

제주도 고산지역의 1994-95년 입자상 탄소농도 측정 Measurement of Carbonaceous Aerosol at Kosan, Cheju Island during 1994-95

이중훈, 백남준¹, 심상규, 김용표
한국과학기술연구원 환경연구센터
¹ 삼성엔지니어링주식회사

1. 서론

대기의 입자상 탄소는 크게 원소탄소와 유기탄소, 그리고 탄산염으로 나눌 수 있다. 이 중 토양 등 지각에서 유래하는 탄산염은 주로 2 μm 이상의 조대입자로 존재하며 미세입자질량농도에 대한 기여율은 매우 낮다(Turpin and Huntzicker, 1991). 반면에 원소 및 유기탄소성분은 미세입자질량농도의 40%를 차지하는 주요 성분으로 알려져 있다(백남준 등, 1995; Hamilton et al., 1991; Gray et al., 1986). 원소탄소와 유기탄소에 의한 대표적인 대기오염현상은 시정장애로서 이 두 성분이 태양광을 흡수하거나 산란시킴으로써 시정을 악화시킨다. 이 밖에 원소탄소의 광흡수에 의해 지구 복사에너지 수지(radiation budget)가 영향을 받는다고 보고된 바 있고, 이들 성분의 인체에의 영향으로는 돌연변이원성 및 발암성을 들 수 있다(Gray et al., 1986).

입자상탄소의 대기 중 생성과정을 살펴보면 원소탄소는 연료의 연소에 의해 발생원에서 대기 중으로 직접 배출되는 일차입자이지만, 유기탄소는 직접 배출되는 일차입자와 대기 중에서 기체상 광화학반응 전구물질로부터 생성되는 이차입자로서 구성된다. 유기탄소가 일차입자로 존재하는지 이차생성물인지에 대하여는 많은 논란의 여지가 있지만, 원소탄소를 일차 유기탄소의 tracer로 이용함으로써 이차 유기탄소를 정량화하려는 시도가 있어 왔다. 즉, 일차입자에 대한 유기탄소/원소탄소의 비로부터 대기의 유기탄소가 이차입자인지 일차입자인지를 가늠하는 것이다. 이와 같이 외국에서는 입자상탄소에 관한 연구가 오래 전부터 수행되어 왔지만, 우리나라에서는 몇몇 연구자들에 의해서 단회적으로만 수행되어 왔을 뿐 체계적인 연구가 되어 있지 않은 실정이다. 또한, 그나마의 연구들이 주로 서울과 같은 대도시 지역에 국한되어 있다.

제주도 고산지역은 우리나라의 청정지역으로서 최근들어 이 지역에서의 대기오염연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 과거의 연구들은 입자상물질농도와 수용성이온조성, 기체상물질농도측정 등에 국한되어 있을 뿐이며, 탄소성분에 관하여는 전혀 연구되어 있지 않다. 따라서, 한국과학기술연구원 환경연구센터에서는 1994년과 1995년 여름에 걸쳐 미세입자(PM_{2.5}) 중 탄소성분을 측정하고 그 농도를 외국의 청정지역에서의 농도와 비교하였다. 아울러 이 지역의 입자상 탄소 특성에 대해서 고찰하였다.

2. 방법

입자상 탄소성분은 1994년 7월 20일부터 8월 9일까지와 1995년 7월 20일부터 8월 1일까지 2년간 측정되었다. 측정장소는 제주도 북제주군 한경면 고산리에 위치한 제주 고층레이다기상대로부터 서쪽으로 70m 가량 떨어진 곳이다. 미세입자는 두 기간 중 매일 측정되었는데, 포집시간은 24시간이었고 포집유량은 10L/분으로 오리피스(BGI사)에 의해 조절되었다. 입자포집장치로 테플론 거름종이(Gelman사, Zeffluor)를 삽입한 테플론 필터홀더를 사용하였으며 미세입자만을 포집하기 위해 테플론으로 코팅된 사이클론(URG사, cut-size 2.5 μm)을 사용하였다. 포집된 거름종이는 깨끗한 페트리디쉬에 넣어 밀봉한 후 알루미늄 호일로 싸고 측정기간 중에는 blue ice를 채운 보온상자에, 측정이 끝난 후에는 -18 $^{\circ}\text{C}$ 냉동실에서 보관하였다. 탄소성분의 분석은 미국의 분석전문기관인 Atm AA사에서 분석하였다(Fung, 1991).

3. 결과 및 고찰

제주도 고산지역에서 측정된 미세입자(PM2.5) 중 탄소성분의 농도는 1994년에 유기탄소 $3.74 \pm 1.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 원소탄소 $0.27 \pm 0.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 1995년에는 유기탄소 $2.37 \pm 1.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 원소탄소 $0.09 \pm 0.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이어서 1994년이 1995년보다 높았던 것으로 나타났다. 1994년 측정기간은 김용표 등(1996)의 공기역학적분석 결과에 의해 7월측정기간(7월 20일~8월 1일)과 8월측정기간(8월 2~9일)으로 구분된다. 이에 따른 유기탄소 및 원소탄소의 농도는 7월측정기간에 $4.58 \pm 1.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $0.38 \pm 0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 8월측정기간에 $2.36 \pm 0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $0.08 \pm 0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 1995년의 탄소농도는 1994년 8월측정기간의 농도와 비슷한 것으로 나타났는데, 1994년 8월측정기간 중에는 북태평양 해양을 경유한 공기가 고산지역에 도달하였다. 1994년 7월은 중국, 한반도와 일본 등 대륙을 경유한 공기가 고산지역에 도달함으로써 탄소성분이 장거리이동하였기 때문에 주로 해양의 배경농도일 것으로 간주되는 1994년 8월보다 농도가 높게 나타났다. 고산지역의 탄소농도를 외국의 청정지역의 탄소농도와 비교한 결과, 유기탄소농도는 외국의 청정지역에 비해서는 높으며, 원소탄소는 외국의 탄소농도에 거의 필적하는 수준인 것으로 나타났다.

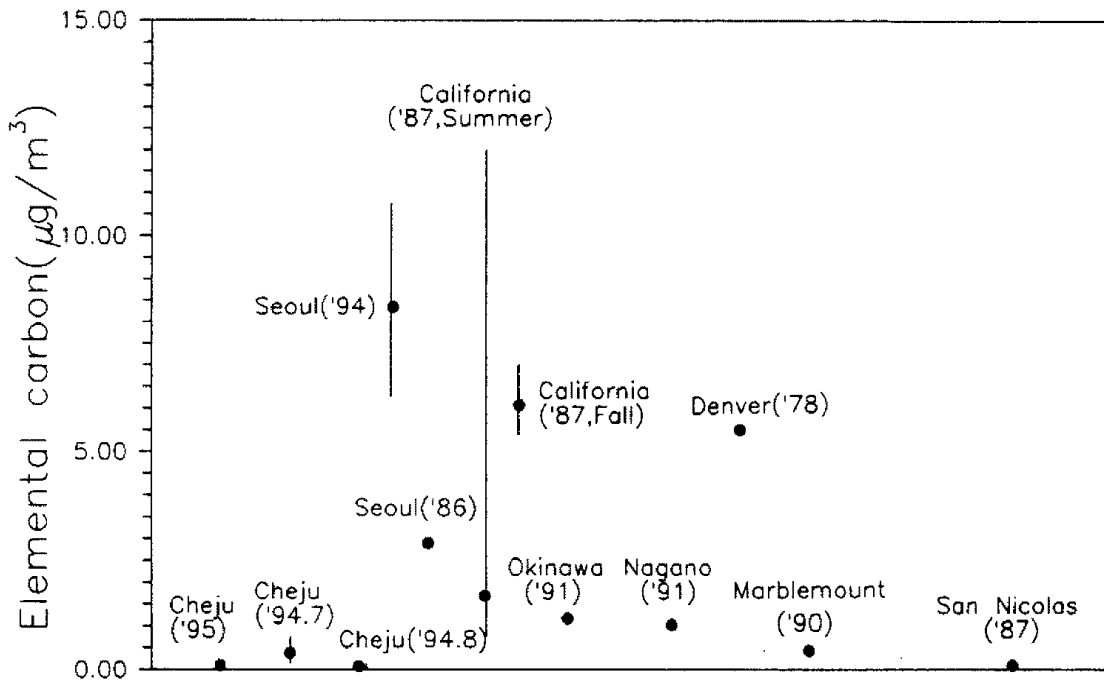


Figure Elemental carbon concentrations in Cheju Island and other places. Numbers in parentheses are the years of measurements.

4. 참고문헌

- 김용표 등 (1996) 제주도 고산에서의 1994년 여름측정:(I) 입자이온조성, 한국대기보전학회지, 인쇄중.
- 백남준 등 (1995) 1994년 6월 서울지역 시정장애의 측정 및 분석, 한국대기보전학회지, 인쇄중.
- Fung (1991) *Aerosol Sci. and Technol.*, 12:122-127.
- Gray et al. (1986) *Environ. Sci. Technol.*, 20(6), 580-589.
- Hamilton et al. (1991) *Atmos. Environ.*, 25A(3/4), 715-723.
- Turpin and Huntzicker (1991) *Atmos. Environ.*, 29, 3527-3544.