

미세먼지 오염의 현황과 문제점

장영기(수원대학교 공과대학 환경에너지공학과)

I. 서론

2016년 봄 한반도의 대기오염 특히 미세먼지 오염은 다른 어느 때보다 심각하였다. 연일 미세먼지주의보가 발령되고 미세먼지는 온 국민의 관심사가 되었다. 결국 정부에서는 6월 3일 미세먼지관리 특별대책¹⁾을 발표하게 되었다. 대기오염도의 변화를 설명하는 요인은 크게 두 가지이다. 첫째는 오염배출량의 변화이고 다른 하나는 기상조건의 변화이다. 2016년 봄 갑작스런 오염 배출량의 큰 변동은 없었던 것으로 보인다. 결국 기상 조건의 악화에 따라 고농도 상황이 벌어진 것이고 이러한 상황은 앞으로도 반복적으로 발생할 수 있는 것이다.

얼마 전 미국 예일대와 콜롬비아대가 공동으로 조사하여 2년 마다 발표하는 환경성가지수(EPI)가 발표되었다²⁾. 이것은 20개 분야 환경현황을 종합하여 점수로 평가하고 국가별 순위를 발표하는 국가 환경정책 성적표라고 할 수 있다. 그런데 이 발표에 따르면 우리나라의 종합점수는 세계 180개국 중 80위였는데 그중 대기질 점수는 173위/180개국으로 사실상 세계 최하위 점수를 받았다. 이는 초미세먼지(PM_{2.5})와 이산화질소(NO₂)의 농

도가 높고 여기에 노출되는 인구 비율이 높았기 때문이다. 또한 최근 OECD의 대기오염으로 인한 경제적 영향에 대한 보고서³⁾에서 대기 중 PM_{2.5}와 오존농도에 의하여 예상되는 2060년 조기사망 예측치에 의하면 한국은 중국, 인도에 이어 높은 사망 증가율을 보이는 대기오염 피해 우려 지역으로 보고되었다. 2010년 1인당 국민소득이 2만5천불에 달하는 나라에서 국민들은 형편없는 대기질에서 살고 있는 것이다.

수년 전부터 미세먼지 고농도 상태가 자주 나타나면서 중국발 스모그라는 표현을 자주 듣게 된다. 그러나 이 표현을 듣다보면 일반 시민들은 스모그의 원인이 모두 중국인 것으로 오해할 수 있다. 더구나 산업계는 스모그의 원인이 중국이므로 우리는 할 수 있는 것이 별로 없다는 오해 뒤에 숨으려는 경향도 있다. 중국의 대기오염 영향을 많이 받는 것은 사실이고 이것은 국제 협력 등을 통해 지속적인 저감이 필요하지만 그렇다고 국내 대기오염 배출의 저감 중요성이 과소평가되어서는 안 된다. 오히려 우리는 인접 국가에서 대기오염 영향을 많이 받는 불리한 조건이므로 다른 나라보다 대기오염을 줄이기 위하여 더 많은 노력이 필요하다. 본 연구에서는 미세먼지의 농도 현황과 오염 배출원 특성 그리고 향후 문제점에 대하여 살펴보고자 한다.

II. 미세먼지 오염도 현황

미세먼지는 크기가 작아서 인체에 쉽게 흡입되는 대기오염물질로 2001년 대기환경기준에 포함된 직경 10 μm 이하의 먼지인 PM10(Particulate Matter, 직경 $<10\mu\text{m}$)과 2015년부터 대기환경기준에 포함된 직경 2.5 μm 이하의 초미세먼지라 부르는 PM2.5가 있다. 먼지는 직경이 작을수록 공기 중에 오래 떠 있고 우리 호흡기 깊숙이 흡입되어 침적될 가능성이 높으며 유해성분의 함유율까지 높아지므로 점점 더 작은 미세먼지를 규제하게 되는 것이다.

2014년 전국 260여개 대기오염측정소에서 연간 대기환경기준 달성률(표 1)을 보면 이산화질소의 일평균농도 기준달성률은 65.6%, 미세먼지(PM10)의 일평균농도 기준달성률은 8.2%, 오존의 1시간 평균농도 기준달성률은 37.5%이다. 우리는 미세먼지, 오존, 이산화질소로 인하여 나쁜 대기질에 노출되어 있으며 특히 수도권의 경우는 더 형편없는 수준이고 이러한 상황은 최근 수년간 반복되고 있다⁴⁾.

PM2.5는 2015년부터 대기환경기준이 적용되어 공식적인 대기환경기준 달성률은 2016년 하반기에 발간되는 대기환경연보(2015)부터 제공된다. 서울시의 2016년 상

표 1. 2014년 오염물질별 대기환경기준 달성현황

구분	환경기준		총 측정소수	유효 측정소수	해당 측정소수		환경기준 달성률(%)
					달성	미달성	
SO ₂	연평균	0.02ppm	254	253	253	0	100
	24시간	0.05ppm			253	0	100
	1시간	0.15ppm			251	2	99.2
NO ₂	연평균	0.03ppm	257	256	184	72	71.9
	24시간	0.06ppm			168	88	65.6
	1시간	0.1ppm			197	59	77.0
O ₃	8시간	0.06ppm	257	256	0	256	0.0
	1시간	0.1ppm			96	160	37.5
CO	8시간	9ppm	253	252	252	0	100
	1시간	25ppm			252	0	100
PM10	연평균	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	257	255	156	99	61.2
	24시간	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			21	234	8.2
Pb	연평균	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	54	54	54	0	100
Benzene	연평균	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	31	31	30	1	96.8

자료 : 환경부, 대기환경연보(2014), 2015.

반기 PM10과 PM2.5의 월평균 농도와 일평균 기준 초과 횟수는 <표 2>와 같다. 2016년 서울지역 PM10의 월평균 농도는 4월에 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 높아졌고 일평균 대기환경기준 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 횟수도 25개 측정소에서 95회에 달하였다. 또한 PM2.5의 월평균 농도는 5월에 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 까지 높아졌고 일평균 대기환경기준 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 횟수도 25개 측정소에서 90회에 달하여 2016년 4, 5월에 단기적인 고농도 미세먼지 오염상황이 발생하였음을 알 수 있다^[5].

수도권 대기관리권역을 포함한 지역별 PM10의 최근 20년간 연평균 농도변화는 <표 3>, <그림 1>과 같다. 1995년 이후 2014년까지의 평균 농도만으로 분석해 보면, 경기도(주요도시, 대기관리권역)에서 최고값(평균 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 보였고, 그 다음으로 서울(평균 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 순이었다. 그러나 연도별 변화경향을 보면, 1996년~1999년까지는 대도시 중 대구지역에서 최고농도를 보이다가 2000년부터는 수도권 대기관리권역에서 최고농도를 기록하고 있다^[4].

전체적인 PM10 농도의 변화경향은 서울지역에서

는 1998년 이후 꾸준한 증가추세를 보이면서 2001년과 2002년의 경우에는 당시 연평균 환경기준치인 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하였으나, 이후 감소추세를 보이고 있다. 2007년과 2008년 모두 대전을 제외한 6개 대도시와 경기지역에서 2007년부터 강화된 연평균 환경기준치인 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다. 2014년에는 2013년과 같이 7개시에서 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 낮은 농도를 보였으며 경기(대기관리권역)의 PM10 연평균 농도가 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았다. 서울은 2010년 이후 2014년까지 환경기준치인 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 연평균 농도를 보였다.

미세먼지를 많이 흡입하면 호흡기질환과 염증 반응을 일으키고 심혈관 질환을 증가시킨다고 보고되고 있다. 따라서 정부에서는 미세먼지 농도가 높아지면 미세먼지 주의보를 발령하는데 주의보단계 수준에서는 어린이나 노약자의 외출 자제를 권고하고, 경보단계 수준에서는 외출을 금지하도록 권고한다. 그러므로 미세먼지주의보가 발령되면 노약자의 외출과 마라톤이나 등산 같은 야외 운동은 자제하는 것이 필요하다.

대기질 예·경보제는 2014년 이전에는 미세먼지 예보제/경보제 및 오존 예보제는 지자체 조례에 의하여 지

표 2. 서울시의 미세먼지 월평균 농도와 대기환경기준 초과횟수(2016년 1월-6월)

2016년	PM10		PM2.5	
	월평균($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	일평균 기준(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과횟수	월평균($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	일평균 기준(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 초과횟수
1월	50	7	27	34
2월	45	0	23	4
3월	64	35	32	47
4월	71	95	30	49
5월	56	48	29	90
6월	46	0	28	10

자료 : 서울시 보건환경연구원, 대기질 분석결과(2016년 1월-6월), 2016.

표 3. 지역별 PM10 연평균 농도변화(1995-2014)

(단위 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

도시 연도	서울	인천	경기 (대기관리권역)	부산	대구	광주	대전	울산
'95년	78	76	86	73	81	49	63	69
'96년	72	67	74	76	87	51	63	51
'97년	68	70	69	68	72	49	69	43
'98년	59	57	59	67	72	49	58	29
'99년	66	53	58	65	66	56	55	29
'00년	65	53	59	62	63	58	51	52
'01년	71	52	71	60	67	57	48	55
'02년	76	57	74	69	71	52	53	54
'03년	69	61	68	55	59	36	43	40
'04년	61	62	67	60	58	46	49	50
'05년	58	61	65	58	55	49	48	50
'06년	60	68	68	59	54	55	49	52
'07년	61	64	66	57	53	52	49	53
'08년	55	57	59	51	57	50	45	54
'09년	54	60	61	49	48	46	43	49
'10년	49	55	58	49	51	45	44	48
'11년	47	55	56	47	47	43	44	49
'12년	41	47	49	43	42	38	39	46
'13년	45	49	54	49	45	42	42	47
'14년	46	49	54	48	45	41	41	46

자료 : 환경부, 대기환경연보(2014), 2015.

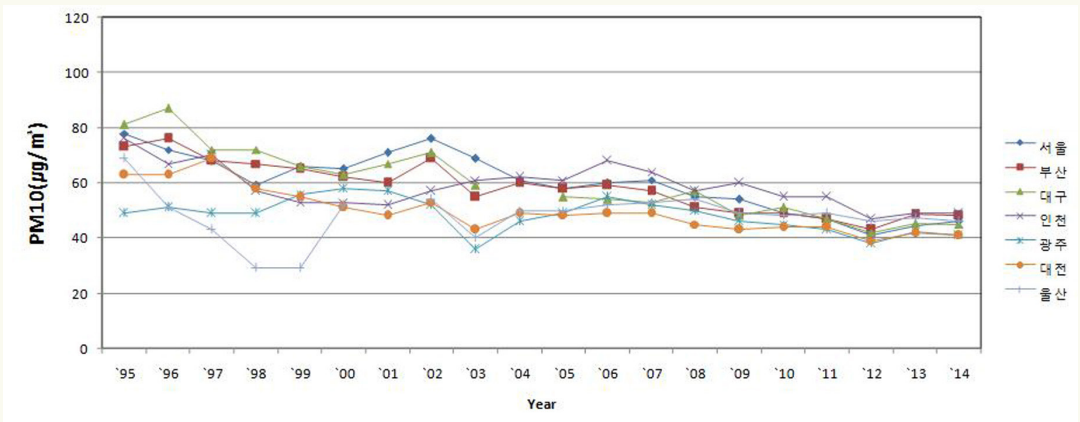


그림 1. 주요도시의 연도별 PM10 연평균 농도 변화

표 4. 대기오염경보 단계별 대기오염물질의 농도기준

대상물질	경보단계	발령기준	해제기준
미세먼지 (PM10)	주의보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM10 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	주의보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM10 시간당 평균농도가 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때
	경보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM10 시간당 평균농도가 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	경보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM10 시간당 평균농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때는 주의보로 전환
미세먼지 (PM2.5)	주의보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM2.5 시간당 평균농도가 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	주의보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM2.5 시간당 평균농도가 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때
	경보	기상조건 등을 고려하여 해당지역의 대기자동측정소 PM2.5 시간당 평균농도가 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 2시간 이상 지속인 때	경보가 발령된 지역의 기상조건 등을 검토하여 대기자동측정소의 PM2.5 시간당 평균농도가 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만인 때는 주의보로 전환

자료 : 대기환경보전법 시행규칙 제 14조, 2016.7.

자체를 중심으로 운영하여 왔으나 미세먼지 예보제는 2014년 2월, 오존 예보제는 2015년 4월부터 국립환경과학원 대기질통합예보센터에서 전국 규모의 대기질 예보제를 실시하도록 대기환경보전법을 개정하였다. 또한 미세먼지 경보제는 2015년 1월 이전까지는 지자체 별로 경보 기준을 달리하여 적용하여 왔으나, 2015년 1월부터는 대기환경보전법을 개정하여 경보제의 운영을 지자체가 수행하지만, 경보 기준은 <표 4>와 같은 동일한 기준을 선정하여 운영하도록 하고 있다.

III. 미세먼지 배출원

대기오염 물질은 배출원에서 직접 배출되는 형태의 1차 오염물질과 다른 전구물질이 배출되어 대기 중에서 화학반응을 통하여 만들어지는 2차 오염물질로 구분한다. 따라서 1차 오염물질에 대해서는 대기오염 배출량을 산출할 수 있지만 2차 오염물질에 대해서는 직접적인 배출량을 산출할 수 없다. 대기 중에서 측정되는 대기오염

농도에는 당연히 1차와 2차 오염물질이 모두 포함되어 있다. 미세먼지는 단일 물질이 아니라 대기 중에 떠 있는 다양한 생성과정에 의하여 만들어지는 미세한 고체와 액체입자이다. 따라서 미세먼지는 생성과정에 따라 1차 미세먼지도 있고, 2차 미세먼지도 있다.

1차 미세먼지는 연료연소시설의 굴뚝, 자동차 배기구, 바람에 날리는 먼지 형태로 많이 배출되고, 2차 미세먼지는 대기 중에서 이미 배출되어 있는 황산화물, 질산화물, 암모니아가 화학 반응을 통하여 생성되는 질산암모늄이나 황산암모늄 같은 에어로졸과 대기 중에서 응축되는 유기물질이 여기에 해당된다. 따라서 1차 미세먼지의 배출량만으로는 대기 중의 미세먼지 측정농도를 직접 설명하는데 부족할 수밖에 없다. 서울 지역에서 측정되는 미세먼지 분석결과⁶⁾를 살펴보면 PM10의 경우 약 20-40%가 2차 미세먼지로 구성되어 있다. 즉 1차 미세먼지 배출 자료가 완벽해지더라도 이것만으로는 대기 중 미세먼지 측정농도가 어느 배출원 때문인지 즉, 배출원별 기여도를 설명하기는 부족할 수밖에 없는 셈이다.

국가 대기오염 배출량은 국립환경과학원에서 운영하

표 5. 주요 배출원별 PM10과 PM2.5의 배출현황(2013)

대분류	PM10(ton/yr)	PM2.5(ton/yr)
에너지산업 연소	4,524	3,573
비산업 연소	1,955	1,226
제조업 연소	81,014	41,606
생산공정	6,249	4,829
도로이동오염원	12,103	11,135
비도로이동오염원	15,167	13,953
폐기물처리	243	202
기타 면오염원	310	279
비산먼지	108,942	17,127
생물성 연소	15,663	12,681
총합계	246,168	106,610

자료 : 국립환경과학원, 대기오염물질 배출량(2013), 2016.

는 대기정책지원시스템(CAPSS)에서 제공하고 있다. 미세먼지의 주요 배출원별 배출현황을 살펴보면 <표 5>와 같다. 2013년 전국 기준 PM10 배출량은 246,168 톤/년, PM2.5의 배출량은 106,610 톤/년으로 PM2.5/PM10 배출량 비율은 0.43 이었다⁷⁾.

<그림 2>와 같이 PM10 배출량의 배출원별 분포를 살펴보면 사업장 굴뚝이나 자동차(도로이동 오염원)와 건설기계(비도로이동 오염원)와 같은 이동오염원의 배기구에서 배출되는 양이 전체의 절반 정도 차지하고 있다. 배출량의 나머지 절반은 비산먼지 형태로 배출되는데 비산먼지 배출은 굴뚝과 같은 일정한 배기구가 아닌 형태에서 배출되는 것으로 비산먼지 배출량의 절반 정도는 포장도로와 비포장도로에서 자동차가 주행하면서 발생하는 재비산먼지로 추정된다. 포장도로 비산먼지는 주로 타이어마모, 브레이크마모, 도로표면 마모에 의하여 생성되는 미세먼지들이 차량이 도로를 주행하면서 재비

산되어 발생하는 것이다. 비포장도로 비산먼지는 포장 이 되지 않은 도로를 차량이 주행하면서 발생하는 것으로 주로 토양 성분의 흙먼지가 대부분이다.

비산먼지는 차량의 도로주행 이외의 활동에서도 발생하는데 건설공사, 나대지, 농축산활동이 여기에 해당한다. 건설공사는 주로 토목공사 과정에서, 나대지에서는 강한 바람이 불어 나대지 표면의 흙먼지를 날릴 때, 농업 활동은 경작지를 갈아엎을 때, 축사에서는 가축들의 활동에서 먼지가 발생하는 양을 추정하는 것이다. 여기에 비산먼지 배출은 비가 올 때는 줄어들게 되므로 강우조건을 고려하게 된다. 비산먼지 배출량 추정은 간단하지 않고 불확실성도 큰 상태여서 연구자료는 제공하고 있으나 공식자료에서는 제외하여 발표하고 있다.

<그림 3>과 같이 PM2.5 배출원별 배출기여도를 살펴 보면 PM10 경우와 다른 분포를 보이게 된다. 특히 비산먼지는 PM10의 배출기여율 44%에서 PM2.5의 배출기여

율 15%로 비중이 작아지는데 이것은 비산먼지에는 상대적으로 굵은 먼지가 많기 때문이다. 반면에 연소과정에서 배출되는 미세먼지는 크기가 작은 먼지가 많으므로 제조업연소 배출원의 PM2.5 배출비중은 40%로, 도로와 비도로 이동오염원 배출원의 PM2.5 배출비중은 22%로 PM10

에서의 배출기여율 보다 커지게 된다. 특히 생물성연소의 배출비중은 2배 정도 커져서 12%를 차지하게 되는데 생물성 연소에는 농업 잔재물 소각, 화목난로, 고기구이 등이 포함된다. 이와 같이 미세먼지는 입경 기준을 달리하게 되면 배출원별 기여율도 달라지게 된다.

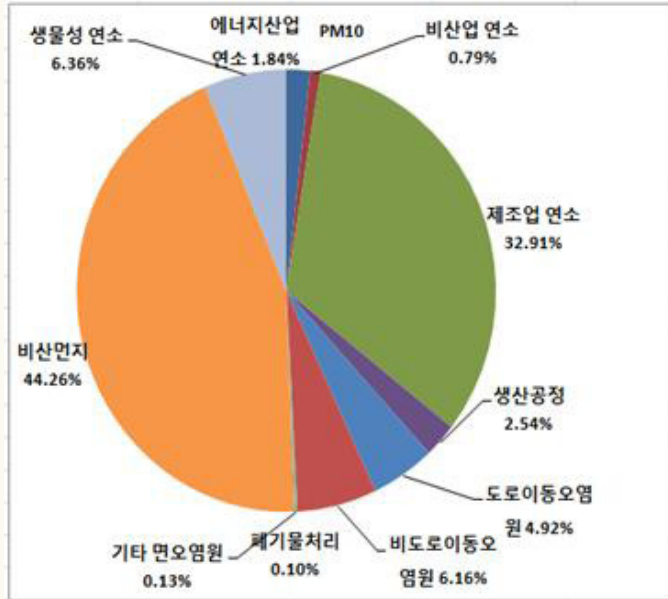


그림 2. 오염배출원별 PM10 배출기여율(2013, 전국)

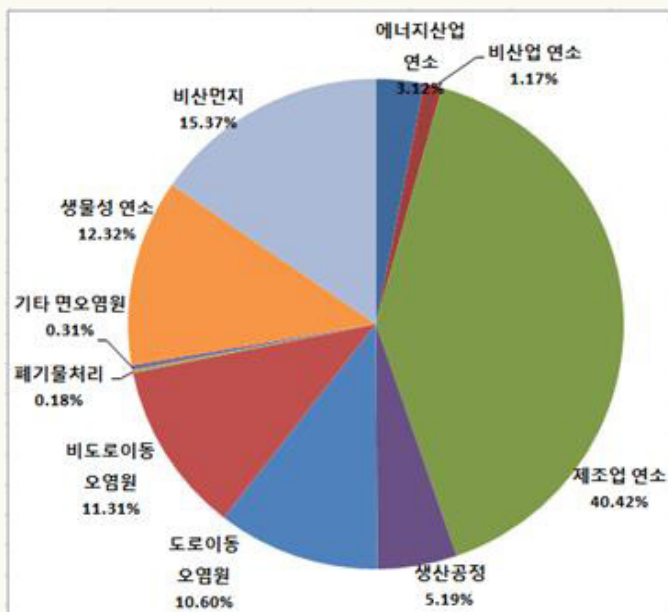


그림 3. 오염배출원별 PM2.5 배출기여율(2013, 전국)

IV. 대기오염의 배출원별 기여도 해석

대기오염 고농도가 계속되자 언론에서는 대기오염의 주 원인이 무엇이나에 대해 논란이 벌어지기도 하였다. “고농도 대기오염은 중국 때문이다. 경유차 때문이다. 석탄화력 때문이다. 비산먼지 때문이다”라는 논란에 시민들은 혼란스러움을 겪었다. 그러나 이러한 논란은 대기오염 기여도에 대한 배경 설명 없이 기여율만 단편적으로 발표하였기 때문이다. 대기오염 기여도를 제대로 설명하기 위해서는 <표 6>과 같은 대기오염의 3단계 기여도의 배경과 특성을 이해하여야 한다.

1단계는 배출량 기여도이다. 이는 어떤 배출원에서 얼마나 많은 대기오염물질이 배출되느냐 하는 것이다. 배출량 기여도는 대기오염 물질이 어떤 공간 범위의 같은 지점에서 배출된다고 가정하고 상대적인 배출량의 크기를 비교하는 셈이다. 배출 기여도는 대기오염 해석과 관리의 기초자료가 되지만 이 기여도에 따라 우리가 대기오염물질을 호흡하는 것은 아니다.

2단계는 농도 기여도이다. 배출기여도를 기초자료로 하여 추정되는 우리가 마시는 오염물질이 어디에서 오는 것인가 설명하는 것이다. 이를 위해서는 외국으로부터 장거리 이동하는 농도를 추정하고, 대기 중에서 2차적으로

로 생성되는 물질의 농도를 해석하여야 한다. 여기에는 화학적인 측정 분석을 이용하는 수용모델, 기상 조건을 이용하는 대기확산모델링에 의한 분석 등이 활용된다.

따라서 농도 기여도는 어느 지점을 기준으로 한 것인지, 어떤 기법에 의한 것인지에 따라 달라질 수 있는 추정값이다. 그러나 많은 언론이 배출기여도인지 농도기여도인지 또한 전제 조건이 무엇인지 설명하지 않고 강조하고 싶은 내용만 얘기하니 시민들은 혼란스러울 수밖에 없는 것이다.

3단계는 위해성 기여도이다. 대기오염개선의 관심은 최종적으로 우리가 얼마나 피해를 받느냐 하는 것이다. 이를 설명하는 것이 인체위해성 기여도이다. 즉 같은 미세먼지 농도라도 흡연자인지 디젤매연인지에 따라 인체위해도의 크기는 다르다는 점을 고려하는 것이다. 그러나 이러한 인체위해성 평가 작업을 하기 위해서는 많은 기초자료와 분석 작업이 필요하다. 현재 우리는 농도 기여도에 대한 분석은 상당한 수준에 접근했다고 본다. 그러나 위해성 기여도에 대한 분석은 아직 준비 단계 수준이다.

정부에서는 미세먼지 특별대책¹⁾을 통하여 논란이 되고 있는 경유차에 대하여 수도권 지역에서 초미세먼지의 1차 배출기여도는 약 24%를 차지하지만 2차 생성을 고려한 배출기여도는 약 29%를 차지한다고 발표한 바

표 6. 대기오염의 배출, 농도, 위해성 기여도의 특성 비교

구분	배출량 기여도	농도 기여도	위해성 기여도
산출 기준	배출원	지점	인체
산출 기법	배출원별 배출량 산출지침	대기확산모델, 수용모델	대기확산모델+위해도 가중치
표현 내용	배출량의 크기	확산이동농도, 장거리 이동농도, 2차 생성 대기오염물질 농도	대기오염물질에 의한 위해도 크기
표현 방법	배출량(톤/년)	농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	인체위해도 (백만명당 발암 가능성)

있다. 그러나 배출기여도와 농도기여도를 합하여 표현하는 것은 무리가 있다. 왜냐하면 농도 기여도는 추정기법과 어느 지점을 기준으로 하였는지에 따라 달라지기 때문이다.

수십년 전부터 대기위해성평가 연구를 진행해 온 미국 캘리포니아의 대기위해성평가의 최근 보고서(MATES-IV)에서는 대기 중 디젤PM이 전체 발암 위해성에서 약 68%를 차지한다는 연구 결과⁸⁾를 발표한 바 있다. 우리나라의 경우 미국보다 자동차 중 디젤엔진 기여율이 높기 때문에 디젤 PM의 위해도 기여율은 이보다 더 높을 것으로 추정되고 있다.

디젤 엔진에서 배출되는 미세먼지는 2012년 세계보건기구(WHO) 소속 국제암연구기구(IARC)에서 1급 발암 물질로 분류함으로써 대기관리의 우선적 규제 대상이 되어야 한다⁹⁾. 또한 그동안 자동차 제작사에서 클린디젤이라고 홍보하던 경유차는 기술적으로나 윤리적으로 클린하지 못하다는 것을 그대로 보여주고 있어 대기질 개선을 위해서 디젤엔진 배출원이 최우선 규제 대상이 될 수밖에 없는 것이다.

IV. 미세먼지 오염의 향후 이슈

미세먼지(PM10)의 오염도는 서울의 경우 2002년부터 2012년까지 꾸준한 감소를 보였으나 이후에는 증가하는 경향도 보이고 있으며 현재 오염도 수준은 대기환경기준을 크게 미달하고 있는 상태이다. 2016년 봄 고농도 미세먼지 사태는 기상조건에 따라 앞으로도 반복적으로 발생할 가능성이 높다. 특히 초미세먼지(PM2.5)는 2차 미세먼지의 기여도가 상당히 높아서 이를 줄이려면 재료가 되는 대기오염 물질들을 종합적으로 줄이는 것이 필요하다. 초미세먼지 관리는 쉽지 않고 종합적인 관리대책이 필요하며 이는 단기간에 효과를 거두기 어렵다. 앞으로 미세먼지를 해결하기 위해서는 다음과 같은 문제점이 제기될 것이며 이에 대비하여야 한다.

첫째, 대기오염 배출자료의 신뢰도 향상

대기오염 배출자료는 대기오염관리의 가장 기초가 되

는 정보를 제공한다. 그러나 다양한 배출원에서 신뢰성 있는 배출량을 산출하는 일은 쉽지 않다. 특히 도로와 비도로 이동오염원 그리고 생물성연소와 같은 배출원의 시공간 해상도가 높은 배출자료를 작성하기 위해서는 지속적인 개선과 보완 작업이 필요하다.

둘째, 응축성 먼지의 고려

현재 우리의 미세먼지 배출량은 여과성먼지(filterable PM)를 측정하여 산출하고 있다. 그러나 대기 중 미세먼지에는 고온배기가스 중 일부가 대기온도로 응축되면서 형성되는 응축성먼지(condensable PM)도 상당부분 포함되어 있다. 따라서 발전시설이나 보일러와 같은 고온연소 배출시설의 응축성먼지 기여율을 실측하여 배출량을 보완하지 않으면 미세먼지 배출량을 과소평가하게 되므로 이에 대한 실측조사와 보완이 시급하다.

셋째, 대기위해성평가의 준비

현재 미세먼지는 입경별 측정과 관리에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 미세먼지는 배출원에 따라 다양한 화학성분으로 구성되며 배출원에 따라 많은 유해대기오염물질(HAP)이 포함될 수 있다. 또한 현재 농도를 기준으로한 대기질 관리에는 정책의 우선순위와 효율성을 높이기 위하여 인체위해성을 고려한 대기질관리가 보완되어야 한다. 이를 위해서 미세먼지의 다양한 유해성분 측정을 보완하여 인체위해성 평가와 배출원 기여도 해석의 기초자료를 축적하여야 한다.

<참고문헌>

- [1] 국무조정실 외, 2016, 미세먼지 관리 특별대책 보도자료.
- [2] Environmental Performance Index-2016 Report, 2016. (<http://epi.yale.edu/reports/2016-report>)
- [3] OECD, 2016, The economic consequences of outdoor air pollution.
- [4] 국립환경과학원, 2015, 대기환경연보(2014).
- [5] 서울시 보건환경연구원, 2016, 대기질 분석결과(2016년 1월-6월).
- [6] 서울특별시, 2010, 서울시 대기 중 미세먼지의 상세모니터링을 통한 미세먼지 특성조사 연구.
- [7] 국립환경과학원, 2016, 대기오염물질 배출량 2013.
- [8] South Coast Air Quality District, 2015, Multiple air toxics exposure study in the south coast air basin (MATES-IV).
- [9] International Agency for Research on Cancer, 2012, Diesel engine exhaust carcinogenic, Press release number 213.