 있다. 도로변대기 측정망의 경우 설치목적이 자동차의 배출가스 오염물질을 측정하기 위한 것이라는 점을 감안해 볼 때, 일반적으로 자동차 통행량의 산출이 용이하도록 교차로로부터 25m 정도 떨어져 설치되어야 하지만 서울시 도로변대기 측정망은 부지확보의 어려움으로 인해 교차로와 인접해 설치되어 있는 곳이 대부분이다. 측정항목은 기준성 대기오염물질과 기상관련 인자들을 국한되어 있다.



<그림 2-9> 서울시 도로변대기 측정망 설치 위치도

2) 광주광역시⁹⁾

광주광역시의 경우 2009년 현재 대기오염 측정망은 도시대기 측정망 7개소, 도로변대기 측정망 2개소, 대기중금속 측정망 4개소, 종합대기 측정소 1개소를 관리·운영하고 있다(서광엽, 2009). 측정망의 오염도 측정은 무인자동화 시스템으로 1년 365일 상시 측정을 원칙으로 운영되고 있으며, 대기환경기준의 5개 항목은 웹사이트와 대기오염 전광판에 실시간 제공하고 있다.

특히 도시대기 측정망과 도로변대기 측정망은 지역별 대표성을 확보하기 위해 주거지역 3개소, 상업지역 4개소, 공업지역 2개소를 구분하여 각 용도지역별 대기오염을 측정하고 있다.



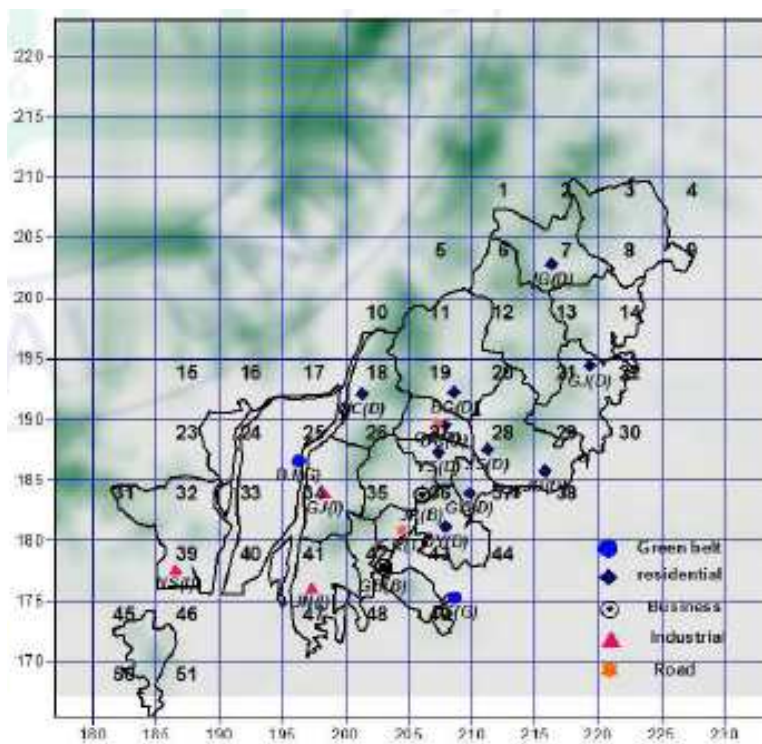
<그림 2-10> 광주광역시 대기오염 측정망 설치 위치도

9) 서광엽(2009) 대기오염측정망 원격관리시스템 구축에 관한 연구

2) 부산광역시

부산광역시는 1974년 3개소의 대기오염 측정소를 설치·운영하기 시작하였으나 최초에는 측정망의 설치기준 등이 명확하지 않아 많은 문제점이 발생되었다. 그 이후 1997년 대기오염 측정망 운영지침이 만들어지면서 측정망의 분류, 측정항목, 측정주기 등을 일반적인 사항과 운영방법 및 설치기준 등이 지역적 특성에 맞게 제시되었으며, 2000년 이후 용도지역별로 대기오염 측정망을 설치하였다.

2009년 기준으로 부산광역시의 도시대기 측정망은 17개소, 도로변대기 측정망 2개소, 대기중금속 측정망 5개소 종합대기 측정소 1개소가 설치되어 있다.

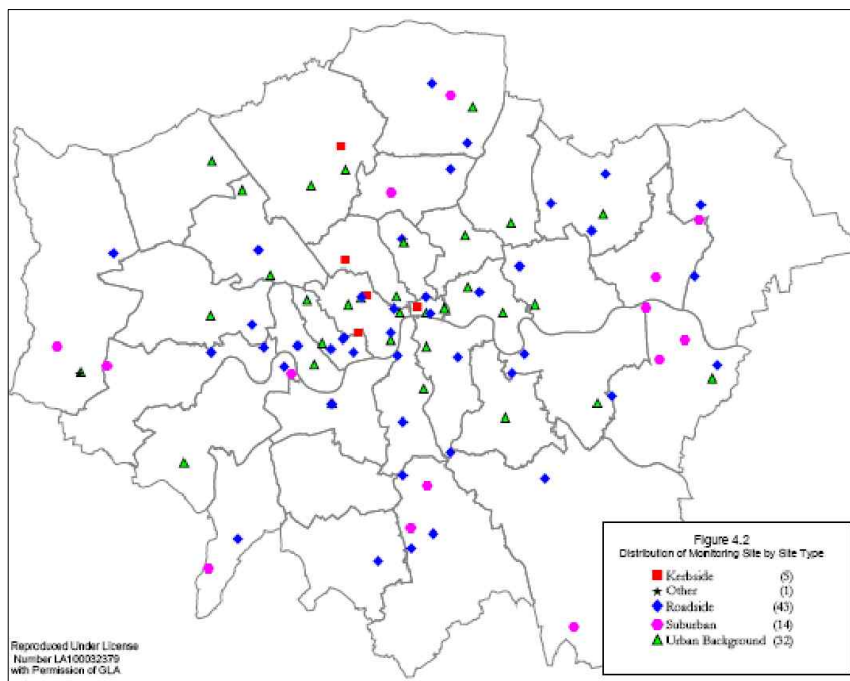


<그림 2-11> 부산광역시 대기오염 측정망 설치 위치도

2. 국외사례

1) 영국

영국 런던의 경우 대기오염을 관리하고 모니터링하기 위해 다양한 목적별 측정망을 설치하여 운영하고 있다. 우선 2003년 기준으로 런던시에는 48개소의 도로변 대기 측정망과 46개소의 도시대기 측정망을 설치·운영하고 있으며, 여기에서 차량 운행과 관련된 대기질을 모니터링하는 도로변대기 측정망이 도시대기 측정망보다 많은 것이 특징이라 할 수 있다¹⁰⁾.



<그림 2-12> 영국 런던의 대기오염 측정망 설치 위치도

세부적으로 살펴보면, NO, NO₂, NO_x, PM_{2.5}, SO₂, O₃, CO, 기상특성 등이 측정망의 목적에 따라 선별적으로 측정되고 있다. 특히 O₃와 같은 2차 반응 생성물은 차

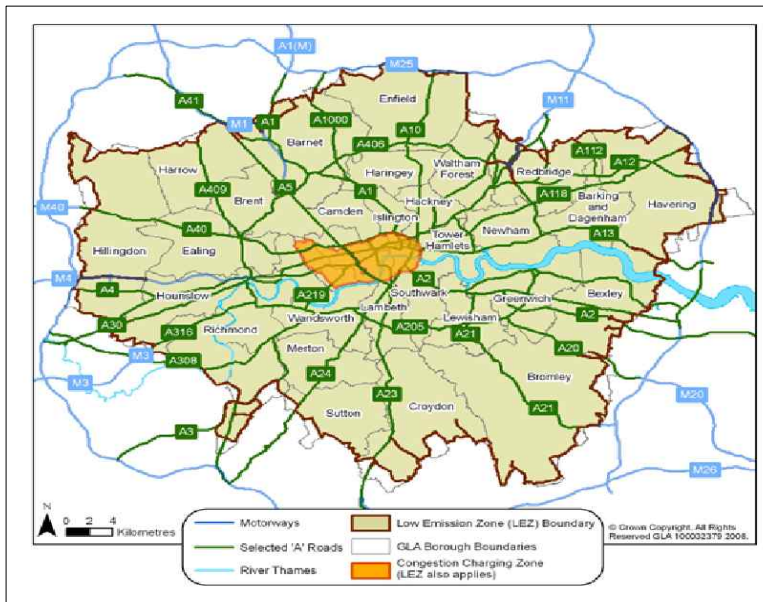
10) Air Quality Consults Ltd(2003) Review of air Quality monitoring in Landon

량에 의한 직접 배출 오염물질이 아니기 때문에 도로변대기 측정망에서는 측정항목으로 고려하지 않고 있으나, 차량 배출에 의해 직접적으로 발생하는 NO₂는 대부분 도로변대기 측정망에서 모니터링되고 있다.

도로변대기 측정망의 위치는 대부분 주요 도로의 가로변이나 교차로에 설치되어 있으며, 교통량 등은 필수 측정항목으로 지정되어 있지는 않는 것이 특징이다. 그러나 일부 지역에서는 ATC(Automatic Traffic Counting) 방식으로 교통정보를 수집하여 분석에 활용하고 있다. 이러한 자료들은 차량운행으로 인한 대기오염 배출량을 산정하여 런던시 전체의 대기오염을 모형화하고 이를 검증하는데 활용된다.

한편 런던에서는 2006년 대기오염 저배출지역의 개념을 도입하면서, 대기와 교통이 같은 위치에서 모니터링될 필요가 있다는 점을 인지하고, 이러한 것이 가능한 일부 도로변대기 측정망을 선정하여 모니터링 기능을 강화하고 있다.

여기에서 더 나아가 영국 런던시는 대기오염 개선을 목표로 2008년 2월부터 저배출지역을 지정하여 버스나 대형 디젤차량 등의 진입을 규제하는 방안도 강구하고 있다.

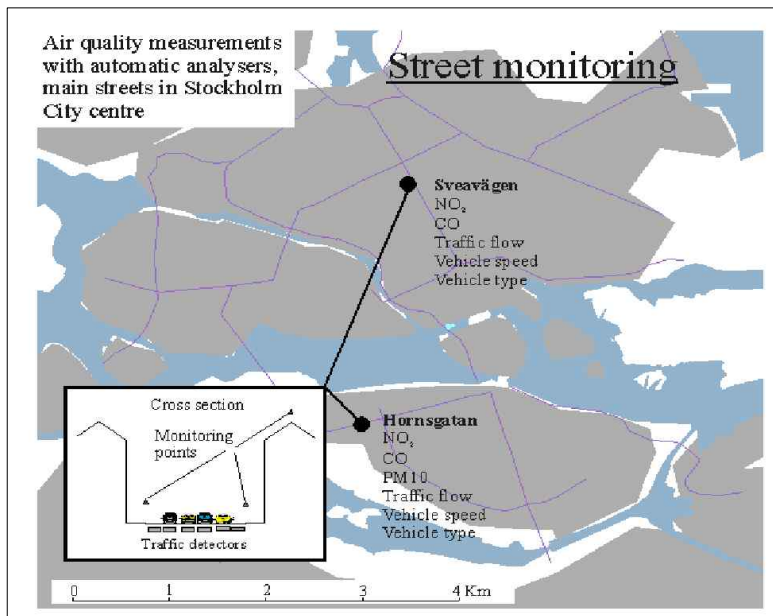


<그림 2-13> 런던시 저배출지역 적용사례

2) 스웨덴¹¹⁾

스웨덴 스톡홀름에서는 도시대기 오염물질과 교통과의 관계(교통량, 속도, 차종 등)를 연계한 측정망을 설치·운영하고 있다. 특히 하루 평균 3~4만대인 도로변에는 도로 양안으로 도로변에서 500m 떨어진 지점에 도시대기 측정망을 설치하고 인근 대기 측정망에서 관찰되는 대기오염도와 차이를 비교·분석하여 차후 도시계획에 반영하는 것을 목표로 하고 있다.

특히 2006년 이후 시간별 평균 NO_x, PM-10 농도와 교통량을 변화를 관찰하여 혼잡통행료를 도입하고, 도입후 오염물질이 저감되는지를 모니터링하고 있다. 그러나 자동차 통행량 저감이 어느 정도 대기오염물질 저감에 영향을 주는지에 대해서는 단기간의 모니터링으로는 한계가 있는 바, 지속적인 평가모형을 이용한 정량적 분석의 필요성을 제안하고 있다.



<그림 2-14> 스웨덴 스톡홀름의 도로변대기 측정망의 위치

11) <http://www.slb.mf.stockholm.se/e/>

3) 국외 대기오염 정보시스템 현황

(1) 미국

미국의 경우 EPA(환경보호청) 내의 환경과 관련된 여러 데이터베이스를 통합·연계하고, 웹사이트를 통해 정보를 제공하고 있다. 여기에서는 대기, 물, 폐기물, 방사성물질, 독성가스 등 다양한 환경정보를 확인할 수 있으며, 이용자가 원하는지역의 배출시설, 오염물질 등의 환경정보를 조회하거나 GIS Map으로 확인할 수 있다.

특히 미국 AIRNOW는 각 지역의 관련 기관들에 의해 구축된 환경정보 시스템으로 300개 이상의 주요 도시의 오존 및 미세먼지 등의 대기오염도를 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 대기오염 예보를 통하여 건강에 위험이 있는 것으로 나타난 도시는 해당일을 'Action day'로 선언하고 오염정도를 줄이기 위한 행동지침들을 제시하고 있다¹²⁾.



<그림 2-15> 미국 AIRNOW의 대기오염 정보

12) <http://airnow.gov/>

더불어 미국환경청의 Air Data에서는 미국 전역의 연간 대기오염물질 배출량과 모니터링 자료를 제공하고 있으며, 배출량 및 모니터링 정보는 GIS Map으로 제공되고나 레포트 형태로 확인할 수 있도록 되어있다. 또한 이러한 정보들은 지역별, 배출시설별, 측정망별, 오염물질별로 다양하게 변형하여 조회가 가능하다.

(2) 유럽

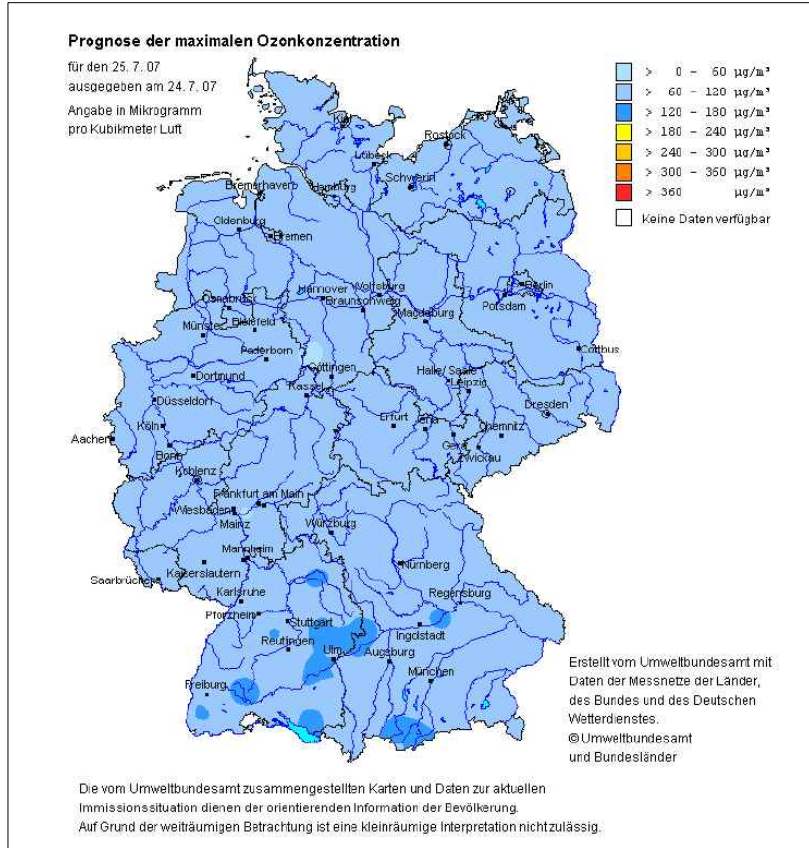
유럽의 여러나라 중 우선 영국은 'UK Air Quality Archive'를 통해 웹사이트에서 대기오염 정보 및 위험예보를 제공하고 있다. 특히 당일 대기오염 농도는 측정망별로 제공되고 대기오염 위험예보는 권역별로 이루어진다. 이외 영국 전역에 설치되어 있는 대기오염 측정망의 측정값, 통계자료 등은 대기관련 평가를 위한 간단한 프로그램들이 제공되고 있다.

또한 영국의 NAEI(National Atmospheric Emission Inventory)에서는 온실가스, 산성화 오염물질, 광화학 오염물질, 중금속, 독성물질 등 광범위한 분야의 배출물질을 대상으로 배출량을 제시하고 있으며, 배출계수, 배출량 산정방법 등을 통계자료와 함께 제공하고 있다. 특히 여기에서는 1km 격자별 배출량지도와 우편번호 검색을 이용한 실제 거주지역의 오염물질 배출량도 파악할 수 있도록 고려하고 있다¹³⁾.

또한 독일은 연방환경청에서 제공하는 웹사이트를 통해 실시간으로 대기오염 농도 및 오존예보를 실시하고 있다. 대기오염 현황은 미세먼지, CO, O3, SO2, NO2를 대상으로 전일 평균 대기오염도를 GIS Map으로 공개하고 있으며, 오존예보는 다음 날부터 이틀간 오존농도를 제시하고 있다¹⁴⁾.

13) <http://www.naei.org.uk/>

14) <http://www.env-it.de/>



<그림 2-16> 독일 대기오염 예보 지도

(3) 일본

일본은 국립환경연구소에서 운영하는 환경정보센터를 통해 대기환경 수치데이터, 대기환경지도 등 대기오염과 관련된 정보들을 제공하고 있다. 수치데이터들은 월 및 연간 대기오염 측정망에서 파악된 자료들을 열람할 수 있도록 되어 있으며, 대기오염도 상시 측정결과, 유해 대기오염물질, 자동차 관련 오염물질 등을 GIS Map 으로 제공 받을 수 있다¹⁵⁾.

15) <http://www-gis2.nies.go.jp/>

제 3 장

대전시 대기오염 측정망 현황 및 운영방안

제1절 대전시 대기오염 측정망 현황 및 문제점

제2절 대전시 대기오염 측정망의 운영방안

제1절 대전시 대기오염 측정망 현황 및 문제점

1. 대전시 대기오염 측정망 현황

대전광역시에는 2011년 현재 10개소의 지자체 대기오염 측정망과 1개소의 국가 측정망을 포함하여 총 11개소의 측정망을 설치·운영하고 있다. 지자체 측정망은 일반적으로 도시대기, 도로변대기 오염을 측정하기 위해 설치되어 있으며, 구성동, 정림동, 문창동, 읍내동에 설치된 측정망의 경우 대기중 중금속 농도도 함께 측정하고 있다.

<표 3-1> 대전시 대기오염 측정망 위치 및 지역구분

구분	측정망명	위치	지역구분	설치년도
지자체 측정망	문창동	문창동사무소 옥상	상업지역	1986.08
	읍내동	태아산업 옥상 공업지역	공업지역	1988.12
	구성동	보건환경연구원 옥상	녹지지역	1990.12
	문평동	문평소방파출소 옥상	공업지역	2002.09
	성남동	성남2동사무소 옥상	주거지역	2003.09
	정림동	정림동사무소 옥상	주거지역	2004.09
	둔산동	근로자종합복지회 관 옥상	상업지역	2006.09
	월평동	월평자동차종합시 장 앞 도로변	녹지지역	2007.08
	대흥동	구 MBC 맞은편 도로변	주거지역	1996.11
	노은동	노은1동 주민센터	준주거지역	2011.09
국가 측정망	구성동	보건환경연구원 옥상	녹지지역	2008.04

<표 3-1>과 같이 대전시 대기오염 측정망의 경우 대부분 건물 옥상에 위치하여 종합적인 유해 대기오염 농도를 측정하고 있으며, 월평동 및 대흥동에서는 도로변

에 위치하여 도로변대기 측정망의 기능을 수행하고 있다. 특히 대기오염 측정망의 설치지점은 주변 토지이용에 따라 상업지역, 공업지역, 녹지지역, 주거지역, 준주거지역 등으로 분류되고 있으며 이를 통해 특정 지역별 대기오염도를 측정하고 있다.

보다 구체적으로 살펴보면, 국가 측정망을 제외하면 10개 측정망 공히 대기중의 먼지 및 아황산가스 등의 대기환경기준 5개 항목(SO₂, CO, NO₂, O₃, PM-10)과 기상자료 등 총 11개 항목의 자료를 연속적으로 자동 측정하고 이를 웹사이트에 공개하고 있다.



<그림 3-1> 대전시 대기오염 측정망 위치도

2. 대전시 대기오염 측정망의 문제점

먼저, 대기오염 측정망의 측정항목 및 운영목적, 설치방법에 대해 살펴보면, 우선 일반 대기오염 측정망은 지역대기, 지역배경, 국가배경, 도로변 측정소로 구성되며 측정항목은 SO₂, CO, NO₂, O₃, PM-10과 같은 환경기준항목과, 풍향, 풍속, 온도 등 기상요소 등이다. 특히 도로변 측정망에서는 필요할 경우 Pb, PM-2.5, HC, 교통량 등을 추가로 측정할 수 있다.

또한 특수대기 측정망은 유해대기, 중금속, 광화학, 산성강하물질, 지구대기, 시정거리 등의 측정소로 구성되며 이들 측정소의 측정항목은 운영목적에 따라 상이하게 지정할 수 있다.

이상과 같은 대기오염 측정망들은 도시의 대기질을 연속적으로 측정하여 대기오염 경보체계 구축, 대기오염 방지대책 수립을 위한 자료제공, 환경기준 달성여부의 판단자료, 대기예측모형의 보정자료 제공, 대기오염 배출원의 감시 등 여러 가지 목적으로 활용될 수 있다. 이러한 대기오염 측정망 자료들의 활용성을 극대화하기 위해서는 무엇보다 대기오염 측정망의 설치·운영 목적에 따른 합리적인 배치가 중요하다고 볼 수 있다.

우리나라의 경우 대기오염 측정망의 규모를 결정하는 방법은 앞서 밝힌 바와 같이 인구비례, TM자표, 동심원, 오염정도에 의한 방법 등을 들 수 있다. 측정망의 위치 및 지점수의 결정은 대기오염공정 공정시험방법 및 대기오염 자동측정소 설치위치 선정기준에 따르도록 되어 있다. 또한 측정망이 대상지역의 대기오염 물질 농도를 대표적으로 획득할 수 있는 곳에 우선적으로 설치할 수 있다. 이 경우 일평균 차량통행량과 도로와의 이격거리 등을 종합적으로 고려해야 한다.

일반적으로 도시지역의 대기오염농도를 감시하고 대기오염에 의한 피해를 최소화하기 위한 도시대기 측정망의 설치지점은 인구비례에 의한 방법과 TM좌표에 의한 방법에 따라 결정하는 것이 효과적이다. 그러나 이러한 정량적인 배분의 의한 측정망 설치지점 설정과 더불어 인구수 증감추이, 새롭게 조성되는 신시가지 규모 등을 고려한 정성적 방법을 함께 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.

이상의 내용을 토대로 대전시에 나타난 대기오염 측정망 설치 및 운영의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 우선 배치기준에서 대전시의 경우 토지이용형태와 측정장소의 관리 용이성 등에 포인트가 있을 수 있다. 만약, 이러하다면 다양한 측정망의 운영목적과 여러 가지 제약조건들을 만족시키기 어려운 한계가 있다고 볼 수 있다. 즉, 하나의 측정망에 너무 많은 측정자료를 조사함으로써 오히려 특수한 목적의 정확한 자료는 얻기 힘든 문제점이 발생하는 것이다.

대기오염 측정망의 배치 및 개선에 관한 많은 연구(경기개발연구원, 1998; 김태형, 1986; Chang *et. al*, 1999)들이 많이 진행되었지만 여러 가지 제약조건들과 운영목적 등을 동시에 고려하는 과정에서 복잡한 조건들을 합리적으로 다루는데 많은 어려움이 발생하는 것이 바로 이러한 이유 때문으로 파악할 수 있다.

또한 대전시 대기오염 측정망 수는 국가 측정망을 포함하여 총 11개소로 다른 특·광역시와 비교하여 다소 작다고 할 수 있다. 상술한 인구비례에 의한 방법으로 추정해 보면 대략 10~20개소의 측정망이 더 필요할 것으로 분석되며, 특히 국가 측정망의 경우 단 1개소로 매우 부족한 실정이다.

그 외 측정망의 설치위치의 측면에서도 검토 필요성이 있다. 즉, 주변 구조물이나 수목 등에 너무 근접해 설치되어 있는 측정망이 상당수 있어 지역의 대표 시료를 채취하고 있다고 보기 어려웠던 바, 이러한 지점들은 개선의 불가능할 경우, 장기적 측면에서 측정망의 이전이 필요할 것으로 사료된다. 특히 최초 설치 당시에는 양호했던 여건들이 최근 재건축, 고층아파트 건축 등과 같은 요인들로 인해 지역의 대표성이 문제가 되는 지점들이 다수 있는 것으로 파악되었다.

더불어 대전시 대기오염 측정망의 특성을 살펴보면, 앞서 설명하였던 것과 같이 대부분 지자체 측정망으로 국가배경농도, 유해대기물질 등을 측정하기에는 한계가 있을 것으로 사료된다. 특히 수도권과 인접한 대전시의 지리적 특성상 중국의 영향을 크게 받는 배경농도 분석은 지역 전체의 대기질 분포나 패턴을 이해하는데 매우 중요하게 작용할 수 있다. 또한 유해대기물질은 환경부가 차세대 정책목표로 강조하고 있는 위해성이 높은 오염물질로서 이에 대한 주기적인 관측이 필요할 것으로 판단된다.

대기오염 측정망의 운영적인 측면에서 보면, 배출 및 오염도의 공간적 패턴이 변화하고 측정망 주변의 물리적 여건들이 계속적으로 변화하는 시점에서 기존의 측정망 평가체계의 보완이 필요할 것을 사료된다. 즉 몇 년 단위로 평가체계를 계속적으로 보완해 나가야 할 것으로 생각된다.

한편, 측정망 관리적 측면에서는 대부분의 시·군의 경우 지자체별로 개별 관리가 이루어지고 있다. 일반적으로 지자체 측정망은 자체의 재원으로 위탁관리하는 형태를 보이고 있었다. 그러나 개별 측정망을 모두 관리하기에는 인력이나 예산부족의 문제가 발생하였던 바, 업무부담이 커지고 전문성이 결여되는 한계가 나타나고 있다. 현실적으로 국비보조가 원활하지 않는 경우에는 측정망 관리운영에는 많은 운영상의 차질이 있을 수 있으며, 장비 등의 확충에 어려움이 있을 것이다.

마지막으로 대전시는 서남부개발 및 세종시건설, 그리고 도시 공간적 변화가 심화되어 대기오염측정망의 지점위치와 개수 등에 대한 검토가 뒤따라야 할 것이다.

제2절 대전시 대기오염 측정망의 운영방안

1. 도시 공간변화에 의한 대기오염 측정망 배치 개선

대전시 대기오염 측정망의 기존 배치형태 및 위치선정은 인구밀도, 주변 토지이용현황 등에 따라 자의적으로 결정됨으로서 해당 측정망에서 조사된 대기오염자료들을 바탕으로 바람직한 대기질 개선방안을 설정하는데에는 한계를 보여 왔다. 따라서 앞으로 설치되는 대기오염 측정망은 배치 및 운영에 관한 문제점을 개선하기 위해, 정성적 측면에서 GIS 지리정보와 연계한 인구증감 추이, 가구수, 배출량, 오염농도, 기상 등의 사회·환경적 요인들을 종합적으로 분석하여 합리적인 배치방안을 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

즉, 도시의 대기오염은 지형 및 기상 이외에 인구 및 주거특성, 주변 토지이용현황, 상업활동, 교통량 등 많은 환경적 인자들의 변화로 그 패턴과 공간적 분포가 달라질 수 있다고 보고되고 있다(유은철과 박옥현, 2007). 따라서 이들 인자들로 구성된 데이터베이스를 구축하고 대전시 환경적 요인의 공간적 변화를 검토해야 할 것으로 사료된다.

또한 대전시의 지자체 대기오염 측정망은 지역구분을 상업지역, 공업지역, 녹지지역, 주거지역, 준주거지역으로 나누어 각 지역별 대기오염 특성을 분석하고 있다. 그러나 대전시의 지역 특성상 공업지역은 그 면적이 협소하여 지역 대표성을 갖기에는 어려울 것으로 판단되는 바, 대전의 토지이용현황을 면밀히 검토하여 지역 특성에 맞는 용도지역 지정이 재차 요구된다.

일례로 미국은 측정지점의 위치가 지역적으로 결정되면, 세부적인 시료채취 위치는 그 지역의 주위환경 및 기상조건을 고려하여 다음과 같이 선정하도록 유도하고 있다(환경부, 2010; U.S. EPA, 1998).

- ① 시료채취 위치는 원칙적으로 주위의 건물이나 수목 등의 장애물이 없고, 그

지역의 오염도를 대표할 수 있다고 판단되는 곳 선정

- ② 주위의 건물이나 수목 등의 장애물이 있을 경우에는 채취위치로부터 장애물까지의 거리가 그 장애물 높이의 2배 이상 또는 채취점과 장애물 상단을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도가 30°이하가 되는 곳 선정
- ③ 주위에 건물 등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우 건물 외벽으로부터 최소 1.5m 이상 떨어진 곳에 채취점 선정
- ④ 시료채취의 높이는 그 부근의 평균 오염도를 나타낼 수 있는 곳으로 가능한 한 1.5~10m 범위로 함

이상의 내용을 바탕으로 한 미국의 오염물질별 측정망 측정위치 조건을 살펴보면 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> 미국 대기오염 측정망의 오염물질별 측정위치 조건

오염물질	지상으로부터의 높이(m)	지지대로부터의 수평거리	도로와의 거리(m)	수목과의 거리(m)
SO ₂	3~15	1m 이상	10m 이상	해당사항 없음
O ₃	3~15	1m 이상	10m 이상	2~10
NO ₂	3~15	1m 이상	10m 이상	해당사항 없음
Pb	2~7(소규모) 2~15(중·대규모)	2m 이상	10m 이상	5~15
PM-10	2~7(소규모) 2~15(중·대규모)	2m 이상	10m 이상	2~10

2. 지역특성을 고려한 대기오염 측정망의 지점수 확충

앞서 살펴본 바와 같이 대전시의 대기오염 측정망 수는 국가 측정망을 포함하여 총 11개소로 타 지역에 비해 부족한 것으로 조사되었다. 일례로 현재 수도권 지역의 대기오염 측정망 수는 150여개로 도시대기, 도로변대기, 배경농도, 산성강하물, 유해대기, 중금속 등 다양한 오염물질들의 농도를 측정하고 있다. 부산광역시의 경우에도 총 18개소의 측정망이 설치되어 대전시 보다 많은 수의 측정망을 운영하고 있는 것으로 나타났다.

따라서 기존의 측정망을 유지한 상태에서 추가적으로 대기오염 측정망 수를 확보하여 대전시 전역의 대기오염 농도를 보다 정확하게 측정할 필요가 있을 것으로 판단된다.

특히 대전시는 서남부권역의 개발 및 인구유입과 새로운 교통량 증가요인, 세종시로 인한 노은지구의 인구유입 및 교통량 증가요인, 그리고 대전시 동남권역의 새로운 택지개발 등으로 인한 인구와 교통량변화요인 등등 많은 요인증가에 의한 측정망 지점수의 확충이 필요할 것으로 판단된다.

적정 측정망 수를 결정하는 것은 절대적인 기준이 있는 것은 아니지만 대기오염 공정시험법, 인구규모 등을 고려하였을 때, 대전시에서는 상당수의 측정망을 더 설치할 필요가 있다. 특히 국가 측정망은 단 1개소로 매우 부족하였던 바, 시급히 보완되어야 할 것으로 사료된다.

이와 유사한 관점에서 측정망 수를 늘림과 동시에 측정물질의 종류나 측정주기 등 측정망의 특성을 보완·정비해 나갈 필요도 있다. 즉, 대전시 대부분의 측정망은 여러 가지 오염물질을 모두 파악하는 겸용적 성격을 띠고 있는 바, 도농 복합지역의 오염물질 증감 원인, 전체적인 배경농도 측정 등을 명확히 파악하기에는 어려움이 따른다고 할 수 있다. 따라서 특수한 오염물질만을 집중적으로 파악할 수 있는 측정망을 필요한 지역에 설치하여 활용하는 방안을 고려할 필요가 있다.

여기서 주의해야 할 것은 각 측정망의 중복성 여부를 판단하여 되도록 중복되지 않은 지역에 설치해야 한다는 것이다. 대기오염 측정망의 위치 적정성을 판단하기

위해서는 해당지역의 환경특성, 인구수, 오염물질 배출특성, 농도 변화 등을 종합적으로 고려하여야 한다. 이를 판단하는 정량적 방법으로는 두 지점간 농도 상관관계가 0.6 이상이면 중복성이 있는 것으로 판단하여 0.6 이하이면 두 지점간 상호 보완적 관계로 별개로 운영하는 것으로 바람직하다고 할 수 있다(U. S. EPA, 2007).

3. 대기오염 측정망의 설치조건 고려 및 기기정비

측정망의 위치 및 적정 수가 결정되면 세부적으로 측정망 시료 인입구의 설치나 운영상에서도 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 시료 인입구의 경우 주변에 구조물이나 수목 등이 바로 인접해 있으면 측정수치의 오류가 발생할 가능성이 높다. 대전시의 측정망 또한 주변 토지이용의 변화 등으로 이러한 지역이 다수 있었던 바, 주변환경을 개선할 필요가 있으며 개선이 어려울 경우 추가 설치 및 이전을 검토해야 한다.

또한 측정망 관측자료를 면밀히 검토하여 관측장비에 이상이 있거나 공기 유입이 자유롭지 못한 부분은 상시 점검하거나, 원인파악 및 설치 위치 변경 등의 관리가 필요하다. 이를 구체적으로 살펴보면, 대기오염 측정망의 경우 여러 종류의 시료채취용 펌프가 설치되어 있어 최소 5~7개의 펌프가 1년 365일 가동되고 있다. 측정망 기기 점검을 위해서는 개당 최소 3시간 이상 점검 및 교정이 필요할 것으로 판단된다.

특히 가스상 물질 시료채취와 입자상 물질인 PM-10, PM-2.5 측정을 위해서는 측정망 지붕의 구멍을 최소 3개 이상 뚫어 시료 채취관을 연결하여 사용하고 있다. 이럴 경우 지붕의 처리는 실리콘으로 마감해야 하나 시간이 흐름에 따라 마감처리 부분에서 빗물 등이 유입되어 측정기기의 손상을 초래할 수 있다. 따라서 시료 채취 보호관을 설치하여 지붕부분에 용접하고 빗물 등의 유입을 차단하는 방법을 활용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

더불어 대기오염 측정망에서는 기본적으로 유해 가스물질을 측정하기 때문에 이

러한 가스들이 실내에 배출되면 전기배선 등을 부식시켜 측정기기에 심각한 손상을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 각 측정기기 마다 환기장치를 설치해 오존 등의 유해가스를 실외로 배출시키는 방안을 고안할 필요가 있다.

4. 측정망의 평가체계 마련 및 운영관리 개선

대기오염 측정망을 효율적으로 운영하기 위해서는 무엇보다 주기적이고 체계적인 측정망 평가과정이 필요하다. 앞서 문제점에서 지적한 바와 같이 측정망 주변의 물리적 여건은 시간이 지남에 따라 계속적으로 변화함으로 주기적으로 측정망 운영 전반에 관한 평가를 수행하고 보완해 나가야 한다.

대전시의 경우 신도시 개발, 주택지구 입지, 세종시 건설에 따른 인구유입 등 지역여건이 매우 빠르게 변화하고 있다. 또한 지역 내부에서는 측정망 주변의 재개발, 재건축 등으로 최초 설치당시와의 주변여건이 변화한 지역이 다수 있는 것으로 나타났다. 따라서 최소 3년 정도의 주기로 측정망의 수와 지점의 적절성을 평가하고 이를 보완해 나가는 체계를 운영해야 할 것으로 사료된다.

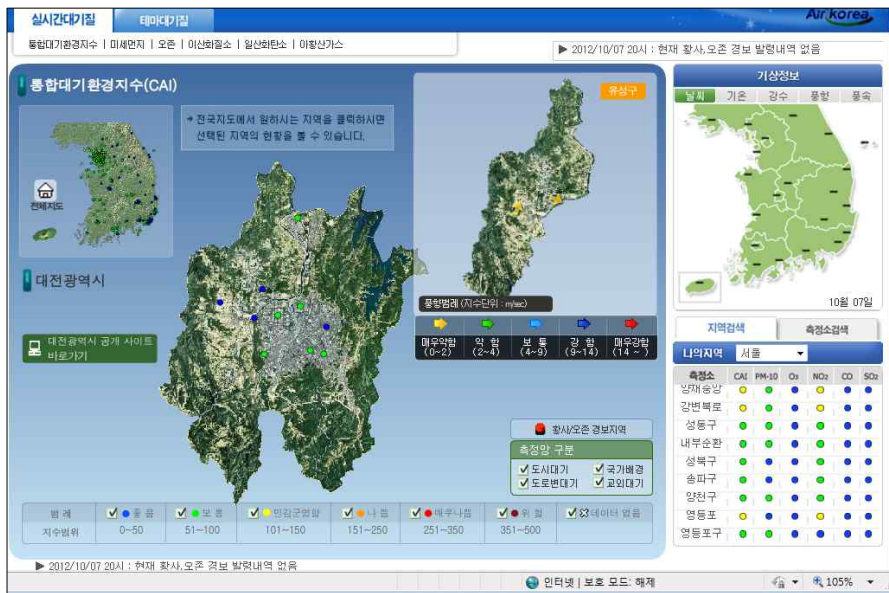
대기오염 측정망의 운영관리의 측면에서 대전시는 대부분 지자체 측정망으로 지자체의 재원으로 위탁관리하고 있다. 이러한 시스템으로 인해 현재 대전시의 측정망 관리는 인력 및 예산 부족 등으로 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났으며 위탁업체의 지도와 감독에는 많은 문제점이 발생하고 있었다. 따라서 자료의 정확성 및 효율적인 관리를 위해서는 운영여건의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

경기도의 경우 대기오염 측정망을 시·군에 위임하면서 예산의 50%를 보조하고 있다. 그럼에도 불구하고 최근 경기도의 일선 시·군에서는 전문성 및 인력부족으로 운영상의 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 이러한 문제에 비추어 보아 장기적으로 대전시 대기오염 측정망의 운영 효율성을 높이기 위해서는 일부는 시에서 운영하고, 60% 이상은 환경부 또는 환경관련 국가단체에서 직접 운영하고 관리하는 것이 타당할 것으로 사료된다. 즉, 국가와 지방자치단체의 역할 분담을 고려하여

대기환경이 지역적으로 문제가 되는 곳은 대전시에서 운영하고, 국가적인 측면에서 중요한 지역들은 환경부에서 직접 운영하는 방안이 보다 효율적이라 판단된다. 보다 구체적인 운영 및 예산 지원범위 등은 의견을 충분히 수렴하여 조정해 나갈 필요가 있다.

5. 대기환경 정보시스템 구축의 체계화

우리나라는 환경부의 '환경정보화 촉진 시행계획'에 따라 매년 100억 이상의 예산을 투입하여 대기환경 관련 정보시스템을 구축하고 있다. 이중 국가대기오염 정보관리 시스템(NAMIS)에서는 대기오염 측정망을 통해 측정된 데이터를 수집하여 통계처리하고 이를 국가 및 지방자치단체 행정기관에 제공하고 있다. 또한 대기환경 정보 공개 시스템(Air Korea)에서는 전국 대기측정망을 통해 데이터들을 수집하고 NAMIS와 연계하여 실시간으로 대기오염정보를 제공하고 있다.



<그림 3-2> 대기환경정보 공개시스템

제공되는 정보들로는 통합환경지수, 대기오염물질별 농도, 측정소별, 항목별, 기간별, 지역별 대기오염 정보, 오존 및 환사에 대한 정보, 오존 및 미세먼지 예보 등이다.

<그림 3-2>과 같이 사이트에 접속하면 원하는 지역의 대기오염 정도를 한눈에 확인 가능하도록 시스템화 되어 있다. 대전시의 경우에도 비교적 상기와 같이 도시 대기, 국가배경, 도로변대기 등의 오염현황을 확인해 볼 수 있다. 이렇듯 국내의 대기환경관련 정보기술 기반은 국외와 비교해 보았을 때에도 앞선 수준으로 큰 문제점은 없는 것으로 분석되었다. 다만 구축된 정보들의 세부적인 수준이나 내용의 정확도, 정보의 활용방법 등은 미국, 유럽, 일동 등의 선진국에 비해 아직은 떨어지고 있다고 볼 수 있다.

이러한 이유는 지금까지의 대기환경 정보화 추진내용은 주로 기초자료 및 정보에 대한 데이터베이스 구축에 치중되어 왔기 때문으로, 정책적 의사결정을 위한 지원 시스템이나 대민 서비스를 위한 정보 시스템은 매우 제한적인 문제점이 발생하고 있는 것으로 생각된다. 여기에서 대민 서비스에 대한 내용도 매우 제한적인 문제점이 있었다.

국외, 특히 미국의 경우 ZIP코드 검색 등을 지원하여 실제 정보 이용자의 거주지 주변 환경정보를 쉽게 얻을 수 있도록 되어 있으며, 제공되는 정보도 주변 배출시설의 환경규제에 대한 내용까지 상세히 보여줌으로서 필요로 하는 정보를 선택하여 활용할 수 있도록 되어 있다. 그러나 우리나라는 아직까지 대기오염 정보의 실측자료 공개 수준에 머물러 있는 실정이다.

오존과 먼지경보도 마찬가지로 오염물질의 측정자료 제시와 행동요령 설명 등에 그치고 있다. 즉, 다양한 정보가 제한되어 있고 단순한 수치자료의 단방향 서비스에 그치고 있다. 이마저도 문서위주의 홍보자료가 대부분이고 과거 자료나 가공된 고급정보, 전문가들이 원하는 원시자료는 거의 제공하지 않고 있다.

따라서 대전시에서는 대기환경 관련 데이터들을 자체적으로 구축하고 이를 국가 단체와 공동으로 입력·활용하는 방안을 마련할 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한 자료의 고급화를 위해서는 기존에 구축된 대기오염 측정망의 자료, 공간 GIS,

인구, 산업, 교통, 기상 등의 자료를 체계적이고 지속적으로 연계할 수 있는 시스템을 구축할 필요가 있다. 이를 위해서는 무엇보다 개별 또는 유관기간의 대기환경 관련 데이터 베이스 및 시스템에 대한 상호 연계체계를 구축하여 접근과 활용기반을 지속적으로 넓혀나가는 것이 필요하다.

여기에서 특히 대시민 정보서비스는 폭 넓고 다양한 환경정보를 공개할 수 있는 시스템을 갖추어야 한다. 즉, 계층별 수요를 충족시킬 수 있도록 대기환경 정보서비스의 내용을 보다 다양화할 필요가 있으며, 멀티미디어 형태의 정보를 보장하는 방안도 강구할 수 있다. 특히 대기환경 관리에 가장 중요한 배출시설 관련 정보, 교통관련 정보를 일원화하여 체계적으로 제공할 수 있는 시스템을 구축해 나갈 필요가 있다.

제 4 장

결론 및 정책적 제언

제1절 결론

제2절 정책적 제언

제4장 결론 및 정책적 제언

제1절 결론

본 연구는 대기오염 측정망의 종류 및 현황, 이용상황 등을 살펴보고, 국내·외 사례분석을 통해 대전광역시 대기오염 측정망의 운영 문제점을 고찰해 봄으로서, 바람직한 대기오염 측정망 구축방안 및 합리적 운영방안을 제시하는데 가장 큰 의의를 두었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 대기오염 측정망은 대기오염실태를 파악하고 대기질 개선대책을 수립을 목적으로 대기환경 기준물질의 농도변화를 모니터링하기 위해 설치되는 것으로, 국내에서는 대기오염문제가 심각하게 대두되었던 1980년대 이후 계속적으로 설치되고 있다. 이러한 대기오염 측정망은 설치목적에 따라 일반대기오염 측정망, 특수대기오염 측정망, 종합대기 측정소 등 크게 3가지로 구분된다. 또한 운영주체에 따라서는 국가 측정망과 지방 측정망으로 나누어 볼 수 있다.

대기오염 측정망의 설치 및 운영목적은 측정망에 따라 다양하게 구분될 수 있는데 일반적으로 둘 이상의 복합적인 목적으로 설치·운영되는 경우가 많다. 특히 인구밀도가 높은 지역의 대표농도 관측, 일반적인 배경농도 관측 등이 대표적이다.

이상의 대기오염 측정망은 전국 기준으로 현재 430여개가 설치·운영되고 있으나, 수도권을 제외하고는 그 수가 매우 부족한 것으로 조사되었다. 특히 대전광역시에는 11개의 측정망이 운영되고 있었던 바, 타 광역시에 비해 그 수가 현저히 부족하였다.

대기오염 측정망의 설치방법을 살펴보면, 현재 우리나라는 특정목적에 따라 지역을 대표하는 몇몇 지점에 한하여 설치하고 있으며, 적정 개수를 결정하는 구체적인 방법은 아직 개발되지 않고 있다. 측정망의 적정 개수를 결정하기 위해서는 어떤 대기오염 물질을 얼마나 큰 공간에서 측정할 것인가를 결정하는 것이 중요하지만

아직 우리나라에서는 공간적 규모 및 특성에 따른 측정망 배치방법의 구체적인 연구는 미흡한 실정이다.

지금까지 개발되어 있는 측정망 설치지점 선정방법은 인구비례에 의한 방법, TM 좌표에 의한 방법, 중심점에 의한 동심원을 이용하는 방법, 대상지역의 오염정도를 따른 공식 적용 방법 등이 있다. 이중 인구비례에 의한 방법이 가장 널리 활용되고 있으며 인구밀도 5,000명(1km²당)을 기준으로 5,000명 이상일 경우와 5,000명 이하일 경우를 공식에 대입하여 측정망 수를 결정하고 있다.

또한 본 연구에서는 국·내외 대기오염 측정망의 사례조사를 통해 측정망의 적정 개수 및 설치방법, 대기정보 시스템 활용현황을 살펴보았다. 특히 영국의 경우 대기오염을 관리하고 모니터링하기 위해 다양한 목적별 측정망을 설치하여 운영중에 있으며 런던시에서만 48개의 도로변 측정망과 46개의 도시대기 측정망을 설치·운영중인 것으로 조사되었다. 또한 이러한 측정망에서 분석된 내용을 토대로 대기오염 저배출지역의 개념을 도입하여 저배출지역 내 버스나 대형 디젤차량 등의 진입을 규제하는 방안도 강구하고 있는 것으로 분석되었다.

이러한 사례조사를 바탕으로 대전광역시의 대기오염 측정망 현황 및 문제점을 분석해 보면, 우선 대전광역시는 2011년 현재 10개의 지자체 측정망과 1개소의 국가 측정망을 운영중인 것으로 파악되었다. 지자체 측정망은 일반적으로 도시대기, 도로변대기 오염을 측정하기 위해 설치되어 있으며, 구성동, 정림동, 문창동, 읍내동에 설치된 측정망의 경우 대기중 중금속 농도도 함께 측정하고 있었다.

그러나 이상의 대전시 대기오염 측정망의 경우 배치기준의 측면에서 검토의 필요성이 있다. 대전시는 토지이용형태와 측정장소의 관리 용이성 등에 근거를 두고 측정망 지점을 설정하였던 바, 다양한 측정망의 운영목적과 여러 가지 제약조건들을 만족시키기 어려운 한계가 있었다.

또한 측정망의 설치위치의 측면에서도 주변 구조물의 변화 및 증가, 그리고 수목(가로수 등)의 성장 등에 의하여 시료채취의 어려움 등 변화가 요구시 된다.

위의 내용을 토대로 대전광역시 대기오염 측정망의 바람직한 운영방안을 도출하였다. 먼저 기존의 측정망 배치형태 및 위치선정은 주변 토지이용현황, 인구밀도

등에 따라 자의적으로 결정됨으로서 조사 데이터의 활용성이 낮은 것으로 분석되었던 바, 앞으로 설치되는 대기오염 측정망은 정성적 측면에서 GIS 지리정보와 연계한 인구증감 추이, 가구수, 배출량, 오염농도, 기상 등의 사회·환경적 요인들을 종합적으로 분석하여 합리적인 배치방안을 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다.

또한 대전시의 지자체 대기오염 측정망은 지역구분을 상업지역, 공업지역, 녹지지역, 주거지역, 준주거지역으로 나누어 각 지역별 대기오염 특성을 분석하고 있다. 그러나 대전시의 지역 특성상 공업지역은 그 면적이 협소하여 지역 대표성을 갖기에는 어려워 토지이용현황을 면밀히 검토하여 지역 특성에 맞는 용도지역 지정이 필요하다.

이외에도 부족한 대기오염 측정망의 지점수 확충, 측정망의 설치조건 고려 및 기기의 정비가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 특히 대기오염 측정망을 효율적으로 운영하기 위해서는 무엇보다 주기적이고 체계적인 측정망 평가과정이 필요하며, 인력 및 예산 부족 등으로 측정망 관리에 어려움이 있었던 바, 이를 해결하기 위해서는 보다 구체적인 운영 및 예산 지원범위 등은 의견을 충분히 수렴하여 조정해 나갈 필요가 있을 것으로 사료된다.

또한 대전시에서는 대기환경 관련 데이터들을 자체적으로 구축하고 이를 국가단체와 공동으로 입력·활용하는 방안을 마련하여 보다 체계적인 대기환경 정보시스템을 구축할 필요가 있을 것으로 생각된다. 이를 위해서는 무엇보다 개별 또는 유관기관의 대기환경 관련 데이터 베이스 및 시스템에 대한 상호 연계체계를 구축하여 접근과 활용기반을 지속적으로 넓혀나가야 할 것이다.

마지막으로 무엇보다도 중요한 것은 대전시 인구의 총체적 증가는 큰 변화는 없지만, 도시의 외형적 불균형과 주변여건이 많이 변화하고 있다. 따라서 이러한 여건 변화에 걸 맞는 지점수증가 및 위치변화가 요구된다. 다시말해, 둔산권을 위시한 도시공간변화, 그리고 서남부택지개발 및 세종시건설 등에 의한 인구변화와 교통량증가 등의 요인변화에 주목해야 할 것이다.

제2절 정책적 제언

현재 대전광역시의 총 11개소의 대기오염 측정망을 설치·운영중에 있다. 이는 서울특별시, 경기도, 부산, 대구 등에 비교하면 매우 부족한 실정으로, 일례로 수도권에서는 현재 150개소가 넘는 측정망을 운영중에 있다. 이러한 측면을 감안하여 대전광역시에서는 측정망 확충방안을 먼저 고려할 필요가 있다. 또한 측정망 수와 더불어 측정물질의 종류, 측정주기 등을 고려한 다양한 오염물질의 농도를 측정할 수 있는 방안을 마련하여야 할 것으로 사료된다.

보다 구체적으로 살펴보면, 도시대기 측정망은 현재 측정망이 설치되지 않은 지역에 골고루 분산배치 시킬 필요가 있으며, 특히 유성구, 서구 등과 같이 최근 급속히 토지이용형태가 변하고 있는 지역에는 우선적으로 설치가 요구된다. 또한 수도권과 인접한 대전시의 지리적 특성상 중국의 영향을 크게 받는 배경농도 분석은 지역 전체의 대기질 분포나 패턴을 이해하는데 매우 중요하게 작용할 수 있는 바, 국가 측정망을 중·장기적 관점에서 보완해 나갈 필요가 있다.

또한 대기오염 측정망의 운영주체를 정비하여 전체적인 운영 효율성을 높여야 할 것으로 판단된다. 현재 대전광역시 대기오염 측정망의 대부분은 지자체 내부 자금으로 위탁관리 하고 있어 설치 및 유지관리에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이를 해결하기 위해서는 국가와 도의 역할 분담을 고려해 볼 필요가 있으며, 특히 국가 전체적으로 문제가 되는 곳은 환경부 또는 보건환경연구원에서 주도적으로 운영하는 방안이 고려해야 할 것으로 사료된다. 그러나 보다 구체적인 운영 및 예산 지원범위 등은 충분한 논의 및 의견수렴 후 조정해 나갈 필요가 있다.

마지막으로 대기오염 측정망에서 파생되는 여러 가지 대기관련 자료들을 활용하여 보다 과학적이고 체계적인 대기환경관리를 위해서는 대기환경 정보시스템의 구축인 매우 중요하다. 국외의 사례와 비교해 볼 때, 국내에서는 어느 정도 기반은 갖추어져 있으나 세부적인 자료제시, 정확도, 정보 활용방법 등은 아직은 부족하다고 생각된다. 이러한 문제를 해결하는 데에는 대전시 자체의 노력도 물론 중요하지

만 보다 장기적 안목에서 관련 국가단체 또는 부서와의 공동연구가 요구되며, 개별 또는 유관기관의 대기환경 관련 데이터 베이스 및 시스템에 대한 상호 연계체계를 구축하여야만 활용기반을 지속적으로 넓혀나갈 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 경기개발연구원(1998) 경기도 대기오염 측정망의 적정성과 개선방안 연구.
- 경기개발연구원(2007) 경기도 대기환경 정보시스템 구축방안.
- 김용표(2006) 서울의 미세먼지에 의한 대기오염. 한국대기환경학회지 22(5): 535-553.
- 김태선(2003) 도시주거지역 완충녹지의 대기오염 저감효과. 한양대학교 석사학위논문.
- 김태형(1986) 대기오염 측정망 배치기법에 관한 연구-울산·은산지역을 사례로. 서울대학교 환경대학원.
- 서광석(2001) 대기오염개론. 대학서림.
- 서광엽(2009) 대기오염 측정망 원격관리시스템 구축에 관한 연구. 조성대학교 박사학위논문.
- 신용섭(2004) 새로운 환경공학개론. 형설출판사.
- 서울시정개발연구원(2008) 교통대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구.
- 유은철, 박옥현(2007) GIS기반 의사결정지원시스템을 이용한 부산 대기질 측정망의 최적화. 한국대기환경학회지 23(5): 300-309.
- 이상득(2003) 국지순환풍 모델을 이용한 광양만권 대기오염물질의 수치모델링. 한국대기환경학회지 19(1): 13-23.
- 장영기, 송동웅(1995) 국내 대기오염모델링의 현황과 과제. 한국대기보전학회지 11(1): 1-14.
- 환경부(2005) 대기오염 측정망 기본계획(2006~2010).
- 환경부(2005) 대기오염 측정망 운영과학화 및 발전방향 모색을 위한 연찬회. pp. 3-81.
- 환경부(2010) 대기오염 측정망 설치·운영 지침.
- Air Quality Consults Ltd(2003) Review of air Quality monitoring in London.
- Chang N. B. and C. C. Tseng(1999) Optimal evaluation of expansion alternatives for existing air quality monitoring network by grey compromise programming. Journal of Environmental Management 56: 61-77.
- U.S. EPA(1998) SLAMS/NAMS/PAMS network review guidance.
- U.S. EPA(2004) The national ambient air monitoring strategy.
- U.S. EPA(2007) Ambient air monitoring network assessment guidance.

기본연구보고서 2012-11

대기오염 측정망 운영에 관한 기초연구

발행인 이 창 기

발행일 2012년 11월

발행처 대전발전연구원

302-846 대전광역시 서구 월평본1길 39(월평동160-20)

전화: 042-530-3515 팩스: 042-530-3575

홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

인쇄: ○○○○○○ TEL 042-○-○ FAX 042-○-○

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.