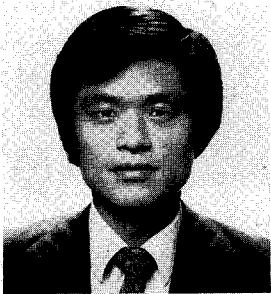


# 분진



분진은 주로 호흡기에 피해를 입히고 있으며, 분진입자에 유해물질이 흡착되면 호흡시 폐포에 머물면서 염증성, 알레르기성 변화 등을 일으킨다. 또한 석탄광부의 진폐증은 두번째로 많이 발생하는 직업병이며, 이 진폐증은 암을 유발한다.



金 潤 信  
(한양대 의과대학 부교수)

## I. 서론

우리나라는 최근까지 경제분야에 높은 정책적 우선 순위를 들어 괄목할 만한 경제성장을 이룩하였으나, 산업발전과 인구의 도시집중 현상—예를 들면, 주택난방, 차량, 화력발전소, 각종 산업장에서 방출되는 대기 오염물질—은 우리나라 각 지역의 대기질에 많은 영향을 끼치고 있다. 특히, 서울과 같은 대도시에서는 대기 부유분진과 유황산화물의 농도가 환경기준치를 초과하고 있으며, 질소산화물, 일산화탄소, 옥시탄트 및 탄화수소도 일부 지역에서 초과하는 경우가 있는 것으로 알려져 있다.

더우기 현재 우리나라의 대기오염문제 중 분진에 의한 오염은 매우 심각한 상태로 보고되고 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위하여 환경청에서는 수년내 분진 배출업소에 대한 규제기준의 세분화 및 강화, 배출 부과금제도의 실시, 중앙지도 점검반의 지역별 규제와 단속을 강화했으며 그 결과 결정 배출구를 거치지 않고 비산되거나 누출되는 분진에 대해서는 배출허용 기준이 정해져 있으나 그 기준치가 합리적이고 적절한 지에 대한 과학적 근거 자료가 불충분하고 환경보전법상 분진에 대한 명확한 정의가 되어 있지 않을 뿐더러 환경오염공정시험법에서의 적용 범위가 일부 특정 배출원에서 비산 배출되는 분진에 대해서는 그 측정 방법이나 배출가스 유량산정 방법이 확립되어 있지 않기 때문에 효과적인 규제가 곤란하고 때로는 피해와 논쟁의 원인이 되고 있다.

또한, 최근 인구의 도시 집중화에 따른 실내지하시설물의 이용 확대로 실내지하공간의 공기오염이 심각한 문제로 대두되고 있으며, 한편 석면 등 미량유해물질의 사용증가로 인한 환경과 인체 피해가 우려되고 있다. 1988년 김광중 등이 조사한 실내지하공간에서의 부유분진이 환경기준치를 초과하고 있는 것으로 나타났는데 많은 인구가 집중된 곳이라 그 심각성은 매우 크다고 할 수 있다.

또한 대기중에 존재하고 있는 부유분진에는 여러 종류의 유해성 물질 즉 다환방향족 탄화수소, 중금속, 각종 음이온, 돌연변이성물질이 흡착 또

는 혼재되어 있기 때문에 보건학적으로 큰 의미를 갖고 있으며 대기오염 연구에 있어서 많은 관심의 대상이 되어오고 있다.

따라서, 본고에서는 대기중 부유분진이 환경에 미치는 영향을 중심으로, 실내지하공간에서의 측정조사결과와 그 대책을 논할 것이다.

## II. 본론

### 1. 분진의 종류 및 특성

분진이라 함은 대기중에 부유하거나 비산강하하는 미세한 고체상의 입자상 물질을 말하는데, 입자상 물질이란 물질의 파쇄·선별·퇴적·이적기타 기계적 처리 또는 연소·합성·분해시 발생하는 고체상이나 액체상의 미세한 물질로서, 분진·매연·검댕 및 액적 등을 말한다.

대체적으로 분진의 입경은 0.001-500 $\mu$ m로 대부분 0.1-10 $\mu$ m의 크기를 갖는다. 분진은 크게 두가지로 분류할 수 있는데 그것을 구분해보면 다음과 같다.

(1) 강하분진 : 입자가 크고 무거워서 침강하기 쉬운 분진으로 단위는  $\text{ton} / \text{km}^2 / \text{month}$ 이다.

(2) 부유분진 : 입자가 미세하고 가벼워서 좀처럼 침강하기 어려운 분진으로 단위는  $\text{mg} / \text{m}^3$ 로 0.1 $\mu$ m 이하의 입자이다.

대기 중 분진의 거동이나 이화학적 특성은 입자 고유의 성상과 매질인 대기상태에 의존하며 입자의 입경·농도·화학적 조성은 가장 중요한 인자이다.

크기가 0.1 $\mu$ m이하인 입자는 분자와 비슷한 현상을 나타내며, 기체분자와 충돌하며 브라운 운동을 한다. 입경이 1 $\mu$ m 보다 크거나 20 $\mu$ m 이하인 입자는 그들이 위치하는 가스의 운동에 따라 운동하며, 20 $\mu$ m 이상의 크기를 가진 입자는 침전속도가 빨라 대기중 체류시간이 짧다.

입경 10 $\mu$ m이하의 입자는 침강속도가 느리고, 대기중에 비교적 장시간 체류하며 폐부의 깊은 곳까지 침착하여 호흡기에 영향을 미친다. 일본의 경우 대기 환경기준은 10 $\mu$ m이하의 부유입자상 물질로서 1시간치는 200 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 이하로 규정되어

있으나, 우리나라는 총부유분진(TSP)으로만 설정되어 있어서, 화학연료의 연소로 인해 발생된 분진과 각종 비산 분진을 포함하는 대기중에 부유 입자상 물질의 총칭으로서 주로 0.1 $\mu$ m 이상 100 $\mu$ m이하의 입자를 대상으로 하고 있다.

### 2. 분진의 배출원

대기오염물질중 하나인 분진의 배출원은 정배출원, 산업분야 비산분진 배출원, 고정면 배출원 및 이동배출원으로 구별하고 있는데, 정배출원은 화력발전소, 공장 등 대규모 시설로서 연소시설에 의한 분진배출이 많은 배출원이며, 또한 고정면 배출원은 소규모 배출원 및 불확실한 정배출원으로서 주거·상업지역·소규모 공장 등 오염물질의 배출량은 적은데 비하여 그 수가 많아서 일정 면적 내에서 균일한 오염물질의 배출원이며, 이동배출원은 트럭, 버스, 승용차 및 모터사이클에 의한 도로상의 배출원과 비도로상의 배출원이다.

부유 분진의 저감대책을 위해서는 석탄, B-C유 등 부유분진 발생량이 많은 연료를 LNG 도시가스 등으로 대체하고, 연소시설과 방법을 개선하는 한편, 비산분진 발생원을 철저히 관리하는 등의 대기오염방지책을 마련해야 한다. 또한 이동배출원에서 유래되는 부유분진을 저감하기 위해서는 경유연소차량의 분진 억제대책을 실시하면 효과적인 대책이 될 것이다.

TSP의 배출원별 배출목록(1984)

(천톤/년)

배출원	점	산업분야 비산분진	고정면	이동	계
화력/상업/공공용연료	1.0		105.2		106.2
석산업용연료	22.4		10.7		33.1
발전용연료	34.4				34.4
로 고형폐기물소각					4.1
연 도로이동배출원			4.1	16.3	16.3
소 비도로이동배출원				3.0	3.0
소 계	57.8		120.0	19.3	197.1
비 산업공정	217.7				217.7
산 비산먼지			59.3		59.3
분 도로상 재비산 먼지				1660.0	1660.0
진 산업분야 비산먼지		218.2			218.2
소 계	217.7	218.2	59.3	1660.0	2155.2
총 계	275.5	218.2	179.3	1679.3	2352.3

### 3. 분진 발생량 및 오염도

우리나라의 경우 1985년도 서울지역의 대기부유 분진의 농도가  $133-265 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 매우 높은 편이었으며 다음 표에 의하면 대기 부유 분진 연평균 농도가 다소 감소 추세에 있다.

대기 부유분진의 연평균 농도

기 간	83.3~84.2	84.3~85.2	85.3~86.2
측정치수	32	50	42
산술평균	158.53	132.01	123.50
표준편차	74.80	54.15	62.23
최 소 치	51.117	42.99	33.36
최 대 치	387.87	292.78	301.21
미세입자	84.82	67.80	62.68
조대입자	73.70	64.22	60.83
FF	0.56	0.53	0.53

대기 부유분진의 입경분포는  $1-2 \mu\text{m}$ 를 계곡으로 하여 양측에 발생원을 달리하는 입자가 피크를 나타내는 이산형(Bimodal)으로 되어 있다고 알려져 있기 때문에 특정 도시의 대기부유분진의 입경분포를 파악하기 위하여 5단 분별포집이 원칙이나  $2 \mu\text{m}$ 이상과 이하로 분별할 수 있는 2단 분별포집도 유용하다고 보여진다. 또한  $2 \mu\text{m}$ 이하의 입자는 폐내 침입율이 높은 흡입성 분진이기 때문에 도시 대기중 미세입자의 기여를 파악하기 위하여 다음과 같은 식이 사용된다.

미세입자분율(Fine Fraction, FF)

$$= \frac{(\text{미세입자})}{(\text{조대입자}) + (\text{미세입자})}$$

= 미세입자(Fine Particle,  $<2 \mu\text{m}$ )

조대입자(Coarse Particle,  $>2 \mu\text{m}$ )

여기에서 미세입자 분율(FF)이 크다는 것은 특정 도시 대기중  $2 \mu\text{m}$  이하의 미세입자 분포가 커서 흡입성 분진의 양이 많다는 것을 의미한다. 도시 대기 부유분진의 농도는 1983년 이후 감소 추세에 있으나 외국의 경우와 비교하면 농도가 높은 편이다.

우리나라 분진발생에는 외국과 다른 몇가지 특색이 있다. 그 첫째가 지리적 조건에서 오는 중국 황하지방에서 발생하는 황하먼지가 날아 온다는 것이다. 이것은 자연적 발생량으로 보면 매우 큰

양으로 봄철의 오염도 증가 원인중 하나이다. 둘째는 연료사용에 따른 인위적 발생량 증가이다. 도시 가정의 주거용 연료로 값이 대체로 싼 연탄을 사용하고 있어 인위적 행위에 의한 분진농도가 동절기에 높게 나타나고 있는데 주거에 의한 분진 발생량 역시 증가하고 있다. 셋째는 낮은 포집률과 교통량 증가를 들 수 있다. 선진외국에 비해 도로포장율이 낮은 반면에 대중 교통수단으로서의 버스운행율이 높아 자연히 분진의 발생량이 많아지며 운행방법 역시 난폭하여 분진 발생을 가중시키고 있다. 이러한 문제는 분진의 발생에 대한 우리나라만이 가지는 특색이라 하겠다.

### 4. 실내지하공간에서의 부유분진의 측정조사

최근 인구의 도시집중화에 따라 지하상가, 지하철, 지하도, 지하주차장 및 도로터널 등 지하시설물의 이용이 날로 확대되고 있으며 많은 사람들이 이러한 지하공간에 폭로되고 있다. 이에 따라, 각종 지하공간에 있어서의 공기오염도를 측정, 평가하고 문제점을 도출하여 이에 대한 적절한 대책을 제시함을 목적으로 김광중(1988년) 등의 조사연구를 살펴보고자 한다.

지하공간에서의 부유분진을 총부유분진(TSP)과 흡입성분진(RP)으로 나누어 조사하였는데 측정대상별 평균농도는 다음과 같다.

장소별 TSP와 RP농도

(단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

측정장소	시료수	TSP		RP	
		M±SD	범 위	M±SD	범 위
지 하 상 가	6	433.96	217.1	205.13	141.2
		±182.96	~736.2	± 55.07	~278.1
지하주차장	2	373.40	159.7	124.10	53.7
		±302.21	~587.1	± 99.56	~194.5
지 하 철 역	8	386.61	250.8	171.25	85.6
		±137.07	~596.5	± 98.57	~347.4
지 하 도	2	529.85	92.1	154.40	92.1
		±359.70	~216.7	± 88.10	~216.7
소 계	18	416.84	92.1	175.43	53.7
		±181.17	~736.2	± 81.32	~347.4
도 로 터 널	6	4,196.47	2,802.2	1,079.32	337.3
		±1,369.91	~6,558.1	±1,163.31	~3,089.5

지하상가의 경우 TSP의 평균농도는  $433.96 \pm 182.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 우리나라의 환경기준인  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

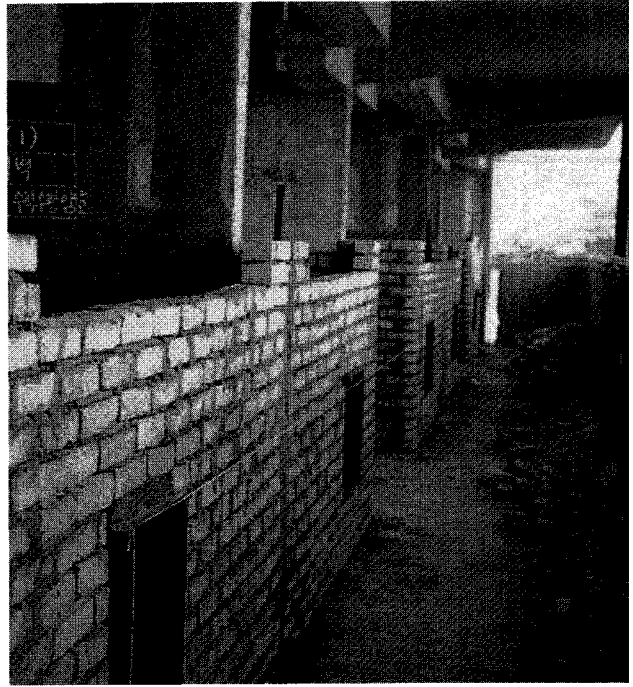
m<sup>3</sup>보다 약 2.9배 초과하였다. 지하상가는 일반적으로 공간이 폐쇄되어 있고 사람이 밀집되어 있으며 상품과 통행인의 출입이 점차 증가하고 있기 때문에 부유분진의 발생이 증가하는 것으로 사료되며, 지하철역과 연계되어 있는 경우 전동차에 의해 발생된 분진이 환기구나 연결통로 등을 통해 영향을 미친다. 그리고 지상출입구를 통해 유입되는 외기의 영향이 background pollution으로 작용될 수도 있다. 또한 지하상가의 청소시 기계식이 아닌 비로 쓰는 경우가 대부분으로 분진의 비산이 많을 것으로 보여진다. 현재의 환기시설은 설비의 미비와 적정가동여부가 문제로 보여지며 특히 냉난방시설의 가동시에는 에너지효율을 고려하여 환기량을 줄이고 실내공기를 재순환시키기 때문에 분진농도가 높아지는 문제점이 있다.

지하주차장의 TSP 평균농도가 최저치인 373.40±302.21 μg/m<sup>3</sup>으로 나타났으나 환경기준치의 약 2.6배를 초과하였다.

지하철역은 TSP 평균농도가 386.61±137.07 μg/m<sup>3</sup>으로 나타났으며 이는 환경기준치보다 약 2.6배를 초과하고 있다. 지하철의 부유분진에 의한 오염발생원인은 불특정다수인의 통행 등 사람의 이동이 빈번한 지점과 전철 진입시 구내 축적물의 비산·천정에 살포된 물질의 비산, 환기구나 지상출입구 등으로 외기가 유입되는 등의 여러 변수가 작용하는 것으로 추측된다.

지하도의 TSP 평균 농도는 529.85±359.70 μg/m<sup>3</sup>이고 RP의 경우 154.40±8810 μg/m<sup>3</sup>으로 측정대상이 서울역과 강남역 지하보도로서 서울역 지하보도가 784.2 μg/m<sup>3</sup>, 강남역 지하보도가 275.5 μg/m<sup>3</sup>으로 서울역이 강남역 지하보도보다 약 2.8배 높게 나타났다. 이것은 서울역 지하도가 통행인이 많고 시설이 노후되었으며 주변의 대기오염이 더 많기 때문으로 추측된다.

터널의 경우 지상시설물로 TSP는 4196.47±1369.91 μg/m<sup>3</sup>, RP는 1079.32±1163.31 μg/m<sup>3</sup>으로 나타나 지하공간보다 약 10배가 높았다. 이는 교통량의 급격한 증가와 자동차에서 다량 배출되는 매연 및 입자상물질과 유해물질이 터널의 내부공기를 오염시키고 또한 환기시설의 미비로 인



하여 오염물질의 일부가 터널내에서 정체하고 특히 대면터널은 터널의 중간지점에 난류가 형성되어 분진의 비산이 더 많을 것으로 생각된다.

##### 5. 분진이 인체 및 식물에 미치는 영향

분진은 그 대부분이 호흡기관을 통하여 인체에 흡입되며 이들 호흡기관에 영향을 미친다. 호흡기관내 침투하는 결정적 요건은 입자의 크기인데, 인체에 가장 유해한 입경은 0.5~5 μm 범위이며 특히 2~4 μm의 범위에서 침착율이 가장 크다. 따라서 천천히 흡입할 때 그 침착률은 증가한다. 1~10 μm 정도의 입자는 침전, 빛의 분산현상 및 시야를 방해하는 역할이 커지는데 0.1~1 μm의 범위는 특히 시야에 방해를 준다. 매연 등의 입자상 물질은 타오염 물질(가스상)을 운반하는 작용을 하므로 피해의 양상은 더욱 가중된다. 연무질 상태의 자극성 먼지가 폐포에 도달하여 유독성을 나타내는데 이것을 진폐증이라 하며, 석면폐증, 면폐증, 규폐증 등이 있다.

식물에 미치는 영향을 보면 다음과 같다. 첫째, 식물의 호흡기공을 폐쇄시키고 탄소동화작용을 억제시키고 식물의 성장에 지장을 준다. 둘째, 온

도와 습도가 높을수록 그 피해는 증가되며, 기상 조건, 재배조건에 따라 달라질 수 있다. 셋째, 잎새의 포식자를 제거하므로 병충해에 대한 저항력을 약화 시킨다. 넷째, 식물 표면에 붙은 입자의 간접적 영향은 또한 이 식물을 먹이로 사용하는 동물에게 화학적으로 유해성분을 제공한다는 점이다.

### Ⅲ. 결론 : 분진발생의 저감대책

분진의 발생량과 분진에 대한 국민의 인식을 조사한 결과 일반 국민의 환경보전에 대한 전반적인 인식은 다소 높아도 분진에 대한 인식은 높지 않은데 이는 분진이 자연 발생원에 의한 배출량이 많기 때문이며, 분진의 발생량이 선진 외국과 차이가 있는 것은 생활양상, 도로 포장율 등의 개발 정도, 대중 교통수단으로서의 차량집중, 주거용 사용연료의 종류와 사용량 증가 및 지리적 특성에 따라 중국 대륙에서 발생하는 황사가 남서풍을 타고 오기 때문이다.

분진의 영향을 조사한 결과 분진은 기관지와 폐 등 주로 호흡기에 피해를 입히고 있으며, 분진 입자에 유해물질이 흡착되면 호흡시 폐포에 머물면서 염증성 변화, 알르레기성 변화 등을 일으킨다. 또한 석탄광부의 진폐증은 두번째로 많이 발생하는 직업병이며, 이 진폐증은 암을 유발한다. 년평균  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 지역의 주민에게 만성 기관지염의 발병율이 높고 년평균치가  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1시간 평균치가  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 상태가 되면 병약자 및 노인의 사망율이 높아지게 된다.

또한 분진은 빛을 산란시켜 가시거리를 감소시키고, 자외선을 차단하며, 큰 입자는 지상에 강하한 후 시설물, 상품 등을 부식시키는 재산상의 피해를 입힌다. 또한 식물의 잎에 부착하여 탄소동화작용을 방해하며, 수용성인 분진은 잎내부로 침투하여 잎을 마르게 한다.

이러한 분진에 의한 피해를 감소 또는 예방하기 위해서는 분진 발생 시설별, 분진 발생 허용농도를 규정하고 각종 작업장에서의 분진의 종류에 따른 환경기준을 설정해야 한다. 그리고 작업장내의



이러한 분진에 의한 피해를 감소  
또는 예방하기 위해서는  
분진 발생 시설별,  
분진 발생 허용농도를 규정하고  
각종 작업장에서의  
분진의 종류에 따른 환경기준을  
설정해야 한다.  
그리고 작업장내의  
분진 오염도를 수시로 측정해야 한다.



분진 오염도를 수시로 측정하여 환경관리의 기초 자료로 삼고, 피해자에 대하여는 의학적인 관리 즉 피해 예상부위의 정기적인 신체검사 등이 뒤따라야 한다.

지하상가의 분진발생 감소를 위해서는 지하상가의 건설시 건축시공전에 종합적인 환경 계획을 세워 충분한 검토를 한 후 시공하도록 법제화해야 할 것이며 전문 인력을 배치하여 정기적인 측정조사와 시설의 보완 등을 실시하고 청소시에는 분진의 비산을 억제하도록 진공청소기를 사용해야 할 것으로 생각된다. 지하주차장의 경우는 차량의 배기가스로 인한 인체 피해를 막기 위해 기사 대기실을 주차장과 분리시켜야 할 것이며, 지하주차장의 근로자는 단시간 교대 근무를 해야하고 물청소를 실시하여 먼지의 비산을 막아야 할 것으로 생각된다.

대기보전 및 쾌적한 실내환경 유지를 위하여는 정부와 기업만의 노력으로 결정된 문제가 아니라 국민의 이해와 협조가 필요하므로 대기보전에 대한 국민계몽 및 홍보 활동이 필요하며 정부와 기업과 국민이 삼위일체가 되어 대기보전에 노력하는 것이 최선의 길이라고 생각된다. ◀