

## 원소분석기를 사용한 부유입자상물질중의 탄소성분 분석시 포집여지의 특성에 관한 연구

황 경 철·조 기 철\*·최종욱\*\*

동남보건전문대학 환경관리과

\*건국대학교 환경공학과

\*\*서울특별시 보건환경연구원

## The Study on Characteristics of Collected Filter as Analysis of Carbon in Airborne Particulate Matters by Elemental Analyzer

Kyung Chull Whang·Ki Chul Cho\*·Jong Wook Choi\*\*

*Dept. of Environmental Science, Dongnam Health Junior College*

*\*Dept. of Environmental Engineering, Konkuk University*

*\*\*Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment*

### Abstract

In order to study of characteristics of collected filter as analysis of carbon in airborne particulate matters by Elemental Analyzer, quartz fiber filter and glass fiber filter were used. The results are followed as; There was no difference of confidence in collection rate of airborne particulate matters between quartz fiber filter and glass fiber filter. Airborne particulate matters were collected on both filters evenly and the use of quartz fiber filter is better than glass fiber filter as analysis of carbon by thermal method.

### I. 서 론

대기질을 관리함에 있어 중요한 부분은 오

염물질농도의 측정이다. 특히, 부유입자상 물질중에 포함되어 있는 오염물질의 정성과 정량분석은 대기질 개선을 위한 제 조건중에서

가장 우선시 되어야 하는 대단히 중요한 부분이다.

대기중에 부유하는 입자상물질을 분석하기 위해서는 포집과정이 필요하게 되는데 이때 여지에 의한 여과방법을 이용하고 있다.<sup>1)</sup> 여지의 재질로서 유리나 석영섬유, cellulose, 유기 membrane 등이 있으며 이중에서 유리나 석영섬유여지의 사용이 일반화되고 있고 재질과 여과면적 그리고 전처리 등에 따라 그 특성을 달리하고 있다. 또, 측정결과에도 상당한 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>2)</sup>

그러나, 국내에서는 이에 대한 연구조사가 거의 없는 상태에 있으며, 그 신뢰성에 막연함을 갖고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구를 통하여 여지의 포집과 분석에 관한 제 특성과 열적방법에 의한 탄소성분 분석상의 여지특성을 밝히고자 한다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 시료의 포집

본 실험에 사용된 시료는 서울시 광진구 모진동에 소재한 건국대학교 공과대학 옥상(지상 17m 높이)에서 High Volume Air Smpler (Kimoto, Model-120)와 Andersen Air Sampler(Impactor Samplers, Kanomax, Model-3351)를 이용하여 부유입자상물질을 포집하였다.

여지는 유리섬유(Whatman, Kanomax)와 석영섬유(Whatman, Kanomax), 그리고 Teflon 여지를 사용하였다.

### 2. 분석장치

본 연구에서 포집된 각종 여지의 분석을 위한 분석장치로 원소분석기(Fisons, Model-

EA1108)를 사용하였는데 이 기기는 모든 유기물과 무기물을 연소생성물로 전환시키는 "Flash Combustion"에 의해 완전하고도 순간적으로 산화시키는 것에 기본을 두고 있으며 생성된 Gas는 Carrier gas(He)에 의해 운반되어 Chromatographic column(Porapak QS)에서 분리되고 TCD(Thermal Conductivity Detector)에 의해서 C, H, N, S가 동시에 검출된다.<sup>3)</sup> Fig. 1에 분석원리의 개략도를 나타내었다.

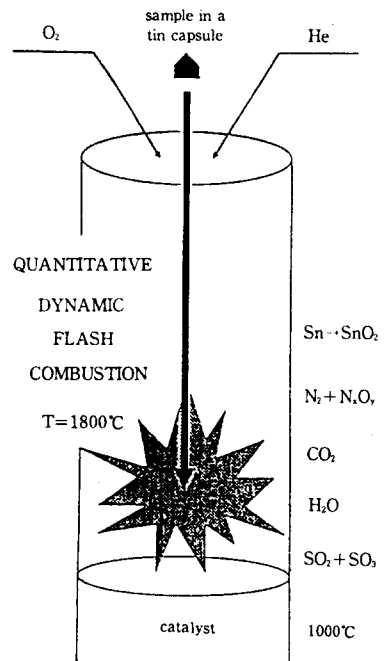


Fig. 1. Schematic Diagram of Elemental Analyzer.

### 3. 분석방법 및 실험조건

대기 입자상 물질중의 탄소성분을 원소상 탄소(Elemental Carbon, EC)와 유기성 탄소(Organic Carbon, OC)로 구분하여 분석하였다.

여지를 직경 12mm의 punch로 타출해서 분석기에 직접 도입하여 총 탄소(Total Carbon,

TC)를 분석하였고 350°C로 보전된 전기로 (Sybron, Type- 48000)에서 5분간 가열하여 OC를 제거한 후, 분석기에 도입하여 EC를 측정하였다.

OC는 TC와 EC의 차로 구하여 졌으며 이때 분석기의 분석조건은 연소로 온도 1020°C, He flowrate 100mℓ/min, O<sub>2</sub> flowrate 20mℓ/min, 공기압 350kPa이었고, 분석소요시간은 시료당 15분 정도이었다.

측정결과는 분석치 그대로인 시료중의 탄소 함유율(Weight %)로 나타내었다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 여지별 부유 입자상 물질의 포집특성

부유입자상 물질중 탄소성분의 분석에 따른 여지의 특성을 검토하기 위해선 먼저 포집에 이용되는 여지의 포집특성을 파악하는 것이 필요하다.<sup>1,2)</sup> 여기서는 부유 입자상 물질의 포집량을 비교하기 위하여 High Volume Air Sampler 2대에 석영섬유여지(Whatman, 8" × 10")와 유리섬유여지(Whatman, 8" ×

10")를 각각 장착하여 같은 유량(1200ℓ/min)으로 같은 시간(24hr)동안 같은 장소와 같은 방향에서 '95년 4월중 5회에 걸쳐 포집을 실시하였다.

Table 1은 그 결과로써 총 부유 입자상 물질 농도(Total Suspended Particulate, TSP)와 이 평균치를 1로 할 때의 상대비를 나타낸 것인데 두 여지간의 차이가 크지 않음을 알 수 있으며 석영섬유여지보다 유리섬유여지에서 약간의 높은 값을 찾아 볼 수 있다.

유리섬유여지에서 약간의 높은 값을 보이는 이유는 여지의 섬유표면에 대기중의 SO<sub>2</sub>와 그 외의 산성가스들이 흡착되었기 때문인 것으로 생각되며 이와 같은 현상은 Fujimura의 보고<sup>4)</sup>에서도 나타난 결과이다. 또한, 유리섬유여지는 입자가 작아질수록 포집효율이 낮아지는 단점이 있으므로 미세입자를 대상으로 한 포집에 있어서는 여지의 선택에 신중을 기하여야 될 것으로 사료된다.<sup>2)</sup>

분산분석의 결과(Table 3)에서도 두 여지간의 차는 유의하지 않은 것으로 나타났다.

Table 1. A comparison of Particulate Weights between the Filter Media(μg/m<sup>3</sup>).

Filter	RUN 1 (950403)		RUN 2 (950408)		RUN 3 (950417)		RUN 4 (950418)		RUN 5 (950419)		Average Ratio
	TSP	Ratio	TSP	Ratio	TSP	Ratio	TSP	Ratio	TSP	Ratio	
Quartz Fiber	142	1.00	332	1.00	198	0.98	121	0.98	124	0.92	0.98
Glass Fiber	143	1.00	335	1.00	205	1.02	125	1.02	147	1.08	1.02

Table 2. Analytical Results of Variance between the Filter Media.

Filter	Mean (μg/m <sup>3</sup> )	Degree of freedom (n-1)	Variance	F <sub>0</sub> Value
Quartz fiber	183	4	7858	1.064
Glass fiber	191	4	7382	

$F_4^4(0.01)=6.39$   $F_4^4(0.025)=9.60$

$F_4^4(0.05)=15.98$

#### 2. 입자상 물질 포집여지상의 탄소농도 분포

일반적으로 여지상에 포집된 부유 입자상 물질중의 화학성분을 측정하는 경우, 여지 전체에 있어서의 농도가 균일하다는 것을 전체

로 취급하고 있으나<sup>4)</sup> 실제로 분석에 임했을 때는 그 대표성이 문제가 된다.

원소분석기를 이용한 열적방법의 탄소분석 시에도 이와 동질의 문제가 발생되는바, 여지의 균질성 정도를 검토하기 위하여 High Volume Air Sampler(Whatman Filter, 8" × 10")와 Andersen Air Sampler(Kanomax, 80mmφ)로 포집된 여지를 각각 Fig.2 및 Fig.3와 같이 타발하여 분석하였다.

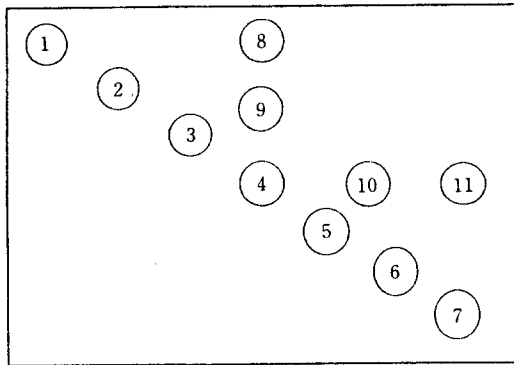


Fig. 2. Sample Position of the Hi- vol. Air Sampler filter for the Locality Test.

High Volume Air Sampler에 의한 포집은 석영 및 유리섬유여지를 사용하였으며 1회에 24hr(1200L/min)씩 각각 2회 포집하여 분석하였고 Andersen Air Sampler의 경우는 석영섬유여지로 1회에 1주일간(28.3L/min) 2회 포집하여 sampler의 9stage 중 Back-up stage만을 대상으로 조사하였다.

Table 3과 Table 4에 각 여지의 부위별 TC의 분석치와 변동계수(Coefficient of Variation, C.V.)를 나타내었다. 분석결과에 따르면 High Volume Air Sampler 여지의 경우 석영섬유보다 유리섬유에서 약간 높게 검출되었으나 전반적으로 각 부위의 TC 함유량은 균일하게 나타났으며 이러한 결과는 Hayashi

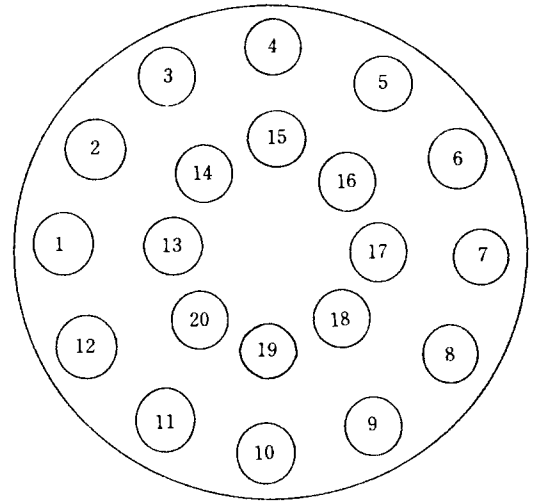


Fig. 3. Sample position of the Andersen Air Sampler Filter for the Locality Test.

의 보고<sup>5)</sup>와 일치하였다.

석영섬유보다 유리섬유에서 분석치가 높게 나타난 것은 여지 재질상의 차이와 열적분석에 의한 여지자체의 탄소화때문인 것으로 생각되어진다.

C.V.는 분석결과나 분석치를 보아 그것이 어느 정도의 신뢰성이 있는지를 바로 알 수 있다는 편리한 점이 있다. High Volume Air Sampler에 의하여 포집된 석영과 유리섬유여지에서의 C.V값은 각각 2.190과 2.300% 3.673과 3.971%로 계산되어졌으며 이 결과를 볼때 포집여지상의 입자상 탄소는 거의 균일하다고 판단된다.

또, Andersen Air Sampler로 포집한 여지의 경우도 4.548%와 3.009%의 C.V. 값이 산출되어 High Volume Air Sampler 여지보다 그 정도가 떨어지지만 포집여지상 입자상 탄소의 균질성에는 별 문제가 없는 것으로 나타났다.

**Table 3.** The Results of Total Carbon and Variation Coefficient as each Site of Collected Filter by High Volume Air Sampler.

Filter	Total Carbon(%)											C.V.*		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		Mean (%)	
Quartz (950607) fiber filter	RUN1 (950607)	0.622	0.651	0.651	0.649	0.631	0.622	0.630	0.645	0.666	0.646	0.631	0.640	2.190
	RUN 2 (950621)	0.542	0.542	0.543	0.550	0.543	0.543	0.523	0.569	0.559	0.546	0.529	0.544	2.300
Glass fiber filter	RUN1 (950607)	0.783	0.807	0.871	0.792	0.800	0.800	0.822	0.850	0.862	0.850	0.822	0.824	3.673
	RUN 2 (950621)	0.745	0.777	0.721	0.762	0.740	0.676	0.722	0.735	0.761	0.710	0.765	0.738	3.971

\* Coefficient of Variation

**Table 4.** The Results of Total Carbon and Variation Coefficient as each Site of Collected Filter by Andersen Air Sampler.

Filter	Total Carbon(%)											C.V.*	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean		
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Quartz (950128) fiber filter	RUN 1 (950128)	0.744	0.780	0.764	0.717	0.773	0.810	0.753	0.740	0.759	0.826	0.761	4.548
	Run 2 (950518)	0.799	0.731	—**	0.758	0.723	0.795	0.725	0.703	0.804	0.746		
		—**	0.226	0.224	0.236	—**	0.234	0.231	0.235	0.235	0.223	0.227	3.008
		0.217	0.220	0.224	0.218	0.224	0.235	0.217	0.231	0.234	0.223		

\* Coefficient of Variation

\*\* Not detected

다만, 이때의 검토대상 Stage가 Back-up Stage에 국한되고 있어 이를 제외한 다른 Stage상의 포집여지의 경우 이에 관한 이차적인 검토가 이루어져야 할 것으로 보인다.

**3. 비포집여지중 탄소성분의 분석적 특성**

대기 입자상 물질중의 탄소성분을 열적방법으로 분석할 시, 이에 적합한 여지를 선택하여 포집함으로써 그 정도를 높일 수 있다.<sup>6,7)</sup>

여지 자체에 포함되어 있는 탄소성분의 함유 정도를 조사하고 EC 분석을 위한 열처리시 여지 재질에 따른 분석적 특성을 검토하기 위하여 “A”와 “B”사의 석영과 유리섬유여지를 선택하여 각각 5회씩 분석하였으며, 탄소함유

정도가 비교적 높을 것으로 예상되는 “C”사의 Teflon여지도 검토대상에 포함시켰다.

분석치의 평균값을 Fig. 4에 도시하였다.

분석결과, 전반적으로 탄소성분이 검출되었으며 석영섬유여지보다 유리섬유여지에서 TC와 EC 모두 높게 나타났고 여지의 재질이 같아 하더라도 제조업체에 따라 상이한 분석치를 보였는데 특히 유리섬유여지의 경우는 “A”와 “B”사의 분석치가 2배 이상의 차이를 나타내었다.

Teflon 여지의 경우는 탄소성분 함유율이 대단히 높아 TC와 EC에서 “A”사의 석영섬유여지보다 무려 46배와 77배의 큰 차이를 보였으며 이것은 Teflon 여지 자체에 24% 정도의

탄소가 함유<sup>2)</sup>되었기 때문인 것으로 사료된다.

이와같은 결과에서 볼때 열적 방법에 의하여 부유입자상 물질중의 탄소성분을 분석할시에는 그에 따른 적절한 여지의 선택이 중요하며 같은 재질의 여지라 할지라도 탄소성분의 함유정도가 다르다는 것에 유의하여 연구목적에 부합되는 제조사의 제품을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

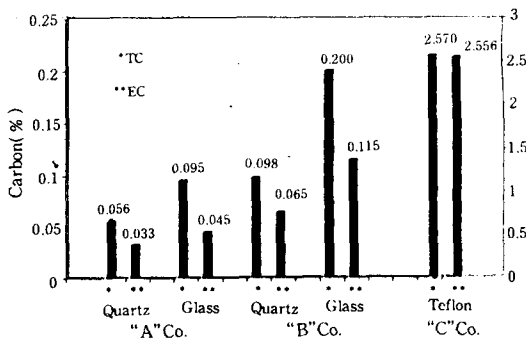


Fig. 4. The Rate of Content of Carbon in Non- Collected Filter Media.

#### IV. 결 론

원소분석기를 사용하여 부유입자상물질중의 탄소성분을 분석할 시 포집여지의 특성에 관한 연구결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 석영과 유리섬유여지에서 부유입자상 물질 포집량을 비교검토한 결과 두 여지간의 농도차가 작은 것으로 나타나 부유입자상 물질의 포집시 여지재질에 따른 영향이 크지 않음을 알 수 있었다.

2. 포집여지상 부위별 입자상 탄소의 균질성을 검토한 결과 여지 전체에 고른 분포를 보임으로써 포집여지중의 특정부위를 시료로 이용한다 하더라도 그 대표성에 문제가 없는 것으로 확인되었다.

3. 비포집여지중 탄소성분의 분석적 특성을 검토한 결과 여지의 재질과 제조사에 따라 상이한 분석치를 보임으로써 열적방법에 의한 탄소성분 분석시에는 석영섬유여지의 사용이 바람직할 뿐더러 제조업체의 선택 또한 중요하다는 것을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. S. H. Cadle et al: Problems in the Sampling and analysis of carbon particulate, Atmos, Environ. No. 17, 593-600, 1983.
2. Gregory D. Wight: Fundamentals of Air Sampling, Lewis Publishers, 1994.
3. Fisons Instruments: Instruction Manual, EA 1108 Elemental Analyzer, 1995.
4. Mitsuru Fujimura et al: Sampling and Analytical Errors Airborne Particulate Matters by High-volume Air Sampler, J. Japan Soc. Air Pollut. No. 23, 5, 299-310, 1988.
5. Hisao Hayashi et al: Analysis of Particulate Carbon and Other Elements Using Elemental Analyzer, J. Japan Soc. Air Pollut. No. 20, 5, 349-361, 1985.
6. Tierney G. P., Conner W. D.: Hygroscopic effects on weight determinations of particulates collected on glass-fiber filters, Amer Ind. Hyginen Assoc. J., 363, 1967.
7. Wedding J. B. et al: Large particle collection characteristic of ambient aerosol samplers, Environ. Sci. Technol. No. 11, 387-390, 1977.

8. Watson J. G. et al : The Effective variance weighting for least squares calculations applied to the mass balance receptor model, *Atmos. Environ.*, No. 18, 1347-1355, 1984.
9. Scheff P. A. et al : Development and Validation of a chemical element mass balance for Chicago, *Environ. Sci. Technol.*, No. 18, 923-931, 1984.
10. Kowalczyk G. S. et al : Identification of atmospheric particulate sources in Washington D. C. using chemical element balances, *Lhid.* No. 16, 79-90, 1982.
11. D. A. Skoog et al : *Analytical Chemistry* 5th Ed., Saunders College Publishing, 1990.
12. G. H. Jeffert et al : *Textbook of Quantitative Chemical Analysis*, Longman Scientific & Technical, London, 5th Ed., 1989.
13. D.J. Velinsky et al : Atmospheric deposition of organic carbon to Chesapeake bay, *Atmos. Environ.*, No. 20, 941-947, 1986.
14. 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.