

PA16) 여름철 북극 에어로졸의 단일입자 특성 분석

Single-particle Characterization of Summertime Arctic Aerosols Collected at Ny-Ålesund, Svalbard

류지연 · 강선이 · 황희진 · 정 혁¹⁾ · 운영준²⁾ · 김혜경 · 안강호¹⁾ · 노철연

연하대학교 화학과, ¹⁾한양대학교 기계공학과, ²⁾한국해양연구원 부설 극지연구소

1. 서 론

겨울과 봄, 북극대기는 아시아와 중위도 지역에서부터 장거리 이동한 대기의 영향을 받는다고 잘 알려져 있다. 이 대기는 고농도의 가스상물과 미세입자들을 포함하기 때문에 겨울과 봄철의 북극대기는 그 오염도가 높다. 반면 여름철 북극대기는 국지적인 영향을 받기 때문에, 겨울과 봄에 비해 오염물질의 농도가 낮다. 북극대기의 이러한 계절적 특성으로 인하여 겨울과 봄의 북극대기의 조성 분석에 관한 연구는 많이 행해져 왔으나 상대적으로 깨끗한 여름철 북극대기에 관한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 또한 북극대기에 관한 연구는 전량분석 방법으로 행해졌고 오직 몇몇의 연구만이 단일입자분석 방법을 통하여 이루어졌으나 북극대기 중 미세입자의 개별적인 화학적, 물리적 특성을 명확히 파악하기에는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 low-Z particle electron probe X-ray microanalysis(low-Z particle EPMA) 단일입자 분석법을 사용하여 Ny-Ålesund, Svalbard 내 다산과학기지에서 채취한 북극대기 입자의 특성을 분석하였다.

2. 연구 방법

2007년 7월 25일부터 31일까지 Ny-Ålesund, Svalbard 내 다산과학기지(78°55' N, 11°66' E)에서 북극대기 샘플을 채취하였다. 측정에 필요한 적정 개수의 입자를 얻기 위해 7단의 May cascade impactor를 사용하여 aluminum foil 위에 6~10시간 동안 샘플링 하였으며 cascade impactor의 각 단의 채취 cut-off 입경은 유속 20L/min에서 7단은 0.25 μ m, 6단은 0.5 μ m, 5단은 1 μ m, 4단은 2 μ m, 3단은 4 μ m, 2단은 8 μ m, 1단은 16 μ m이다. 본 연구에서는 Hitachi사 SEM S-3500N과 Oxford사 ultra-thin window EDX 검출기를 사용하여 4, 5, 6단의 시료를 분석하였다. 시료 분석 시의 전자빔의 가속 전압은 10keV, 0.5nA의 beam current, 15초의 X-ray data acquisition time을 사용하였다. 개개입자로부터 얻은 X-ray 스펙트럼으로부터 각 원소의 특정 X-ray 세기를 구하고, 개개입자의 화학종을 정량적으로 분석, 분류하였다. low-Z particle EPMA는 ultra-thin window를 장착한 EDX 검출기를 사용함으로써 window에 의한 낮은 원자 번호(low-Z) 원소의 X-ray 흡수를 크게 감소시켜 C, N, O 등의 원자번호가 낮은 원소로 구성된 미세입자를 정량적으로 분석할 수 있다(Hwang and Ro, 2006; Ro *et al.*, 2005).

3. 결과 및 고찰

low-Z particle EPMA 단일입자 분석 결과, 북극 샘플에서 가장 많이 보이는 화학종은 해양기원입자, 토양기원입자, 인위적으로 발생된 입자들이다. 이들 중 해양기원입자는 순수하게 해양으로부터 생성된 해염입자(NaCl)와 해염입자가 대기 중에서 NO_x, SO_x와 같은 오염물질과 반응하여 생성된 NaNO₃, Na₂SO₄와 같은 이차 생성물들의 형태로 관찰된다. 토양기원입자로는 aluminosilicates(AlSi), SiO₂, CaCO₃ 등이 있으며 일부 AlSi 입자는 질산염(NO₃⁻), 황산염(SO₄²⁻)을 포함하는데 이는 인위적으로 생성된 질산염, 황산염들이 토양기원입자와 혼재되어있다고 사료된다. 그 외에 organic 입자들도 종종 발견되었다. Backward trajectory 분석에 의하면 샘플링 기간 중 7월 25일~28일에는 기단이 북극해에서 불어오음을 알 수 있다. 그리고 7월 28일~31일에는 기단이 Greenland 방향의 해양에서 오거나 샘플링 사이트 근처의 Spitsbergen island에 머물러 있었음을 알 수 있다. 기단이 북극해에서 불어오는 기간에 채취한 샘플에서는 해염입자가 다수 발견되었으며 Spitsbergen island에 머물렀던 샘플에서는 토양기원입자와 인위

적으로 발생된 입자가 대부분이었다. 예를 들어 그림 1에 (a) 7월 27일과 (b) 30일의 backward trajectory를 나타내었는데 (a)는 북극해에서 오는 기단의 대표적 backward trajectory를 보여주며 (b)는 Barents해에서 불어오다가 기단이 Spitsbergen island에서 머물렀던 기단의 예를 보여준다. 그림 2에 27일과 30일에 발견된 주된 화학종의 상대개수 분포를 나타내었다. Backward trajectory에서 예상할 수 있듯이 27일의 경우 30일에는 거의 발견되지 않은 sea-salts가 41%로 가장 많고 reacted sea salts가 29%로 그 다음으로 많이 존재하였다. 30일의 경우에는 토양에서 기원한 AlSi가 48%로 가장 많은 분포를 나타내었으며 AlSi와 질산염, 황산염이 혼재하는 입자가 19%, 또한 27일에서는 발견되지 않았던 C, N, O, S로 분류된 인위적 기원의 이차 유기 에어로졸이 15%로 높은 비율을 차지하였다. 그리고 27일과는 다르게 SiO₂와 FeO_x가 미량 발견되기도 하였다.

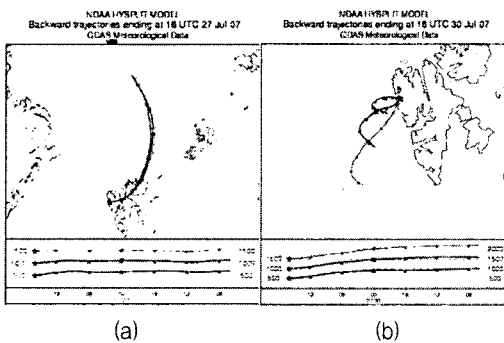


Fig. 1. Backward trajectories for samples collected. (a) on July 27 and (b) on July 30.

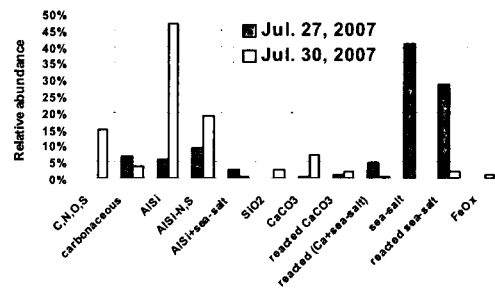


Fig. 2. Relative abundances of major chemical species observed in aerosol samples collected on July 27 and 30.

이와 같이 여름철 북극대기를 low-Z particle EPMA 단일입자 분석법을 이용하여 개개 에어로졸의 화학조성에 관한 정보를 얻었다. 비교적 청정한 지역이라고 생각되는 북극 에어로졸에서도 대기 중의 NO_x나 SO_x와 대기화학 반응을 하고 있는 사실을 직접적으로 보일 수 있었다. 또한 각 시료마다 이러한 대기화학 반응의 결과로 생성된 화학종의 분포 비율에 차이가 있는데 이는 대기의 이동 경로, 이동 속도 및 대기 중 오염물질의 농도 등과 관련이 있을 것으로 생각되므로 기상 자료 등과 연계하여 더욱 자세한 해석이 필요하다.

참 고 문 헌

- Hwang, H. and Ro, C.-U. (2006) Single-particle characterization of municipal solid waste(MSW) ash particles using low-Z particle electron probe X-ray microanalysis, *Atmos. Environ.*, 40, 3869-3880.
- Ro, C.-U., H. Hwang, H.K. Kim, Y.S. Chun, and R. Van Grieken (2005) Single-Particle Characterization of Four "Asian Dust" Samples Collected in Korea, Using Low-Z Particle Electron Probe X-ray Microanalysis, *Environ. Sci. Technol.*, 36, 1409-1419.