

## 대기중 강하먼지의 물리화학적 특성분석 - 인천지역을 중심으로 -

성일화 · 민달기 · 김종규\*

경기전문대학 환경공업과, \*경기전문대학 보건행정과

## A Study on Physico-chemical Properties of Dust-fall in Incheon

Il-Wha Sung · Dal-Ki Min · Jong-Geu Kim\*

Department of Environmental Engineering, Kyung-Ki Junior College

\*Department of Health Administration, Kyung-Ki Junior College

### ABSTRACT

In order to evaluate the air quality, dry and wet deposition samples were collected by deposit containers during four months in Incheon area. The samples were analyzed for its solid composition and trace elements(Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn).

The main results are summarized below ;

1. The amounts of dry and wet deposition in Incheon area were 1.06 ~ 3.14 ton/km<sup>2</sup>/month, and affected by the rainfall and suspended yellow sand.
2. Through the analysis of solid balance, we found that 50% of total solids(TS) was fixed suspended solids(FSS), 25% was fixed dissolved solids(FDS), and each of volatile suspended solids(VSS) and volatile dissolved solids(VDS) accounted for 12.5%.
3. The amounts collected by sampler for trace elements were 938 ~ 2,765 µg calcium/10days/sampler, 0.2 ~ 90.4 µg cadmium/10days/sampler, 26 ~ 298 µg copper/10days/sampler, 928 ~ 3,939 µg iron/10days/sampler, 50 ~ 202 µg manganese/10days/sampler, 4 ~ 37 µg nickel/10days/sampler, 52 ~ 406 µg lead/10days/sampler, and 97 ~ 1,317 µg zinc/10days/sampler, respectively.
4. Using the manganese analysis, it was found that 76.1% of TS was from soil.

**Keywords :** dry and wet deposition, solid balance

### I. 緒 論

인천은 수도권의 외항으로 많은 발전을 하였으나, 반대 급부적인 면으로 오염의 가중을 제어하지 못하고 있는 도시이다. 따라서 현재 인천지역의 대기 오염도는 울산과 함께 국내 최고치를 기록하고 있는 것으로 알려져 있으며, 수자원, 수질오염, 폐기물 및 소음진동, 교통 등 모든 환경오염 조건이 최악의 상태라고 해도 과언이 아닐 정도이다.<sup>1)</sup> 인천은 상류에 위치한 서울지역의 수질오염부하를 무절제하게 받아들이고 있으며, 특히 대기상황으로는 동쪽의 수도권, 서쪽의 해양 및 중국 오염원을 두고 있으며, 남쪽의 남동공단 및 북쪽의 해안매립지 등으로 대

단위 오염설비의 중앙에 위치한 형태로서, 어느 풍향에 의해서도 대기오염물질의 혼입이 가능한 지역이다. 특히 중국이 공업화함에 따라, 봄철의 황사와 더불어 대륙이동성 오염물질이 한반도에 첫발을 디디는 초입에 인천이 위치하고 있다는 지형상의 악조건도 매우 중요한 인자로 해석되어진다.

대기중의 입자상물질이 과량 존재함으로써 가시거리를 단축시키고,<sup>2)</sup> 불쾌감을 줄뿐만 아니라 인체에 흡입되어 細기관지나 폐포 등에 침착하여 오랜 기간 축적되면 폐조직의 기능이 저하되어 호흡곤란을 유발할 수 있으며,<sup>3)</sup> 식물의 잎에 침착하면 잎의 기공을 막아 동화, 호흡, 증발작용을 방해하는 등 인간과 식물체 및 환경에 갖가지 악영향을 주는 것으로 알려져

있다.<sup>4)</sup> 분진의 발생은 토양입자나 화산재, 海鹽입자, 지형변화 및 태양의 복사에너지, 바람, 비, 눈 등으로 인한 자연발생적인 것과 화석연료의 연소, 폐기물처리, 산업공정, 자동차 배출가스 및 건설현장, 대기중 가스상 물질 등 인위적인 활동으로 인하여 발생하는 것으로 나눌 수 있으며, 자연발생원에서의 분진발생량이 대부분을 차지하여 인위적인 발생량보다 많으며 분진의 성분은 발생원에 따라 상당한 차이를 보이는 것으로 알려져 있다.<sup>5-7)</sup> 인위적 발생원에서 배출되는 분진은 연료 또는 원료의 대체나 공정시설의 개선, 집진시설의 설치로 배출량을 감소시킬 수 있으나 자연발생원에 대한 대책은 거의 불가능하며, 또 기상요인이나 지형적 조건에 따라 한정된 공간이나 장소에 집중되어 높은 오염도를 나타내게 된다.

입자상 물질로 인한 대기오염 문제는 1800년대 후반 런던 스모그 사건 발생이후 1940년대 후반 L.A에서 눈의 자극과 함께 식물피해, 시정악화를 초래하는 새로운 형태로 발생함으로써 많은 관심을 끌게 하였다.<sup>8)</sup> 이러한 스모그 현상으로 인한 시정악화의 주원인물질은 대기중의 입자상물질과 가스상물질의 광화학 반응으로 인하여 생성된 이차 입자상물질이며, 그 구성성분이 시정악화의 주요 원인으로 밝혀졌으며 이에 관한 연구가 계속되고 있다.<sup>9)</sup> 이와 같이 부유분진의 유해성에 관한 국내외 연구논문이 조사 발표되고 있으며, 더불어 강하분진 농도, 이온성분, 금속성분에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 대기중의 입자상물질은 발생원이 다양하고 그 입경 및 성분이 다양하여 여러가지 형태로 반응 및 생성되기 때문에 피해지점의 입자상물질로써 그 발생원을 추정하는 것이 쉬운 일이 아니라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 deposit container를 이용하여 전습성 강하물질을 동시에 채취하여 강하분진 농도, 여과성 및 비여과성 상태, 금속이온 농도 등에 대한 오염현황과 물리적 조성을 파악함으로써 입자상물질에 의한 인천지역의 대기오염도 특성을 조사하였다.

## II. 研究方法

### 1. 측정기간 및 대상지역

본 연구의 측정기간은 1994년 4월 말부터 9월 초에 걸쳐 4개월 이상이었으며, 조사지점으로는 인천시 남동구 간석동 경기전문대학, 인천시 서구 가좌동 진주아파트, 인천시 북구 부평동 부원중학교 등 3곳을 선택하였다.

### 2. 측정방법

조사지점에 내경 22 cm, 내용량 5,000 ml의 deposit container를 지점별로 각각 2개씩 설치하였다.<sup>10)</sup> 1개의 시료용기에는 시약용 정제중류수(pH 6.05)를 2,000 ml 넣은 후 10일간 전습성 강하분진을 동시에 채취하여서 고형물 및 기타 항목(pH, Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 등을 측정하였으며, 다른 1개의 시료용기에는 시약용 정제중류수 2,000 ml에다 1N-HCl 30 ml를 혼입하여 10일간 포집된 강하분진 중 Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn 등 8종의 금속이온 농도를 측정하였다.<sup>11)</sup> 또한 강하분진 측정시에 1,000 ml 메스실린더를 이용하여 강우량과 증발량을 측정하였다.<sup>12)</sup> 그러나 포집용기의 면적계수는 표준형인 내경 20 cm의 container로 환산하였으며, 자료의 해석은 인천지역의 강우자료 및 대기오염 자동 측정망의 분포를 고려하여 강우량에 따른 가중평균치를 사용하였다.

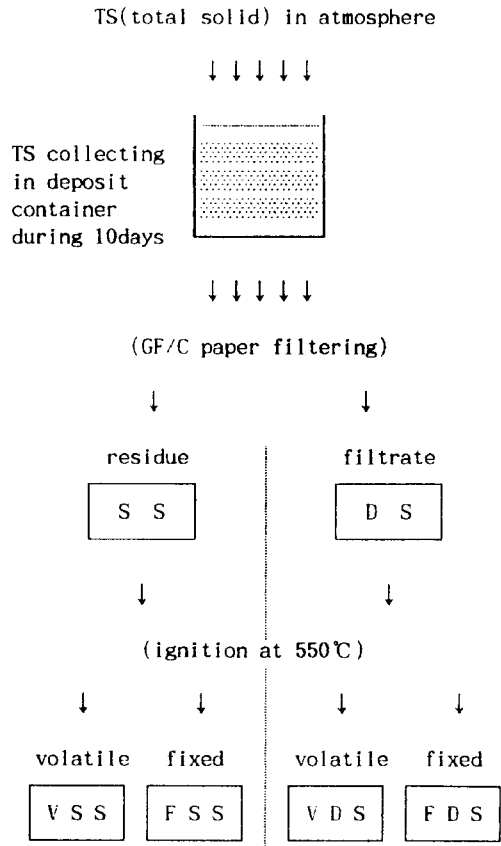


Fig. 1. Analysis step for solid classification(□ is the name of solid).

### 3. 분석방법

Deposit container에 채집된 건습성 강하분진은 Fig. 1에서의 과정과 같이 1  $\mu\text{m}$ 의 공극을 갖는 Whatman GF/C (glassfiber filterpaper, grade C) 여과지로 여과하여, 여액(filtrate)을 건조(103~105°C)하여 여과성 고형물(DS ; dissolved solids) 량으로 산정하였으며, GF 여과지 상의 고형물(residue)을 건조(103~105°C)하여 비여과성 고형물(SS ; suspended solids) 량으로 측정하였다. 이후 여과성 고형물과 비여과성 고형물을 각각 회화로서 550°C로 작열시켜서 휘발성(VS ; volatile solids) 및 잔류성 고형물(FS ; fixed solids) 량을 측정하였다.<sup>11)</sup> 또한 1N-HCl이 혼재된 deposit container에서 포집된 건습성 강하분진은 전처리로 시료를 열증발시켜서 30 ml로 농축된 것을 중공음극램프(hollow cathode lamp)에 의한 원자흡광광도계(atomic absorption spectrophotometer ; Hitachi 180-50 AAS)를 이용하여 Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn 등 8종의 금속이온 농도를 측정하였다.<sup>11)</sup>

## III. 研究結果 및 考察

### 1. 물수지 방정식을 통한 인천지역의 강우량과 증발량의 해석

강우의 발생은 채집된 강하분진 농도의 회석 및 대기중에 부유된 분진의 강제 이송과 관련이 있으며

로, 우선적으로 강우 및 증발량의 산정을 고려하지 않을 수 없다. Table 1은 3곳의 측정지점의 측정자료치를 평균한 값으로, 1994년 4월 26일부터 9월 2일까지 10일 단위로 분할된 13旬 기간에 대한 강우량과 증발량을 나타내는 결과이다. Table 1에서 초기량은 deposit container에 넣어준 액량을, 말기량은 1 batch 종료시에 deposit container에 잔류된 액량을 나타낸 것이다. 액량高(mm)는 내경 20 cm인 deposit container로 환산된 수치이며, 7월 15일부터 7월 24일까지의 측정기간 동안에는 증발량이 우세하여 측정 도중에 다시 2,000 ml의 액을 주입하였다. 1994년 1년 내내 건조하였던 점을 고려하지 않더라도 Table 1의 결과는 강우량보다 증발량이 우세한 것으로 나타나고 있으며, 물수지 방정식의 다른 인자인 침투량이나 유출량 및 증산량을 고려한다면 저수율이 매우 저조함을 확인할 수 있다. 측정기간이 우기인 점을 고려해 볼때, 년 평균 강우량인 1,159 mm에 훨씬 미달하는 양의 강우가 인천지역에서 발생하였음을 알 수 있다.<sup>10),12)</sup>

Fig. 2는 Table 1의 결과 중에서 강우량과 증발량의 상관관계를 보여주는 그림이다. 강우량이 우세하였던 기간은 5旬 정도에 불과하며, 나머지 기간은 절대적으로 증발이 우세하였던 것으로 보여지고 있다. 특히 4월에서 9월로 경과하는 동안 일조시수와 태양의 고도가 높아짐에 따라 증발량은 강우가 우세하였던 7旬 및 13旬을 제외하고는 전반적으로 완만한 기울기로 증가하고 있으며, 강우가 발생한 직후의 시

Table 1. Water balance during experimental period in Incheon.

Period	Initial		Precipitation depth(mm)	Evaporation depth(mm)	Final	
	Water level (mm)	Water volume (ml)			Water level (mm)	Water volume (ml)
(01) 4. 26-5. 05	64.6	2.030	31.5	38.2	49.2	1,548
(02) 5. 06-5. 15	64.6	2.030	65.9	43.3	87.2	2,739
(03) 5. 16-5. 25	64.6	2.030	60.5	45.1	80.0	2,513
(04) 5. 26-6. 04	64.6	2.030	0.1	51.1	14.5	456
(05) 6. 05-6. 14	64.6	2.030	0.0	56.0	8.6	270
(06) 6. 15-6. 24	64.6	2.030	6.5	57.3	13.8	434
(07) 6. 25-7. 04	64.6	2.030	92.8	34.2	123.2	3,870
(08) 7. 05-7. 14	64.6	2.030	51.1	48.3	67.4	2,117
(09) 7. 15-7. 24	127.3	4.030	0.0	68.3	60.0	1,885
(10) 7. 25-8. 03	64.6	2.030	14.7	70.0	9.3	292
(11) 8. 04-8. 13	64.6	2.030	87.1	66.2	76.8	2,413
(12) 8. 14-8. 23	64.6	2.030	15.1	55.8	23.9	751
(13) 8. 24-8. 23	64.6	2.030	166.7	32.9	198.4	6,232
Total			592.0	666.7		

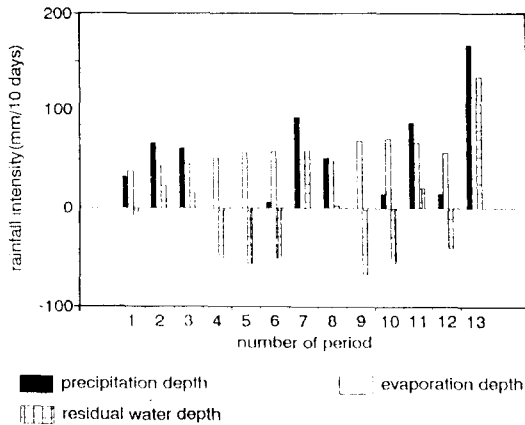
기에서는 대기중의 상대습도 저하로 인한 물분자의 이동계수가 증가하여 급격하게 증발량이 증가하고 있음을 보여주고 있다.

**2. 인천지역내 강하분진량 산정**

Table 2는 인천지역의 측정된 강하분진량을 여과성(DS) 및 비여과성(SS), 휘발성(VS) 및 잔류성(FS)으로 구분한 것이다. 강하분진의 량은 ton/km<sup>2</sup>/30일의 단위로 표현하는 것이 통례이나, 본 연구에서는 10일간의 용기발생량으로 표현하였다. 10일간 deposit container에 포집된 강하분진의 량은 9일의 100 mg에서부터 13일의 296 mg으로, 비교적 큰 편차

를 보이고 있지는 않다. 이 양은 1.06~3.14 ton/km<sup>2</sup>/30일에 해당하며, 강하분진에 의한 표토의 피복두께는 월 0.00157 mm에 해당하는 수치이다.

우선 강우량과 강하분진량의 관계를 규명하면, 두 인자의 관계는 비례함을 알 수 있다. 강우가 거의 발생하지 않는 5일, 9일, 12일에서의 강하분진량은 최저치인 123 mg, 100 mg, 124 mg을 보이고 있으며, 대기중 오염물질의 세척효과가 뛰어난 호우 발생시의 강하분진량은 7일의 293 mg으로 확연히 대별되고 있다. 그러나 제 1일의 경우에는 계절적으로 중국으로부터 기인하는 황사의 영향권하에 있는 기간이므로 강하분진량이 많음을 살펴볼 수 있고, 실제로 기상청에서는 4월말에 황사주의보가 발표되었었다.<sup>14)</sup> 우리나라에 유입되는 황사는 3월부터 5월까지의 춘계기간 동안에 기온이 상승하고 건조한 날씨가 계속되면서 중국 북부의 타클라마칸, 고비사막, 알라산사막, 황하 상류유역의 퇴스(loss)토양 지대의 토양으로부터 다량의 흙먼지가 한랭전선을 동반한 저기압의 강한 상승기류를 타고 공중으로 올라가 1,000~3,000 m 상공의 강한 편서풍을 따라서 우리나라 및 일본을 거쳐 멀리 쿠릴열도까지 이동되는 것으로 알려져 있다. 이때 국내에 이송되는 시간은 타클라마칸 사막으로부터 평균 83.3시간, 고비사막으로부터 54.9시간, 황하유역과 알라산 사막으로부터 43.2시간 정도인 것으로 알려지고 있다.<sup>13-15)</sup>



**Fig. 2.** Water balance between precipitation depth and evaporation depth in Inchon.

Fig. 3은 Table 2의 강하분진 자료를 여과성 및 비여과성, 휘발성 및 잔류성의 상대적인 양으로 구분한

**Table 2.** Amount of TS during experimental period in Inchon. (unit ; mg/10days/sampler)

No.	Dissolved solid			Suspended solid			Total solid (TS)
	FDS	VDS	TDS	FSS	VSS	TSS	
(01)	70	52	122	146	28	174	296
(02)	67	50	117	118	27	145	262
(03)	7	47	54	156	27	183	237
(05)	9	22	31	74	18	92	123
(06)	20	32	52	135	34	169	221
(07)	60	13	73	176	44	220	293
(08)	14	27	41	109	25	134	175
(09)	24	17	41	41	18	59	100
(10)	68	8	76	93	25	118	194
(11)	144	6	150	49	14	63	213
(12)	40	17	57	45	22	67	124
(13)	35	8	43	63	21	84	127
Total	558	299	857	1,205	303	1,508	2,365
Mean	46	25	71	101	25	126	197

것이다. 각 旬마다의 발생된 총 강하분진량을 100%로 놓고, 각각 FSS(fixed suspended solid), FDS(fixed dissolved solid), VSS(volatile suspended solid), VDS(volatile dissolved solid)의 백분율을 그래프로 나타내었다. 특히 자료의 해석에 있어서는 포집된 강하분진량을 수용액에 혼재하는 고형물량으로 전환하여 Fig. 3과 같은 개념의 고형물량으로 나타내었다. 이 그림에서도 강우와 강하분진량의 상관도를 살펴볼 수 있는데, 강우의 발생이 있었던 기간에서는 친수성이 강하여 용해 상태로 존재하는 여과성 고형물량(FDS)의 증가를 찾아볼 수 있으며, 7월 이후의 하계에 들어서서는 휘발성 강하분진과 잔류성 강하분진의 비율이 매우 불규칙함을 관찰할 수 있다. 특히 9월 이후의 성분비는 일정한 패턴을 상실하고 있으나, 황사의 존재가 인정되는 1월 및 2월과 92.8 mm의 강우가 발생하였던 7월 및 87.1 mm의

강우가 발생하였던 11월의 경우에는 FDS의 양이 두드러져 보인다. 즉 DS는 강우의 발생에 영향을 받고 있으며, FSS는 자연적인 강하분진의 발생에, VSS는 인위적인 강하분진의 발생에 각각 영향을 받고 있다. 따라서 VSS는 전 조사기간을 통하여 일정한 비율을 보이고 있음을 알 수 있고, VDS는 물과의 친화력이 떨어지는 소수성 입자임을 알 수 있다.

Fig. 4는 인천지역에 발생한 강하분진에 대한 고형물 수지를 나타낸 것으로 그림의 좌단과 같이 분류한 고형물 수지는 평균적으로 우측과 같은 수치를 보이고 있다. 총 건습성 강하분진량을 100%로 하였을 때 성분별로 유기성분이 26%, 무기성분이 74%이며, 입경별로는 여과성 물질이 36%, 비여과성인 입자상 물질이 64%로 조사되었다. 즉, 인천지역의 강하분진은 1/2 가량이 무기성 입자상 물질이며, 1/4 가량이 무기성 여과성 물질이고, 유기성 입자상 물질과 유기성 여

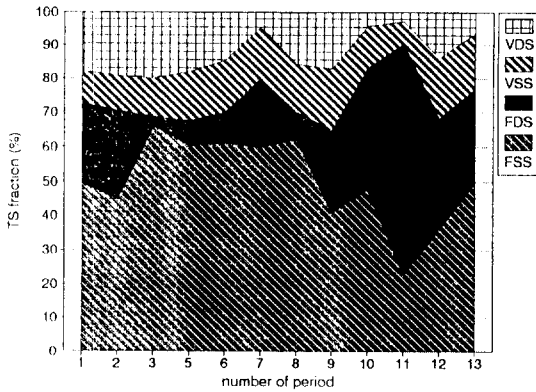


Fig. 3. Relative solid concentration in Incheon.

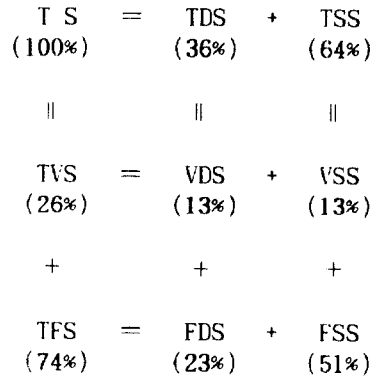


Fig. 4. Solid balance analysis in Incheon.

Table 3. Trace element concentration of TS in Incheon.

(unit ;  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$ )

No.	Ca	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
(01)	1,506	0.6	152	2,227	202	37	128	372
(02)	1,395	ND	150	2,806	161	10	90	665
(03)	2,765	ND	-	-	153	-	-	171
(05)	1,166	ND	298	1,196	68	16	236	223
(06)	1,238	ND	108	1,371	132	18	86	245
(07)	2,285	ND	145	3,939	198	6	403	873
(08)	1,001	2.4	93	1,193	91	19	195	222
(09)	938	0.2	40	928	50	17	261	212
(10)	1,366	ND	75	2,317	117	8	177	574
(11)	2,301	90.4	62	3,024	135	-	406	1,317
(12)	1,236	1.3	32	1,113	75	10	155	189
(13)	1,040	ND	26	980	62	4	52	97
Mean	1,520	7.9	107	1,918	120	15	199	430

**Table 4.** Trace element fraction of TS between yellow sand & normal season. (unit : %)

	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Yellow sand season	0.054	0.900	0.065	0.0084	0.039	0.180
Normal season	0.100	0.660	0.060	0.0088	0.083	0.110
Yellow sand/normal ratio	0.54	1.36	1.08	0.95	0.47	1.64

과성 물질이 각각 1/8씩 차지하고 있다.

### 3. 인천지역내 강하분진중 금속이온 농도의 측정

Table 3은 전술한 8종의 금속이온에 대한 측정량을 나타낸 것이다. Table 3에서 보듯이 deposit container에 10일간 포획된 칼슘과 동의 양은 각각 938~2,765  $\mu\text{g}/10\text{days}$  및 26~298  $\mu\text{g}/10\text{days}$ , 카드뮴과 아연의 양은 각각 0.2~90.4  $\mu\text{g}/10\text{days}$  및 97~1,317  $\mu\text{g}/10\text{days}$ 이다. 또한 철과 망간의 양은 928~3,939  $\mu\text{g}/10\text{days}$ 과 50~202  $\mu\text{g}/10\text{days}$ 이며, 니켈은 4~37  $\mu\text{g}/10\text{days}$ 이고, 납은 52~406  $\mu\text{g}/10\text{days}$ 으로 조사되었다. 이러한 편차의 원인은 강하분진 측정 당시의 기상요인, 발생원 등의 주변환경 등에 따라 가변성을 가지기 때문이며, 특히 최근들어 산성강우의 발생이 대기중 양이온의 세척을 확실히 하는데서 오는 변화라고 할 수 있다. 그리고 해양에서 바람이 불어오는 여름철보다는 대륙에서 바람이 불어오는 측정기간의 전반부에 중금속의 농도가 높다.

대륙이동성 강하분진의 특성을 알아보기 위하여 동일 계절로 볼 수 있는 1~6월 중 황사발생 시점인 1~2월의 총 분진중 DS가 차지하는 비율은 42.8%인데 반하여 3~6월은 평균 24%를 차지하고 있으며, 금속이온의 발생량도 Table 4와 같이 황사시와 평상시에 함량의 차이를 보이고 있다. 특히 황사발생시에 Fe, Mn, Zn의 발생이 두드러짐을 알 수 있고, Ni의 경우에는 평상시와 큰 차이를 발견할 수 없었고, Cu와 Pb의 경우에는 오히려 함량비가 저하되고 있다.

특히 이들 금속중에서 토양의 주요 성분중의 하나인 철과 망간의 경우에는 포획량이 황사 및 자연적인 분진발생량과 직접적인 영향을 받고 있으며, 황사의 발생시에는 Si, Al, Ca, Fe 및 Mn 등이 높게 나타나는 것으로 알려져 있다.<sup>16)</sup> 또한 N 등이 조사한 enrichment factor는 Mn 농도를 이용하여 중금속의 자연발생원과 인위적 발생원의 기여 정도를 판단하는 자료로 사용되어지는데, 토양의 기여율은 식 (1)과 같이 표현되어진다.<sup>17)</sup>

$$\text{토양의기여율}(\%) = \frac{C_{\text{soil}} \times 100}{C_{\text{TSP}}} = \frac{C_{\text{Mn}} \times 100}{\text{Soil}_{\text{Mn}} \times C_{\text{TSP}}} \dots \text{식}(1)$$

여기서,  $C_{\text{TSP}}$  : 분진농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_{\text{soil}}$  : 토양에서 기여된 분진농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$C_{\text{Mn}}$  : 분진중 Mn의 농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$\text{Soil}_{\text{Mn}}$  : 토양성분중 Mn의 중량농도비 (g/g)

식 (1)의 적용에 있어서 토양성분 중 Mn의 자연함량을 실측하는 대신에 坂本和彦 등이 제시한 지구상 표토의 평균 Mn 자연함량치인 0.0008 g/g soil을 그대로 적용하였다.<sup>18)</sup> 그 결과 인천지역의 강하분진중 토양의 기여율은 76.1%로 나타나고 있다. 소수의 연구자들에 의하여 추정된 식 (1)의 결과가 절대적인 수치는 아니며 측정된 Mn의 농도 편차를 고려하지 않은 상태이지만, 이는 중금속의 대다수가 인천지역내의 토양과 대륙이동성 오염물질인 황사로부터 기인한 것으로 판단되는 직접적인 자료이다. 일반적으로 분진 중 자연적 발생인 것이 70%, 인위적 발생이 30%로 추정되며, 자연적 발생이 많은 것으로 추정되고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 자연적 발생에 의한 입상 물질들은 통상 수  $\mu\text{m}$  이상의 입자가 대부분을 차지하고 있어 대기중에 체류하는 시간이 짧을 것으로 고려되어지며, 인체에 미치는 영향 또한 적을 것으로 판단된다.<sup>3)</sup>

## IV. 結 論

인천지역 강하분진의 발생특성에 관한 연구를 수행한 결과, 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. 본 연구에서 조사된 강하분진량은 강우 및 기타 환경요인에 크게 좌우되며, 1994년의 절대적인 강우량 부족으로 인하여 강하분진량이 다른 년도보다 떨어지고 있다.

2. 인천지역의 강하분진량은 1.06~3.14  $\text{ton}/\text{km}^2$

30F에 해당하며, 강우가 거의 발생하지 않는 기간의 강하분진량은 최저치를 보이고 있으며, 호우 발생시와 황사 발생시의 강하분진량은 크게 나타나고 있다.

3. 발생된 고형물중 DS는 강우의 발생에 영향을 받고 있으며, FSS는 자연적인 강하분진의 발생에, VSS는 인위적인 강하분진의 발생에 각각 영향을 받고 있다. 따라서 VSS는 전 조사기간을 통하여 일정한 비율을 보이고 있다.

4. 인천지역에 발생한 강하분진에 대한 고형물 수치를 표현한 결과, 인천지역의 강하분진은 1/2 가량이 무기성 입자상 물질이며, 1/4 가량이 무기성 여과상 물질이고, 유기성 입자상 물질과 유기성 여과상 물질이 각각 1/8씩을 차지하고 있다.

5. 강하분진 중의 중금속 함량은 칼슘과 동이 각각 938~2,765  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$  및 26~298  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$ , 카드뮴과 아연이 각각 0.2~90.4  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$  및 97~1,317  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$ 이며, 철과 망간의 양은 928~3,939  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$ 과 50~202  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$ 이었고, 니켈은 4~37  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$ 이고, 납은 52~406  $\mu\text{g}/10\text{days}/\text{sampler}$  등으로 조사되었다.

6. 망간이온 함량을 이용하여 산정한 인천지역 분진의 토양 기여율은 76.1%로 나타나고 있다.

### 參考文獻

- 1) 환경처 : 환경백서, 1993.
- 2) Perkins, H.C. : Air Pollution, McGraw-Hill, 1974.
- 3) Stern, A.C. : Air Pollution - Vol. I & II, Academic Press, 1977.
- 4) Wolf, G.T., Countess, R.J., Grobricki, P.J., Ferman, M.A., Cadle, S.H., and Muhlbaier, J.L. : Visibility-Reducing Species in the Denver [Brown Cloud]-II. Sources and Temporal Patterns, Jr. Atmospheric Environment, 15(12), 1981.
- 5) 국립노동과학연구소 : 분진의 유해성과 측정방법, 1980.
- 6) 이민희, 한희정, 한진석, 정해동, 한자경 : 대기중 Aerosol 동태에 관한 연구, 국립환경연구원보, 8, 65-76, 1986.
- 7) 이민희, 한희정, 신찬기, 한진석 : 대기중 부유분진의 성분에 관한 조사연구 (5), 국립환경연구원보, 1987.
- 8) Groblicki, P.J. : Visibility Reducing Species in the Denver Brown Cloud-I. Relationships between Extinction and Chemical Composition, Jr. Atmospheric Environment, 15(2), 1981.
- 9) 한희정 : 도시 주택가 대기중 부유분진과 그 입자분포에 관한 조사연구, 연세대학교 보건대학원, 1984.
- 10) 이원환 : 수분학, 동명사, 1987.
- 11) 환경처 : 환경오염공정시험법 대기편.
- 12) 기상청 : 기상월보, 1994.
- 13) 김희강 : 황사 및 분진의 일반특성조사 - 대기오염물질의 장거리 이동과 산성비 강하에 관한 연구(1), 과학기술처 : 107-140, 1989.
- 14) 김희강 : 황사 및 분진의 일반특성조사 - 대기오염물질의 장거리 이동과 산성비 강하에 관한 연구(2), 과학기술처 : 107-145, 1989.
- 15) 박경윤, 양영규, 서명석 : 위성자료 영상분석에 의한 대기오염물질 장거리 이동 확인 - 대기오염물질 장거리 이동과 산성비 강하에 관한 연구(1), 과학기술처 : 142-168, 1989.
- 16) 이민희 : 황사현상이 우리나라에 미치는 영향, 대기보전학회지, 2(3), 34-44, 1986.
- 17) 이동수, 최만식 : 우리나라 대기 분진중의 화학조성에 관하여, 제11회 대기보전학회 학술연구발표회 요지집 : 20-21, 1990.
- 18) 坂本和彦 : 大氣粒子狀物質의 二次生成 - 浮遊粒子狀物質に關する文獻學的調査, 環境廳委託調査結果報告書, 1991.