

PS1 (SM26) 입자상 오염물질의 대기환경기준에 관한 비교연구

A Comparative Study on Ambient Air Quality Standards for Particulate Matters

허정숙, 남보현, 김동술

경희대학교 환경학과 대기오염연구실 및 환경연구소

1. 서론

입자상물질에 관한 초기연구는 TSP (Total Suspended Particle)에 집중되었으나, TSP만으로는 인체에 미치는 영향이나 시정악화 같은 현상을 정확하게 설명할 수 없었다. 보건학적 관점에서, PM10과 사망률 사이에 강한 상관관계가 있는 것으로 조사된 바 있으며 (Pope *et al.*, 1995), 특히 PM10 중에서 미세입자 (PM2.5미만)는 인체에 미치는 영향이 더욱 큰 것으로 알려지고 있다 (Joel *et al.*, 1996). 이에 따라 입자상 물질의 규제 관리는 미세입자 측면에서 강화될 필요가 있다.

현재, 우리나라에서는 PM10에 관한 대기환경기준이 1995년에 설정되어 현재 TSP와 병행하여 시행되고 있다. 그러나, 미국 EPA에서는 1997년부터 입자상 오염물질에 관한 국가일반 대기질기준(National Ambient Air Quality Standard: NAAQS)을 개정·강화하여, 기존의 PM10 기준 이외에도 PM2.5에 대한 기준을 추가하고 있다. 본 연구에서는 미국 EPA의 PM10과 PM2.5의 대기환경기준 개정과정과 농도 산정법 및 규제관리 정책을 살펴봄으로써 우리나라의 입자상물질에 관한 환경기준 및 관리정책의 개선 방향을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구는 환경부에서 운영하는 대기오염측정망의 '96년 ~ '98년 3년간 자료를 대상으로 하였으며, PM10 측정망은 '97년도 서울시 10개 지역을 포함하여 전국 26개소였으며, '98년도에는 서울시 17개 지역을 비롯하여 전국 56개소로 증가되었다. 본 연구는 미국 EPA의 PM10 농도산정방법과 우리나라의 농도산정방법을 적용하여 비교 검토하였다. 미국 EPA는 PM10의 대기환경기준으로 연간 기준 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 24시간 기준 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 설정하였다. 연간기준은 기존 기준치와 동일하며, 농도산정방법에 있어서도 동일하나, 24시간 기준에 있어서는 99 percentile 개념을 도입하여 농도산정을 하였다. PM2.5기준은 연간 기준 15.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 24시간 기준 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. PM2.5의 연간농도 산정법은 PM10의 경우와 동일하며, 24시간 기준은 98 percentile 개념을 적용하였다. 이러한 개념은 일정기간 이상 고농도가 지속될 때 낮은 농도값의 고빈도(high frequency)에 의해 오염물질의 평균농도를 왜곡시키는 경우를 방지할 수 있다.

미국 EPA의 연간 PM10 농도산정은 3개월 단위(4분기)로 평균값을 취하는 방식으로 각 각의 분기별 측정률이 75% 이상으로 유지되어야 한다. 만일 연간 자료확보율이 75%에 미달될 경우, 연평균 농도가 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이거나 적어도 한 분기당 11개 자료가 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상일 때, 해당 연도의 연평균농도로 인정한다. 다음 단계로 분기별 평균값을 산술평균 한 후, 각 각의 연평균값을 산술평균하여 3년간의 평균 농도로 산정한다. 한편, 24시간 PM10의 경우도 마찬가지로 각 분기별 자료확보율은 75% 이상이어야 하며, 이를 만족하지 못할 경우 해당 연도의 상위 99 percentile 값이 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상일 때, 해당 연도의 평균 24시간농도로 인정하고 있다. 다음 단계로, 각 년도의 상위 99 percentile 값의 3년 평균값이 3년간 평균 24시간농도가 된다. 3년간 평균농도가 PM10 연간 기준 혹은 24시간 기준을 만족하지 못할 경우, 해당 지역은 PM10의 환경기준 미달성지역으로 인정하여 관리한다.

3. 결과 및 고찰

우리나라와 미국 EPA의 농도산정법에 의하여 서울 지역의 PM10농도를 평가하였다. 표 1에 EPA 의 농도산정방법에 의한 '96 ~ '98년의 분기별 평균농도, 연평균농도, 3년 평균농도 및 연간 자료확보율을 제시하였다. 최근 3년간 PM10 연평균농도는 서울시 10개 PM10 측정소 중 8개에서 연간기준치 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하였다. 신설동과 쌍문동은 각각 68.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 67.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 서울시에서 가장 고농도가 나타

났으며, 마포 64.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 면목동 62.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 반포동 58.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 화곡동 56.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 광화문 52.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 순으로 조사되었다. 불광동과 방이동은 각 각 49.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 48.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준치를 달성한 지역으로 나타났다. 우리나라 연간 기준 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 은 모두 만족하는 것으로 조사되었으나, 우리나라의 연간 농도기준이 강화될 필요성은 있다. 또한, 최근 3년간 PM10 24시간 평균농도를 산정한 결과, 10개 지역 중 지역에서 6개 지역(쌍문동, 화곡동, 반포동, 면목동, 신설동, 마포)에서 기준치 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과한 것으로 조사되었으며, 쌍문동과 마포는 각 각 203.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 181.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도가 나타났다. 미국기준에 의하면 서울시 대부분 지역이 PM10 기준 미달성지역으로 규제관리가 필요하다. 현재와 같은 단순 산술평균에 의한 PM10 농도 계산법은 PM10 농도의 대표성을 반감시킬 수 있으므로, 새로운 농도계산방식이 재검토되어야 하며, PM10 기준치도 행정적 목표치에서 벗어나 국민의 건강에 근거를 둔 실질적 기준으로 개정되어야 할 것이다. 또한, 환경기준 규제관리도 단순히 기준치 초과 횟수의 개념에서 벗어나 그 지역의 대기질을 장기적 측면에서 규제할 수 있는 관리방안이 마련되어야 할 것이다.

표 1. 미국 EPA의 PM10 농도계산법에 의한 서울시 PM10 농도 평가 (units : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

측정소	년도	1분기	2분기	3분기	4분기	연평균농도	자료확보율 (%)	3년간 평균농도
광화문	1996	79.62	77.33	46.82	49.96	62.68	97.81	52.73
	1997	52.07	49.72	41.56	40.61	45.99	96.44	
	1998	51.63	49.88	35.53	61.01	49.51	75.89	
방이동	1996	48.00	58.21	45.92	49.66	50.45	98.91	48.04
	1997	53.57	51.14	41.77	43.50	47.49	99.45	
	1998	49.21	46.98	38.56	50.00	46.19	99.18	
구로동	1996	65.54	45.01	57.70	54.27	55.63	77.32	59.97
	1997	82.72	72.45	52.33	62.20	67.42	83.56	
	1998	61.13	61.62	48.14	56.58	56.87	92.05	
불광동	1996	48.96	59.72	43.67	45.32	49.42	87.70	49.67
	1997	46.33	44.90	44.84	44.80	45.22	88.72	
	1998	43.61	67.87	46.55	59.51	54.39	74.52	
쌍문동	1996	77.40	74.73	51.88	71.35	68.84	99.45	67.04
	1997	83.80	68.38	50.91	68.02	67.78	98.63	
	1998	76.52	63.76	47.56	70.14	64.50	98.36	
화곡동	1996	62.11	73.97	42.94	57.30	59.08	96.99	56.09
	1997	56.22	54.97	42.38	51.63	51.30	98.90	
	1998	59.70	63.70	49.88	58.28	57.89	98.63	
반포동	1996	66.29	78.78	57.61	68.54	67.81	99.18	58.26
	1997	72.21	52.56	38.80	47.09	52.66	99.18	
	1998	51.48	55.46	49.25	61.01	54.30	90.41	
면목동	1996	78.19	78.59	50.38	66.66	68.45	92.35	62.19
	1997	67.93	57.10	42.98	54.54	55.64	86.03	
	1998	70.30	65.84	46.15	67.58	62.47	87.12	
신설동	1996	73.12	75.66	69.77	83.95	75.63	93.99	68.83
	1997	85.26	64.24	48.03	70.36	66.97	94.52	
	1998	72.09	67.17	49.58	66.69	63.88	85.75	
마포	1996	32.42	30.53	29.71	85.69	44.59	83.33	64.01
	1997	77.25	66.63	60.61	74.15	69.66	89.59	
	1998	89.90	84.27	63.56	73.29	77.78	73.42	

참고문헌

- Joel, S., D.W. Dockery, and L.M. Leas (1996) Is Daily Mortality Associated Specifically with Fine Particles?, J. of Air & Manage. Assoc., 46, 927-939.
- Pope, C.A.III, M.J. Thun, M.M. Namboodiri, D.W. Dockery, J.S. Evans, F.E. Speizer, and C.W. Heath (1995) Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adults, American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 151, 669-674.