

심포지움 3) 지자체별 시행계획 및 목표 대기질 달성여부 평가 방안

Evaluation of Implementation Plans and Air Quality Attainment

선 우 영

건국대학교 환경공학과

1. 서 론

수도권지역의 대기질을 개선하기 위해 정부에서는 지난 20여 년 동안 다양한 정책을 시행하였으며, 그 결과 SO₂와 Pb와 같은 오염물질들은 눈에 띄게 개선이 되었다. 하지만 그 외 PM₁₀, NO₂, O₃ 등과 같은 오염물질은 계속되는 인구집중과 자동차의 증가 등의 영향으로 인해 개선되지 않거나 악화되었으며, 수도권 지역의 대기질은 OECD 회원국의 주요 도시 중 최하위 수준을 보이고 있다. 이에 정부에서는 기존의 대기질 개선정책으로는 더 이상 수도권 지역의 대기질 개선을 기대할 수 없다고 판단하여 “수도권 대기환경 개선 특별대책(이하 특별대책)”의 일환으로 “수도권 대기환경개선에 관한 특별법(이하 수도권 특별법)”을 제정하여 추진하게 되었다. 특별법에서는 수도권지역의 대기환경개선을 위하여 환경부장관은 10년마다 수도권대기환경관리기본계획을 수립하여야 하고, 각 지자체의 장은 당해 관할구역에서 기본계획의 시행을 위한 세부계획(이하 시행계획)을 수립하여 환경부장관의 승인을 얻어야 한다고 명시하고 있다(수도권 특별법 제8조 및 제9조). 이에 환경부에서는 2014년까지 수도권지역의 대기 중 PM₁₀을 40 μ g/m³(서울 및 수도권 전지역), NO₂를 22ppb(서울지역), 21ppb(전체지역)로 개선시키는 것을 목표로 제작차 배출허용기준 강화, 저공해 자동차의 보급, 운행 자동차 관리 등과 같은 자동차 관리 대책, 대형사업장 총량관리 및 중·소 사업장 관리 등과 같은 사업장 관리대책, 환경친화적 에너지·도시 관리와 같은 내용을 중심으로 한 “수도권 대기환경관리 기본계획(2005. 11. 4; 이하 기본계획)”을 수립하였다. 또한 이를 기초로 지자체 시행계획의 수립이 현재 각 지자체별로 진행되고 있다.

앞에서 기술한 것처럼 기본계획에서는 2014년까지 달성하고자 하는 목표 대기질을 설정하고, 그 목표를 달성하기 위한 각종 대책을 내세우고 있다. 하지만 목표의 달성여부는 이를 평가하는 기준인 공간적·시간적 지표의 통계 특성상 그 결과가 크게 달라 질 수 있다. 따라서 목표 대기질의 달성 여부를 평가하는 객관적이고 과학적인 지표의 마련에 대한 연구가 필요하다. 또한, 수도권 특별법의 추진이 성공적으로 이뤄지기 위해서는 근본적으로 지자체별 시행계획의 차질 없는 이행이 필요하고, 그에 앞서 시행계획의 수립 및 확정 단계에서 이것의 타당성, 실현가능성 등에 대한 과학적 평가와 해당 지자체의 사회적·환경적 특성이 고려되어 있는지에 대한 평가가 요구된다. 따라서 지자체별 시행계획을 체계적이고, 과학적으로 평가할 수 있는 방법론이 마련되어야 한다. 이에 본 연구에서는 목표 대기질 달성여부 평가 방안 및 지자체별 시행계획의 평가 방안을 마련하기 위하여 선진국의 각종 사례들을 조사하고, 이를 우리나라에 적용하는 것에 대한 타당성을 검토하고자 하였다.

2. 목표 대기질 평가지표 마련

수도권지역의 목표대기질 달성 여부 판단을 위한 지표를 마련하기 위해서는 1) 예외상황의 설정, 2) 연평균을 사용할 것인지 아니면 월(계절) 평균을 사용할 것인지, 3) 모든 측정소의 측정데이터를 사용할 것인지 아니면 일부 대표 측정소의 측정데이터를 사용할 것인지, 4) 측정소가 없는 지역에 대해서는 어떠한 방법으로 판단을 할 것인지에 대한 고려가 필요하다. 또한 이와 더불어 수도권지역의 배경농도에 대한 고려와 대기질 관리권역 내에 존재하는 자동측정망이 지역 대기질을 대표하는지에 대한 내용이 고려되어야 한다.

2.1 PM₁₀의 대기질 평가지표 제안

미국의 PM₁₀ 대기환경기준은 연평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24시간 평균 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 그 달성여부를 판단하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 연평균 PM₁₀ 농도 산정은 24시간 측정치의 평균을 구하여 분기별(3개월) 평균을 확보한 다음 각 분기별의 평균을 구하여 연간 평균값을 산정한다. 그 후, 3년간의 연평균을 구하여 이 농도가 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 만족할 경우 환경기준 달성지역으로 구분하게 된다. 24시간 PM₁₀ 농도 산정은 연간농도기준 산정과 동일하나, 99 percentile의 개념을 적용하여 24시간 농도의 99 percentile의 3년 평균치로 계산한다. 이러한 각 기준을 만족하게 되면 그 지역은 달성지역으로 분류하게 되고 만족하지 못하게 되면 미달성지역으로 구분하게 된다. 또한 미국 EPA에서는 특정지역이 화산폭발 및 지진활동, wildland fire, high wind 등의 자연현상으로 인한 고농도 사례와 건물의 보수 및 도로 건설 등과 같이 일상적으로 발생되지 않는 현상에 의해 발생한 고농도 사례 때문에 기준을 초과할 경우 기준 달성여부를 판단할 때 해당 내용을 고려하여 판단한다.

우리나라의 경우 PM₁₀의 목표대기질 달성여부 판단 시, 황사로 인해 다소 영향을 받을 것으로 판단된다. 이를 확인하기 위하여 수도권 지역의 서부지역 및 동부지역의 일부 지역대기측정소를 선정하여 2001년부터 2005년까지의 데이터를 이용하여 황사를 제외한 경우와 제외하지 않은 경우의 연평균을 비교하였다(그림 1 참조). 이를 살펴보면 수도권의 동부지역 측정소에도 서부지역과 마찬가지로 황사기간 제외 전·후의 연평균 농도에 차이가 있는 것으로 보아 황사가 수도권 전 지역에 영향을 미친다고 판단할 수 있다. 또한 황사기간 제외 전·후의 연평균 농도차를 살펴보면 측정소에 따라 그 차이가 다르게 나타나지만 크게 약 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었으며, 수도권 동부지역의 경우 현재 PM₁₀의 대기환경기준인 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균)를 적용하여 달성여부를 판단할 때 2001년, 2002년과 같이 황사현상을 제외한 경우에는 대기질을 달성한 것으로 나타난 지역이 황사현상을 포함하였을 경우 미달성 지역으로 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 PM₁₀의 목표대기질 달성여부를 평가할 때에는 황사기간을 제외하여 평가를 하는 것이 타당한 것으로 사료된다.

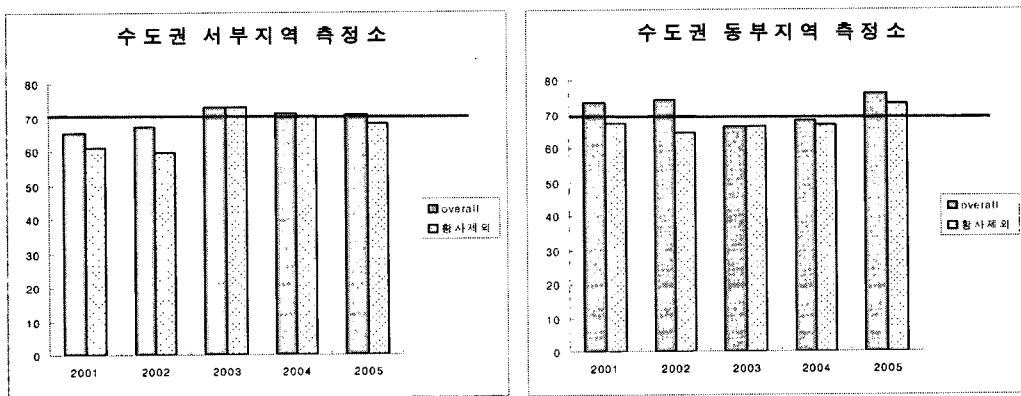


Fig. 1. PM₁₀ annual avg. for western and eastern SMA of overall data and that with Asian Dust events removed.

2.2 수도권지역 배경농도 제안

수도권지역의 목표대기질의 달성여부를 판단하기 위해서는 수도권지역의 외부로부터 받는 영향인 배경농도에 대한 정보를 알아야 한다. 이에 본 연구에서는 수도권지역의 배경농도를 추정하기 위하여 수도권지역의 배경 측정소인 석모리, 포천, 이천 측정소의 2002년 1월 1일부터(포천의 경우 2004년 4월 1일부터) 2005년 6월 1일까지의 PM₁₀, NO₂의 농도를 분석하였다. 표 1은 각 배경측정소의 PM₁₀ 평균농도를 나타낸 것으로, 이를 살펴보면, 포천과 석모리의 PM₁₀ 농도는 약 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 비슷하게 나타났으며

이천의 경우 약 $66\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다른 두 측정소보다 약 $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ 더 높게 나타났고 표준편차도 더 크게 나타나 농도 범위가 높은 것을 확인할 수 있었다. 특히 황사 일을 제외하더라도 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높게 측정된 일수가 더 많았다.

수도권지역의 배경농도를 제시하기 위하여 각 측정소의 지역적 위치를 고려하여 각 측정소의 풍향에 따른 PM_{10} 의 농도를 살펴보았으며 그 결과를 그림 2에 나타내었다.

Table 1. PM_{10} conc. in background monitoring sites. ('02.01~'05.06)

Site	PM_{10} conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)**	S.D.
Icheon	65.89	33.20
Pocheon	54.79	27.63
Seokmori	54.88	23.07

* 포천의 경우 2002년 4월부터 분석

** 황사와 HOF 제외한 값

이천 측정소는 수도권 남동쪽, 포천 측정소는 북동쪽, 석모리 측정소는 서쪽에 위치하므로 각 측정소의 위치를 고려한다면 이천 측정소의 경우 남동풍~남풍계열($135\sim 180^\circ$)이, 포천 측정소는 북풍~북동풍($0\sim 45^\circ$)이, 석모리 측정소는 서풍($225\sim 315^\circ$) 계열이 수도권으로 유입되는, 즉 배경농도풍향으로 생각할 수 있다. 그림 2와 같이 각 측정소의 배경농도풍향의 PM_{10} 농도를 살펴보면 이천은 $70.77\mu\text{g}/\text{m}^3$, 포천 $50.53\mu\text{g}/\text{m}^3$, 석모리 $57.88\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 포천의 경우 북풍 계열의 풍향, 즉 $315\sim 90^\circ$ 풍향의 농도가 가장 낮은 경향을 보였으며 그 중 배경풍향으로 선정된 북동풍은 $50.53\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 다른 풍향에 비해 농도가 낮아 수도권지역의 배경농도로 적합하다고 사료된다. 그러나 이천의 경우 배경농도풍향의 농도가 전체풍향의 농도보다 높고, 전반적인 농도 수준 역시 다른 두 측정소에 비해 높은 편이며 농도 편차도 큰 편으로 나타났다. 특히 배경풍향일 때의 농도가 서울 등 도심지역에서 불어오는 북풍계열($315\sim 45^\circ$)의 농도보다 더 높은 농도를 나타냈다. 이천 측정소 남동풍의 농도가 높은 이유는 측정소 남동쪽에 인위적 배출원이 있어 PM_{10} 농도가 높게 측정된 것으로 사료되며 환경부(2004)에서도 이천 측정소의 미세먼지 농도가 높게 측정되므로 장비의 정확도 및 주변 배출원의 유무를 검토한 후에 필요시 이전하는 계획을 세웠다. 이천 측정소의 데이터를 고찰한 결과 본 연구에서도 측정소 이전이 타당하다고 사료되며 이전시 측정소의 위치는 배경측정소인 것을 감안하여 수도권의 경계지역 중 특별한 배출원이 없는 지역으로 선정하여야 할 것이다. 또한 석모리 측정소의 경우 해양에서 불어오는 서풍이 오히려 내륙에서 불어오는 동풍보다 농도가 높게 나타났다.

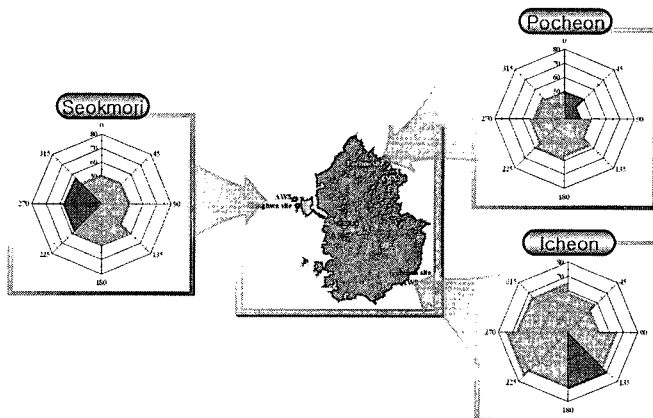


Fig. 2. PM_{10} conc. in background monitoring sites w.r.t. wind direction.

2.3 목표대기질 평가용 자동측정망 선정

목표대기질 달성여부의 판단은 결국 대기관리권역 내의 자동측정망 측정 자료를 이용한다. 따라서 자동측정망에서 측정된 데이터가 해당 지역의 대기질에 대한 대표성을 가지는 여부는 목표대기질 달성여부를 판단하는데 있어 매우 중요하다. 이에 본 연구에서는 국가대기오염정보관리시스템(NAMIS)에서 수도권지역의 각 측정소로부터 취합한 측정데이터에 대한 각종 통계분석과 측정소 소재 지역의 용도 구분에 따른 분석을 수행하였다. 또한 측정소간 특성을 비교·분석하기 위하여 데이터 분석을 하는데 있어 서울을 동부, 서부, 남부, 북부, 중부의 5개 권역으로 구분하여 분석을 수행하였다.

Table 2. PM₁₀ conc. in Seoul ambient air quality monitoring sites

Districts	Site	N	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Average($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Overall
					Low conc.*	High conc.**	
Northern	Gileumdong	1081	4.3	896.9	48.8	122.4	67.2
	Banghaktong	1267	7.9	1341.2	54.4	130.4	70.1
	Beondong	1206	8.4	339.2	50.1	128.2	72.9
	Sanggyedong	1206	6.0	875.2	47.8	128.5	68.0
Mid	Namgajoadong	1251	4.9	774.6	44.2	114.6	60.9
	Mapo	961	4.5	1038.8	52.4	163.7	63.6
	Bulkwangdong	1260	6.0	908.2	55.1	128.4	73.3
	Jeongdogn	1256	14.5	980.5	64.2	143.5	83.6
	Hannamdong	1250	8.2	1460.5	49.0	127.0	68.5
	Hyojedong	746	9.1	310.5	48.3	108.3	63.3
	Gueuidong	1223	7.1	1509.7	54.9	140.6	76.3
Eastern	Myunmokdong	1184	8.7	1026.7	48.2	118.2	64.6
	Seongsoodong	1247	9.6	1153.4	53.8	131.7	72.9
	Yongdudong	1178	9.5	895.0	44.2	104.0	63.8
	Cheonhodong	1218	6.5	831.5	45.2	117.4	63.2
Southern	Dogokding	1170	7.0	944.2	43.0	117.4	59.0
	Banpodong	1254	9.6	1222.3	47.9	120.9	65.8
	Bangeedong	1238	5.7	1064.1	47.9	119.3	65.5
	Sadangdong	1208	6.3	768.8	42.2	104.1	57.7
	Sinlseoldong	1163	8.6	1016.9	47.5	113.3	62.6
	Jamsildong	1150	9.0	983.0	49.7	120.0	66.9
Western	Gurodogn	1230	5.0	956.0	44.7	113.3	61.9
	Gungdong	1219	7.1	1320.6	56.8	143.7	78.5
	Dangsandong	1170	7.7	945.8	47.1	113.0	66.2
	Siheungdong	1199	8.0	801.1	44.1	109.1	60.4
	Sinjungdong	1216	7.5	773.7	49.2	117.9	66.4

* : 3rd quartile 이하의 농도 값들에 대한 통계치

** : 3rd quartile 이상의 농도 값들에 대한 통계치

표 2는 서울지역에 존재하는 지역대기측정망의 2002년 1월 1일부터 2005년 6월 30일까지에 대한 데이터의 통계분석 결과를 나타낸 것이다. 중서울 권역인 정동 측정소의 경우 측정소별 상관분석 결과 동일 권역의 측정소와 상관관계수 0.8 이상의 높은 상관성을 보이고 있고 지역 별 용도 구분 역시 동일 권역내 다른 측정소들과 유사함에도 농도가 특별히 높게 나타났다. 이는 정동 측정소가 학교 운동장에 설치되어 있고, 주변에 수목이 우거져 있는 위치 특성의 영향인 것으로 조사되었으며, 이로 인해 국지적 영향이 있을 것으로 판단된다. 따라서 정동측정소의 경우 해당지역의 대기질을 대표하는데 어려움이 있을 것으로 판단된다. 동서울 권역의 구의동 측정소는 정수 사업장 내에 설치되어 별다른 배출원이 없음에도 불구하고 권역 내 준 공업 지역인 성수동보다 더 높은 농도 특성을 보였다. 이는 PM₁₀ 측정 방법인 β -ray 방식이 수분을 입자상 물질로 인식하는 문제 때문인 것으로 사료된다. 결국 구의동 측정소의 농도는 배출원이라고 보기 어려운 정수장 내 수분의 영향이 많이 반영된 것으로 예상되며, 이 역시 지역

대기질을 대표하는데 어려움이 있을 것으로 판단된다. 서서울 권역의 공동 측정소는 동쪽으로 녹지가 인접해 있는 주거 지역 끝에 위치한 것으로 조사되었으며, 특히 근래 들어 이 지역에 신축 공사가 많은 것으로 조사되어 최근의 높은 농도 데이터에 큰 영향을 미쳤을 것으로 판단되므로 해당 대기질을 대표 하는데 부적합 하다고 평가되었다. 이와 같은 종합적 평가 결과 PM₁₀ 측정망으로는 정동, 구의동, 공동 측정소를 제외한 24개 측정소가 적합한 것으로 판단된다.

3. 지자체별 시행계획 평가 방안

서두에서 언급하였듯이 ‘수도권 대기환경 개선에 관한 특별법’은 기본계획 수립 후 1년 내에 서울, 인천, 경기도의 시·도지사가 각 지자체별로 시행계획을 수립 후 제출하여 환경부장관의 승인을 받아야 하는 것을 명시하고 있다. 수도권 특별대책이 성공적으로 이행되기 위해서는 이러한 시행계획이 차질 없이 이행되어야 하고, 이행에 앞서 시행계획의 객관적이고 과학적인 평가가 요구된다.

미국의 주정부시행계획(State Implementation Plan, 이하 SIP)은 EPA가 지정한 대기질미달성지역과 달성지역에서 국가대기질환경기준을 달성하고 유지하기 위해 필요한 제어수단을 시행 및 이행하기 위해 해당지역의 관할권이 있는 주정부의 책임 하에 작성하는 시행계획으로 우리나라의 시행계획과 어느 정도 유사하다. 대기정화법에서 SIP에 요구하는 사항을 다시 정리하면 크게 EPA가 각 주에서 SIP 작성 시 다음과 같은 중요한 개념들을 구체적으로 만족시킬 것을 요구하는 것으로 요약할 수 있다. 즉, EPA는 다음과 같은 개념들을 SIP의 승인에 중요한 지표로 간주하고 있다.

- RFP(Reasonable Further Progress) 또는 ROP(Rate of Progress)
- attainment demonstration
- maintenance
- general conformity

RFP(Reasonable Further Progress)는 연방대기정화법(section 189(c))에서 PM₁₀ 미달성지역에 대해 정량적인 이정표를 요구한 것에 의해 시작된 용어인데, PM₁₀ 미달성지역이 달성지역으로 재지정 될 때까지 3년마다 성취되고 또한 적용 가능한 날까지 달성을 위해 합리적인 진척(reasonable further progress, RFP)을 입증할 수 있는 정량적 이정표를 제시해야하는 것을 의미한다. 이에 따라 미달성지역은 대기오염이 심각한 정도에 따라 배출저감이 합리적으로 지정된 기간 내에 지정된 %로 이루어지는 것을 보여줘야 한다. 유사한 개념인 ROP(Rate of Progress)는 연방대기정화법(Section 182(c)(2))에서 “serious or above”로 지정된 오존 미달성지역에 대해 1996년 이후의 VOC 배출감축을 3년간 평균 매년 3% 씩 시키는 것을 입증할 것을 요구한 것에서 비롯된 개념이다. 한편 미국 EPA는 이를 rate-of-progress requirement라고 부른다.

Conformity는 우리말로 “부합성”이라고 번역하는 것이 무난할 것 같은데, 미국의 연방대기정화법(Section 176(c))에 의하면 연방정부의 지원하의 모든 활동(activity)이 주정부의 시행계획(SIP)에 부합되는지 입증할 해야 하는 것을 의미한다. 이를 더 세분하여 말하면 transportation conformity와 general conformity로 구분하는데, transportation conformity는 FHA(Federal Highway Administration) 또는 FTS(Federal Transit Administration)의 승인 및 자금 지원을 받는 계획, 프로그램 및 프로젝트가 SIP과 부합이 되어야 하는 것을 의미하고, general conformity는 위의 기관을 제외한 다른 연방기관의 승인 및 자금지원을 받는 프로젝트가 SIP와 부합되어야 하는 것을 의미한다.

사 사

본 연구는 ‘수도권 대기질 개선대책 효과분석 및 사후관리 방안’ 연구의 일환으로 수행되었습니다. 연구에 도움을 주신 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 헌

환경부 (2005) 수도권 대기환경관리 기본계획

EPA (1986) *Guideline on the Identification and Use of Air Quality Data Affected by Exceptional Events*

SCAQMD (1997) Final 2003 Air Quality Management Plan