

대기오염측정망

서울시립대학교 동종인, 이원준

1. 정책수행시기

1973년을 시작으로 대기오염측정망을 설치·운영한 이후 현재 정부 및 지방자치단체에서 측정망을 운영하고 있다. 2014년 12월말 기준 환경부에서 운영하는 측정망은 148개소, 지자체에서 운영하는 측정망은 총 11개 종류의 대기오염측정망(도시대기, 도로변대기, 산성강하물, 국가배경농도, 교외대기, 대기중금속, 유해대기물질, 광화학대기오염물질, 지구대기, PM_{2.5}, 대기오염집중)이 전국 97개 시·군에 총 506개소가 설치·운영되고 있다¹⁾.

국내 대기오염측정망 설치·운영지침에 따르면 대기오염측정망은 크게 일반측정망과 집중측정망으로 구분되며 일반측정망은 총 10개 종류로 설치목적에 따라 일반대기오염측정망과 특수대기오염측정망으로 구분할 수 있다. 일반대기오염측정망에서는 SO₂, CO, NO_x, O₃, PM₁₀을 측정하며 운영주체 기준으로 국가측정망과 지자체측정망으로 구분된다.

1) 환경부, 2015, “대기환경연보 2014”

※ 운영주체 : 국 가

지자체

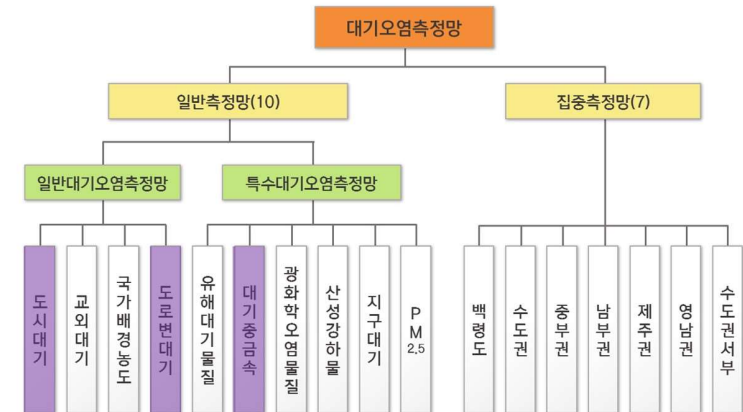


그림 1. 국내 대기오염측정망 분류

출처: 환경부, 대기오염측정망 설치·운영지침, 2011

서울시의 경우 1973년 4개소의 측정소를 시작으로 현재 총 45개의 측정소에서 총 65개의 대기오염 측정망이 운영되고 있다. 25개 자치구를 도심·동북·서북·서남·동남권 등 5개 권역으로 세분하여 대기오염도를 분석·관리하고 있으며, 1개 자치구에 최소 1개 이상의 측정망이 설치·운영되어 있다. 현재 6종류의 측정망 중에서 도시대기 측정망이 25개소로 가장 많고, 도로변 대기측정망 14개소, 광화학 측정망 10개소, 중금속 측정망 5개소, 산성강하물 측정망 10개소, 시정거리 측정망 1개소 순으로 설치되어 있다²⁾.

표 1. 서울시 대기오염측정망 운영 현황 (2015년)

구분	총계	도시대기	도로변	광화학	중금속	산성강하물	시정거리
계	65	25	14	10	5	10	1

출처: 서울특별시 대기관리과

2) 환경부, 2010, “2011~2015 대기오염측정망 운영계획”

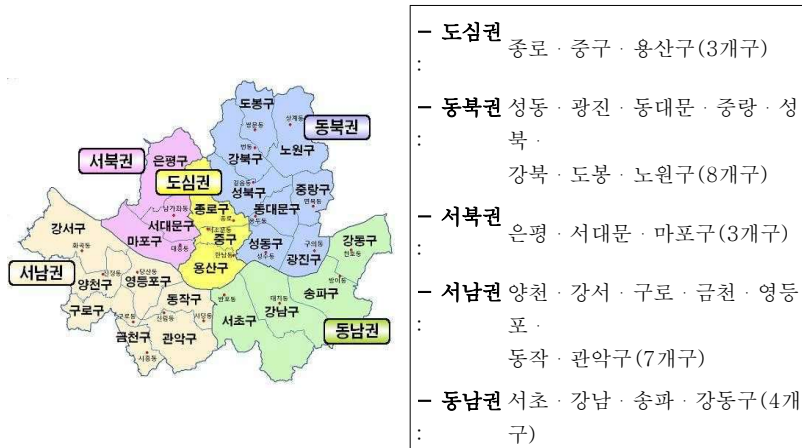


그림 2. 서울시 대기오염 측정망 분포 현황

서울시 대기오염측정망은 2008년까지 도시대기측정망 27개소, 청정측정망 2개소, 도로변측정망 9개소를 운영하였다. 그러나 북서 계절풍에 의한 중국의 영향과 수도권의 영향을 많이 받는 서울의 여건상 장거리 이동오염물질의 성분, 농도와 이동현황, 경계지점의 오염물질 현황, 도로변 대기오염물질의 현황 파악 및 관리를 위해 측정망을 재편하였다. 현재 서울시는 도시대기측정망을 구별 1개소씩 25개소로 위치하고, 장거리 이동오염물질 측정을 위한 관악산측정소 설치, 도시 고공의 현황을 파악하기 위한 남산측정소, 청정지역의 실태파악을 위한 북한산측정소 등 총 6개소의 배경측정망을 운영하고 있다. 이 밖에 도로변의 자동차에 의한 오염물질의 발생과 변화 등을 관리하기 위하여 자동차의 통행이 많은 간선도로 등에 12개소와 2011년부터 중앙차로와 자동차 전용차로에도 추가 설치하여 총 14개소의 도로변 대기오염측정소를 설치·운영하고 있다. 따라서 서울시는 전체적으로 대기오염 관리 모니터링을 위해 총 45개 측정소(도시대기 25개소, 배경 경계 6개소, 도로변 14개소)를 구축하고 있다³⁾.

3) 서울특별시 대기관리과 자료

표 2. 서울시 일반 및 특수 대기오염측정망 측정소 설치현황

구분	일반 및 특수 대기오염측정망 분류											
	일반 대기	중금속	VOC/ BTEX	산성우	수은	이온	EC/ OC	BC	PM-1	교통량	HC	UV
도시대기 측정소	25	4	7	8	4	3	3		4			
도로변대기 측정소	14		4				1	2		3	15	9
도시배경 측정소	6		1	1	1	1	1		4			
기타 (연구원)	1	1		1								
이동측정차 (6대)	1											1
계	47	5	12	10	5	4	5	2	8	3	15	10

대기오염측정소는 서울시 전역에 걸쳐 지역별 특성을 대표하는 지점에 설치되어 있고, 이들 측정소에서 대기질이 24시간 자동으로 측정, 온라인망을 통해 서울시 보건환경연구원으로 전송된 후 시 홈페이지를 통해 시민들에게 실시간으로 공개되도록 하고 있다. 측정값은 자료 검색과정 등을 거쳐 서울시 및 환경부로 보내져 관리되고 있으며, 이때 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여 통계 처리 대상기간 중 75% 이상의 측정치가 확보된 경우에만 유효한 통계자료로 활용하고 있다⁴⁾.

이처럼 서울시는 측정된 대기오염 자료를 통해 대기오염의 예보 및 경보, 대기질 평가, 대기질 개선 대책 마련 등에 활용하고 있으며 지속적으로 대기측정소 신설, 노후 측정장비 교체, 첨단 측정장비 확충 및 대기환경정보통합시스템 구축 등을 추진하여 최고의 신뢰수준을 갖춘 대기질 관리시스템을 구축 및 운영하고자 노력하고 있다⁵⁾.

4) 서울특별시, 2014, “2014년 서울 대기질 평가 보고서”

5) 성균관대학교, 2010, “미래지향적 대기환경정책을 위한 서울시 대기환경정책 우선순위분석”

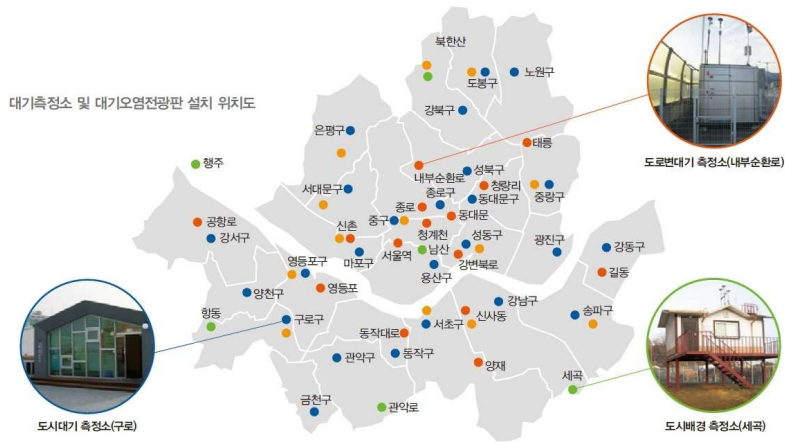


그림 3. 대기오염 측정소 위치

출처: 서울정책 아카이브

2. 정책 도입배경

한국은 1960년대 이후 급격한 산업화와 도시화를 이루어 경제적 발전을 이루어 왔으나 이와 더불어 도시지역 및 공업지역의 대기질은 악화되기 시작하였다. 특히 도시지역은 급격한 인구증가와 함께 난방연료 사용량의 증가, 자동차 도입의 증가 등으로 대기오염물질 배출량이 증가하고 공기중의 대기오염도는 점점 심각한 상황에 이르게 되었다.

당시 한국 대도시의 대기오염은 계속 악화되어 심각한 수준에 이르렀으며 이를 개선시키기 위한 각종 대책이 필요한 단계에 이르게 되었다. 1978년 환경보전법이 시행되고 1980년 환경청이 설치됨으로써 각종 대책이 강구되기 시작하였다.

이에 서울시는 대책으로 저유황유 및 청정연료의 공급 확대, 자동차 배출가스 정화장치 부착 등 여러 가지 저감정책을 수립·시행하여 대기질 개선에 나섰다. 그러나, 배출원에서 배출되는 1차 대기오염물질의 농도는 일반적인 대기환경기준을 초과하는 상황에 직면하게 되었다.

서울시의 대기질을 파악하고 오염도 경향을 분석하기 위해서 여러 지역에서 동시에 대기질측정이 필요하게 되었고, 이에 서울시는 대기오염 자동측정망을 설치하게 되었다. 도시의 대기질을 실시간으로 측정하여 주민들의 건강에 심각한 영향을 줄 우려가 있을 때 대기오염 알람시스템을 구축하여 시민 건강보호를 위한 예보·경보체제를 운영하게 되었다. 또한 대기오염 측정자료들은 대기오염 방지대책의 효과평가를 위한 자료의 분석, 환경기준 달성여부 판단을 위한 분석 및 대기예측모델의 정보제공, 대기오염 경향성 분석 등 여러 목적으로 사용 되고 있다⁶⁾.

현재 서울시 대기오염측정소는 서울시 전역에 걸쳐 지역별 특성을 대표하는 지점에 설치되어 있으며, 대기질을 24시간 자동으로 측정하여 온라인망을 통해 서울시 보건환경연구원으로 전송한 후 시 홈페이지를 통해 시민들에게 실시간으로 공개되도록 하고 있다. 또한 측정값은 자료 검색과정 등을 거쳐 서울시 및 환경부로 보내져 관리되고 있으며, 이때 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여 통계처리 대상기간 중 75% 이상의 측정치가 확보된 경우에만 유효한 통계자료로 활용하고 있다⁷⁾.

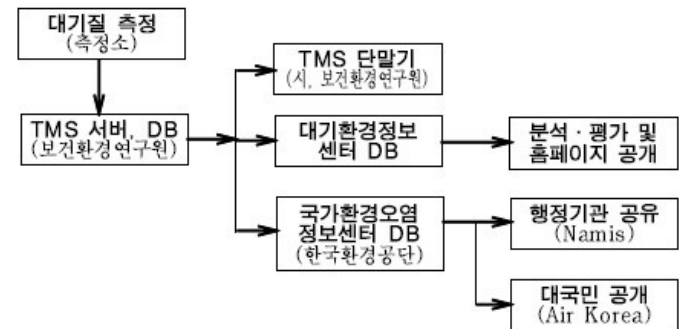


그림 4. 서울시 대기오염 측정자료 관리체계

3. 정책의 중요성

대기오염 상시감시의 목적은 종래의 환경기준 적합여부 판정과 일간·월간·계절별

6) 서울연구원, 1994, “대기질 측정방법의 효율화 방안”

7) 서울특별시, “2014 대기질 평가보고서”

변동 상황 그리고 장기적인 변동 상황을 파악하는 것이었다. 그러나, 최근 대기오염도 상시감시는 시민 건강보호를 위한 예·경보체계 운영은 물론이고, 환경보건계획, 환경영향평가, 도시계획, 토지이용계획, 교통계획 등 시책입안과 시책실시 후의 평가 등을 위한 중요한 기초자료로 이용되고 있다⁸⁾.

서울시는 1970년대 말부터 대기오염물질 감시를 목적으로 대기환경 기준물질의 농도 변화를 모니터링하기 위해 대기측정소를 설치·운영하였다. 1980년대에는 기준성 대기오염물질 관측에 반자동 측정기기를 주로 사용하였고, 1990년대 말부터는 반자동 측정소가 폐쇄되고 자동 측정기기를 주로 사용하고 있다.

1990년대에 들어 산성비, 오존, 광화학 스모그 등의 2차 대기오염물질이 새로운 대기오염의 문제로 부상함에 따라 기준성 대기오염물질 측정망과 특수목적 대기오염물질 측정망으로 구분하여 대기를 감시하는 “2000년대 대기오염측정망 기본계획”을 수립하였다. 그 후 5년 주기로 측정망 기본계획을 수정하여 새로운 대기오염 측정요구를 반영하고 있으며, 기준물질 이외에도 대기환경적으로 중요한 대기오염물질을 측정하는 측정망을 추가하여 대기질 모니터링 측정망 체계를 발전시키고 있다⁹⁾.

4. 정책 목표¹⁰⁾

서울시는 “2011~2015년 대기오염측정망 운영계획”을 통해 측정항목 및 측정소 규모에 따라 측정망의 운영체계를 조정하고, 이에 따라 체계적이고 효율적인 관리로 전환시키는 추진안을 계획하였다.

주요 추진 방향으로 일반대기, 특수대기오염측정망 및 종합대기측정소를 효과적으로 운영하기 위하여 대기오염 일반측정망을 무인으로 자동 운영하며, 종합대기측정소는 대상도시 대기질 감시를 효율적으로 수행하기 위해 측정항목이 2개 이상인 측정장비를 동일한 장소에 설치하여 운영하도록 하고 있다.

대기오염물질 집중측정소는 주요권역별 대기질 현황 파악은 물론 성분분석, 원인규명 등 심화측정과 연구기능을 통합하여 운영하도록 하고 있다.

8) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서 ”

9) 환경부, 2009, “대기오염측정망 기본계획 조정 및 제수립을 위한 조사연구”

10) 환경부, 2010, “2011~2015 대기오염측정망 운영계획”

또한, 서울시는 PM_{2.5}, 수은 등 인체유해성이 높은 대기오염물질에 대한 관리를 강화시키고 있다. 2015년 대기환경기준 항목에 포함된 PM_{2.5}의 환경기준 달성여부와 저감정책 방향결정을 위한 기초자료 확보를 위해 PM_{2.5}를 농도측정망과 성분측정망으로 구분해서 측정망을 확충시켰으며, 관리대책 수립이 필요한 수은 모니터링을 위해 기존 유해대기물질 측정망의 측정항목을 조정하였다. 서울시는 수은 측정장비를 2015년까지 총 4대를 설치하여 운영하고 있으며 유해 중금속 관리강화를 위해 중금속 측정망의 시료채취를 미세먼지로 전환시키고 비소, 베릴륨과 같은 측정항목을 추가시킨 바 있다.

5. 다른 정책과의 관련성

서울시에서는 관내에 설치 운영중인 대기오염측정망 측정 자료를 실시간으로 대기환경 정보전광판, 서울특별시대기환경정보(<http://cleanair.seoul.go.kr>), YTN weather, 모바일 서울 등 다양한 매체를 통하여 시민에게 제공함으로써, 시민의 건강보호 및 환경에 대한 의식을 고취하고, 환경관련 시정홍보와 환경감시 기능을 수행하고 있다¹¹⁾.



그림 5. 서울시 대기환경정보 서비스 홈페이지

11) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”

서울시 대기환경정보 서비스는 자치구별로 실시간 대기오염도를 지도상에 색깔로 표시하고 있으며, 측정소별·권역별·오염물질별·기간별로 구분하며 볼 수 있다.

대기오염 상태	좋음	보통	나쁨	매우나쁨
색	청	녹	황	적

또한 시민건강보호 및 생활환경의 피해를 최소화하기 위해 대기오염물질(미세먼지, 오존) 예보·경보에 활용되고 있으며, 대기오염도 판단자료와 함께 대기질 개선대책 수립에 필요한 기초자료로 활용되고 있다¹²⁾.

1) 미세먼지 예보·경보제

대기오염 측정망에서 얻어지는 대기오염도 자료는 시민들의 건강을 보호할 목적으로 대기오염 경보제와 대기오염 예보제에 연계되어 사용되어지고 있다. 미세먼지 예보는 사전에 고농도의 위험성을 예측하여 시민들에게 알려주는 것이며, 경보는 실시간으로 대기오염 수준이 위험수준에 도달하면 시민들에게 신속히 전파하는 체계로, 대기오염으로부터 시민들, 특히 호흡기 질환자, 어린이, 노약자 등 대기오염 노출에 민감한 계층을 보호하기 위해 실시하는 제도이다.

미세먼지 예보·경보제는 자동차의 급격한 증가, 중국 고농도의 미세먼지 유입 등에 따른 대비책을 바탕으로 고농도시 시민들에게 대응요령을 신속히 전파하고 대중교통 이용 및 배출업소의 작업단축 권고등을 통해 오염도 저감활동에 시민동참을 유도하기 위해 추진하게 되었다.

대기오염 예보는 좋음, 보통, 약간나쁨, 나쁨, 매우나쁨 5단계 등급으로 구분하여 전일(18시) 및 당일(07시)에 예보를 제공한다.

12) 서울지정개발연구원, 2008, “교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구”

표 3. 한국의 미세먼지 예보제 내용 및 시민 행동요령

구분		미세먼지 농도별 예보등급 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
		좋음	보통	약간 나쁨	나쁨	매우나쁨
예보 물질	PM ₁₀	0~30	31~80	81~120	121~200	201 이상
	PM _{2.5}	0~15	16~50	51~75	76~100	101 이상
행동 요령	민감군	-	몸상태에 따라 유의하여 활동	장시간 무리한 실외활동 자제	무리한 실외활동 자제 (호흡기, 심질환자, 노약자)	실외활동 제한
	일반인	-	-	-	장시간 무리한 실외활동 자제	실외활동 자제

*미세먼지 환경기준 PM₁₀ : 24시간 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 연간 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{2.5} : 24시간 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 연간 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

*민감군 : 어린이, 노인, 천식같은 폐질환 및 심장질환을 앓고 있는 어른

'약간 나쁨' 이상으로 예보된 때에는 병원, 노인정 등에 알리면서 노인, 어린이, 호흡기질환자 등에게 외출, 운동 등을 자제토록 홍보하고, '나쁨' 이상으로 예보된 경우에는 시민들에게 차량 운행 자제, 미세먼지 배출사업장의 작업시간 조정 등을 권고하며, '매우 나쁨' 이상으로 예보된 때에는 어린이와 학생들의 건강보호를 위해 실외수업 금지, 수업 단축, 휴교 등의 조치를 취하도록 교육청장에게 권고하게 된다.

표 4. 한국의 미세먼지 경보제 내용

대상물질	경보단계	발령기준	해제기준
PM ₁₀	주의보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기 자동측정소 PM ₁₀ 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	주의보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM ₁₀ 시간당 평균농도가 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때
	경보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기 자동측정소 PM ₁₀ 시간당 평균농도가 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	경보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM ₁₀ 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때는 주의보로 전환
PM _{2.5}	주의보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기 자동측정소 PM _{2.5} 시간당 평균농도가 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	주의보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM _{2.5} 시간당 평균농도가 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때
	경보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기 자동측정소 PM _{2.5} 시간당 평균농도가 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	경보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM _{2.5} 시간당 평균농도가 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때는 주의보로 전환

실시간으로 대기오염측정망의 농도가 일정기준 이상일 때에는 주의보와 경보를 발령하여 외출 자제, 학교 실외수업 자제, 휴교 등을 권고하고 차량운행 자제, 먼지발생사업장 공사중지, 도로 물청소 등을 실시하고 있다.



그림 6. 서울시 미세먼지 예·경보사항 전파체계

서울시는 미세먼지 예보가 ‘나쁨’ 또는 ‘매우나쁨’ 인 경우, 어린이와 노인, 호흡기 질환자 등은 외출을 자제하도록 권고하고 있다. 불가피하게 외출할 때에는 보건용마스크를 착용하도록 하며, 장시간 외출할 때에는 모바일 앱 ‘우리동네 대기질’ 등을 통해 수시로 미세먼지 상태를 확인하여 대처하기를 시민들에게 홍보하고 있다. 아울러 대기오염물질로 인한 미세먼지 생성을 줄이기 위하여 가급적 버스, 지하철 등 대중교통을 이용하기를 권고하고 있다.

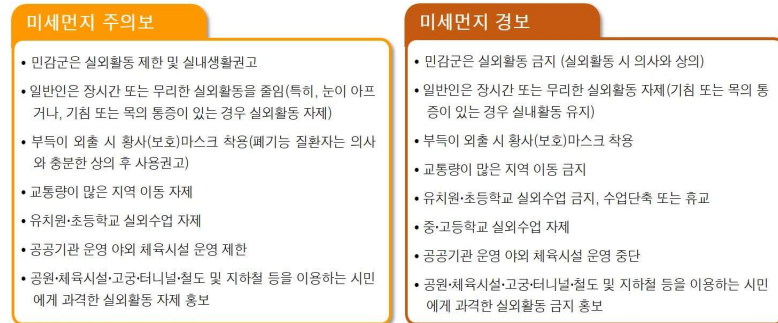


그림 7. 서울시의 미세먼지 주의보, 경보 시 시민 행동요령

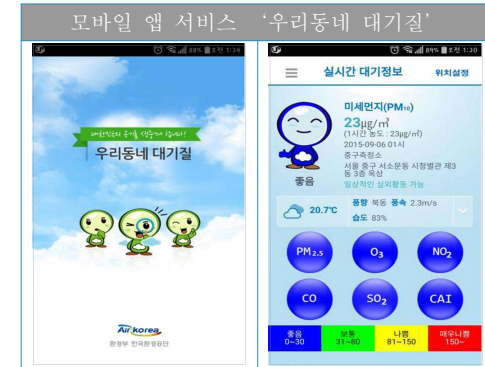


그림 8. 우리동네 대기질 모바일 앱

미세먼지 예보 등급상 나쁨(81 µg/m³) 이상인 경우에는 <그림 9>에 나타난 바와 같이 행동수칙에 따르기를 권고하고 있다.



그림 9. 고농도 미세먼지 발생 시 시민 건강수칙

2) 도심열이미지 웹(web) 표출¹³⁾

2009년 2월부터 종로구 대기오염측정소에서 열화상카메라로 서울시내 도심온도를 실시간 측정하기 시작하였다. 측정된 도심 열 이미지는 서울특별시대기환경정보(<http://cleanair.seoul.go.kr>)를 통해 시민들에게 공개하고 있다. 종로구 대기오염 측정소를 중심으로 총 다섯 방향(남산, 동대문, 중각, 경복궁, 북한산 방향)의 온도를 매 10분 간격으로 측정한다. 결과는 흰색부터 파란 색깔 영역으로 이미지화됨에 따라 한눈에 온도의 높고 낮음을 파악할 수 있다.

서울과 같은 대도시는 도심열섬현상으로 인해 주변지역보다 온도가 높게 나타난다. 이러한 현상은 건물 표면온도가 최고 59°C까지 상승되었으며(2014년 8월 8일), 최고 기온인 30.3°C와는 약 30°C 차이가 난다. 이러한 도심열섬현상은 건축물, 포

13) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”

장도로 등으로 인한 지표면 열수지의 변화, 자동차 증가 및 연료소비에 따른 인공 열, 대기오염물질의 배출량 증가, 도시를 덮고 있는 대기오염물질에 의한 온실효과, 그리고 고층빌딩이 늘어남에 따라 바람길이 막혀 환기가 어렵기 때문에 일어나게 된다.

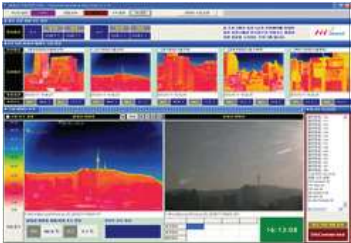


그림 10. 도심열이미지 표시 상황



그림 11. 종로구측정소 열화상카메라

3) 서울시 오존 예·경보제 운영¹⁴⁾

서울시에서는 한국 최초로 1995년 5월 1일 부터 오존경보제를 시작한 이래 매년 5월 1일부터 9월 15일까지 오존 오염도가 환경기준을 초과할 경우 인체 및 생활환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 오존 예보·경보제를 시행하고 있다. 오존 예보방법은 전일예보는 오후 6시에 문자전송 및 기후대기 환경정보 홈페이지에 전송하며, 당일예보는 오전 9시에 동일하게 전송한다.

14) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”

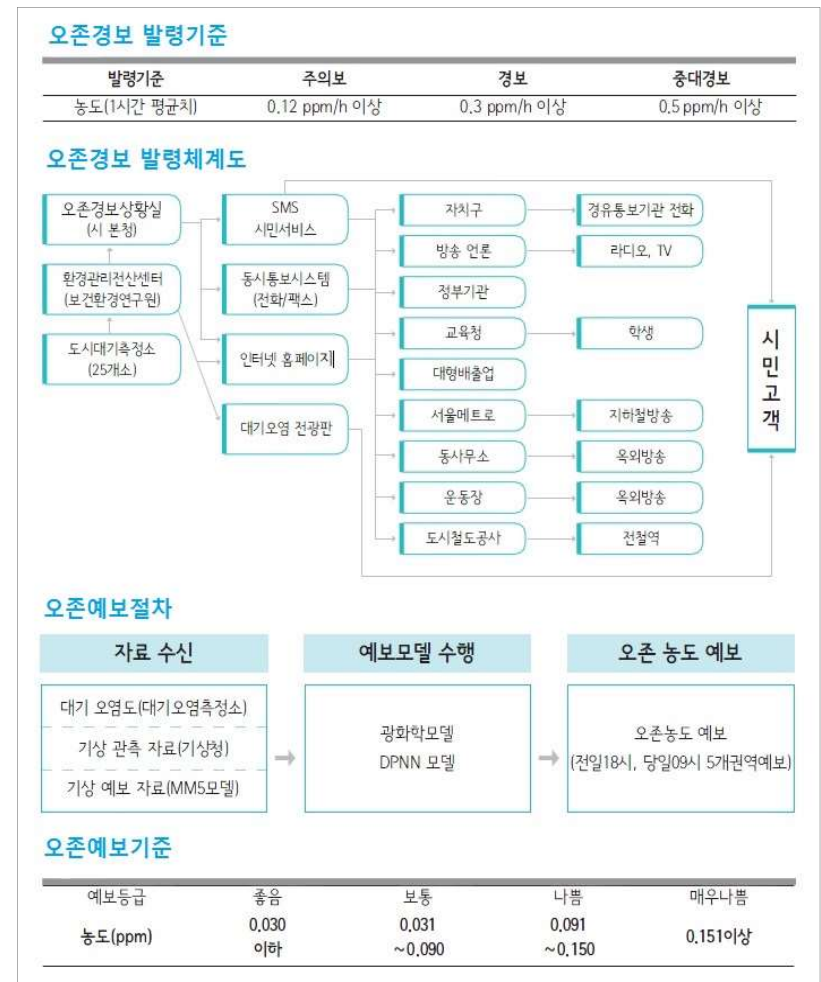


그림 12. 서울시 오존 예보·경보 기준 및 운영체계

오존 예보·경보는 2011년부터 도심권을 추가하여 서울시를 도심, 동북, 서북, 서남, 동남의 5개 권역으로 구분하여 시행하고 있으며, 오존주의보 발령 시 대기환경정보전광판 및 서울시 관내에 설치된 상업용 전광판과 방송매체 그리고 인터넷을 통하여 실시간으로 시민에게 안내하며, 노약자의 실외활동 자제와 대중교통이용을 권고하고 있다.

4) 대기환경정보 전광판(13개소)¹⁵⁾

서울시에서는 1992년 12월 반포와 성수 대기환경정보 전광판을 설치운영하고, 1993년 5월 환경부에서 설치 운영하던 시청 및 문래 대기환경정보 전광판을 이관받아 운영하고 있다. 대기환경정보 전광판은 대기오염 자동측정망의 자료를 활용하여 해당지역 대기질정보를 실시간으로 다양한 표출방식에 의해 전광판에 표출함으로써 시민 건강보호 및 환경에 대한 의식을 고취하며, 환경관련 시정홍보와 더불어 환경감시 기능을 수행하고 있다.

전광판 표출내용은 대기환경기준 지정물질[아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃), 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5}), 일산화탄소(CO)]의 현재 시간농도와 환경 관련 홍보 문안, 오존경보 및 미세먼지경보 발령 시 오염단계별 시민 행동요령 등을 주기적으로 표출하고 있다.



그림 13. 대기환경정보 전광판 표출 사례

5) 남산서울타워 불빛 미세먼지알림 서비스

서울시는 대기오염 정보를 시민들에게 쉽고 빠르게 알리기 위해 남산서울타워의 불빛으로 오염도를 표시하고 있다. 2011년 5월부터 시행을 시작하여 일몰 후부터 오후 10시까지(4~9월 오후 11시까지) 대기질이 좋은 날에는 푸른 조명, 나쁜 날에는 붉은 조명이 켜지며 서울 공기상태에 따라 다른 빛을 나타낸다. 최근 서울시는 2018년까지 초미세먼지 20% 감축목표를 시행하면서 2015년 2월부터 ‘대기질 좋은 날’의 기준을 PM₁₀에서 PM_{2.5}로 변경하였다.

15) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”



그림 14. 조명 색깔로 미세먼지를 알리는 남산서울타워



그림 15. 서울남산타워 조명 색깔별 미세먼지 4단계

6. 주 정책내용^{16),17)}

1990년 말 이후 서울시의 측정망은 2차례 기본계획(환경부 대기오염측정망 운영계획)과 이후 추가적 운영계획까지 3차례 계획과 더불어 꾸준히 질적 개선을 모색하고 있다. 체계가 정비되는 과정에서 측정소수가 크게 증가하여 1973년 4개소의 측정소를 시작으로 2015년 현재 총 45개의 측정소로 증가되었다.

1) 도시대기 측정망

도시대기 측정망은 대기질 개선 및 환경시책에 활용할 목적으로 인구밀집 지역의

16) 서울특별시, 2014, “2014년 서울 대기질 평가 보고서”

17) 서울정책 아카이브, 2015, “대기오염 측정망 관리: 시민의 건강을 지키기 위한 실시간 대기질 측정 시스템 구축

대기오염도 및 환경 기준 달성 여부를 파악해 운영하는 측정망으로써 서울에 25개의 측정소가 있으며, 각 도시대기 측정소에서 SO₂, CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, 풍향, 풍속, 온도, 습도 등의 총 10개의 기본 항목을 측정하고 있다.

대기오염측정망 설치·운영지침(2006)에 따르면, 도시대기측정망은 “주요 배출원의 직접적인 영향을 받지 않으면서 그 지역의 평균대기질 농도를 파악할 수 있는 장소”에 설치하기로 되어 있다. 측정소는 원칙적으로 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 없고 그 지역의 오염도를 대표할 수 있는 곳을 선정한다. 측정소 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 있는 경우에는 시료 채취구의 위치로부터 장애물까지의 거리가 그 장애물 높이의 2배 이상 또는 시료채취구의 위치와 장애물 상단을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도가 30° 이하 되는 곳에 시료 채취구를 설치한다. 주위에 건물 등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우에는 건물 바깥벽으로부터 적어도 1.5 m 이상 떨어진 곳에 시료 채취구를 설치한다. 시료채취구의 높이는 지상 1.5~10 m 이내의 높이에서 해당지역의 대푯값을 얻을 수 있는 높이에 설치한다¹⁸⁾.

서울의 도시대기 측정망은 TM좌표법에 따라 가로, 세로 약 5km 간격으로 서울시 전역에 걸쳐 설치되어 있으며, 대부분 대도시의 주요 대기오염물질 배출원인 이동오염원(차량)에 직접적으로 측정에 영향을 미치지 않도록 주요 도로에서 어느 정도의 거리를 유지한 지점에 위치하고 있으며, 일반적으로 동사무소와 관공서의 옥상에 설치되어 있다¹⁹⁾.

18) 환경부 국립환경과학원, 2016, “대기오염측정망 운영계획 (2016~2020)”
19) 서울지정개발연구원, 2008, “교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구”



그림 16. 도시대기 측정망 위치

2) 도로변대기 측정망²⁰⁾

도로변 대기측정소는 서울시 내 주요 도로 중에서 교통량이 가장 많고 도로변의 자동차 배기가스 배출특성을 모니터링 할 수 있는 지점에 설치되어 있으며, 현재 총 14개소의 측정망이 설치되어 있다. 서울시 소재 14개 측정망은 자동측정기기를 통해 도로변 대기 환경오염물질을 측정하며 측정된 자료를 토대로 도로변 대기오염도 및 환경 영향을 평가하여 서울시의 도로변 대기질 환경관리의 주요 정책 자료로 활용하고 있다. 측정소는 일반도로변에 10개소, 자동차전용도로변에 2개소, 도로 중앙에 2개소가 위치해있다.

도로변 측정소의 측정항목은 아황산가스 등 17~20개 항목으로, 대기오염물질 13개 항목(NO, NO₂, NO_x, O₃, CO, CH₄, n-CH₄, THC, SO₂, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, EC/OC), 기상인자 6개항목(풍향, 풍속, 온도, 습도, 자외선량, 태양광선량)과 교통량을 측정하고, 측정자료는 실시간으로 서울시 보건환경연구원 전산제어센터, 서울시청 기후환경본부, 환경부 국립환경과학원 및 경인지방환경청으로 전송하고 있다.

20) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”



그림 17. 일반 도로변 측정소 그림 18. 자동차 전용도로 측정소 그림 19. 도로중앙 측정소

3) 중금속 측정망

중금속 측정망은 대기 중 입자상의 물질에 포함된 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr) 등의 중금속 농도를 파악해 환경에 미치는 영향을 평가하거나 유해 중금속 등에 대한 대책을 수립할 때 기초자료로 활용하고자 운영하고 있다.

그중 수은은 구로·방이·노원·한남 측정소에서 자동측정기를 이용해 24시간 연속 측정을 하고 있다. 대기 중 중금속은 인위적 또는 자연적인 다양한 배출원으로 부터 배출되고 있는데, 대부분은 분진에 흡착된 상태로 대기 중에 체류하고 있으며 미량으로도 인체에 해를 끼칠 우려가 있다.

시료는 매월 둘째주(24시간 주기)에, 황사 기간에는 매일 채취해 측정하고 있다. 시료 채취에는 고용량 공기포집기(High Volume Air Sampler)를 사용하고 있으며, 2013월 1월부터 시료채취방법을 TSP에서 PM10으로 변경하여 운영하고 있다. 그리고 정기조사 시에는 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 망간(Mn), 철(Fe), 니켈(Ni), 비소(As), 베릴륨(Be) 등 총 19종을 대상으로, 황사 기간 중에는 정기조사 대상 종목에 알루미늄(Al), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg)을 추가해 총 12개 종목을 측정하고 있다. 분석 방법으로는 유도결합 플라즈마 발광광도법을 사용하고 있다.

4) 수은 측정망

수은은 상온에서 유일한 액체 금속으로 토양, 물, 대기 등 다매체 거동을 통하여 생태계에 축적되고 있다. 특히, 대기는 그 중 가장 중요한 이동매체이다. 대기 중 수은은 98% 이상이 가스상 수은의 형태로 전 지구적 규모의 순환을 하며, 침적 및 화학반응을 통하여 생태계에 유입되기 때문에 이의 실시간 모니터링은 중요하다. 서울시는 4개의 측정소에서 대기 중 수은을 실시간으로 모니터링 하여 관련정책의 기초자료로 활용하고 있다.



그림 20. 대기중 수은 측정망 위치 현황

5) 산성강하물 측정망

산성강하물(acid deposition)은 대기 중에서 지표로 침강되는 산성물질을 총칭한다. 산성강하물은 습성강하물(wet deposition)과 건성강하물(dry deposition)로 나뉘는데 습성강하물은 산성비, 눈, 안개 등이 있고 건성강하물은 입자물질인 PM2.5, 가스물질인 NO2 및 이온물질인 SO4²⁻ 등의 에어로졸 상태로 중력에 의해 침강하거나 지상으로 강하한 것을 말한다.

습성강하물의 대표적인 형태가 산성비이며 빗물의 pH가 5.6 미만인 경우를 말한다. 산성비는 대기 중에 방출된 황산화물, 질소산화물 등이 반응해 생성되며, 넓은 지역에도 영향을 미칠 수 있어 장거리이동 오염물질로 분류된다. 산성비는 그 산화성으로 건물, 교량 등을 부식시키고 장시간 노출될 경우, 어린이 등 노약자에게는 피부질환 등을 일으킨다. 또 식물의 수분 흡수를 억제하고 토양에서 유기물이 분해

되는 것을 방해하면서 수질을 오염시키는 등 생태계에도 손상을 입힌다.

서울시는 1985년부터 현재까지 산성강하물의 지속적인 모니터링을 위해 10개소의 산성강하물 측정망을 운영하고 있으며 강수의 산성도 지표인 pH와 산성도 결정에 주요 원인물질인 이온성분을 분석하여 시책자료로 활용하고 있다. 현재 <그림 16>과 같이 녹지지역인 북한산과 방이를 제외한 8개소는 주거지역에 설치되어 있으며 북한산은 서울시 경계의 배경측정소로 운영하고 있다²¹⁾.



그림 21. 서울시 산성비 측정소 위치

6) 광화학 오염물질 측정망

서울을 비롯해 인구밀도가 높고 교통량이 많은 대도시는 대기 중 오존이나 이산화질소 등의 농도가 매우 높다. 대부분의 지표상 오존은 질소산화물과 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)의 광화학반응에 의해 생성되므로 오존 농도 관리를 위해서는 이산화질소와 전구물질(precursor)인 휘발성 유기화합물의 제어가 매우 중요하다. 다양한 오염원으로부터 배출되는 휘발성 유기화합물은 광화학 반응에 의해 2차 에어로졸을 생성할 뿐만 아니라 오존농도를 증가시켜 고농도 오존사례와 오존주의보 발령 횟수를 증가시키고 있다.

이러한 필요성에 따라 서울시에서는 측정소 10개소를 광화학 측정망으로 구성해

21) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”

매시간 측정함으로써, 오존 생성의 원인이 되면서 인체에 유해한 휘발성 유기화합물의 발생 상황을 감시하고 효과적인 대응책을 마련해나가기 위한 기초자료로 활용하고 있다.

현재 VOCS 측정망 5지점(강서, 광진, 구로, 종로, 북한산)과 BTEX 측정망 5지점(송파, 중랑, 동작, 행주, 세곡)을 설치하여 지속적인 모니터링을 수행하고 있다²²⁾.



그림 22. 서울시 광화학오염물질 측정망 위치

7) 도시배경 측정망

북한산측정소는 오염물질 배출원의 영향이 작은 청정한 지역에 위치하고 있어 서울의 도시 대기질과 비교하는 곳으로 활용되고 있다. 북한산 지점의 2014년 연평균 오염도는 도시대기에 비해 오존을 제외한 모든 항목에서 매우 낮게 나타나고 있다. 그런데 청정지역에서의 O3 농도가 도시지역에 비해 높게 나타나는 원인은 주로 대기의 햇빛 투과율이 높아 도시지역에 비해 일사량이 많음에 따라 O3의 소멸에 관여하는 NO 대비 O3 생성에 관여하는 NO2의 비율(NO2/NO)이 크기 때문에 O3의 평형농도가 높아지는 것으로 평가되고 있다.

22) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”

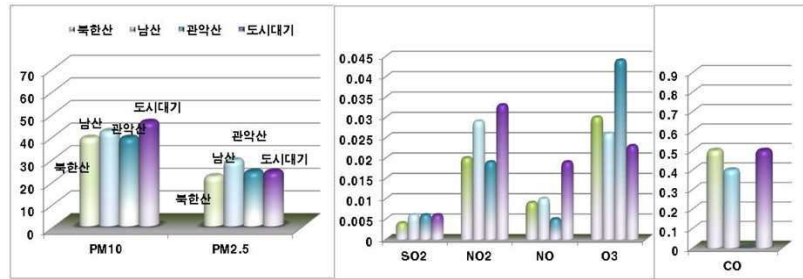


그림 23. 측정방법별 대기오염도 비교 (2014년 기준)

7. 기술적 내용

대기오염 측정망의 주요 측정 항목은 SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} 등의 오염물질과 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 자외선량 등의 기상 요소들이다. 측정 방법은 1시간 간격으로 연속 자동 측정을 실시하되 측정 항목별로 아황산가스(SO₂)의 경우 자외선형광법, 일산화탄소는 비분산적 외선분석법, 오존은 자외선광도법, 미세먼지는 중량법을 적용하고 있다. 이들 자료는 대기오염 평가 및 대기질 개선대책 수립 등에 활용되고 있다.



그림 24. 대기측정자료 수집 및 전송체계

출처 : <http://env.seoul.go.kr>



그림 25. 대기측정소 내의 분석장비 사례

출처 : 서울시정개발연구원. 2008. “교통-대기질 연계데이터 구축 및 관리 활용방안 연구”

대기오염 측정지점 결정방법으로는 측정대상지역내의 인구분포와 밀도를 고려하여 산정하는 인구비례에 의한 방법, 지도상에 2~3 km 간격으로 가로세로 격자를 만든 후 구획별로 산정하는 TM(Transverse Mercator) 좌표에 의한 방법, 특정지역의 대표지점을 중심으로 한 동심원과 방위별 직선을 이용하여 만나는 점을 측정점으로 산정하는 중심점에 의한 동심원을 이용하는 방법, 그리고 대상지역의 오염정도에 따라 공식을 이용하는 방법이 있다.

서울시는 측정망 운영의 정확도를 제고하고, 효율적인 측정망 운영에 기여하기 위해 대상지역의 기상여건, 인구분포, 측정소간 거리 등 측정망 배치의 효율성을 고려하여 그 지역의 대표치를 얻을 수 있다고 판단되는 장소를 우선순위로 설정하여 장비의 운영, 수리 및 접근이 용이한 곳에 측정소를 설치하여 운영하고 있다. 또한 측정소 내 관련 시설들은 상호간의 간섭영향을 최소화하기 위해 적절히 떨어진 곳에 배치하여 운영하고 있다.

측정소의 기존 설치장소 위치가 적정하지 않다고 판단하였거나 설치장소 건물을 철거하는 경우, 측정소의 위치를 이전하게 되는데, 이전 위치는 기존 측정소에서 가장 가까운 거리 내에 측정소를 선정하여 대기오염측정망 평가단의 의견을 고려하여 변경측정지점을 결정하여 설치하고 있다.

8. 정책효과

서울시는 대기질 측정 시스템의 구축으로 미세먼지, 초미세먼지, 이산화질소 등 항목별로 대기질 추세를 파악하고, 원인 분석 등 대기질 개선 대책을 마련하는 데 필요한 기초자료 확보가 가능해졌다. 측정된 자료를 기반으로 미세먼지, 황사, 오존 예경보제를 시행함으로써 대기오염으로부터 시민의 건강을 보호하고 있으며, 자동 측정된 대기오염 측정치를 대기환경정보 홈페이지나 모바일 웹을 통해 실시간으로 제공하여 행정의 투명성을 높이고, 시민의 알 권리를 충족시키고 있다²³⁾.

서울시에서는 미세먼지 예보 및 경보에 관한 조례에 따라 2005년 2월부터 미세먼지 예보·경보제가 운영되고 있다. 또한 2013년 10월부터 초미세먼지(PM2.5) 경보제를 추가적으로 실시하여 시민의 건강보호에 기여하고 있다.

2014년도 미세먼지 예보 적중률은 70.5%로 전일예보 적중률은 68.5%, 당일예보 적중률은 72.6%을 보이며 높은 적중률을 보이고 있다. 미세먼지예보는 지자체, 경찰청, 교육청 등 유관기관과 문자메시지(SMS) 수신을 원하는 시민고객에게 제공하고 있다. 2014년도에 미세먼지주의보는 2회, 초미세먼지 주의보는 6회, 주의보(예비)는 14회 발령되었다²⁴⁾.

9. 주요 장애요소 / 장애 극복방법

국내에 설치되어 있는 대기오염측정망은 국내 대기오염 정도를 파악하고 대기환경 개선계획을 수립하는데 크게 기여하고 있다. 서울시에 설치되어 있는 대기오염측정망은 상대적으로 더욱 조밀하게 설치되어 있고 전체적 대기오염 정책의 평가와 장래 계획 수립에 중요한 역할을 하고 있다.

서울시의 대도시적 특성으로 인해 대기오염측정망의 설치위치 확보에 여러 가지 장애요인이 존재하고 있다. 주로 공공기관이나 학교등의 옥상에 설치되어 있어 지역 대기질을 대표적으로 반영하고 있으나 하는 문제는 상존하고 있다. 아직까지 대규모 아파트 및 상업건물에 방해를 받는 측정소가 일부 존재하고 있다.

23) 서울정책아카이브, 2015, “대기오염 측정망 관리: 시민의 건강을 지키기 위한 실시간 대기질 측정 시스템 구축”

24) 서울특별시, 2015, “2014 보건환경백서”

이에 대하여 지속적으로 대체 측정위치를 개발하여 이동측정차량 등을 이용하여 일정기간 대기질을 모니터링하고 신뢰성이 확보되는 경우 측정소를 이동시키는 방안을 신중하게 검토하게 된다.

또한, 인체건강에 미치는 영향을 고려하여 저농도이지만 발암성 등 위해성이 있는 대기오염물질에 대하여 확대 측정하기 위하여 노력하고 있다. 향후 측정소의 측정 신뢰성 향상과 함께 시민들의 건강에 미치는 영향을 정확하게 평가하기 위하여 다양한 측정항목 확보를 위하여 지속적인 정책수립 및 적용노력을 하고 있다.