

黃砂現象時 降水의 化學的 成分에 關한 研究

A Study on the Chemical Composition of Precipitation during the Period of Sandy Dust Phenomena

李 敏 熙* , 韓 振 錫* , 韓 義 正* , 辛 燦 基*
Min-Hee Lee Jin-Suk Han Eui-Jung Han Chan-Ki Shin

ABSTRACT

Sandy dust phenomena was observed from April 19 to 23, 1988 in Seoul. During this period it rained and the precipitation was collected to investigate the rain chemistry. This study was carried out to analyze the chemical composition of precipitation by the measurements of conductivity, cations (H^+ , NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), and anions (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , F^- , Br^-) which are believed to be the major ions playing an important role in the acidity of rain water.

During the period of sandy dust phenomena the range of pH value and conductivity concentration of rainwater were 6.0 - 6.7, 172-254 $\mu v/cm$. The anions and cations concentrations increased and the orders of these concentrations were $SO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^-$, $Na^+ > Ca^{2+} > NH_4^+ > Mg^{2+}$.

The principal chemical compounds of rainwater were estimated at $(NH_4)_2 SO_4$, $CaSO_4$, $NaCl$, and $MgCl_2$.

1. 서 론

환경대기중의 CO_2 는 건조공기중 0.033% 존재하고 있다. 오염되지 않은 우수의 pH값은 공기중의 CO_2 가 포화·해리되어 상온에서 5.5 ~ 5.6을 나타내는 것으로 알려져 있다.¹⁾²⁾ 통상 우수의 pH가 이보다 낮을 때 이 우수를 산성우라 한다.

환경대기중에는 자연발생원 및 인위적인 발생원으로 부터 SO_x , NO_x , 기타 대기오염물질들이 다량 방출되며 이들은 대기 중에서 광화학반응 등 여러가지 경로를 통하여 H_2SO_4 , HNO_3 와 같은 강산이 되거나 우수에 혼입되어 산성우의 원인으로 작용하는 것으로 알려져 있다.¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

산성우는 토양의 산성화, 호소의 산성화, 어

* 국립환경연구원 대기연구부(Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research)

류 및 식물의 생육에 큰 영향을 미치며 생태계 전반에 미치는 영향이 큰 것으로 보고된 바 있다.²⁾³⁾⁴⁾⁶⁾

이러한 산성우는 광역적인 현상이며 대기오염물질의 장거리이동과 깊은 관계가 있는 것으로 보고된 바 있다.²⁾⁴⁾

대기오염물질의 장거리이동은 우리나라의 경우 3, 4, 5월에 종종 관측되는 황사현상을 통하여 연구되고 관심의 대상이 되고 있다.⁷⁾⁸⁾

산성우와 대기오염의 장거리이동에 관하여는 산성우의 원인규명, 산성우의 영향, 예측모델 개발, 대책방안 등을 중심으로한 연구가 진행중에 있으며⁹⁾ 국내에서는 산성우의 관측(우수의 pH측정), 산성우의 성분 및 황사현상시의 부유분진농도 및 성분에 대한 연구등이 일부 보고되고 있다.^{7)~12)}

1988년 4월 중에 고농도의 황사현상이 관측되었으며 또한 이 기간중에 강수현상이 있었다. 따라서 4월중에 수도권에 내린 강수를 채취하여 우수의 화학적 성분을 분석하여 평상시의 우수의 화학적 성분과 황사현상 기간중에 내린 우수성분의 특성을 비교 검토하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

2. 실험방법

2.1 우수의 채취

우수의 채취는 서울지역 7개지점(불광동, 광화문, 마포, 대치동, 신림동, 잠실, 신설동)과 인천의 송의동, 부평동 등 모두 9개의 채취지점에서 이루어졌다.

우수시료채취기는 수동채취기로서 뚜껑을 설치하여 강우시에만 뚜껑을 열어 채취하였으며 판넬, 포리에틸렌관, 뜨개가 있는 채취병으로 구성되어 있으며 빛과 외부로부터 시료병을 보호하기 위하여 캐비넷형으로 구성되어 있다.

채취된 우수는 화학반응 등에 의한 성분의 변화 가능성을 고려하여 단시간내에 실험실로 운반하여 분석을 실시하였으며 당일 분석이 어려운 경우는 밀봉하여 4°C 이하의 냉암소에 보관하였다.

2.2 우수의 성분분석

채취된 우수는 pH, 전도도(conductivity), F⁻, Br⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 12가지 항목에 대하여 분석을 실시하였다.

pH는 pH미터(CORNING pH/ion meter 150)를 사용하여 측정하였으며, pH 4.0, 7.0의 표준용액을 이용하여 교정을 실시한 후 측정하였다.

전도도는 전도도계(conductivity meter, 京都電子 CM-07)로 측정되었으며 25°C를 기준으로 보정되었다.

수용성 음이온 성분인 F⁻, Br⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻과 양이온성분 Na⁺, K⁺, NH₄⁺는 수작업 분석에 많은 시간이 소모되고, 분석과정이 복잡한 관계로 이온크로마토그래프(ion chromatograph, DIONEX 2010i)를 이용하여 분석하였으며 이온 크로마토그래피분석에서 비교적 감도가 저하되고, 분석시간이 긴 Ca²⁺, Mg²⁺의 분석은 원자 흡광분석(atomic absorption spectrophotometer, IL 951)을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

1988년 4월중에 수도권에 내린 우수를 채취하여 우수의 화학적 성분을 분석하고 정상상태기간(비황사현상기간)과 황사현상기간의 강수를 구분한 채취점별 우수성분의 항목별 평균치는 표 1과 같다.

정상상태기간중 우수의 pH는 4.7~5.9의 범위를 나타내고 있으며 황사현상 기간중 우수의 pH는 6.0~6.7로서 황사현상기간중 내린 우수의 pH가 높게 나타났다.

Table 1. Chemical composition of Precipitation

Items	Sites		Bul-kwang		Kwang-whamun		Mapo		Dae-chi		Sin-rim		Jam-sil		Gil-eum		Soung-eui		Bu-Pyung	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
pH	4.9	6.6	5.9	6.1	5.3	6.1	5.6	6.7	4.7	6.1	5.4	6.0	4.9	6.0	5.2	6.1	5.9	6.1		
EC ($\mu\bar{v}/cm$)	23	217	54	172	48	212	77	214	43	197	26	202	29	211	63	236	34	254		
SO ₄ ²⁻ (mg/1)	3.8	62	9.5	69	15	89	29	82	18	60	8.5	82	9.9	96	21	138	11	99		
NO ₃ ⁻ (mg/1)	4.6	10.7	4.2	8.1	4.0	10.9	4.8	11.1	6.9	9.5	4.6	11.9	4.3	12.0	3.8	16.5	3.7	12.4		
Cl ⁻ (mg/1)	1.3	12.7	5.5	9.0	1.9	12.5	4.5	13.5	2.4	12.4	2.0	13.1	1.7	10.5	3.8	51.2	1.6	27.0		
Na ⁺ (mg/1)	0.7	11.0	3.1	8.5	1.2	10.3	2.5	1.1	1.3	9.4	0.8	11.0	1.2	10.9	1.8	29.5	0.8	14.4		
K ⁺ (mg/1)	-	2.0	0.9	1.7	0.4	1.7	1.3	2.3	0.4	2.1	0.3	2.7	0.9	2.0	1.4	3.2	-	2.1		
NH ₄ ⁺ (mg/1)	2.6	9.3	2.7	7.6	6.4	7.5	4.5	9.1	3.8	8.6	4.3	7.4	6.7	8.8	3.5	10.8	3.3	8.7		
Ca ²⁺ (mg/1)	0.8	6.6	3.5	15.8	1.6	8.5	5.6	8.8	2.4	8.3	1.7	7.7	1.7	8.4	3.9	11.4	1.8	9.3		
Mg ²⁺ (mg/1)	-	1.4	1.3	1.4	0.3	8.6	0.8	1.5	0.3	1.3	0.2	1.5	0.2	1.5	0.5	3.3	0.2	2.1		

Note A: Ordinary times

B: Period of sandy dust phenomena

우수의 전도도는 정상상태 기간에는 23 ~ 77($\mu\bar{v}/cm$), 황사현상 기간에는 172~254($\mu\bar{v}/cm$)로 나타나 황사현상 기간에 급격히 증가된 대기중의 부유분진이 강수현상에 의하여 세정(wash out)되어 우수중에 입자상물질이 혼입되었음을 알 수 있다. 강수에 의한 입자들의 포집은 관성충돌, 확산, 침착, 차단, 열영동(熱泳動), 증기영동(蒸氣泳動)에 의한 것으로 알려져 있다.¹¹⁾³⁾⁴⁾¹³⁾¹⁴⁾

수용성 음이온성분 중에서 SO₄²⁻는 정상상태의 불광동의 경우를 제외하고는 황사현상시를 포함해서 모든지점에서 가장 높은 농도를

나타내고 있으며 이는 ⁷⁾ 등의 보고들과도 일치하는 것이다.

수용성 양이온성분의 경우에는 Na⁺, NH₄⁺, Ca²⁺들이 양이온 전체농도의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

표 2는 정상상태와 황사현상 기간중 우수성분들간의 차이점을 비교하기 위하여 전체지점에 대한 이온성분의 평균당량 농도를 산출한 결과를 보여주고 있다.

표 2를 살펴보면 정상상태시에는 음이온성분 중 SO₄²⁻, 양이온성분 중에서는 NH₄⁺, Ca²⁺, Na⁺가 높게 나타나고 있으며 황사현상 기간에

Table 2. Concentrations of anion and cation

	(unit: $\mu eq/1$)									
	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	Br ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Ordinary times	293	72	80	31	2.4	198	64	16	129	35
Sandy dust	1,200	178	414	49	55.5	427	559	56	469	125

는 음이온성분중 SO_4^{2-} 1200 μ eq/l, Cl^- 414 μ eq/l, 양이온성분중 Na^+ 559 μ eq/l, Ca^{2+} 469 μ eq/l, NH_4^+ 427 μ eq/l로 높게 나타났다. 특히 황사현상기간중 우수중 이온성분의 전항목이 정상상태기간에 비해 크게 증가하였으며, SO_4^{2-} , Cl^- , Br^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 의 증가 배수는 주목할 만하다.

우수중의 이온성분들을 당량농도에 의한 구성비율로 나타낸 그림을 살펴보면 정상상태에 비해 황사현상시의 양이온성분은 Na^+ 와 Ca^{2+} 의 구성비가 증가하고 NH_4^+ 의 구성비가 감소하였으며 음이온성분에서는 Cl^- 의 증가, NO_3^- 의 감소를 나타냈다.

대기중 입자상물질의 구성중 수용성성분의 많은 부분이 $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 , NH_4Cl , $NaCl$ 의 존재 형태를 갖고 있는 것으로 알려져 있으며 이들이 강우형성의 핵으로 중요한 역할을 담당하고 있다.¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾

그림 1을 통해 황사현상시 우수성분에는 해염입자로 추정되는 $NaCl$ 의 존재형태와 $(NH_4)_2SO_4$ 와 같은 형태가 아닌 $CaSO_4$ 의 존재형태가 급증한 것으로 추정된다.

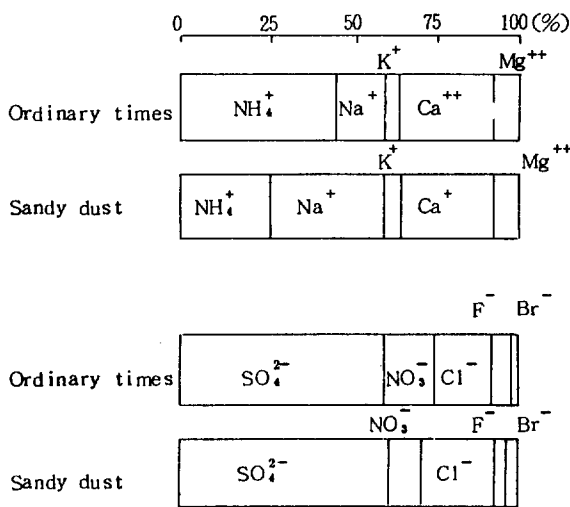


Fig.1 Percentage by ion concentration

이와같은 양상은 李⁷⁾ 등의 황사현상시 부유분진의 성분조사 보고와 일치하는 것이다.⁷⁾

우수의 pH와 깊은 관계가 있는 우수중 음이온성분에 대한 구성비를 pH영역별로 나타낸 그림2를 살펴보면 $4.5 \leq pH \leq 5.0$ 에서 SO_4^{2-} 의 비율이 매우 높게 나타났으며 $5.0 < pH \leq 5.5$ 에서 SO_4^{2-} 의 비율이 낮아지고, NO_3^- 의 비율이 증가하였다. 따라서 질산염 보다는 황산염 계통이 우수의 pH에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. $5.5 < pH \leq 6.0$ 에서는 SO_4^{2-} 가 도리어 증가되었는데 이는 황사현상에 의해서 우수의 pH저하에 공헌하지 않는 다른 형태의 황산염들의 증가에 기인하고 있음을 알 수 있다. pH 6.0이상의 영역에서는 Cl^- 의 증가와 SO_4^{2-} 의 감소와 pH의 증가 관계가 일치하고 있다.

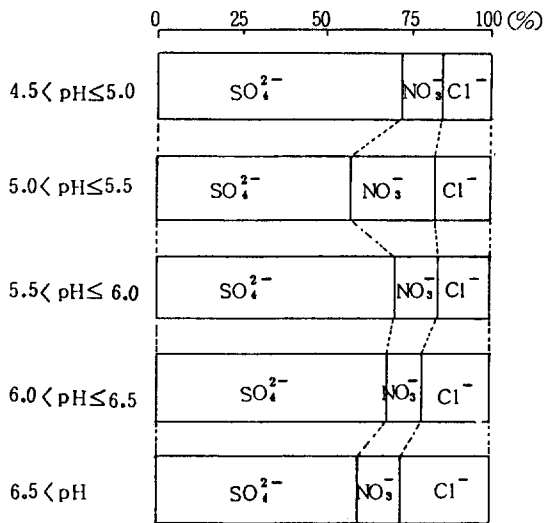


Fig.2 Percentage of ion Concentration with pH

우수성분중 SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- 3개 음이온들의 개별 점유율을 백분율로 삼각좌표에 나타내면 그림3과 같다.

정상상태기간에는 SO_4^{2-} 의 점유율이 상대적으로 높으면서도 비교적 넓은 분포를, NO_3^- 는

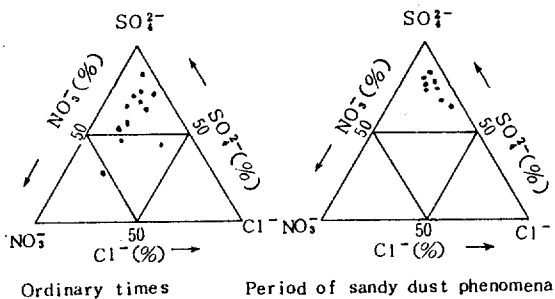


Fig.3 Tripod coordinates by anion

낮으면서 넓은 분포를, Cl^- 는 10%대를 나타내고 있다. 황사현상 기간에는 정상상태와는 다른 분포양상을 띄며 NO_3^- 는 낮은 점유율을, Cl^- 의 점유율은 약간의 증가를, SO_4^{2-} 는 60%대 이상으로 비교적 높은 점유율에 집중되어 있다.

황사현상시의 우수성분은 sulfate, chloride의 증가와 이들의 존재형태에 따라 우수의 pH 변화를 야기시킴을 알 수 있으며 황산염의 영향이 가장 클 것으로 추정된다.

우수의 산성화는 우수중의 음이온성분과 깊은 관계를 나타내고 있으며, 음이온성분과 pH와의 관계를 검토하기 위하여 수소이온농도와 총음이온농도와의 관계를 다음과 같이 표시할 수 있다.⁴⁾

$$[H^+] \leq \sum_j m_j [Y_j^{n_j-}] \quad (1)$$

$\sum_j m_j [Y_j^{n_j-}]$: 총음이온 농도

식(1)에서 등호가 성립되는 경우는 수소이온 이외의 양이온물질이 존재하지 않을때를 의미한다. 임의의 pH에 대해 총음이온농도가 수소이온농도 보다 작은 값을 가질 수 없다.

그림4에는 채취된 각 우수들중의 pH와 총이온농도를 프로트하여 pH와 총이온농도간의 관계를 나타냈다. 총이온농도는 실측된 황산이온, 질산이온, 염소이온등의 총량이다.

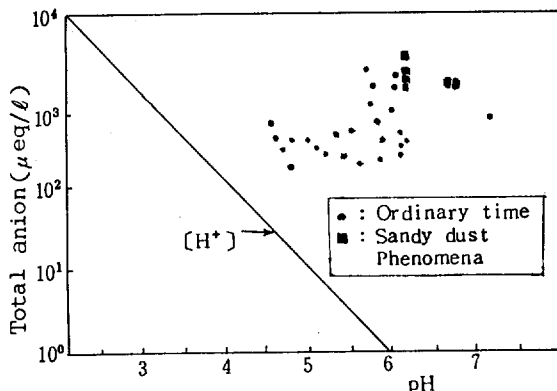


Fig.4 Relation between total anion and pH

그림 4의 실선은 임의의 pH에 대한 수소이온농도의 관계를 나타낸 것이다. 임의의 pH에 대해 수소이온농도의 최고 가능농도는 실선에서 실측치보다 높게 나타나고 있다. 총음이온농도를 중심으로한 검토에서도 총음이온농도에 대한 최고 가능한 수소이온농도 보다 실측된 pH가 높게 나타나 수소이온 이외의 기타 양이온이 공존하고 있음을 의미하며 황사현상기간의 우수중에는 수소이온 이외의 양이온농도가 급증하였음을 시사하고 있다.

총양이온농도와 탄산이온(HCO_3^- 및 CO_3^{2-})농도와의 관계는 다음과 같다.

$$[H^+] + \sum_i n_i [X_i^{n_i+}] \geq [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] \quad \dots(2)$$

$\sum_i n_i [X_i^{n_i+}]$: 수소이온 이외의 총양이온농도

식(2)에서 등호가 성립하는 경우는 탄산가스 이외의 대기오염물질에서 유래되는 기타 음이온물질이 존재치 않는다는 가정이 성립될 경우이다.

수소이온과 탄산이온 이외의 이온이 존재하지 않는다는 가정하에서 온도 0 ~ 30°C 범위에서 순수한 CO_2 가스가 용해시 pH의 범위는 평형상수 등을 이용해 산출하면 $5.59 \leq pH \leq 5.66$ 를 나타내는 것으로 알려져 있다.²⁾³⁾¹²⁾

그림5는 총양이온농도와 pH와의 관계를 나타낸 것으로 총양이온농도는 실측된 Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ 의 총량이다.

그림5에서 총양이온농도의 실측치는 pH > 5.65에서는 탄산이온농도보다 pH < 5.65에서는 수소이온농도보다 상당히 큰 값을 나타내고 있다.

이상에서 총양이온농도와 pH와의 관계는 V자형으로 표현되며 玉置⁵⁾은 전기전도도와 pH와의 관계를 V자형으로 표현하였으며 V자형의 최소치에 해당하는 pH는 지역에 따라 상이하다고 보고하였다. 총양이온농도의 경우도 같은 양상을 나타낼 것으로 판단된다.⁴⁾ 그림5에서 수소이온농도를 나타내는 직선연변의 함유물질량의 증가는 pH 값의 저하를 가져오고 대기오염도가 높은 지역에서 채취된 우수의 음이온농도가 전반적으로 높을 것으로 추정된다. pH 5.65 이상을 나타내는 경우에도 본질적으로 탄산이온 이외의 음이온물질 함유량이 높으며 다량의 음이온물질을 중화하기 위해 양이온물질의 농도도 높아야 할 것이다.

임의의 pH에서 총양이온농도는 그림5에서 탄산이온농도의 계산치보다 높게 위치해 점선까지 상승할 수 있다고 생각된다.¹⁴⁾ pH에 대해 V자형으로 표현되는 총양이온농도의 최소치에 대한 pH는 점 P에서 P'로 이동된다.⁵⁾¹⁴⁾ 이것은 총양이온농도의 최소치에 대한 pH는 관측하는 지역의 대기오염도에 의해 크게 영향을 받음을 시사한다.¹⁴⁾

그림 5에서 황사현상 기간동안의 우수들은 별개의 군을 이루고 있으며 pH 5.65 이상에서 높은 양이온농도를 나타내고 있으며 P'점 또한 다름을 나타내고 있다.

우수의 pH가 우수중의 음이온농도에 의해서 일률적인 영향을 받지 않는것은 음이온이 산의 형태로만 존재 하는것이 아니라 여러가지의 양이온과 결합된 화학적인 염의 형태로 우수에

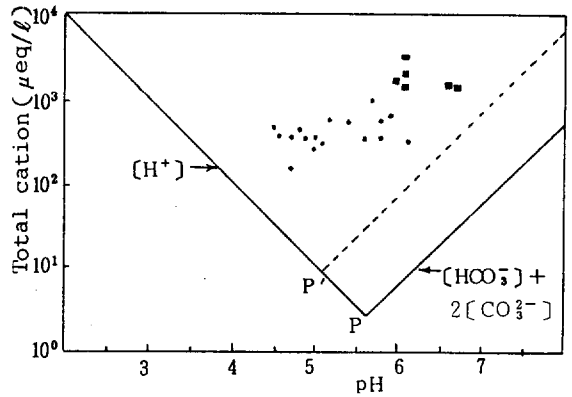


Fig. 5 Relation between total cation and pH

혼입되는데 연유한다. 따라서 음이온물질이 우수의 산성화에 기여하지 않는 측면도 평가할 필요가 있다고 생각된다.¹⁴⁾ 대기 오염물질이 우수중에 혼입되는 시점에서의 결합상태에 따라서 우수의 pH가 결정된다. 우수중에서 음이온과 양이온간의 조합을 고려하기 위하여 음이온과 양이온의 당량농도간에 상관관계를 그림 6~8를 통하여 검토하고자 한다.

우수에 혼입될 시점에 음이온과 일정한 양이온이 결합된 화합물로 존재 하였다면 이들 음이온과 양이온은 양자간에 같은 당량농도로 존재할 가능성이 매우 클 것이다.

그림 6~8에서 실선은 음이온과 양이온 양자가 같은 당량농도를 갖는 선을 나타낸 것이다.

그림 6에서 실선에 가까이 분포되었거나 평행하게 분포한 즉, 염소이온과 결합 가능성이 큰 양이온은 Na^+ 과 Mg^{2+} 로 나타난다. Na^+ 과 Cl^- 은 비교적 등가의 당량농도로 존재하는 것으로 나타나 NaCl 로 Cl^- 이 존재 할 가능성이 매우 큼을 추정할 수 있었으며 일부 Cl^- 이 MgCl_2 로 존재 할 것으로 판단된다. NaCl 과 MgCl_2 는 해염입자에서 유래되는 것으로 서울의 대기중 부유분진에 기여하고 있는 것으로 보고된 바 있다.¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

질산이온의 경우 NH_4NO_3 , NaNO_3 , Mg

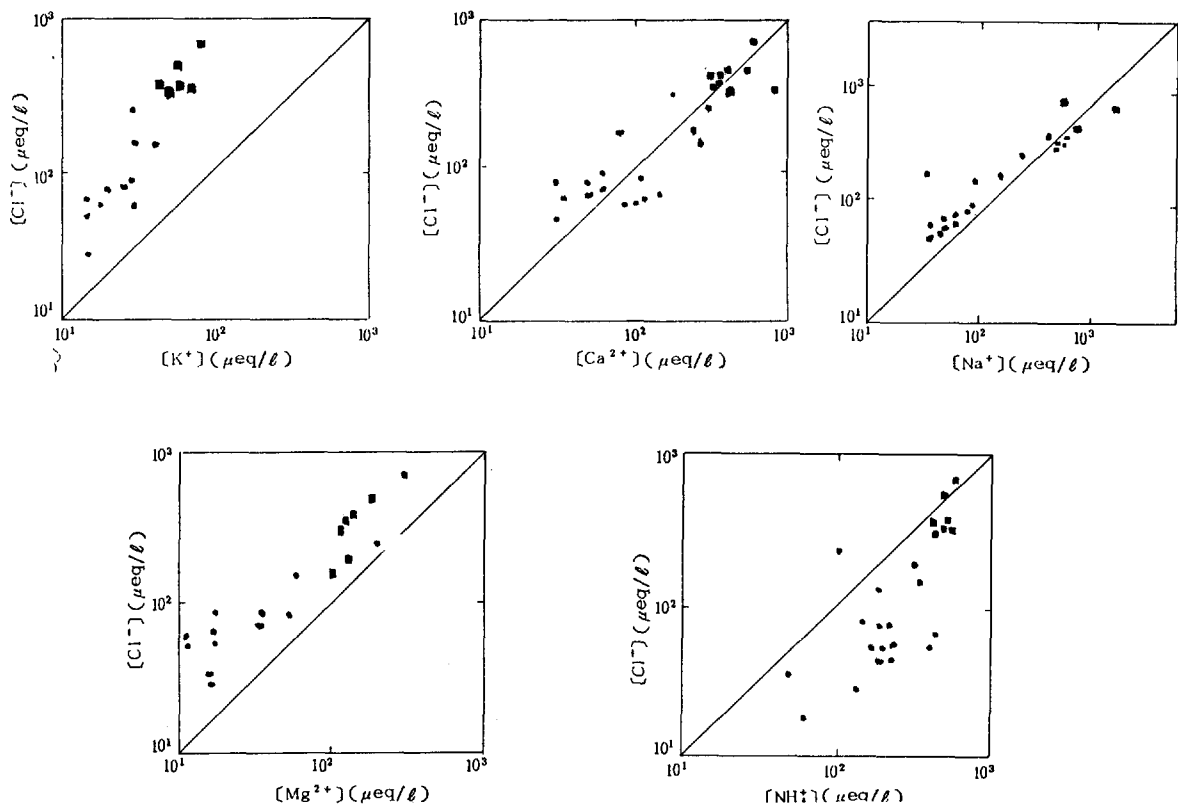


Fig.6 Relation between $[Cl^-]$ and cation

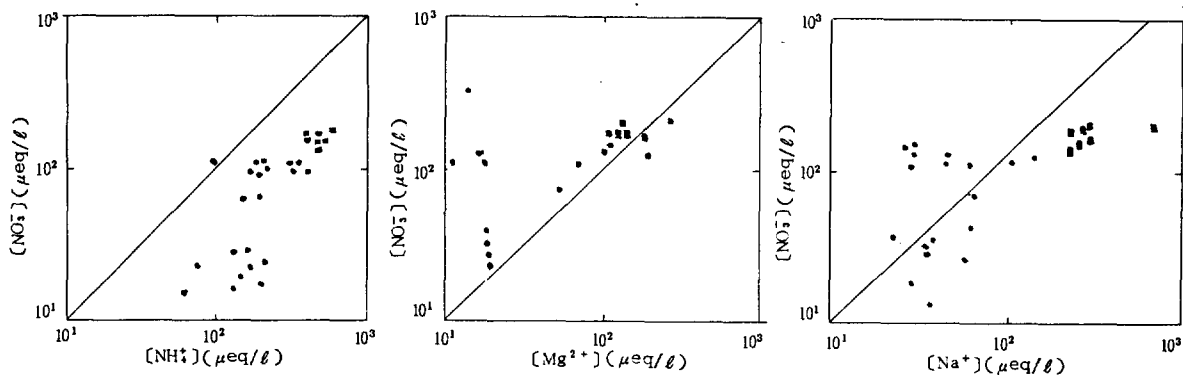


Fig.7 Relation between $[NO_3^-]$ and cation

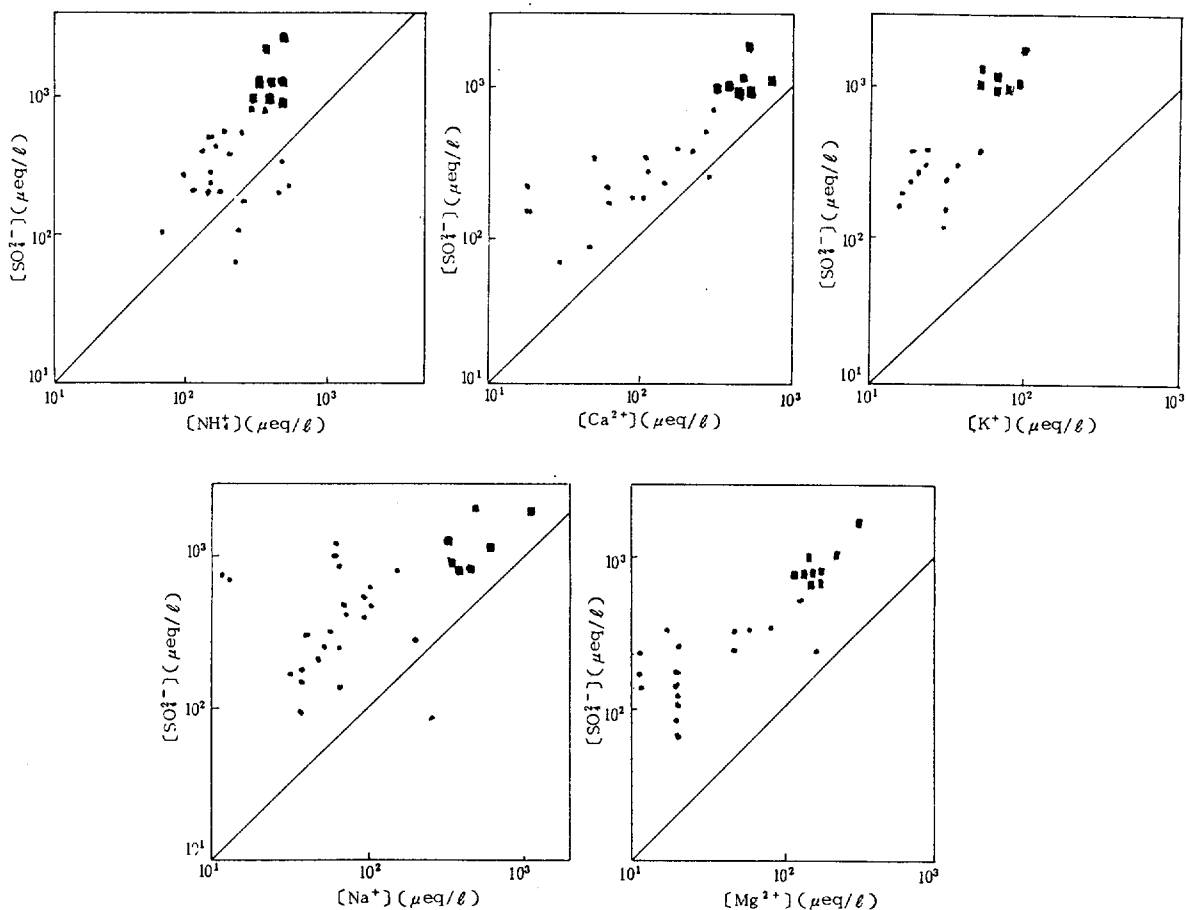


Fig.8 Relation between $[SO_4^{2-}]$ and cation

$(NO_3)_2$ 의 결합형태가 보고되고 있는데¹⁵⁾¹⁶⁾ 그림7에서 이들의 결합형태를 쉽게 확인할 수 없다. NO_3^- 가 NH_4^+ , Na^+ 의 농도에 비해 상대적으로 그 양이 적고 이들 양이온들이 기타 음이온과 결합형태를 갖고 있는데 연유한 것으로 생각된다. 따라서 대기중 입자상물질에 있어서의 질산이온의 기여율이 작다는李¹⁷⁾ 등의 보고와 같은 맥락에서 수도권에서의 우수성분중 질산이온의 영향력은 외국의 보고에 비해 작은 것으로 생각된다.

황산이온의 경우 그림9에서 NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 와의 결합 가능성이 엿보인다. 그러나 Mg^{2+} 와 SO_4^{2-} 의 농도 차이는 매우 크고 Mg^{2+}

는 Cl^- 와의 결합형태가 우선적일 것으로 생각되며 $(NH_4)_2SO_4$ 와 $CaSO_4$ 의 결합형태에 대해서는 Stelson¹⁴⁾¹⁵⁾ 등에 의해서 보고된 바 있다. 그림8에서 황산이온과 Ca^{2+} 의 결합형태 가능성을 고려해 볼때 황사현상시나 정상상태에서 황산이온의 일부가 Ca^{2+} 와 일률적으로 결합하고 있을 가능성을 보여 주고있다. 그러나 황산이온과 NH_4^+ 와의 관계에서 특히 황사현상시에는 과량의 SO_4^{2-} 가 존재함을 나타내고 있어 황사현상으로 인한 SO_4^{2-} 의 증가의 원인 물질은 $(NH_4)_2SO_4$ 와 같은 결합형태가 아님을 시사하고 있다.

그림9를 통하여 $NaCl$, $NaNO_3$, $MgCl_2$,

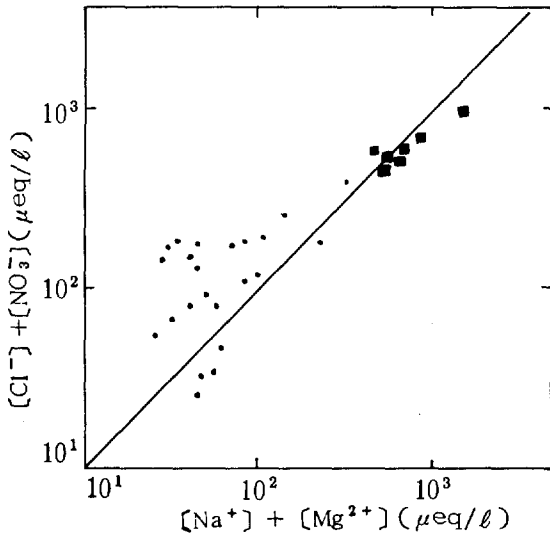


Fig.9 Relation between $[Na^+] + [Mg^{2+}]$ and $[Cl^-] + [NO_3^-]$

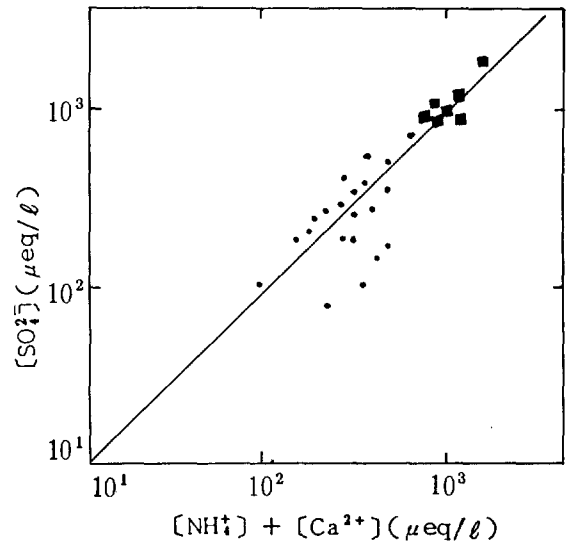


Fig.10 Relation between $[NH_4^+] + [Ca^{2+}]$ and $[SO_4^{2-}]$

$Mg(NO_3)_2$ 의 결합형태 가능성을 동시에 검토하였다. 정상상태에서 음이온의 과량이 나타나는데 이는 입자상물질의 경우와 같이 NH_4Cl , NH_4NO_3 와 같은 NH_4^+ 와의 결합형태의 존재 가능성을 시사하는 것으로 생각된다.

그림10에서는 그림8에서 검토한 바와같이 황산이온과 NH_4^+ , Ca^{2+} 과의 결합형태 가능성을 동시에 나타내고 있다. 그림10을 통하여 $(NH_4)_2SO_4$, $CaSO_4$ 의 결합형태를 추정할 수 있으며 황사현상시 황산이온의 증가는 $CaSO_4$ 의 증가에 기인하는 것으로 추정된다.

총음이온의 당량농도합과 총양이온의 당량농도합과의 관계를 나타낸 그림 11을 살펴보면 정상상태에서는 음이온 SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- 과 양이온 Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ 과의 결합형태가 대부분을 차지하고 있지만 황사현상시 우수중에는 기타 양이온과의 결합형태가 존재함을 알 수 있다. 이와같은 사실은 李⁷⁾ 등의 보고에서 황사현상시 부유분진중 금속성분 농도가 급증한다는 사실과 맥락을 같이하는 것으로 우수중에 이들 금속과 결합된 금속염의 증가를 시사하는 것으로 생각된다.

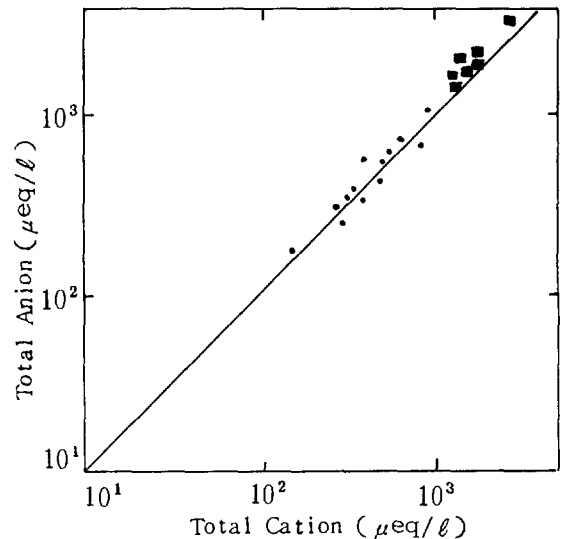


Fig.11 Relation between total anion and total cation

4. 결 론

수도권지역 9개지점에서 황사현상기간중의 강수 및 정상상태기간중의 강수를 각각 채취하여 pH 및 전도도, 수용성이온성분을 분석하고 우수의 화학적 성분상의 특성 및 황사현상에

의한 우수성분의 변화를 검토 하였으며 다음의 결과를 얻었다.

1. 비황사현상시 우수의 pH는 4.7~5.9 황사현상시 pH는 6.0~6.7로서 황사현상시 우수의 pH가 상승하였다.

2. 전도도는 23~77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서 황사현상시 172~254 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 증가하였으며 수용성이온 성분도 급증하였다.

3. 황사현상시 우수중 이온성성분의 구성비는 음이온의 경우 $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$ 에서 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ 로, 양이온의 경우 $\text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ 에서 $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 로 변했다.

4. 우수의 응집핵 및 혼입되는 대기오염물질의 화학결합형태로 NaCl, MgCl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, CaSO_4 등의 형태가 주종을 이루고 있는 것으로 추정되었으며 황사현상시에는 NaCl 및 CaSO_4 가 우수중에 혼입되는 양이 급증된 것으로 추정된다.

5. 우수중 음이온 및 양이온의 증가는 동반되며 우수에 혼입될 시점에서의 화학적 결합형태에 따라서 pH의 상승 및 저하의 요인으로 작용한다. (원고접수 '89. 3.20)

참 고 문 헌

- Scott W.D., P.V. Hobbs, (1967), The formation of sulfate in water droplets, J. Atmos. Sci., 24, 55.
- U.S.EPA, (1980), Acid rain, EPA-600/9-79036.
- Cooper H.B.H., et al., (1976), Chemical composition of acid precipitation in Central Texas, Water, Air and Soil Pollution, 6.
- Gene E. Likens, et al., (1979), Acid rain, Scientific American, 241, 4.
- 玉置元則, (1985), 我が國の雨水の化學的性狀, 環境技術, 14, 132.
- Arne Henriksen, David F. Brakke, (1988), Sulfate deposition to surface waters, Environ. Sci. Technol., 22, 1.
- 李敏熙, 韓義正, 辛燦基, 韓振錫, (1988), 黃砂現象時 粉塵의 粒度分布와 化學組成에 關한 研究, 大氣保全學會誌, 4, 2.
- 李敏熙, 韓義正, 元良洙, (1986), 黃砂現象이 우리나라에 미치는 影響, 韓國大氣保全學會誌, 2, 3.
- Suk-Jo Lee, Min-Hee Lee, (1988), Longrange Transport of Air Pollution focussing on Acid Rain and Yellow Sand phenomena, The 1st Korea-Japan Environmental Science and Technology Symposium, PP.13~19.
- 孫東憲, 梁聖七, (1985), 서울시의 酸性物質 降下現狀에 關한 研究, 大氣保全學會誌, 2, 1.
- 신용배 外11人, (1986), 산성비연구:서울시를 중심으로, 한국과학기술원.
- 李敏熙 外3人, (1986), 濕性大氣成分에 對한 統計的解析, 大氣保全學會誌, 2, 1. 41~54.
- W.R.Pierson, et al., (1987), Acid rain and atmospheric chemistry at Allegheny Mountain, Environ. Sci. Technol., 21, 7.
- 平井英二外3人, (1988), 雪を媒體とした大氣汚染物質の環境循環と環境影響, 金澤大學工學部.
- A.W.Stelson, J.H.Seinfeld, (1981), Chemical mass account of urban

aerosol, Environ. Sci. Technol., 15.

16. 笠原三起夫人, 高橋幹二, 島田學, (1984),
大氣中粒子狀物質の發生源の同定と奇與率の
推定, 大氣污染學會誌, 19, 337.

17. 李敏熙 外5人, (1987), 大氣中 粒子狀 物質의
生成 및 動態에 關한 研究, 國立環境研究
院.