

PG2) 물속의 부유성 입자와 용해성 물질의 정량화를 통한 해양 입자 생성에 관한 연구

Quantification of Suspended Particles and Dissolved Solids for Studying Marine Aerosol Formation

박지연·박기홍

광주과학기술원 환경공학과

1. 서 론

대기 중 극초미세 입자들은 복사평형, 구름형성, 시정장애 등과 같은 다양한 대기환경문제를 일으킬 뿐만 아니라, 인체 흡입 시 건강에 유해한 영향을 미친다. 이런 입자들은 다양한 오염원으로부터 직접적으로 배출되기도 하고, 일반 대기 중 여러 가지 기상 물질들의 화학반응(nucleation) 으로부터 생성되기도 한다. 지구 표면의 71%를 차지하고 있는 바다에서 생성되는 해양 에어로졸은 대기 에어로졸의 주요 공급원 중의 하나이다. 특히, 서브마이크로 해양 에어로졸은 해양염과 황뿐만 아니라 상당량의 유기 탄소를 포함하며, 이들 입자들의 광학적 특성 때문에 그 중요성이 더욱 증대되고 있다(Cavalli et al., 2004). 해양 연안에서 낮은 간조, 강한 일사량, 활발한 생물활동일 때 생물학적 휘발성 유기 화합물에 의하여 발생하는 해양 입자 생성기작(coastal nucleation event)과 바다 표면과 바람의 상호작용(풍향: ~5m/s)에 의하여 초래되는 물방울의 파괴 메카니즘(bubble busting mechanism) 은 간접적/직접적으로 마이크로 해양 입자 생성에 기여한다. 또한, 풍향이 최소 7~11m/s로 매우 높을 때는 물방울과 상관없이 파도의 부서짐(wave breaking process) 에 의하여 직접적으로 대기 중에 방출되기도 한다. 이와 같은 과정을 통하여 생성된 서브마이크로 해양 입자들은 일반적으로 간접적 입자 생성과정 중 유기물의 산화 반응에 필요한 전구물질로써의 역할을 수행한다. 그러므로 대기 중 해양 입자 생성과정을 이해하기 위해서 서브마이크로 해양 입자의 정량화에 대한 연구는 매우 중요하다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 바닷물 속 부유성 입자와 용해성 물질을 정량화 하기 위하여 Membrane Filtration-Differential Mobility Analyzer(MF-DMA) 카운팅 기술(Park et al., 2009)을 사용하였다. MF-DMA 카운팅 기술은 크게 멤브레인 처리공정, 에어로졸화, 크기 및 카운팅 방법으로 나뉜다. 먼저 바닷물 속의 부유성 입자와 용해성 물질을 분리하기 위하여 MF, UF, RO 멤브레인으로 구성된 3단계 멤브레인 처리 과정을 사용한다. MF, UF, RO 멤브레인에 의하여 처리된 바닷물은 실린지 펌프를 통과하여 atomizer (TSI 3076)에 공급된다. 공급된 바닷물은 atomizer의 압축공기에 의하여 약 0.35 μ m 크기의 물방울로 에어로졸화 되며, 부유성 입자와 용해성 물질을 포함하는 물방울은 diffusion driers에 의하여 드라이 된다. 그 후, DMA(TSI 3081) 로 이동한 공기 중의 입자들은 전기장내 동역학을 이용하여 특정 크기로 선택 및 분리 되고, 분리 된 입자의 수는 CPC(TSI 3022A)에서 카운팅 된다. 이는 2분 안에 20~600nm의 크기 범위의 입자들의 수농도 분포를 실시간으로 측정할 수 있으며, 수농도 분포를 적분함으로써, 20~600nm 크기 범위의 총 수농도를 결정할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 MF 멤브레인에 의하여 전처리 된 포항, 여수, 태안 바닷물의 부유성 입자와 용해성 물질을 정량화 하였다. 여수 샘플링 사이트는 12.41km 떨어진 곳에 여수산업단지, 20.80km 떨어진 곳에 광양 체철소, 2.2km 떨어진 곳에 여수항이 존재한다. 태안 샘플링 사이트는 2007년 유류유출 사고가 발생한 만리포 해수욕장에서 5.51km에 위치하나, 현재는 많은 시간이 흘러 본 연구에 영향을 주지 않는다고 판단하여 대조군으로 설정하였으며, 포항 샘플링 사이트는 세계적인 철강기업인 포스코 및 시내에서 매우 인접한 곳에 위치함을 관찰하였다. 또한 PSL 표준 입자와 인공해수를 이용하여 부유성 입자와 용

해성 물질의 멤브레인 투과율을 결정하였다. 먼저 인공해수를 이용하여 결정한 용해성 물질의 멤브레인 투과율의 경우, MF, UF, RO 멤브레인 처리 후 용해성 물질의 투과율은 각각 99.38%, 98.94%, 3.76% 임을 관찰함으로써, 현재 사용하는 멤브레인 과정을 이용한 물속 용해성 물질들의 MF, UF, 멤브레인 투과율이 99%가 넘는다는 것을 확인하였다. 또한 부유성 물질에 대해서는 90nm 크기의 PSL 표준입자를 사용하여 멤브레인의 투과율을 결정하였고, MF와 UF 멤브레인 처리 후 부유성 입자의 투과율이 각각 98.61%와 0.68%인 것을 확인하였다. 이는 현재 사용하는 멤브레인 과정을 이용하여 물속 부유성 입자들이 잘 분리됨을 제시한다.

그림 1은 MF-DMA 카운팅 기술을 이용하여 MF 멤브레인으로 전처리 된 바닷물(포항, 여수, 태안)의 (a) 부유성 입자와 (b) 용해성 물질의 정량화 결과 이다. 태안과 여수 바닷물의 경우 약 8.8×10^{11} 과 8.0×10^{11} 개로 큰 차이가 없는 반면, 상대적으로 포항 바닷물은 1.8×10^{12} 개로 약 2배 정도 높은 것을 관찰하였다. 추가적으로 MF와 UF 멤브레인을 통과할 수 있는 용해성 물질의 질량 농도도 결정하였고, MF-DMA 기술에 의하여 측정된 용해성 물질의 질량 농도가 TDS 미터에 의하여 결정된 용해성 물질의 질량 농도와 ~5% 이내에서 잘 일치함을 확인하였다. 세 바닷물사이의 부유성 입자의 농도 변화율이 용해성 물질의 농도 변화율 보다 훨씬 큰 것을 관찰하였고, 이는 부유성 입자들이 해양입자 생성에 기여하는 정도를 이해하기 위해서 바닷물 속 부유성 입자의 정량화가 매우 중요하다는 것을 제시한다.

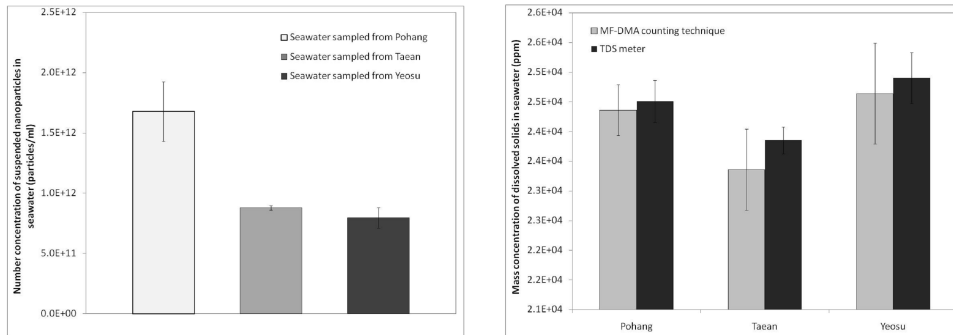


Fig. 1. Comparison of (a) number concentration of suspended nanoparticles and (b) mass concentration of dissolved solids in the MF membrane-filtrated seawaters sampled from Pohang, Taean, and Yeosu.

참 고 문 헌

- Cavalli, F., M.C. Facchini, S. Decesari, M. Mircea, L. Emblico, S. Fuzzi, D. Ceburnis, Y.J. Yoon, C.D. O'Dowd, J.-P. Putaud, and A. Dell'Acqua (2004) Advances in characterization of size resolved organic matter in marine aerosol over the North Atlantic, *JGR*, 109, 1-14.
- Park, K., J.Y. Park, S. Lee, and J. Cho (2009) Measurements of size and number of suspended and dissolved nanoparticles in water for evaluation of colloidal fouling in RO membrane, *Desalination*, 238, 79-89.