

# 대기 입자상물질중 탄소(C)등의 열적특성에 관한 조사연구

황 경 철

전국대학교 산업대학원 환경공학과

## A Study on Thermal Characteristic Carbon and other Elements in Suspended Particulates

Kyung Chull Whoang

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

### ABSTRACT

An analytical method for particulate carbon and other elements by using elemental analyzer was investigated. Carbon, hydrogen, and nitrogen was determined as CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, and N<sub>2</sub>, respectively. Organic was determined after separation from elemental carbon(Cae) by volatilization and thermal decomposition in a heated helium flow. With organic materials examined in this report, more than 90% of carbon was detected as above 600°C. But it is considered that a few percents of some compounds were charred above 550°C. A small amount of Cae was oxidized in the inert atmosphere above 850°C, but the reason was not explained clearly. Based on the thermal characteristics of Cao it was found that the optimum temperature of heating in the helium flow of an elemental analyzer for Cao analysis is 630°C. Carbon in a sample after removing Cao was assumed as Cae and the gramatom ratio of hydrogen to carbon in the sample was 0.4 and less.

Recovery of nitrogen derived from some ammonium salts and nitrates was 100% by two-step measurement with elemental analyzer.

By the analytical method investigated in this report, carbon and other elements in suspended particulates(S.P) collected at an urban area in Seoul were measured. There was a good correlation between total nitrogen in SP measured by elemental analyzer and nitrogen estimated from ammonium ions and nitrate ions in SP. The nitrogen from these ions accounts for 80% of the total nitrogen. It is further suggested that the residue(20%) of the total nitrogen is attributed to the other nitrogenous compounds.

### I. 서 론

대기중의 입자상물질은 영국의 London Smog 사

건 이후 근대 대기오염의 주요 원인 물질로서 아황산가스와 더불어 중요시 되고 있다.<sup>1,2)</sup>

우리나라는 1960년대 이후 산업체의 연료 사용 증가와 자동차 생산증가에 따른 교통량의 폭주로

대기오염물질 배출량이 크게 증가하였다.

특히, 일부 특정지역에 산업시설의 집중화로 대기오염 문제가 심각히 대두되었으며 서울 등 대도시 지역에서는 시각적으로 명백하게 느낄수 있는 시정 악화현상이 자주 일어나고 있고 일부지역에서는 입자상물질 및 아황산가스의 오염도가 환경기준을 초과하고 있는 것으로 보고되고 있다.<sup>3,4</sup>

이중에서 아황산가스는 증류의 저유황화와 탈황장치 등의 방지기술 개발, LNG, LPG 등의 대체연료 사용으로 대기중의 농도가 감소추세에 있다고 볼 수 있으나 입자상물질 만큼은 연소기술의 향상과 오염방지시설의 설치에도 불구하고 그 효과가 크게 나타나지 않고 있다.

입자상물질에 의한 대기오염을 보다 효과적으로 제어하기 위해서는 대기중에 방출된 입자상물질의 발생원을 정확히 추정하는 것이 필요하다.<sup>3~5)</sup>

발생원 추정수법의 하나로 입자상물질중 중금속 등의 농도비를 이용하는 것이 일반적이나 입자상물질의 최대함유성분인 탄소(C)의 양으로 부터 추정하는 것도 효과적인 한 방법이 될 수 있다.<sup>1~3,8)</sup>

C는 원소상 탄소(Elemental carbon-Cae)와 유기성탄소(Organic carbon-Cao)로 대별되지만 이것을 분별하여 정량한다는 것은 입자상 물질에 의한 오염의 특징을 파악하여 그것들에 의한 여러종의 영향과 발생원 기여를 추정한다는 견지에서 중요하다.<sup>10,11)</sup>

C의 분석법으로는 용매추출법과 습식분해법, 광학적방법 및 열적방법이 있다. 그러나, 이들 방법간에 상호관계는 있지만 분석치는 반드시 일치하지 않는다.

외국의 경우, 분석조작이 간편한 열적방법을 사용하고 있으나 분석조건은 연구자에 따라서 다르기 때문에 표준적인 방법이 확립되었다고는 볼 수 없다.<sup>10~12)</sup>

본 연구에서는 원소분석계(Elemental Analyzer)에 의한 열적방법을 이용하였다.

한편, C에 대한 중요성은 여러 곳에서 찾아 볼 수 있다.

지역의 대기오염 level을 평가하기 위한 지표성분으로서 입자상물질중의 Cae와 Cao의 비율 등이 이용되고 있고, 기상학적 관점으로도 대류권 하층부근에의 태양광의 흡수를 지배하는 성분으로서 Cae가 중요시되고 있다.

또한, 발생원 기여율 추정수법의 하나인 CMB(chemical mass balance)법에 있어서도 C는 1차 발생원소의 유용한 지표원소가 될 수 있다.<sup>1~4)</sup>

이와같은 중요성에 비추어 최근 미국, 일본 등 외국의 많은 연구기관등에서는 C의 분석에 대한 연구가 깊이 있게 시행되고 있지만 우리나라에서는 이에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

하지만, 국내에서도 멀지않은 장래에 C의 분석에 대한 연구가 활성화 될것으로 보인다.

본 연구는 이 분야의 연구를 위한 기초자료 제공을 목적으로 시행한 것이다.

## II. 실험방법

### 1. 시 료

본 실험의 시료에는 서울시 성동구 모진동에 소재한 건국대학교 산업대학원 옥상(7층건물)에서 1989년 3월 6일부터 동년 7월 29일까지 매일 1회씩 총5회에 걸쳐 매회 10일간 연속으로 대기중 입자상물질을 포집하여 사용하였다.

포집장치로는 Andersen air sampler(kanomax)를 사용하였으며, sampler 각단에 모두 포집하게 될 경우 입자상물질의 미량채취로 인한 시료 취합과정에서의 손실이 예상되므로 1단, 5단, 7단 back up(B.U) 단에만 포집하였다.

시료채취용 filter로서 1단, 5단, 7단에는 채취된 입자상물질의 분리가 용이한 유리판을, B.U단에는 고온에서의 열분해와 산화에 적합한 석영섬유제 filter(Toyo QR 100)를 사용하였다.

### 2. 분 석

#### (1) 분석장치

Cao의 분석을 위한 원소분석계는 유기물을 완전히 산화하는 산화로를 갖추어야 되고, 시료가 도입되는 연소로의 온도 제어가 확실히 되어야 한다.<sup>7)</sup>

본 연구에서는 이와같은 요건을 구비한 원소분석계(Perkim Elmer, model 240C)를 사용하여 시료를 분석하였다. 이 기기는 시료도입 이외의 각 조작이 자동화되어 있고 1회당의 분석시간은 12분이다. 그러나 동일시료에 대해 저온과 고온으로 2단 분석할 경우, 저온에서 분석후 고온으로 온도를 조절하는 과정이 약 20분 정도 소요되므로 1회 분석시에 약

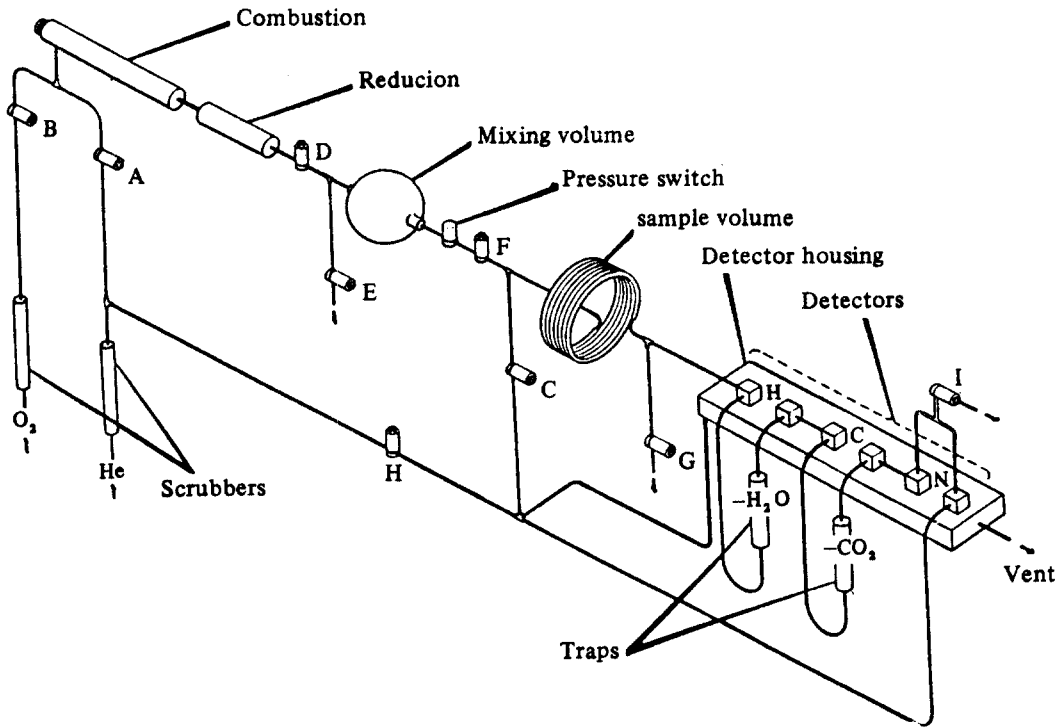


Fig. 1. Simplified diagram of combustion train and analytical system

50분 정도의 시간이 소요된다.

분석장치의 유로 및 각부 구성을 Fig. 1에 표시하였다. 이 장치는 연소로(산화로), 환원로, gas 혼합펌프 및 열 전도도 검출기(T.C.D)로 구성되어 있다.<sup>13)</sup>

시료가 연소로에 도입된 후 연소로(산화로)에서 휘발 또는 열분해 되고 산화과정을 거쳐 gas가 생성( $H_2O + CO_2 + N_2$ )되며 이 gas는 carrier gas(He)에 의하여 환원로 및 혼합펌프를 경유하게 된다. 이곳을 경유한 gas( $He + H_2O + CO_2 + N_2$ )는 T.C.D에 흡수되어 일정시간 검출된 후 각각의 gas 농도에 대한 전기신호가 Interface로 타출되어 Printer에 의해서 분석치가 나오게 된다.

Fig. 2는 T.C.D에서의 유로를 표시한 것이며 이러한 유로를 경유하여 C가 검출될 때 수소(H)와 질소(N)성분이 동시에 검출된다.

여기에서 분석장치에 사용된 시약은 Table 1과 같다. 이들 시약중 Helium(He)과 Oxygen( $O_2$ )의 경우 각각 99.95%와 99.99%의 순정품(Matheson)을 사용하지만 미량의 불순물이 함유될 가능성도 배제

할 수 없기 때문에 일단 분석장치에 도입된 gas는 gas pre-purifier에 있는 He과  $O_2$ 의 purification tube에서 1차로 정제되고  $H_2$ ,  $O_2$  Scrubber에서 2차로 정제되는 과정을 거친다.<sup>13)</sup>

## (2) 분석방법

대기 입자상물질중의 C는  $C_{ao}$ 와  $C_{ae}$ 의 엄밀한 의미에서의 구분은 곤란하나 원소분석계의 가열불활성 기류중에서 휘발 또는 열 분해하여 gas화 된 물질중의 C를  $C_{ao}$ ,  $C_{ae}$ 를 추출한 후의 잔여분을

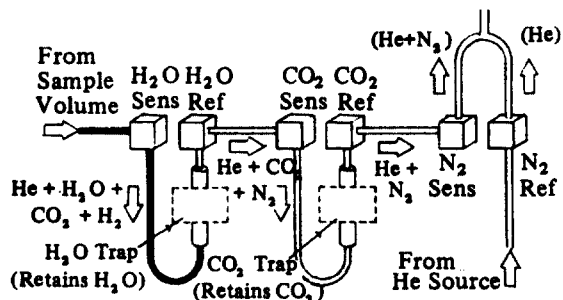


Fig. 2. Detector flow diagram

Table 1. Reagents for elemental analyzer.

Division	Reagents
Standard material	Acetanilide
Filling Material	Silver vanadate
	Silver oxide+silver tungstate on chrom sorb
	Silver tungstate on magnesium oxide
	Copper
	Magnesium perchlorate
	Colorcarb.
CO <sub>2</sub> trap, He, O <sub>2</sub> Scrubber	Magnesium perchlorate
Gas	Helium Oxygen

Cae로 하여 동일시료에 대한 2단분석을 실시하였다.

Cao 분석시에 검출되는 H는 유기성분 외에 흡착수등도 상당히 함유되어 있다고 생각되어 이것을 Hvolatile(Hv), 나머지 부분을 Hnonvolatile(Hnv)로 하였다. 마찬가지로 N에 관해서도 Cao 분석시에 검출되는 것을 Nv, 나머지 부분을 Nnv로 하였다.

분체시료의 분석은 우선 Sampler 각단의 유리관에 채워진 입자상물질을 작은 깔로 긁어내어 잘 혼합한 후 Micro autobalance에 2.0mg 전후의 분량을 정확히 칭량하고 이것을 Aluminum capsule에 봉입한 후 백금제 시료관에 넣고 석영제 시료도입봉에 부착시켜서 일정온도로 보전된 연소로(He기류)의 소정위치까지 삽입하였다. 이 상태로 5분간 방치하여 시료속의 유기물 등을 휘발 또는 열분해시킨 후 시료관을 연소로에서 연소관으로 빼어내고 연소로의 온도를 상향조절하여 연소관에 빼어 놓았던 시료를 연소로의 소정의 위치까지 다시 삽입한 후 O<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> 기류에서, 남은 가연분을 완전 연소시키면서 시료의 열적특성을 조사하였다.

섬유 filter의 분석에서는 원소분석계용 석영제 시료도입봉의 시료부착부분이 너무 좁기 때문에 포집 filter 분석용으로 시료 도입봉을 특수 제작하여 사용하였다.

분석방법은 Fig. 3과 같이 직경 11cm의 포집 fil-

ter를 직경 2cm의 punch로 타발하여 특수제작된 시료 도입봉에 부착시켜서 분체시료의 분석과 같은 방법으로 실시하였다.

시료분석시 연소로의 온도검토범위는 Cao에서 100-900°C, Cae에서 950°C로 하였다.

여기에서 Cae 분석시의 각로의 온도 및 기류는 원소분석계 본래의 표준적 사용조건이다.

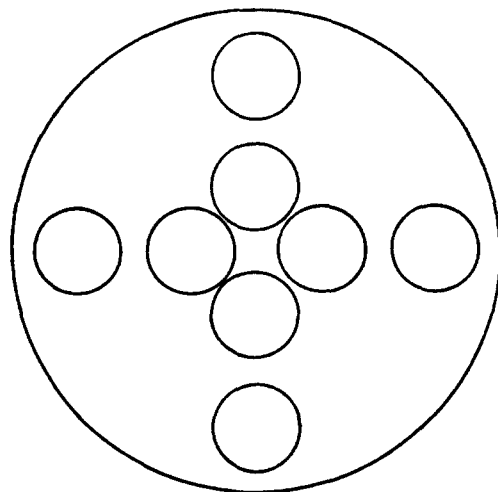


Fig. 3. Punch of a filter on which suspended Particulates was collected.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 분석방법에 대한 고찰

동일시료에 대한 2단 분석방법에 있어서 Cao 분석시의 가열시간을 5분으로 하였으나 이 시간동안에 일정한 가열온도하에서 휘발 혹은 열분해 하여야 할 Cao가 충분히 발생하는지의 여부를 확인할 필요가 있다. 이같은 사항을 검토하고자, 동일시료에 대해서 반복하여 분석한 결과 1회때의 Cao치를 100으로 할때 2회때는 3이하로 나타났다.

이같은 사실은 1회 분석시에 Cao의 대부분이 휘발 또는 열분해 된다는것을 의미하는 것이며 따라서, Cao 분석시 5분 동안의 가열시간은 충분하다고 보여진다.

또한, 2단 분석조작을 취함에 있어 염려되는 C의 손실여부에 대해서도 검토하였다.

Table 2는 입자상물질 시료로부터 2단분석방법에 의해 검출된 Cao, Hv, Nv와 Cae, Hnv, Nnv를 각각의 성분마다 합산한 것과 동일 filter로부터 타발한 시료를 950°C, H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> 기류속에서 직접적으로 한번에 완전 연소시켜서 분석된 C.H.N을 비교한 것이다.

이들 방법간에 분석된 결과치를 상호 비교해 본 결과 그 차이가 크지 않음을 알 수 있었으며, 2단 분석조작으로 인한 C의 손실이 없는 것으로 확인되었다.

동시에 검출되는 H와 N에 있어서도 그 분석치가 일치하고 있는 것으로 보아 같은 결과로 보여진다.

#### 2. 시료 분석시의 Cao등과 가열온도

불활성기류 중에서 휘발성 또는 열분해성 유기물로부터 검출되는 Cao치는 시료의 가열온도에 따라서 변화하는데 Cao분석시의 적절한 가열온도를 검토하기 위하여 Cao의 열적특성을 조사하였다.

Fig. 4는 He 기류중의 Cao, Hv, Nv치를 가열온도마다 각각 원소의 총량(Ctotal, Htotal, Ntotal)에 대한 비율로서 나타낸 것이다.

여기에서 각각의 원소총량은 일정온도의 He기류중에서 분석된 원소량(Cao, Hv, Nv)과 동일검체를 다시 950°C He + O<sub>2</sub> 기류속에 완전 연소시켜서 구한 원소량 (Cae, Hnv, Nnv)과의 합산치이다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이, Cao는 가열온도가

200°C로 부터 550°C까지의 사이에 급격히 상승하여 550°C로 부터 650°C에서 비교적 안정하고 다시 온도가 상승하면 그 값이 조금씩 올라가는 경향이 있다.

따라서, 550°C 이상에서의 Cao량은 비교적 안정하다는 것을 알 수 있다. 동시에 분석되는 Nv는 200°C까지 이르면서 Ntotal의 50%정도가 검출되었고 가열온도의 상승과 더불어 그 치도 상승하여 850°C부근에서는 Ntotal의 95%가 검출되었다.

Table 2. Comparison between C.H. and N in suspended particulates by two step method and those by one step method. (%)

Sample No	Method	Element		
		C	H	N
1	T. S	39.81	4.20	7.08
	O. S	39.97	4.25	7.09
2	T. S	38.14	4.20	6.97
	O. S	38.16	4.11	6.96
3	T. S	30.64	3.98	7.10
	O. S	30.70	4.01	7.14

T.S: two step  
O.S: one step

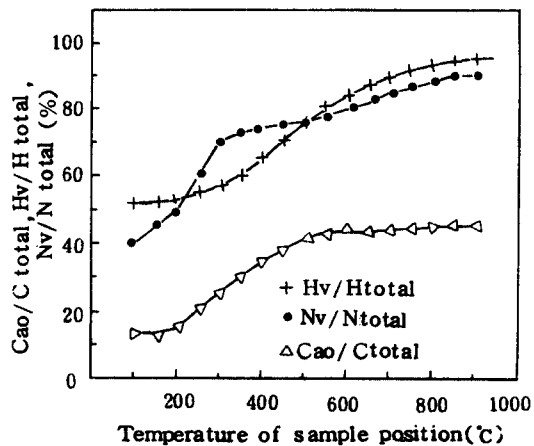


Fig. 4. Relationship between observed levels of Cao Hv and Nv in suspended particulate samples and temperature of sample position in the elemental analyzer

Hv는 500°C 전후까지 비교적 급격히 상승하고 그 이상의 가열온도에서는 조금씩 상승하였으며, 900°C에서는 Ntotal의 95% 이상이 검출되었다.

한편, Cae를 Cao 추출후의 동일시료로 분석하였으며 동시에 검출되는 Hnv로 부터 Cae에 대한 gram원자수 비(Hnv/Cae)를 구하였다. H와 C의 gram원자수비는 분자량이 큰 탄화수소의 혼합물조성에서 가장 간단한 총괄적 표시로 사용되어 이 값이 1.0이상이면 지방족 탄화수소가 주체가 되고 0.4부근이면 축합다환 방향족 탄화수소가 주체가 된다고 한다.

시료로 부터 검출된(Hnv/Cae)치는 He기류속에서의 시료가열온도가 상승함에 따라서 감소하는 경향이였으며, 550°C로부터 650°C의 He 기류중의 Cao를 분석한 후의 시료속의 Hnv는 흡착수와 ammonium염에 상관한다고 하기 보다는 거의가 C와의 결합에 관여하는 것이라고 사료된다.

또한 II-2-(2)에서의 분석방법에 의하여 각각 분석된 분체시료와 섬유 filter시료에서의 열적특성은, 양 시료에서 거의 비슷한 양상을 나타내었다.

다만 섬유 filter시료의 분석시 Cao분석후의 filter이면에 유리탄소로 생각되는 흑색화가 관찰되었다. 이것은 고온 불활성 기류속에 어떤 종류의 유기물이 열분해하여 탄소화가 진행된 결과로 생각된다.

이 현상은 Cao의 일부가 탄소화하여 Cae로서 분석되는 가능성을 시사하고 있다.

### 3. 시료분석에 따른 시각적 변화

각 가열온도 마다의 시각적 변화를 Table 3에 나타내었다. 상온에서 흑갈색이었던 대기 입자상물질은 불활성 He 기류중 100°C로부터 350°C까지 흑갈색 그대로 였고 350°C이상에서는 흑색으로 변하였다.

또 800°C 이상의 가열온도로 He기류중에서 Cao를 분석하면, 착색정도가 흑색으로 부터 백색으로 소

실되는 경우도 있었다.

이것은 입자상물질속의 흑색부분을 Cae라고 할 때 He기류중에 Cae나 다른 어떤 요인으로 분해 또는 연소하여 소실한다는 것을 의미한다.

그 요인으로는 고온 He기류중에서 시료 자체적으로 발생하는 NOx와 H2O, CO2등의 gas 또는 금속산화물과 Cae와의 반응, He gas속에 약간량 혼합하고 있는 O2, CO2, H2O와 Cae와의 반응 때문일 것이라고 사료된다.

### 4. 표준시료 분석시의 Cao와 가열온도

여기서는 상온으로 고체상인 유기물의 열적특성을 가열온도별로 검토하였다.

Fig. 5에 유기화합물속의 C가 He 기류속에서 휘발 또는 열분해하여 Cao로 검출되는 비율을 표시하였다.

검토용 물질로는 adipic acid, cellulose, graphite를 선택하여 사용하였다.

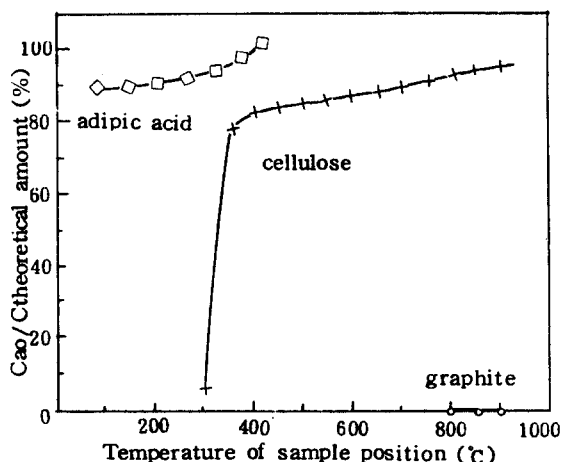


Fig. 5. Recovery C as Cao from some high molecular weight organics at the temperature of sample position in the elemental analyzer

Table 3. The color change depends on the heating temperature in the He gas

Gas	Temperature (°C)								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
He	black brown				black				black white

표준시료를 분석하여 그 열적특성을 조사한 결과 adipic acid속의 Cao는 350°C까지의 가열온도로 95% 이상이 검출되었고 400°C에서 100% 가깝게 분석되었다.

Cellulose의 경우 대부분이 Cao로 검출되었는데 500°C에서는 약85%, 900°C에서는 95%가 추출되었다. 또한, 400°C정도에서 부터 이번 검토의 최고 온도인 900°C에 이르기까지 약간의 탄소화를 보였다.

불순물이 없는 graphite에서는 750°C 까지 Cao가 검출되지 않았고 900°C에서는 0.3% 정도만이 Cao로서 검출되어 고온이 되면 약간량이라는 하나 미지의 요인으로 인하여 휘발 또는 열분해된다는 것이 시사되었다. 이것은 입자상물질 시료에 있어 800°C 이상에서 착색 정도의 일부가 소실한 경우가 있었던 것에 대응하는 것이라고 사료된다.

### 5. 함 질소 무기 화합물 중 Nv와 가열온도

전술한 바와 같이 입자상물질중에는 가열 He기류속에 N가 Nv로서 적지 않게 검출되고 있다. 입자상물질속에 다량의 존재가 확인된 함질소 화합물은 ammonium 염 및 질산염이며 여기서는 이들 염이 가열 He 기류중에서 어떤 거동을 하는지 조사하였다.

Fig. 6은 ammonium 염 및 질산염을 Nv의 이론 N량에 대한 비율로 가열온도에 대응시켜서 나타낸 것이다.

검토 대상물질로는 질산 ammonium(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), 염화 ammonium(NH<sub>4</sub>Cl), 황산 ammonium((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 질산 Sodium(NaNO<sub>3</sub>)을 선정하였다.

이들 물질의 열적특성을 조사한 결과, N가 Nv로서 100% 검출되는 가열온도는 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>가 350°C, NH<sub>4</sub>Cl이 400°C, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 600°C, NaNO<sub>3</sub>는 800°C로 나타났다. 또 이들 물질 모두가 입상선에 예각된 곡선으로 나타났다.

또한, 휘발 또는 열분해하여 Nv이 100% 가깝게 검출된 온도영역에서 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl 및 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 group과 NaNO<sub>3</sub>간의 구분이 뚜렷하였으며, 이들 물질간에 열적으로 분리 분석할 수 있는 가능성이 시사되었다.

후술하는 Cao분석시의 가열온도 630°C에서 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>중의 N도 100%가 Nv

로서 검출되었고 NaNO<sub>3</sub>에서는 15%만이 Nv로서 나타났다.

따라서, 2단 분석방법에 의하여 입자상물질 시료로부터 검출되는 N은 ammonium 염 및 질산염에서 분석되는 N를 대부분 포함한다고 생각되어 C분석과 동시에 검출되는 N분석치도 입자상물질중의 제성분 연구에 유용하다는 것이 판명되었다.

### 6. Cao의 분석조건

II-2에서 가열 He기류중 휘발 또는 열분해하여 검출되는 유기물속의 C를 Cao로 정의하였고 III-2와 4에서 입자상물질 시료 및 표준시료에 있어서의 열적특성을 분명히 하였다.

여기에서 Cao치는 일부 유기물의 탄소화로 과소평가 될 수 있다는 것이 확인되었고, 또한 He기류속에 있어서도 800°C이상이면 약간의 Cae가 Cao로서 검출될 가능성이 있다는 것도 확인되었다.

이와 같은 C분석상의 문제점과 Cao가 550°C 이상에서 비교적 안정하다는 것, 그리고, 2단 분석에 의한 C의 손실이 생기지 않는다는 것에 기초를 두고 Cae를  $(H_{nv}/Cae) \leq 0.4$ 가 되는 시료속의 C로 하면 Cao 분석시의 가열온도는 전술한 III-2로부터 550°C에서 650°C의 사이가 적절하다고 보여진다.

하지만, 이 온도 범위내에서도 Cao의 과소평가

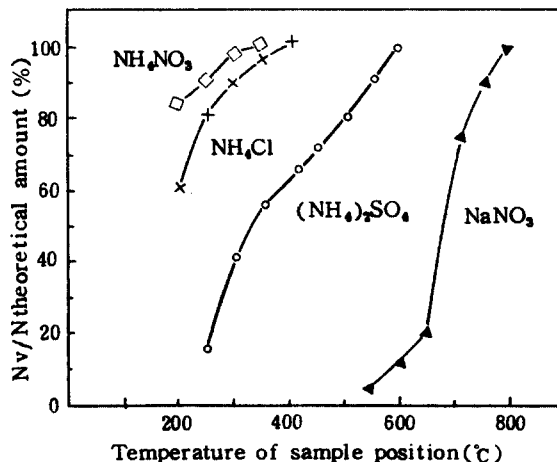


Fig. 6. Revoery of N as Nv from some ammonium salts and nitrates at the temperature of sample position in the elemental analyzer

를 가능한 한 줄이기 위하여 가열온도를 고온측에 설정할 필요가 있다고 본다.

따라서, 기기적으로도 설정이 간단한 630℃ 가 Cao 분석시의 가열온도로서 적당하다고 판단된다.

#### IV. 결 론

원소분석계로 입자상물질중의 C등을 분석하여 그 열적특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일시료에 대한 2단 분석방법에 있어서 가열시간 5분동안에, 일정한 가열온도하에서 휘발 또는 열분해하여야 할 Cao가 충분히 발생하는 것으로 나타났다.
2. 2단 분석조작으로 인한 C는 손실 및 증가가 없는 것으로 나타났으며 동시에 분석되는 H와 N에 있어서도 마찬가지였다.
3. 불활성 He기류 속에서 입자상물질중의 Cao는 200-550℃에서 급격히 상승하여 550-650℃에서 안정하였고, 300℃이상에서 일부 유기물의 C가 발생하였으며 850℃이상에서는 약간의 Cae가 산화되었다. 또한 400-900℃에서 상온으로 고체인 유기물의 일부에서도 탄소화가 일어났으며, 600℃이상에서는 유기물의 90% 이상이 Cao로서 검출되었다. 이들 Cao의 열적특성에 기초를 두고 Cae를  $[H_{nv}/Cae] \leq 0.4$ 가 되는 시료속의 C로 할 때 Cao분석시의 가열온도는 630℃가 적당하다는 것을 알 수 있었다.
4. ammonium 염 및 질산염속에 존재하는 N가 Nv로 100% 검출되는 온도 영역에서  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  group 과  $NaNO_3$  간의 구분이 명확하게 지어졌으며, 이로써 이들 물질간에 열적으로 분리 분석이 가능한 것으로 나타났다.
5. 입자상물질중의 Ntotal이 ammonium 염 및 질산염중의 N와 양적인 상관관계에 있다고 볼때, C 분석과 동시에 검출되는 N의 분석치로 함 질소 무기화합물 중 N량의 추정이 가능하다고 보여진다.

#### 참 고 문 헌

1. (社)大氣汚染研究協會. 昭和 60年度 環境廳 委

託業務 報告書, エアロシル中の 炭素性分 分析法の精度等に關する調査. 1986.

2. (社)大氣汚染研究協會. 昭和 61年度 環境廳 委託業務 報告書, エアロシル中の 炭素性分の熱分離法に關する調査 1987.
3. 李敏熙 外. 大氣中 粒子狀物質의 生成 및 動態에 關한 研究, 國립환경연구원보, 9, 27-41, 1987.
4. 金熙江. 粉塵이 環境에 미치는 影響과 對策, 大氣環境改善을 爲한 主要 課題와 對策, 國立環境研究院, 139-160, 1988.
5. 金熙江外. 大氣汚染과 制御, 東和技術. 1987.
6. 坂本和彦, 溝口次夫. エアロシル中の炭素成分の 分析方法 とその標準化に向けて, 環境技術別, 15, 1986.
7. 林久緒, 井上康明, 早坂孝夫, 黒呎芳則, 佐藤靜雄. 元素分析 計を用いた浮遊粉じん中の炭素等の分析法, 大氣汚染學會誌, 20, 349-361, 1985.
8. 太田辛雄. 大喜多敏一. 大氣中の粒子狀炭素濃度の測定, 第23回 大氣汚染 學會講演要旨集, 宮崎, 570, 1982.
9. S.H. Cadle and P.J. Groblicki. An evaluation of methods for the determination of organic and elemental carbon in particulate samples. In Particulate Carbon: Atmospheric Life Cycle(edited by G.T. Wolff and R.L. Klimisch), 89-109, Plenum Press, New York. 1982.
10. 西川雅高, 伊藤裕康, 溝口次夫. 大氣粒子狀物質中の 炭素性分 の熱による 分別分析法の檢討, エアロシル研究協議會, 1, 179-185. 1986.
11. 坂井洋一, 角協冷. 大氣浮遊粉じん中に含まねるエレメンタルカーボン 測定法の檢討, 大氣汚染學會誌, 21, 396-401. 1986.
12. 坂井洋一, 角協冷. 大氣粒子狀物質中に含まねるエレメンタルカーボン 分析法の現狀と問題点, 公害と對策, 21, 642-648, 1985.
13. Perkin-Elmer. Instruction and Procedures manual for Model 240 Elemental Analyzer, Perkin-Elmer, Norwalk, Conn. 1969.
14. 林久緒, 井上康明, 早坂孝夫, 黒呎芳則. CHN計を用いた浮遊粉じん中のカーボン測定について, 第24回 大氣汚染學會 講演要旨集, 四月市, 349,



- 1983.
15. J.H. Seinfeld, F. Allario, W.R. Bandeen, W.L. Chameides, D.D. Davis, E.D. Hinkley, R.W. Stewart. Report of the NASA working group on tropospheric program planning, NASA reference publication 1062. 1981.
  16. J.L. Muhlbaier, R.L. Williams. "Fireplaces, furnaces, and vehicles as emission Sources of particulate carbon," In Particulate Carbon: Atmospheric Life Cycle(edited by G.T. Wolff, R.L. Klimisch) 185-205, Plenum Press, New York. 1982.
  17. S.H. Cadle, P.J. Groblicki and P.A. Mulawa. Problems in the Sampling and analysis of carbon particulate, Atmos. Environ., 17, 593-600, 1983.
  18. D.J. Velinsky, T.L. Wade, G.T. Wong. Atmospheric deposition of organic carbon to Chesapeake bay, Atmos. Environ, 20, 941-947, 1986.
  19. 西川雅高, 伊藤裕康, 溝口次夫. 大気粒子状物質中の炭素性分の熱による 分別分析法の検討, エアロル研究協議會, 1, 179-185. 1986.
  20. J.L. Muhlbaier, R.L. Williams. "Fireplaces, furnaces, and vehicles as emission Sources of particulate carbon," In Particulate Carbon : Atmospheric Life Cycle(edited by G.T. Wolff, R.L. Klimisch) 185-205, Plenum Press, New York. 1982.
  21. J.A. Ogren. "Deposition of particulate elemental Carbon", In Particulate Carbon : Atmospheric Life Cycle(edited by G.T. Wolff, R.L. Klimisch), 379-391, Plenum Press, New York. 1982.