

### 3D3) DRUM 자료를 이용한 ACE-Asia 기간 중 입자상 오염물질의 장거리 이동에 관한 연구

#### Study on the Long-range Transport of Particulate Pollutants by Using DRUM Sampler during ACE-Asia

문광주 · 이정영 · 한진석<sup>1)</sup> · 홍유덕<sup>1)</sup> · 류성윤<sup>2)</sup> · 김영준<sup>2)</sup> · Steve S. Cliff<sup>3)</sup>

Kelvin D. Perry<sup>3)</sup> · Thomas A. Cahill<sup>3)</sup>

인하대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>국립환경과학원 대기환경과, <sup>2)</sup>광주과학기술원  
환경공학과, <sup>3)</sup>The DELTA Group (DAS), University of California

#### 1. 서 론

다량의 대기오염물질을 배출하는 것으로 알려진 동북아시아 지역은 대기화학적 측면에서 그 중요성이 부각됨에 따라 이 지역을 중심으로 다양한 국제 연구 사업들이 수행되어 왔다. 그 결과 이 지역이 규모 면에서 지구상에서 가장 큰 에어로졸 발생원임이 확인되었고, 이때 입자상 물질은 황사와 같이 자연적 풍화작용에 의해 발생하는 것들과 함께 다양한 산업 및 인간 활동에서 배출되는 인위적 오염물질들을 상당량 포함하는 것으로 나타났다. 특히 동북아시아 편서풍 지역의 중간에 위치한 배경농도 지역인 제주도 고산의 대기 중 입자상 물질은 인위적 오염원에서 배출되는 탄소성분과 산성가스, 유해성 물질이 토양 및 해염입자와 결합되어 복잡·다양한 성분조성의 변화를 나타내는 것이 관찰되었다(Carrico et al., 2003).

본 연구에서는 2001년 IGAC(International Global Atmospheric Chemistry)의 주도 하에 추진된 ACE-Asia(Asia-Pacific Regional Aerosol Characterization Experiment) (Huebert et al., 2003) 기간 동안 제주도 고산지역에서 측정된 결과를 사용하여 동북아시아 지역에서 입자상 오염물질의 장거리 이동 가능성을 살펴보고자 하였다. 측정 자료는 연구기간 중 한·중·일 세 국가에서 동시에 DRUM sampler를 사용하여 채취된 시료의 분석 자료를 사용하였다. DRUM 샘플러의 경우 2.5 $\mu$ m 미만의 입경영역에서 5개의 세부입경으로 나누어 에어로졸을 채취할 수 있고 3시간 간격의 연속 측정 자료를 얻을 수 있으므로 DRUM sampler를 사용한 동북아시아 지역 내 주요 오염물질 배출원 및 그 풍하측에서의 측정 결과는 이 지역 내 입자상 물질의 장거리 이동 경향을 파악하는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 중국 베이징(116.42E, 39.92N, 55MSL)과 허페이(117.16E, 31.90N), 한국 고산(126.16E, 33.29N, 78MSL), 일본 단고반도(135.17E, 35.7N, 600MSL)의 네 지역에서 ACE-Asia 기간인 2001년 3월 23일부터 4월 18일 사이에 DRUM 샘플러를 사용하여 채취된 시료의 입경별 금속분석자료를 사용하였다. 측정지점의 위치는 그림 1과 같다. 시료채취에 사용된 총 8단의 DRUM(Davis Rotating Unit for Monitoring) 샘플링 시스템(Cahill et al., 1985)은 각 단에서 슬릿(slit)형 오리피스를 통해 에어로졸을 입경별로 세분화하고, 이를 12시간에 약 2mm씩 회전하는 원통 표면의 Apiezon<sup>TM</sup>으로 코팅된 Mylar<sup>TM</sup> 필름 상에 채취한다. 이때 각 단의 공기역학적 절단입경은 각각 0.09, 0.26, 0.34, 0.56, 0.75, 1.15, 2.5, 5.0, 12 $\mu$ m 이다. DRUM 샘플러는 샘플링 기간동안 10 lpm의 유량으로 연속적으로 가동되었다. 채취된 시료들은 Lawrence Berkeley National Laboratory의 Advanced Light Source에서 beamline 10.3.1을 사용하여 SXRF(synchrotron X-ray fluorescence)로 분석하였다(Bench et al., 2002; Perry et al., 1999). 그 결과 Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Pb를 포함하는 19종의 무기원소에 대한 입경별 3시간 연속 측정자료를 얻었다.

4지점에서 DRUM 샘플러를 사용하여 측정된 입경별 자료들은 각각 수용모델인 PMF(Positive matrix factorization)에 적용하여 대기 중 에어로졸의 발생원을 추정하고 그 영향정도를 정량적으로 계산하였

다. 모델 결과로부터 입자상 오염물질의 장거리 이동 가능성을 살펴보기 위해 오염물질의 주요 배출지역인 중국 중부 및 동북부 공업지대에 위치한 베이징과 허페이에서 산출된 발생원의 종류 및 성분조성과 이들의 풍하측에 위치한 고산 및 단고반도에서의 산출 결과를 비교 분석하여 장거리 이동 가능한 입자상 물질 발생원 및 발생원별 성분조성의 유사성을 살펴보았다. 또한 연구기간 동안의 기상조건 및 각 지점에서의 발생원별 시계열 변화경향을 분석하여 오염물질의 이동 경향을 파악하도록 하였다.

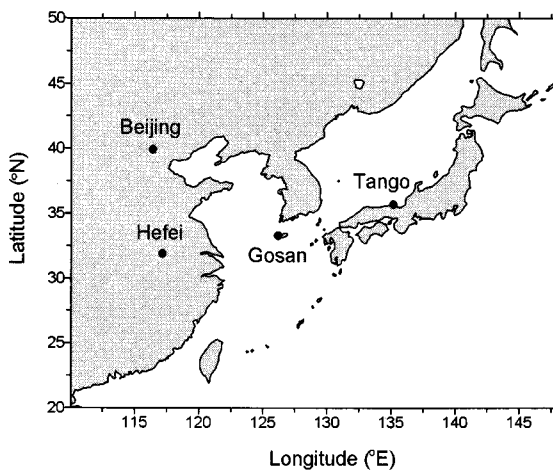


Fig. 1. Location of sampling sites.

#### 참 고 문 헌

- Cahill, T.A., C. Goodart, J.W. Nelson, R.A. Eldred, J.S. Nasstrom, and P.J. Feeny (1985) Design and evaluation of the DRUM impactor, Proceedings of the International Symposium on Particulate and Multi-Phase Processes(vol. 2), edited by: Ariman, T. and Nejat, T., Taylor and Francis, Philadelphia, Pa., pp. 319-325.
- Carrico, C.M., P. Kus, M.J. Rood, P.K. Quinn, and T.S. Bates (2003) Mixtures of pollution, dust, sea salt, and volcanic aerosol during ACE-Asia: Radiative properties as a function of relative humidity, *Journal of Geophysical Research*, 108(D23), 8650, doi: 10.1029/2003JD003405.
- Huebert, B.J., T. Bates, P.B. Russel, G. Shi, Y.J. Kim, K. Kawamura, G. Carmichael, and T. Nakajima (2003) An overview of ACE-Asia: Strategies for quantifying the relationships between Asian aerosols and their climatic impacts, *Journal of Geophysical Research*, 108(D23), 8633, doi:10.1029/2003JD003550.