

서울시 부유분진중 질산암모늄 농도

Concentration of NH_4NO_3 in TSP in Seoul Ambient Air

천 만 영 · 이 영 재* · 김 희 강**

안성산업대학교 환경공학과

*조선대학교 환경공학과

**건국대학교 환경공학과

(원고접수; 1994. 3. 21)

Man-Young Chun, Young-Jae Lee and Hui-Kang Kim

Dept. of Environmental Engineering, Anseoung Polytechnic University

*Dept. of Environmental Engineering, Jo-Sun University

**Dept. of Environmental Engineering, Kon-Kuk University

(Received 21 March 1994)

Abstract

Concentration of volatile particulate nitrate(NH_4NO_3) in TSP in ambient air was determined from Feb. to Oct. 1993. Sampling was carried out using a two-stage Andersen air sampler at the top of a five-story building located at Kon-Kuk University in Seoul. Concentration of NH_4NO_3 in TSP was measured by pyrolysis of sample filters at 160°C for 1hr. Concentration of NH_4NO_3 was higher in winter time compared with that in summer time. Also, concentration of NH_4NO_3 was higher in fine particles compared with that in coarse particle. The range of NH_4NO_3 concentration was between 2.99 and $9.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Weight fraction of NH_4NO_3 in total particulate nitrate was 31.1~59.5%, and weight fraction of NH_4NO_3 in TSP was 2.1~11.2%.

1. 서 론

석탄, 석유 및 천연가스와 같은 화석연료의 연소에 의하여 생성된 질소산화물(NO_x)은 대기중에서 여러 가지 복잡한 물리·화학적 반응을 거쳐 가스상 nitrate(HNO_3)와 입자상 nitrate(NO_3^-)로 변환된다. 이러한 nitrate는 일사량, 기온 및 상대습도 등의 기상인자와 대기중의 오존, 과산화수소, 암모니아, 해염입자 및 알칼리성 토양입자 등의 농도에 따라 생성량이 달라진다(C.C.Wang et al., 1975; T. Okita, 1976; B.R.Appel et al., 1978; 角脇 怜, 1980; 坂本和彦, 1981; J.G.Calvert, 1983; 천만영외, 1993).

가스상 nitrate와 입자상 nitrate는 습식 및 건식 강하물로서 인체와 동·식물에 해를 줄 뿐만 아니라

토양과 수계의 산성화를 촉진시키고 각종 구조물을 부식시켜 재산상의 큰 피해를 준다.

미세입자상 nitrate인 질산암모늄(NH_4NO_3)은 광화학반응으로 생성된 질산가스(HNO_3)와 암모니아(NH_3)의 기상균일반응으로 생성되는 입경 $1\mu\text{m}$ 이하의 미세입자이기 때문에 해염입자와 토양입자에 의하여 생성되는 조대입자상 nitrate보다 환경에 더 많은 악영향을 미칠 뿐만 아니라 입자상 nitrate의 대부분을 차지하므로 매우 중요한 오염물질 중의 하나이다(S.Kadowaki, 1976; B.R.Appel et al., 1978; J.Forrest et al., 1982; G.T.Wolff, 1984; J.B. Milford et al., 1987). 이와 같이 질산암모늄은 입자상 오염물질에서 차지하는 중요성이 큼에도 불구하고 국내에서는 아직 연구가 전무한 실정이다.

이 연구는 서울시 대기부유분진 중의 질산암모늄 농도를 입경별, 계절별로 정량하는 것을 목적으로 하였다.

2. 시료포집 및 분석

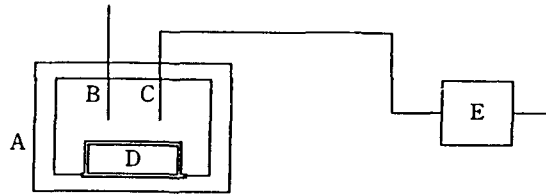
입자상 nitrate를 입경 2.1 μ m 이상의 조대입자와 2.1 μ m 이하의 미세입자로 분급포집하기 위하여 9단 Andersen air sampler(일본 Kanomax사제, Model AN-200)의 4단과 Back up단의 포집판만 장착하고 나머지 단의 포집판은 제거하여 2단으로 만들어 포집하였다. 포집에 사용된 필터는 석영섬유여지(Toyo QR-100)를 사용하였고 포집유량은 28.3 l/min으로 하였으며 포집 시간은 24시간씩 계절별로 4회 포집하였다. 시료 포집시기는 가능한한 각 계절의 기후 특성을 잘 대표할 수 있는 시기를 택하였으며 강우가 있을 경우는 강우에 의한 영향을 줄이기 위하여 강우 후 24시간이 경과한 다음 시료를 포집하였다. 시료 포집 장소는 서울시 성동구 모진동에 위치하고 있는 건국대학교 공과대학 옥상(지상 약 15m)이며 상세한 포집기간은 표 1과 같다.

Table 1. Sampling periods

| Sampling No | Sampling time | Sampling No | Sampling time |
|-------------|----------------|-------------|------------------|
| 1 | '93, 2. 2~2. 3 | 9 | '93, 6. 24~6. 25 |
| 2 | 2. 3~2. 4 | 10 | 7. 2~7. 3 |
| 3 | 2. 4~2. 5 | 11 | 7. 3~7. 4 |
| 4 | 2. 5~2. 6 | 12 | 7. 4~7. 5 |
| 5 | 4. 2~4. 3 | 13 | 10. 4~10. 5 |
| 6 | 4. 7~4. 8 | 14 | 10. 5~10. 6 |
| 7 | 4.19~4.20 | 15 | 10. 6~10. 7 |
| 8 | 4.29~4.30 | 16 | 10. 7~10. 8 |

석영섬유여지는 시료 포집전에 데시케이터에 24시간 동안 넣어 항량으로 한 후 화학천칭(Sartorius 사제, Model 2434)으로 무게를 칭량하였고, 포집후에도 동일한 방법으로 무게를 칭량하여 그 전후 무게 차이로 포집된 분진의 농도를 구하였다. 칭량이 끝난 후 필터를 정확히 2등분하여 1/2은 100ml 비이커에 포집면이 아래로 향하도록 넣고 이온교환수 20ml를 가하여 초음파 세척기에서 40분간 추출하였다. 추출후 추출액은 Whatman 41번 필터로 여과하고 여과액을 분석액으로 하여 질산이온(NO₃⁻)을 이온크로마토그래피(일본 TOA사제, Model TOA-ICA 3000)로 분석하였다. 필터의 나머지 1/2은 그

림 1과 같은 열분해 장치속에 넣고 160°C에서 1시간 열분해하여 TSP 중의 질산암모늄을 질산가스와 암모니아로 휘발시켰으며 그 다음 필터에 남아 있는 비휘발성 입자상 nitrate 농도는 상기와 같은 방법으로 분석·정량하였다. 시료포집 및 분석 계통도는 그림 2와 같다.



A : Insulation cover B : Thermometer
C : Temperature sensor D : Electric heater
E : Power control box

Fig. 1. Schematic diagram of apparatus for pyrolysis of NH₄NO₃.

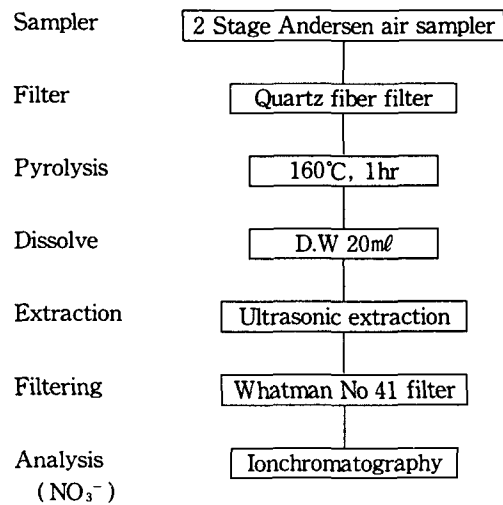


Fig. 2. Analytical process of samples

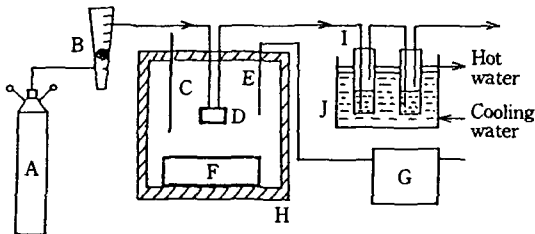
3. 결과 및 고찰

3.1 질산암모늄의 최적 열분해 온도 및 시간

대기중에 기체상태로 존재하는 질산가스와 암모니아는 기온이 낮아지면 기상균일반응을 하여 고체인 질산암모늄을 생성하고 기온이 높아지면 다시 질산가스와 암모니아로 해리된다. 고온에서 해리되는 질산암모늄의 이러한 특성을 이용하여 질산암모

습을 고온에서 열분해시키면 TSP 중의 입자상 nitrate에서 질산암모늄만을 분리·정량할 수 있다 (A.W.Stelson et al., 1982; K.Yoshizumi and A. Hoshi, 1985).

그림 3은 TSP 중에 포함되어 있는 질산암모늄의 최적 열분해 온도 및 시간을 알기 위하여 시료 필터의 열분해에 사용된 장치의 개략도이다. 열분해에 사용된 시료는 High volume air sampler(Kimoto사제, Model-120)에 석영섬유여지(TOYO QR-100, 200×250mm)를 장착하여 포집유량 1.2~1.5m³/min으로 24시간 포집한 필터를 직경 30mm로 절단하여 사용하였다. 질산암모늄의 열분해로 생성되는 질산가스의 운반가스로는 순도 99.9% 질소가스를 사용하였고 유량은 1ℓ/min으로 하였으며, 열분해 용기는 직경 32mm, 높이 20mm 스테인레스강으로 완전히 기밀이 되도록 제작하였다. 열분해 용기로 연결되는 질소가스 운반용 파이프 역시 내경 5mm, 두께 1mm의 스테인레스 파이프를 사용하였다.



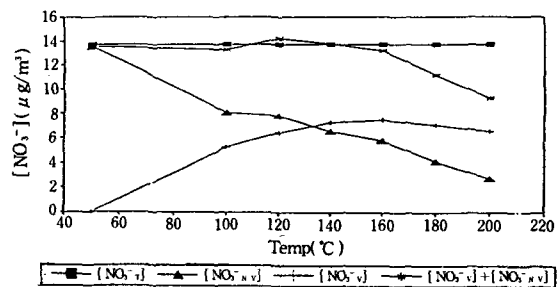
- A : N₂ bombe
- B : Flow meter
- C : Thermometer
- D : Pyrolysis vessel
- E : Temperature sensor
- F : Electric heater
- G : Power control box
- H : Insulation cover
- I : Midget impinger
- J : Cooling water bath

Fig. 3. Schematic diagram of apparatus for pyrolysis of samples.

질산암모늄 열분해로 생성되는 질산가스 포집용액으로는 2개의 소형 임핀저에 각각 이온교환수 10 ml씩을 넣어 사용하였고 냉각수로는 수돗물을 사용하였다.

시료의 최적 열분해 온도 및 시간을 알기 위하여 시료 필터를 열분해 용기에 넣고 단계별로 온도를 올리면서 각 온도에서 1시간 동안 실험한 결과는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보듯이 열분해 온도를 단계적으로 상승시키면 질산암모늄의 열분해로 생성되는 질산가스(NO₃^{-v}) 농도는 계속 증가되다가 160°C에서 최고치를 나타내었고 160°C 이상에서는 다시 감소하였으며, 열분해 후 휘발되지 않고 필터에 남아 있는 입자상 nitrate 농도(NO₃^{-N.V})는 열분

해 온도가 증가할수록 계속 감소하였다. 질산암모늄의 열분해로 생성된 질산가스 농도(NO₃^{-v})와 열분해 후 필터에 남아 있는 비휘발성 입자상 nitrate(NO₃^{-N.V}) 농도의 합인(NO₃^{-v}+NO₃^{-N.V})과 시료 필터를 열분해 하기 전의 총입자상 nitrate(NO₃^{-T}) 농도의 비[(NO₃^{-v}+NO₃^{-N.V})/NO₃^{-T}]는 160°C까지는 거의 100%에 가까웠으나 계속 온도를 상승시키면 다시 감소하였으므로 시료 필터를 160°C에서 1시간 열분해시킬 때 질산암모늄이 가장 많이 열분해 됨을 알았다.



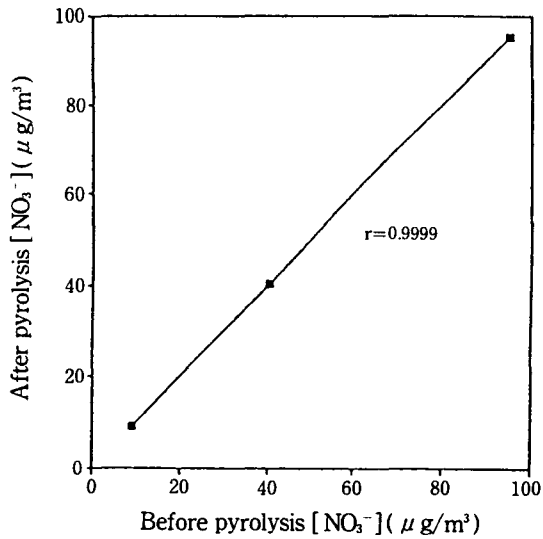
- NO₃^{-T} : Total particulate nitrate concentration before pyrolysis.
- NO₃^{-v} : Volatile particulate nitrate concentration (NH₄NO₃).
- NO₃^{-N.V} : Nonvolatile particulate nitrate concentration after pyrolysis.

Fig. 4. Temperature dependence of NH₄NO₃ recovery.

Filter samples from a same High volume air sampler filter were heated at 160°C for 1hr in N₂ flow.

시료를 160°C에서 1시간 열분해시킬 경우 질산암모늄이 완전히 열분해 되는지를 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다. 순수한 질산암모늄 시약을 사용하여 임의로 4가지 농도의 시료를 만들고 각 시료 1ml씩을 취하여 테프론 필터(Whatman사제, 47mmφ, pore size 0.45μmφ) 위에 떨어뜨리고 실온에서 완전히 건조시킨 후 이 시료를 160°C에서 30분 동안 열분해 시킨 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 보듯이 순수한 질산암모늄은 160°C에서 30분만 열분해시켜도 거의 전부가 열분해가 되었다.

그러나 대기부유분진 중에는 질산암모늄 뿐만이 아니라 여러 이온들이 공존하고 있으므로 이러한 이온간의 상호작용 때문에 시료를 순수한 질산암모늄보다 더 오랫동안 열분해 시켜야만 TSP 중의 질산암모늄이 전부 열분해되리라 생각된다. High volume air sampler를 사용하여 포집한 TSP 중의 질



$\text{NO}_3^- \text{ T}$: Total particulate nitrate concentration before pyrolysis.

$\text{NO}_3^- \text{ V}$: Volatile particulate nitrate concentration (NH_4NO_3).

$\text{NO}_3^- \text{ N.V}$: Nonvolatile particulate nitrate concentration after pyrolysis.

Fig. 5. Recovery characteristics of NO_3^- on reagent NH_4NO_3 pyrolysis under the heating condition at 160°C for 30 min.

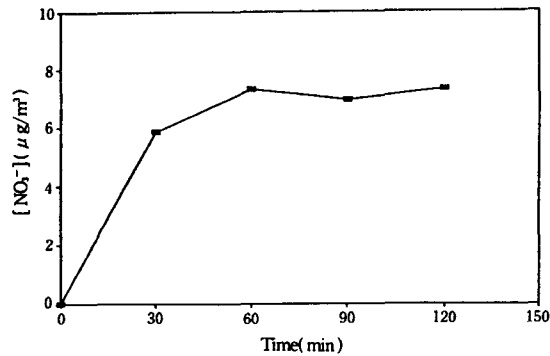


Fig. 6. Time dependence of NH_4NO_3 recovery. Filter samples from high volume air sampler filter were heated at 160°C in N_2 flow.

산암모늄은 160°C 에서 얼마 동안 열분해시켜야 완전히 열분해 되는지를 알아보기 위하여 단계적으로 시간을 늘리면서 열분해시킨 결과는 그림 6과 같다. 상기의 실험 결과로 TSP 중의 질산암모늄은 160°C 에서 1시간 이상 열분해 시키면 완전히 열분해 됨을 알았다.

TSP 중의 입자상 nitrate에는 질산암모늄 뿐만

아니라 해염입자, 토양입자에 의하여 생성된 질산나트륨(NaNO_3), 질산칼륨(KNO_3), 질산칼슘($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) 및 질산마그네슘($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) 등도 함유되어 있으므로 이러한 입자상 nitrate가 160°C 에서 1시간 열분해 시켰을 경우 열분해를 하는지의 여부를 알아보기 위하여 순수한 시약으로 시료를 제조하여 실험을 하였다. 시료는 질산나트륨, 질산칼륨, 질산칼슘, 질산마그네슘 시약으로 일정 농도의 용액을 만들고 이 용액을 테프론 필터(Whatman사제, $47\text{mm}\phi$, poresize $0.45\mu\text{m}\phi$) 위에 적하한 후 실온에서 완전히 건조시켰으며, 그 다음 시료 필터를 160°C 에서 1시간 동안 열분해 시켰는데 그 결과는 표 2와 같다. 표 2의 결과에서 보듯이 질산나트륨, 질산칼륨, 질산칼슘 및 질산마그네슘은 160°C 에서 1시간 열분해 하여도 거의 열분해가 되지 않았다.

이상과 같은 실험 결과에서 열분해법으로 TSP 중의 입자상 nitrate에 함유되어 있는 질산암모늄을 정량할 경우 160°C 에서 1시간 열분해하는 것이 가장 이상적이며 이것은 K.Yoshizumi와 A.Hoshi(1985)의 실험 결과와 일치 하였다.

Table 2. Recovery characteristics of NO_3^- in NaNO_3 , KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ pyrolysis under heating condition at 160°C for 1hr.

| Item | Nitrate concentration (μg) | | Recovery (%) |
|----------------------------|---|------|--------------|
| | B.P. | A.P. | |
| NaNO_3 | 84.1 | 83.8 | 99.6 |
| KNO_3 | 63.2 | 60.9 | 96.4 |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | 78.5 | 80.3 | 102.2 |
| $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ | 54.4 | 54.0 | 99.3 |

B.P : Before pyrolysis, A.P : After pyrolysis.

K.Yoshizumi와 A.Hoshi(1985)는 소형 입편저에 포집액으로 증류수를 넣고 질산암모늄 열분해시 생성되는 질산가스를 포집하여 이것으로 부터 질산암모늄 농도를 계산하였다. 그러나 160°C 에서 1시간 동안 시료를 열분해 할 경우 TSP 중의 질산암모늄 외에 존재할 가능성이 있는 입자상 nitrate인 질산나트륨, 질산칼륨, 질산칼슘 및 질산마그네슘 등은 열분해가 되지 않으므로 이번 실험에서는 열분해시키기 전의 총입자상 nitrate 농도($\text{NO}_3^- \text{ T}$)에서 160°C 에서 1시간 동안 열분해 시킨 후 휘발되지 않고 필터에 남아 있는 입자상 nitrate 농도($\text{NO}_3^- \text{ N.V}$)를 뺀 값을 휘발성 입자상 nitrate인 질산암모늄 농도($\text{NO}_3^- \text{ V}$)로 하였다.

3.2 입자상 nitrate중 질산암모늄 농도

2단 Andersen Air Sampler를 사용하여 조대입자($d_p > 2.1 \mu\text{m}$)와 미세입자($d_p < 2.1 \mu\text{m}$)를 분급포집하고 포집 필터를 160°C 에서 1시간 열분해 시켜 정

량한 휘발성 입자상 nitrate(volatile particulate nitrate, $\text{NO}_3^-_v$)인 질산암모늄과 비휘발성 입자상 nitrate(nonvolatile particulate nitrate, $\text{NO}_3^-_{n.v}$) 농도는 표 3과 같다.

Table 3. Seasonal variations of volatile particulate nitrate($\text{NO}_3^-_v$) and nonvolatile particulate nitrate($\text{NO}_3^-_{n.v}$) concentration in coarse and fine particle in ambient air.

| Season | d_p (μm) | TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | $\text{NO}_3^-_T$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | $\text{NO}_3^-_v$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | NH_4NO_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | $\text{NO}_3^-_{n.v}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | $\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$ (%) | $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{TSP}$ (%) |
|--------|----------------------------|-------------------------------------|---|---|--|---|--|--|
| Winter | C.P | 41.6 | 4.2 | 1.4 | 1.9 | 2.8 | 32.3 | 4.7 |
| | F.P | 75.4 | 12.7 | 6.2 | 8.0 | 4.1 | 52.9 | 10.7 |
| | Mean | 117.0 | 16.9 | 7.6 | 9.9 | 6.8 | 59.5 | 11.2 |
| Spring | C.P | 147.6 | 5.3 | 2.3 | 2.9 | 3.2 | 43.8 | 2.2 |
| | F.P | 67.2 | 6.6 | 3.1 | 3.9 | 2.9 | 48.4 | 5.9 |
| | Mean | 214.7 | 11.8 | 5.3 | 6.9 | 6.1 | 47.9 | 3.3 |
| Summer | C.P | 81.8 | 4.4 | 1.1 | 1.5 | 3.2 | 26.1 | 1.9 |
| | F.P | 68.5 | 3.1 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 38.8 | 2.5 |
| | Mean | 150.3 | 7.5 | 2.3 | 2.9 | 5.1 | 31.1 | 2.1 |
| Fall | C.P | 42.7 | 5.1 | 2.2 | 2.9 | 2.8 | 43.3 | 7.1 |
| | F.P | 57.4 | 6.5 | 3.3 | 4.3 | 2.9 | 50.6 | 7.5 |
| | Mean | 100.2 | 11.6 | 5.5 | 7.0 | 5.7 | 47.4 | 7.1 |

C.P : Coarse particle($d_p > 2.1 \mu\text{m}$).

F.P : Fine particle($d_p < 2.1 \mu\text{m}$).

$\text{NO}_3^-_T$: Total particulate nitrate concentration before pyrolysis.

$\text{NO}_3^-_v$: Volatile particulate nitrate concentration(NH_4NO_3).

$\text{NO}_3^-_{n.v}$: Nonvolatile particulate nitrate concentration.

표 3을 보면 겨울, 봄, 여름, 가을의 질산암모늄 농도($\text{NO}_3^-_v$)는 각각 9.9, 6.9, 2.9, $7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 총입자상 nitrate농도($\text{NO}_3^-_T$)에 대한 질산암모늄 농도의 비($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$)는 각각 59.5, 47.9, 31.1, 47.4%로 겨울에 질산암모늄 농도와 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$) 값이 가장 컸고, 여름에 가장 작았다. 또 조대입자 중의 질산암모늄 농도는 계절별로 각각 1.9, 2.9, 1.5, $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$) 값은 각각 32.3, 43.8, 26.1, 43.3%로 황사 현상이 심했던 봄에 값이 가장 컸고 여름에 가장 낮았다. 미세입자 중의 질산암모늄 농도는 계절별로 각각 8.0, 3.9, 1.5, $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 총입자상 nitrate에 대한 질산암모늄 농도의 비($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$)는 계절별로 각각 52.9, 48.4, 38.8, 50.6%로 겨울에 질산암모늄 농도와 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$) 값이 가장 컸고 여름에 가장 작았다. 다른 계절보다 겨울에 질산암모늄 농도와 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$) 값이 가장 높고 또 조대입자보다 미세입자 영역에서 질산암모늄 농도와 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$) 값이 높은 것은 기온이 낮아서 대기 중에 존재하는 질산가스와 암모니아가 기상균일반응을

하여 미세입자인 질산암모늄을 생성하기 때문으로 생각되며, 여름에는 기온이 높아 질산암모늄이 질산가스와 암모니아로 해리될 뿐만 아니라 광화학 활성이 클 때 많이 생성되는 황산미스트(H_2SO_4)와 질산암모늄이 반응하여 황산암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)과 질산가스를 생성하기 때문에 질산암모늄 농도도 낮고 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$)비도 가장 낮은 것으로 사료된다(A.W.Stelson et al., 1982; J.B.Milford et al., 1987). 또 황사현상과 건조한 대기 및 강한 바람(실험 기간중 겨울, 봄, 여름, 가을의 평균 풍속은 각각 2.7, 2.9, 2.4, $1.4 \text{m}/\text{s}$ 였고 상대습도는 각각 77.0, 64.4, 75.5, 57.5%였다)으로 토양입자의 비산이 타계절보다 심한 봄에 조대입자에서 ($\text{NO}_3^-_v/\text{NO}_3^-_T$)비가 가장 큰 것은 미세입자인 질산암모늄이 조대입자인 토양입자에 흡착되었기 때문으로 생각된다.

TSP에 대한 질산암모늄 농도비($\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{TSP}$)는 겨울, 봄, 여름, 가을이 각각 11.2, 3.3, 2.1, 7.1%로 가을과 겨울에는 TSP에 대한 질산암모늄의 기여도가 꽤 컸으나 봄과 여름에는 기여도가 낮았

다. 겨울에(NH₄NO₃/TSP) 비가 11.3%로 가장 높은 것은 토양의 동결과 적설 때문에 TSP 값이 적은 반면 기온이 낮아 질산암모늄 농도는 높았기 때문이다. 여름에(NH₄NO₃/TSP) 값이 2.1%로 가장 낮은 것은 질산암모늄이 기온이 높아져 질산가스와 암모니아로 해리되기 때문이며 또 질산암모늄과 황산미스트가 반응하여 황산암모늄과 질산가스를 생성하기 때문으로 생각된다.

질산가스와 암모니아의 기상균일반응으로 생성되는 질산암모늄은 입경 1μm 이하의 미세입자이지만 이번 실험에서는 입경 2.1μm 이상의 조대입자 중에도 상당량이 존재하였다(J.B.Milford et al., 1987). 미세입자인 질산암모늄이 조대입자 중에도 존재하는 것은 질산암모늄이 조대입자인 토양입자에 흡착되거나 질산암모늄 상호간의 응결에 의하여 조대입자로 성장되었기 때문으로 생각된다. 또 질산가스와 암모니아는 수용성이 매우 큰 가스상 물질로 액적에 각각 용해되어 질산암모늄을 생성하며, 미세입자인 질산암모늄이 수증기의 응축핵으로 작용하여 조대입자로 성장하기 때문으로 사료된다(S. Kadowaki, 1976; A.E.Orel et al., 1977; 김희강 외, 1978; 坂本和彦, 1981; K.Yoshizumi et al., 1985; J.B.Milford; P.H.McMurry et al., 1989). 또 Andersen air sampler에 분급포집되는 분진은 50% 절단 입경(cutoff diameter)이므로 입경 2.1μm 이하의 미세입자 일부가 조대입자에 포집된 결과일 수도 있다(W.C.Hinds, 1982).

4. 결 론

1993년 2월부터 10월까지 서울시 성동구 모진동 건국대학교에서 2단 Andersen air sampler로 대기 부유분진을 조대입자(d_p>2.1μm)와 미세입자(d_p<2.1μm)로 분급포집하고 TSP 중에 포함되어 있는 질산암모늄을 열분해법으로 정량한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TSP 중의 질산암모늄은 160℃에서 1시간 열분해 시킬 경우 거의 모두가 질산가스와 암모니아로 열분해 되었으며 질산암모늄 이외의 입자상 nitrate는 열분해 되지 않았다.
2. 겨울, 봄, 여름, 가을의 각 계절별 질산암모늄 농도는 각각 9.9, 6.9, 2.9, 7.0 μg/m³으로 기온이 낮은 겨울에 농도가 가장 높았고 기온이 높은 여름에 가장 낮았다.
3. 조대입자(d_p>2.1μm) 중의 질산암모늄 농도는 계절별로 각각 1.9, 2.9, 1.9, 2.9 μg/m³이었으며 미세입자(d_p<2.1μm) 중의 질산암모늄 농도는 각각

8.0, 3.9, 1.5, 4.3 μg/m³으로 여름에는 미세입자에서보다 조대입자 중에서 질산암모늄 농도가 더 높았고 여름을 제외한 다른 계절에는 조대입자에서보다 미세입자 중에서 질산암모늄 농도가 더 높았다.

4. 조대입자에서 질산암모늄의 총입자상 nitrate에 대한 비율(NO₃^{-v}/NO₃^{-t})은 계절별로 각각 32.3, 43.8, 6.1, 43.3%였고 미세입자에서는 52.9, 48.4, 38.8, 50.6%로 질산암모늄은 조대입자상 nitrate보다 미세입자상 nitrate 형태로 존재하였다.

5. TSP에 대한 질산암모늄 값(NH₄NO₃/TSP)은 계절별로 각각 11.2, 3.3, 2.1, 7.1%로 겨울과 가을에는 질산암모늄의 TSP에 대한 기여도가 꽤 컸으나 봄과 여름에는 낮았다.

참 고 문 헌

이윤재, 김희강(1985) 粗大粒子가 大氣浮遊粉塵에 주는 負荷, 韓國大氣保全學會誌, 1(1), 71~81.

천만영, 이영재, 김희강(1993) 환경대기 중에서 Nitrate의 생성에 관한 연구(II), 한국대기보전학회지, 9(3), 216~221.

角脇 怜(1980) 名古屋市大氣中における海鹽粒子の舉動, 日本化學會誌, 1, 141~146.

坂本和彦(1981) 浮游粒子狀物質に関する文獻學的調査, 日本科學技術情報 センター, 環境聽委託調査報告書, 82~101.

Appel, B.R., Evaldo L.Kothny, Emanuel M.Hoffer, George M.Hidy and Jerome J.Wesolowski (1978) Sulfate and nitrate data from the California Aerosol Characterization Experiment(ACHEX), Environ.Sci.Technol., 12, 418~425.

Calvert.Jack G (1983) Acid generation in the troposphere by gasphase chemistry, Environ.Sci. Technol, 17, 428A~443A.

Forrest Joseph, Daniel J.Spandau, Roger L.Tanner and Leonard Newman (1982) Determination of atmospheric nitrate and Nitric Acid employing a Diffusion Denuder with a filter pack, Atmos.Environ., 16, 1473~1485.

Junge,C.E (1963) Air Chemistry and Radioactivity, Academy press, 1~202.

Kadowaki.S (1976) Size distribution of atmospheric total aerosols, sulfate, ammonium and nitrate particle in the Nagoya aera, Atmos.Environ., 10, 39~43.

- McMurry, Peter H and Mark R. Stolzenburg (1989) On the sensitivity of particulate size to relative humidity for Los Angeles aerosols, *Atmos. Environ.*, 23, 497~507.
- Milford, J.B and Cliff I. Davidson (1987) The sizes of particulate sulfate and nitrate in the atmosphere- A review, *JAPCA*, 37, 125~134.
- Okita, T, Shigeki Morimoto, Hichio Izawa and Shinya Konno (1976) Measurement of gaseous and particulate nitrate in the atmosphere, *Atmos. Environ.*, 10, 1085~1089.
- Orel, Ann E and Jhon H. Seinfeld (1977) Nitrate formation in atmospheric Aerosols, *Environ. Sci. Technol.*, 11, 1000~1007.
- Wang, C.C., L.I. Davis, Jr., C.H. Wu, S. Japar, H. Niki and B. Weinstock (1975) Hydroxyl radical concentrations measured in ambient air, *Science*, 189, 797~800.
- Wolff, G.T (1984) On the nature of nitrate in coarse continental aerosols, *ibid*, 18, 977~981.
- Hinds, William C (1982) *Aerosol Technology*, Jhon Wiley and Sons, 104~126.
- Yoshizumi Kunio and Atsushi Hoshi (1985) Size Distribution of Ammonium Nitrate and Sodium Nitrate in Atmosphere Aerosols, *Environ. Sci. Technol.*, 19, 258~261.