

서울시 대기중 부유분진의 입도별 돌연변이원성의 월변화

장재연 · 김박광 · 조성준* · 정용*

서울대학교 약학대학 · *연세대학교 환경공해 연구소

(Received October 4, 1988)

Monthly Variation in the *Salmonella* Mutagenicity by Suspended Particulate according to Particle Size in Seoul City.

Jae Yeon Jang, Bak-Kwang Kim, Seong Joon Jo* and Yong Chung*

College of Pharmacy, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea and

*The institute for Environmental Research, Yonsei University, Seoul 120, Korea.

Abstract—Monthly variation of mutagenicity by airborne particulate were studied according to particle size of the particulate. Airborne particulates were collected in Shinchon of Seoul which is commocial and traffic area in 1986. And those were separately collected into two parts such as fine particle (less than $2.5\mu\text{m}$ aerodynamic diameter) and coarse particle (greater than $2.5\mu\text{m}$). Extractable organic matters(EOM) were extracted and mutagenicity of the EOM was tested in *Salmonella thyphimurium* TA 98 by Ames method. While the concentration of coarse particle did not show the seasonal variation, that of fine particle showed great seasonal variation. The contents and mutagenicity of EOM in fine particles were higher than those of coarse particles. So fine particles were expected to contribute to the 90% of mutagenicity in atmosphere by suspended particulates. The content of EOM and mutagenicity by suspended particulates in atmosphere were highest in January all the year around and also higher as much as 6 and 30 times than in July, respectively.

대기중의 부유분진은 대기오염물질중 중요한 부분을 차지하고 있고 다른 가스상 오염물질들이 단일물질인데 반하여 많은 오염물질이 함유된 복합체이어서 그 발생원의 추정이나 유해성 평가등이 어려운 실정이다. 대도시 지역에서 주로 문제가 되고 있는 부유분진들은 난방시설, 산업시설, 자동차 등과 같은 인위적 발생원으로부터 배출되는 입자상 물질들로, 연료의 불완전 연소 및 배출가스의 응축으로 인하여 발생하게 되며 이들이 대기중에서 2차 반응에 의해 새로운 부유분진을 생성하기도 한다.^{1,2)} 이와 같은 대도시의 부유분진은 많은 종류의 유해 중금속, 무기염, 유기물질 등을 함유하고 있어 인체에 대한 영향이 클 것으로 생각된다.³⁾ Lave 등은 도시지역이 교외지역에 비해 폐암에 의한 사망률이 높은 이유의 대부분이 대기오염, 그 중에서도 부유분진에 흡착되어 있는 발암물질에 의한 것으로 추정하였다.⁴⁾

부유분진은 발생원등에 따라 그 성분이 달라

지기 때문에 단순히 농도만으로 유해성을 판단하기는 어렵다. 따라서 그에 대한 보완책으로 그중에 함유되어 있는 유해성분을 확인, 정량하는 연구가 이루어 지고 있어 다핵방향족 탄화수소류를 비롯한 발암성 물질과⁵⁻⁹⁾ 유해 중금속에 대한 연구들이 보고되었다.¹⁰⁾ 그러나 이와같은 유해성분들의 확인, 정량만으로 그들간의 상호작용 등의 규명이 어려워 부유분진의 유해도를 종합적으로 평가하기는 어렵다.

부유분진중 각종 발암물질들을 비롯한 유해성분들의 상당부분은 유기물질들인 것으로 생각되기 때문에 부유분진의 유기물 함량 및 그 독성을 평가하면 부유분진의 유해성을 종합적으로 판단하는 좋은 방법이 된다. 이에 따라 부유분진의 유기물에 의한 돌연변이원성이 밝혀진 이래 돌연변이 원성을 대기오염의 유해도를 평가하는 기준으로 사용하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 부유분진으로부터 돌연변이원성 물질들을 추출하는 용매 및 방법에 대한 검토와 적절한

사용균주의 조사 등 시험방법의 표준화를 위한 연구들과¹¹⁻¹⁶⁾ 지역 등의 차이 등에 관한 연구들이 일부 보고되고 있다.¹⁷⁻²²⁾

우리나라는 대도시 및 공업지역의 대기오염이 매우 심하여 WHO 보고에 의하면 서울시의 SO₂와 부유분진의 오염수준은 세계 최고의 수준을 보이고 있다. 또한 오염물 기준지수를 이용한 대기질의 평가 연구에서도 서울시의 경우 부유분진이 인체에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 평가되었다.²³⁾ 서울시 대기중의 부유분진에서 40여종의 다핵방향족 탄화수소류 및²⁴⁾ 수종의 발암성 oxygenated compound들이 확인되었고²⁵⁾ 돌연변이원성도 검출되는 등²⁶⁻²⁷⁾ 그 유해성이 높을 것으로 추정된다.

따라서 본 연구에서는 서울시 대기중 부유분진의 유해도를 평가하기 위하여 연중의 오염도, 유기물 함유량 및 그 돌연변이원성을 조사하였다. 또한 부유분진의 유해도는 그 입경에 따라 인체에 대한 영향이 다르기 때문에 입경 2.5 μ m 이상의 조대입자(coarse particle)과 그 이하의 미세입자(fine particle)로 나누어 비교하였다.

실험 방법

시약—ether, cyclohexane 등 유기용매는 시판 특급품을 재증류하여 사용하였으며 기타 Ames test에 필요한 시약 및 배지 등은 시판특급품 및 Ames가 제시하는 규격품을 사용하였다.²⁸⁾ S9 mix 조제용 cofactor는 일본 오리엔탈 효모공업 주식회사 제품을 사용하였다.

부유분진 시료의 채취—서울시 서대문구 신촌동의 한 지점에서 1986년 1월부터 12월까지 월 7회씩 각 24시간 동안 시료를 채취하였다. 강우 후 2일간은 대기중 부유분진의 세정효과를 감안하여 시료채취를 하지 않았으며 8월 중에는 잦은 강우로 인하여 시료를 채취하지 않았다. 시료채취는 high volume cascade impactor air sampler (KIMOTO CO. Model-130)를 사용하여 입경 2.5 μ m 이상과 그 이하로 나누어 채취하였으며 공기의 채취유량은 분당 0.4m³로 하였다. 부유분진 채취용 필터는 환경오염공정시험법에

따라 사용하여 부유분진의 농도를 측정하였다.

유기물의 추출—부유분진을 포함한 필터를 잘게 분할하여 ether와 cyclohexane의 혼합용매(8:2, v/v)를 사용하여 20분씩 2회 초음파 추출시켜 유기물을 추출하였다. 추출액을 합쳐 rotary vacuum evaporator를 사용하여 농축하고 10ml 용량의 바이알에 옮겨 진공 데시케이터에서 건조시킨 후 추출물의 무게를 측정하였다. 추출 과정을 비롯한 모든 실험과정에서 시료의 빛에 의한 반응을 방지하기 위하여 알루미늄 호일 등으로 외부의 빛을 차단하였다.

돌연변이원성 시험—부유분진으로 부터 추출된 유기물의 돌연변이원성 실험은 Ames test를 사용하였다. 시험균주는 *Salmonella typhimurium* TA98을 사용하였고 S9은 PCB(KC-400)를 복강 주사한 rat로부터 Ames가 제시한 방법에 따라 제조하여 사용하였다. 시험물질은 DMSO에 녹여 plate 당 250 μ g을 시험하였으며 S9 mix를 사용시는 plate당 S9이 50 μ l, MgCl₂ 8 μ mol, KCl 33 μ mol, glucose-6-phosphate 5 μ mol, NADPH 4 μ mol, NADH 4 μ mol, phosphate buffer 100 μ mol가 첨가되도록 하여 시험하였다. 그외의 모든상세한 방법은 Ames의 방법에 준하여 시험하였다.²⁸⁾

실험결과

Table I은 조사지점에서 월별로 7회씩 측정 한 대기중 부유분진의 농도를 나타낸 것으로 조대입자와 미세입자 각각의 농도와 둘을 합한 총 부유분진(total suspended particulates; 이하 T-SP)의 농도를 나타낸 것이다. TSP는 1월 및 2월에 200 μ g/m³를 초과하는 높은 오염도를 나타내었고 7월에 73 μ g/m³로 가장 낮았다. 우리나라의 연간 환경기준치 150 μ g/m³를 초과하는 달이 11개월중 7개월로 매우 높은 오염도를 나타내었다. 조대입자는 7월에 26 μ g/m³로 최소값이었으며 1월에 52 μ g/m³로 최대값을 보였으나 연중 큰 변화를 보이지 않았다. 반면에 미세입자는 연중 변화가 심해 최대값을 나타낸 1월이 160 μ g/m³로 최소값을 나타낸 7월의 48 μ g/m³에

Table I—Concentration of suspended particulates in atmosphere by particle size and month. (Seoul, 1986)
unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Month		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
No. of samples		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
TSP	Mean	212	193	190	154	153	107	73	94	98	173	202
	Max	339	296	235	246	212	273	118	117	133	328	264
	Min	108	119	100	86	70	68	50	80	63	62	84
coarse particle	Mean	52	42	45	37	54	38	26	32	28	45	51
	Max	98	57	68	61	85	58	42	37	45	86	99
	Min	26	15	17	22	19	19	16	26	12	17	5
fine particle	Mean	160	151	145	117	99	68	48	61	70	128	151
	Max	241	247	181	189	131	115	76	83	93	242	205
	Min	80	102	83	85	52	43	33	51	48	45	79

correlation coefficients between TSP and coarse particle, between TSP and fine particle and between coarse particle and fine particle are 0.84, 0.99 and 0.77, respectively.

비해 약 4배의 높은 값을 보였다. 또한 겨울철에 매우 높고 여름철로 갈수록 현저히 감소하는 경향을 보였다. 미세입자와 TSP간의 상관계수(r)는 0.99로 조대입자와 TSP 간의 상관계수 0.84보다 매우 높게 나타나 대기중의 부유분진의 농도는 미세입자의 농도에 큰 영향을 받는 것으로 평가된다. 또한 미세입자와 조대입자와의 상관계수는 0.77로 가장 낮아 두 입자군간에는 발생원 등의 상관성이 낮은 것으로 생각된다 Fig. 1은 TSP에 대한 미세입자의 비율 나타낸 것이다. 2월이 0.79로 최대값을 나타내었으며 6월에 0.64로 최소값이었다. 1~4월, 10~12월 동안에는 0.72~0.79의 비율 보여 5~9월 사이의 0.64~0.65에 비해 상대적으로 높았다. 이와 같은 난방기의 미세입자의 증가는 인위적 오염으로부터 발생하는 부유분진의 기여도가 높아진다는 것을 의미하며 이런 요인으로는 난방용 연료의 연소가 가장 중요한 것으로 생각된다

Table II는 본 실험에서 사용된 혼합 유기용매에 의해 추출된 부유분진중의 유기물의 대기중 농도를 표시한 것이다. 부유분진은 그 구성성분이 매우 다양하지만 돌연변이원성 물질을 비롯한 생체독성이 있는 성분들은 대부분 유기물이며 이들은 대기중에서 포집한 부유분진으로

부터 유기용매에 의해 추출이 가능하다. 따라서 유기용매에 의해 추출될 수 있는 유기물(extractable organic matter; 이하 EOM)의 양은 부유분진의 독성정도 및 성질을 평가하는데 중요한 지표로서의 사용이 가능하다.

미세입자의 EOM은 1월에 $10.44\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높았으며 7월에는 $1.67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮았으며 계절적인 변화가 뚜렷하여 겨울철에서 여름철로 갈수록 현저히 감소하였다. 또한 부유분진 전체의 EOM에서 차지하는 비율도 1~3월, 11~12월에 81.2~84.5%로 여름철의 67.1~77.2%에 비해 높았다. 조대입자의 EOM은 1월에 $2.42\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최대값이었으며 7월에 $0.70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최소값을 나타내었으나 계절적인 변화는 뚜렷하지 않았다. 전체 EOM에서 차지하는 비율은 월별로 15.5~32.9%이었다. 이상의 EOM의 대기중의 농도이외에 부유분진의 EOM의 함량도 부유분진의 유해성이나 발생원 등의 주요 평가기준이 될 수 있다. 그 값을 Table III에 나타내었다. 미세입자의 EOM 함량은 6,7월에 3.66, 3.48%로 낮은 값을 보였고 11,12,1월에 각각 6.80, 6.20, 6.52%로 높은 값을 보였다. 4월에 다소 경향을 벗어 났으나 대체적으로 여름철로 갈수록 낮아지는 경향을 보였다. 10월을 제외하고는 모든

Table II—Atmospheric concentrations of extractable organic matters from suspended particulates collected in Seoul, 1986.

unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3(\%)$

Month	Fine particle	Coarse particle	Total
Jan.	10.44(81.2)	2.42(18.8)	12.86(100.0)
Feb.	8.18(83.8)	1.56(16.2)	9.74(100.0)
Mar.	7.69(81.6)	1.73(18.4)	9.42(100.0)
Apr.	7.19(77.2)	2.12(22.8)	9.31(100.0)
May	4.37(67.3)	2.12(32.7)	6.49(100.0)
Jun.	2.49(68.4)	1.15(31.6)	3.64(100.0)
Jul.	1.67(70.5)	0.70(29.5)	2.37(100.0)
Sep.	2.73(67.1)	1.34(32.9)	4.07(100.0)
Oct.	4.40(69.0)	1.93(31.0)	6.38(100.0)
Nov.	8.70(83.7)	1.69(16.3)	10.39(100.0)
Dec.	9.36(84.5)	1.72(15.5)	11.08(100.0)
M*±SD	6.11±3.07	1.69±0.49	7.80±3.41

* : mean±standard deviation

Table III—Monthly variation of proportion of extractable organic matters to suspended particulates collected in Seoul, 1986.

unit: %

Month	Fine particle	Coarse particle
Jan.	6.52	4.65
Feb.	5.42	3.71
Mar.	5.30	3.71
Apr.	6.31	5.73
May	4.41	2.93
Jun.	3.66	3.09
Jul.	3.48	2.69
Sep.	4.48	4.19
Oct.	6.29	7.07
Nov.	6.80	3.76
Dec.	6.20	3.37

달에서 미세입자가 조대입자보다 유기물 함량이 높아 미세입자가 유해물질의 함량이나 인체에 대한 유해도가 높을 것으로 평가된다.

Table IV는 미세입자와 조대입자의 EOM의 돌연변이원성을 나타낸 것으로 각 plate당 250 μg 을 시험한 결과이다. S9 mix에 의해 microsomal enzyme activation하여 얻은 돌연변이원성(indi-

Ratio

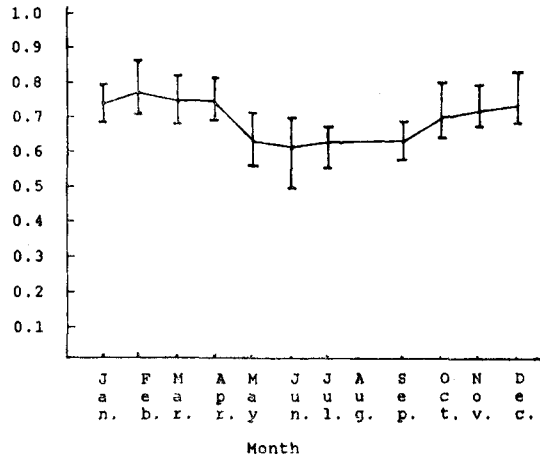


Fig. 1—Monthly variation of the proportion of fine particle to total suspended particulates.

Table IV—Mutagenic activities of extractable organic matter from suspended particulates collected in Seoul.

unit: revertant/plate/250 μg

Month	Fine particle		Coarse particle	
	+S9*	-S9**	+S9*	-S9**
Jan.	1,563	757	410	185
Feb.	1,758	657	387	112
Mar.	1,393	472	338	120
Apr.	1,433	405	322	125
May	1,654	600	250	125
Jun.	754	305	152	86
Jul.	553	268	127	64
Sep.	1,217	441	195	87
Oct.	961	341	186	76
Nov.	1,109	337	295	99
Dec.	1,068	408	200	92
M*** ±SD	1,224 ±379	454 ±156	260.2 ±96.2	106.5 ±33.0
DMSO	56	47		
benzo(a) pyrene 2 μg	563	48		

* : with S9 (indirect acting mutagenicity)

** : without S9 (direct acting mutagenicity)

*** : Mean±standard deviation

Table V—Direct acting mutagenicities of extractable organic matters from suspended particulates collected in Seoul, 1986.

unit: revertant/m ³ (%)			
Month	Fine particle	Coarse particle	Total
Jan.	29.6(95.8)	1.3(4.2)	30.9(100.0)
Feb.	15.7(98.1)	0.3(1.9)	19.0(100.0)
Mar.	13.1(96.3)	0.5(3.7)	13.6(100.0)
Apr.	10.3(93.6)	0.7(6.4)	11.0(100.0)
May	9.7(93.3)	0.7(6.7)	10.4(100.0)
Jun.	2.6(92.9)	0.2(6.5)	2.8(100.0)
Jul.	1.5(93.8)	0.1(6.2)	1.6(100.0)
Sep.	4.3(95.6)	0.2(4.4)	4.5(100.0)
Oct.	5.2(96.8)	0.2(4.7)	5.7(100.0)
Nov.	10.1(96.2)	0.4(3.8)	10.5(100.0)
Dec.	13.5(97.8)	0.3(2.2)	13.8(100.0)
M*±SD	10.5±7.9	0.5±0.4	11.0±8.2

* : mean±standard deviation

rect acting mutagenicity; 이하 I.M.)과 S9 mix 없이 얻은 돌연변이원성(direct acting mutagenicity; 이하 D.M.)을 같이 나타내었다.

미세입자와 조대입자 모두 I.M.이 D.M.에 비해 훨씬 큰 값을 보여 미세입자의 경우 평균값이 2.7배, 조대입자의 경우 2.4배의 값을 나타내었다.

조대입자와 미세입자의 EOM의 돌연변이원성을 비교하여 보면, I.M.은 미세입자의 EOM이 평균 1224 revertant/plate로 조대입자의 EOM의 평균 260.2 revertant/plate에 비해 4.7배가 높았고 D.M.의 경우도 미세입자의 EOM이 평균 454 revertant/plate로 조대입자의 EOM의 평균 106.5 revertant/plate의 4.3배 이었다. 따라서 미세입자에 포함되어 있는 유기물이 조대입자에 포함되어 있는 유기물보다 동일 중량당 돌연변이원성이 D.M.과 I.M. 모두 훨씬 큰 것을 알 수 있었다. 그밖에 조대입자와 미세입자의 EOM의 일 정중량당 돌연변이원성의 연중변화는 6~7월에 가장 낮은 값을 보였으나 기타 계절간에는 뚜렷한 차이를 보이지는 않았다.

Table V와 VI는 Table II의 대기중의 EOM의 농도와 Table IV의 EOM 동일중량의 돌연변이원

Table VI—Indirect acting mutagenicities of extractable organic matters from suspended particulates collected in Seoul, 1986.

unit: revertant/m ³ (%)			
Month	Fine particle	Coarse particle	Total
Jan.	62.9(94.9)	3.4(5.1)	66.3(100.0)
Feb.	43.9(96.5)	1.6(3.5)	45.5(100.0)
Mar.	41.1(95.6)	1.9(4.4)	43.0(100.0)
Apr.	39.6(94.5)	2.3(5.5)	41.9(100.0)
May	27.9(94.6)	1.6(5.4)	29.5(100.0)
Jun.	7.0(94.6)	0.4(5.4)	7.4(100.0)
Jul.	3.3(97.1)	0.1(2.9)	3.4(100.0)
Sep.	12.7(94.8)	0.7(5.2)	13.4(100.0)
Oct.	15.9(94.1)	1.0(5.9)	16.9(100.0)
Nov.	36.7(95.8)	1.6(4.2)	38.3(100.0)
Dec.	37.9(97.4)	1.0(2.6)	38.9(100.0)
M*±SD	29.9±18.3	1.4±0.9	31.3±19.1

* : mean±standard deviation

성을 토대로 구한 미세입자와 조대입자에 의한 대기중의 돌연변이원성을 단위부피당 revertant 수로 표시한 것이다. 미세입자에 의한 대기중의 D.M.은 1월이 29.6 revertant/m³로 가장 높았고 7월에 1.5 revertant/m³로 가장 낮았으며 계절적인 변화가 매우 뚜렷하여 여름철로 갈수록 현저히 낮아지고 겨울철로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 조대입자에 의한 D.M.은 1월에 1.3 revertant/m³로 가장 높았고 7월에 0.1 revertant/m³로 가장 낮았으나 미세입자의 경우와는 달리 주기적인 계절적 변화는 보이지 않았다. I.M.도 D.M.과 거의 비슷한 경향을 보여 미세입자, 조대입자 모두 1월에 최대값을 나타내었고 7월에 최소값을 나타내었으며 미세입자에 의한 돌연변이원성은 계절적인 차이가 뚜렷한 반면 조대입자의 돌연변이원성은 계절적인 차이가 뚜렷하지 않았다. 또한 미세입자에 의한 돌연변이원성이 조대입자에 의한 것에 비해 훨씬 높은 값을 보였다. 미세입자에 의한 D.M.은 연평균이 10.5 revertant/m³로 조대입자에 의한 D.M.의 연평균치 0.5 revertant/m³에 비해 20여배 높았고 모든 달에서 전체 부유분진에 의한 D.M.의 90% 이상을 차지하였다. I.M.의 경우도 미

세입자에 의한 것이 연평균 29.9 revertant/m³로 조대입자에 의한 I.M.의 연평균치 1.4 revertant/m³에 비해 약 20배의 값을 나타내었고 역시 모든 달에서 전체 부유분진에 의한 I.M.의 94% 이상을 차지하였다.

고 찰

도시 대기중 부유분진의 입도별 분포는 1~2 μm를 경계로 2개의 입자군으로 구성되어 있으며 두 군은 각각 최대치가 0.2 μm와 10 μm 부근에서 나타나는 것으로 알려져 있다.²⁹⁻³⁰⁾ 0.2 μm에서 최대치를 나타내는 미세입자군은 대기중에서 증기 또는 가스들이 응축 및 응집에 의해 생성되며 10 μm에서 최대치를 나타내는 조대입자군은 땅이나 바다의 표면에서의 발생과 같은 자연활동에 의해 생성되는 입자군과 앞의 미세입자들이 더욱 커진 것들이 합쳐져 있는 입자군이다.²⁾

본 연구에서는 미세입자는 계절적인 변화가 크며 조대입자는 그 변화가 적었으며 총 부유분진이 증가하는 겨울철에는 미세입자의 총 부유분진중 차지하는 비율도 증가하였다. 또한 총 부유분진과 조대입자와의 상관관계수가 0.85인데 비하여 미세입자와의 상관관계수는 0.99로 매우 높았다. 따라서 조사지역의 대기중 부유분진의 오염도는 인위적 오염원으로 부터 발생하는 미세입자에 의해 결정되는 것으로 생각된다. 인위적 오염원중 중요한 것으로는 난방연료, 산업장 자동차 등을 들 수 있는데 그 중에서 계절적인 변화가 있는 것은 난방연료가 대표적이므로 이것이 겨울철의 부유분진 오염도 증가의 중요 요인일 것으로 평가된다.

부유분진으로 부터 유기용매에 의해 추출 가능한 유기물(EOM)의 계절적인 변화는 부유분진보다 더 커서 TSP가 최고값을 나타낸 1월에 212 μg/m³로 최소값을 나타낸 7월의 73 μg/m³에 비해 약 3배이었으나 EOM은 1월에 12.86 μg/m³로 7월의 2.37 μg/m³의 약 6배가 높았다. 이와 같은 원인은 Table III에서 알 수 있듯이 겨울철에 미세입자의 유기물 함유량이 여름철에 비해

높기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 겨울철에는 부유분진이 크게 증가할 뿐 아니라 유해물질은 더 큰 비율로 증가하여 인체에 대한 유해성이 크게 높아질 것으로 추정된다.

10월을 제외하고는 미세입자가 유기물 함유량이 높아 전체 EOM에서 미세입자에 의한 것이 월별로 67.1~84.5%로 높은 비율을 차지하였다 또한 EOM 동일중량당 돌연변이원성이 미세입자로 부터의 EOM이 조대입자의 EOM에 비해 4배 이상 높아 부유분진에 의한 돌연변이원성의 강도중 미세입자에 의한 것이 direct acting mutagenicity와 indirect acting mutagenicity 모두 90% 이상을 차지하였다.

부유분진에 의한 돌연변이원성의 계절적인 차이는 direct acting mutagenicity의 경우 1월에 30.9 revertant/m³로 7월의 1.6 revertant/m³의 약 30배이고, indirect acting mutagenicity의 경우에도 1월에 66.3 revertant/m³로 7월의 3.4 revertant/m³의 약 30배로 나타나는 등 겨울철이 매우 높았다.

결 론

서울시 한 지점에서 매월 7회씩 1년간 부유분진을 채취하여 대기중의 농도, 유기물 함량 및 그 돌연변이원성을 조사한 결과 조사지역의 부유분진은 미세입자에 의해 큰 영향을 받으며 미세입자가 조대입자에 비해 유기물 함유량, 유기물의 단위 중량당 돌연변이원성 등이 높아 대기중의 돌연변이원성의 90% 이상이 미세입자에 의한 것으로 나타났다. 또한 겨울철에는 부유분진량의 증가, 부유분진의 유기물 함량 증가로 인하여 대기중의 돌연변이성이 크게 증가하는 것으로 나타났다.

또한 부유분진에 의한 돌연변이원성은 indirect acting mutagenicity가 direct acting mutagenicity에 비해 4배 이상 높았다.

문 헌

- 1) H.S. Stoker and S.L. Seager, Environmental

- chemistry: air and water pollution, Foresman and company, Illinois, pp.3-4 (1976).
- 2) A.C. Stern, R.W. Boubel, D.B. Turner and D. L. Fox, Fundamentals of air pollution, New York, pp.22-23 (1984).
 - 3) G.B. Well, Symposium on the physico-chemical transformation of sulfur compounds in the atmosphere and formation of acid smogs, Mainz, Germany (1967).
 - 4) L.B. Lave and E.P. Seskin, *Science* **169**, 723 (1970).
 - 5) K.P. Naikwadi, G.M. Charbonneau, F.W. Karasek, Separation and identification of organic compounds in air particulate extracts by HPLC and gas chromatography-mass spectrometry. *J. of Chromatography* **398**, 227 (1987).
 - 6) M.L. Lee and M. Novotny, Gas chromatography/mass spectrometric and nuclear magnetic resonance determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particulates. *Anal. Chem.* **48**, 1556 (1976).
 - 7) D.R. Choudhury and B. bush, Chromatographic-Spectrometric identification polynuclear aromatic hydrocarbons. *Anal. Chem.* **53**, 1351 (1981).
 - 8) M. Dong and D.C. Locke, High pressure liquid chromatographic method for routine analysis of major parent polynuclear aromatic hydrocarbons in suspended particulate matter. *Anal. Chem.* **48**, 368 (1976).
 - 9) R.C. Lao, R.S. Thomas, H.Oja and L.Dubois, Application of gas chromatogrph-mass spectrometer-data processor combination to the analysis of the polycyclic aromatic hydrocarbon content of air borne polluns. *Anal. Chem.* **45**, 908 (1973).
 - 10) T.G. Wollf, Measurements of sulfur oxides, nitrogen oxides, haze and fine particles at a rural site on the Atlantic coast. *J. Air Pollut. Contr. Assoc.* **36**, 585 (1986).
 - 11) K. Teranish, K. Hamada and H. Watanabe, Mutagenicity in *Salmonella typhimurium* mutants of the benzene-soluble organic matter derived from air-borne particulate matter and its five fractions. *Mutat. Res.* **56**, 273 (1978).
 - 12) S. Goto, A. Kawai and T. Yonekawa, Effect of extracting solvents on the mutagenicity of air-borne particulates. *J. Japan Soc. Air Pollut.* **16**, 18 (1981).
 - 13) G. Krishna, T. Ong, W.-Z. Whong and J. Nath, Mutagenicity syudies of ambient airborne particles. I. Comparison of solvent system. *Mutat. Res.* **124**, 113 (1983).
 - 14) G. Krishna, J.Nath, W.Z. Whong and T. Ong, Mutagenicities of ambient airborne particles. II. Comparison of extracting methods. *Mutat. Res.* **124**, 121 (1983).
 - 15) K.V. Cauwenberghe and L.V. Vaeck, Toxicological implications of the organic fraction of aerosols: a chemist's view. *Mutat. Res.* **116**, 1 (1983).
 - 16) W.K. Raat, Genetotoxicity of aerosol extracts. Some methodological aspects and the contribution of urban and industrial locations. *Mutat. Res.* **116**, 47 (1983).
 - 17) H. Tokiwa, K. Morita, H. Takeyoshi, K. Takahashi and Y. Ohnishi, Detection of mutagenic activity in particulate air pollutants. *Mutat. Res.* **48**, 237 (1977).
 - 18) J.N. Pitts, W. Harger, D.M. Lokensgard, D.R. Fstz G.M. Scorziell and V. Mejia, Diurnal variations in the mutagenicity of airborne particulate organic matter in California's south coast air basin. *Mutat. Res.* **104**, 35 (1982)).
 - 19) G.M. Alink, H.A. Smit, J.J. van Houdt, J.R. Kolkman and J.S.M. Boleij, Mutgenic activity of airborne particulates at non-industrial location. *Mutat. Res.* **116**, 21 (1983).
 - 20) M. Moller, I. Aifheim, S. Larssen and A. Mlkaalsen, Mutagenicity of airborne particles in relation to traffic and air pollution parameters. *Mutat. Res.* **116**, 35 (1983).
 - 21) J.M. Daisey, T.J. Kneip, I. Hawryluk and F. Mukai, Seasonal variations in the bacterial mutagenicity of airborne particulate organic matter in New York City. *Environ. Sci. Technol.* **14**, 1487 (1980).
 - 22) J.N Pitts, Jr. J.A. Sweetman, W. Harger, D.R. Fitz, H. Paur and M. Winer, Diurnal mutage-

- nicity of airborne particulate organic matter adjacent to heavily traveled west Los Angeles freeway. *J. Air Pollut. Contr. Assoc.* 35, 638 (1985).
- 23) Y. Chung, J.Y. Jang, S.P. Kwon, An assessment of air pollution using pollutant standard index (PSI): 1983~1984 in Seoul. *Korean J. of Preventive Medicine* 19, 65 (1986).
- 24) J. Y. Jang, B.K. Kim, Y. Chung and S.J. Jo, Isolation and identification of polynuclear aromatic hydrocarbons in Seoul atmosphere. *J. of the Korea Air Pollution Res. Assoc.* 4 (1988). in press.
- 25) J.Y. Jang, Analytical studies on mutagenicity and micoorganic pollutants of suspended particulate in atmosphere. Seoul National University Ph. D thesis, Seoul, pp.102-109 (1988).
- 26) C.W. Cha, Y.W. Kim, J.S. Kim, Study on mutagenicity of the air pollutant in Seoul. *Kor. Env. Preser. Assoc.* 4, 167 (1983).
- 27) Y. Chung, Physio-chemical nature and mutagenic activity of ambient dust in Seoul.. *Yonsei Medical Journal* 28, 52 (1987).
- 28) D.M. Maron and B.N. Ames, Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. *Mutat. Res.* 113, 173-215 (1983).
- 29) M. Fujimura, Y. Hashimoto, *J. Chem. Soc. Japan* 902 (1977).
- 30) T. Nunokawa, T. Tabata, N. Shigemori, *J. Japan Soc. Air Pollut.* 14, 458 (1975).