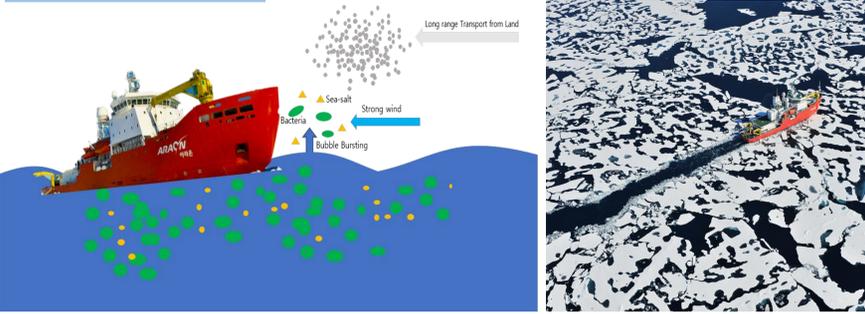


북극 항해 중 해수와 대기에 존재하는 미생물의 상관관계 파악

1. Introduction



해양 에어로졸은 해양과 대기의 상호작용을 통해 입자가 대기중으로 배출되고, 대륙에서의 장거리 수송을 통해 입자가 공급됨. 해양은 지구 표면의 약 70%를 차지하지만, 대륙에서의 에어로졸 측정에 비해 부족함. 특히, 해양 에어로졸의 주요 구성 성분인 미생물은 바닷물에 높은 수 농도(약 10^5 - 10^6 ml⁻¹)로 존재하며, 물방울 파괴 메커니즘을 통해서 물속에서 대기 중으로 직접적으로 방출되기 때문에 대기 관측을 통한 해수와 대기에 존재하는 미생물의 상관관계에 대한 연구가 필요함

< 연구목적 >

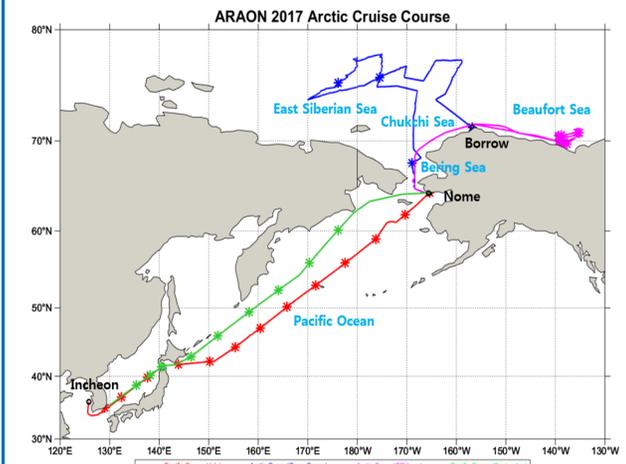
- 2017년 쇄빙선 아라온 호의 항해를 태평양(7월), 북극해(외해), 북극해(연안), 태평양(9월) 으로 나누어 입자의 모양과 원소 성분 분석
- 형광 현미경 법을 이용한 해수 및 대기중 미생물을 정량화하여 이들의 상관관계를 파악

2. Experiment Setting



2017 북극해 항해 동안 Compass Deck에 설치된 Sampler
 Button aerosol sample : 대기 중 바이오 에어로졸 포집 용도
 PM2.5 Cyclone : 대기 중 입자의 모양 및 원소 성분 분석용 (PM2.5 Cyclone 필터 위에 TEM grid를 붙여 동시에 포집)

3. Cruise Course



항로	표기	기간	특징
태평양 (7월)	빨강	2017.07.21-2017.08.04	저위도-고위도 이동, 태평양
북극해 (외해)	파랑	2017.08.07-2017.08.26	고위도 외양 (Open Ocean)
북극해 (연안)	분홍	2017.08.29-2017.09.16	고위도 연안 (Offshore)
태평양 (9월)	초록	2017.09.18-2017.09.28	고위도-저위도 이동, 태평양

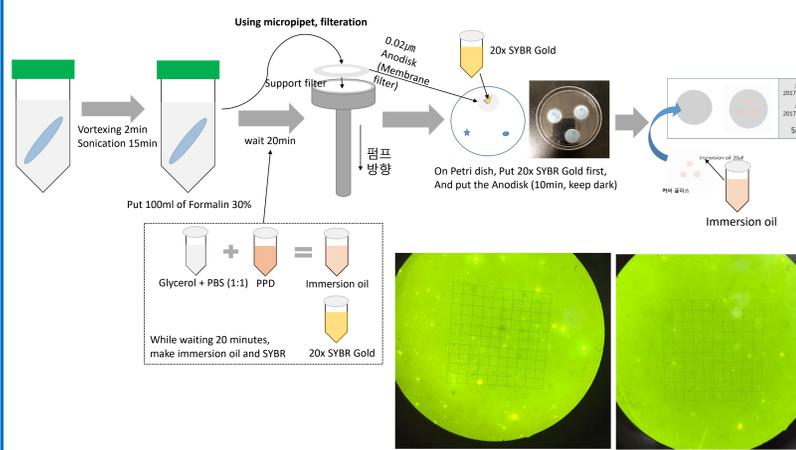
4-1. Analysis method (TEM-grid)

투과전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)을 사용한 대기 입자 분석 - 24시간 포집, 48개의 샘플, 샘플 당 10개의 입자 모양 및 원소 분석 (480개)

Species	Information
C-rich	Just Carbon-rich
C-rich with elements	Carbon with another elements
S-rich	Sulfur with another elements
Si-rich	Silicon with another elements
NaCl & Na-rich	NaCl and Na-rich with another elements
Metal-rich	Metal : K, Al, Mg, Mn, Fe, Au, Ti
P-containing	All of P containing EDSS (Bacteria or nonbacterial shape)
Others	F, Ca, Bi, Cl, Sn-rich, missing and low intensity

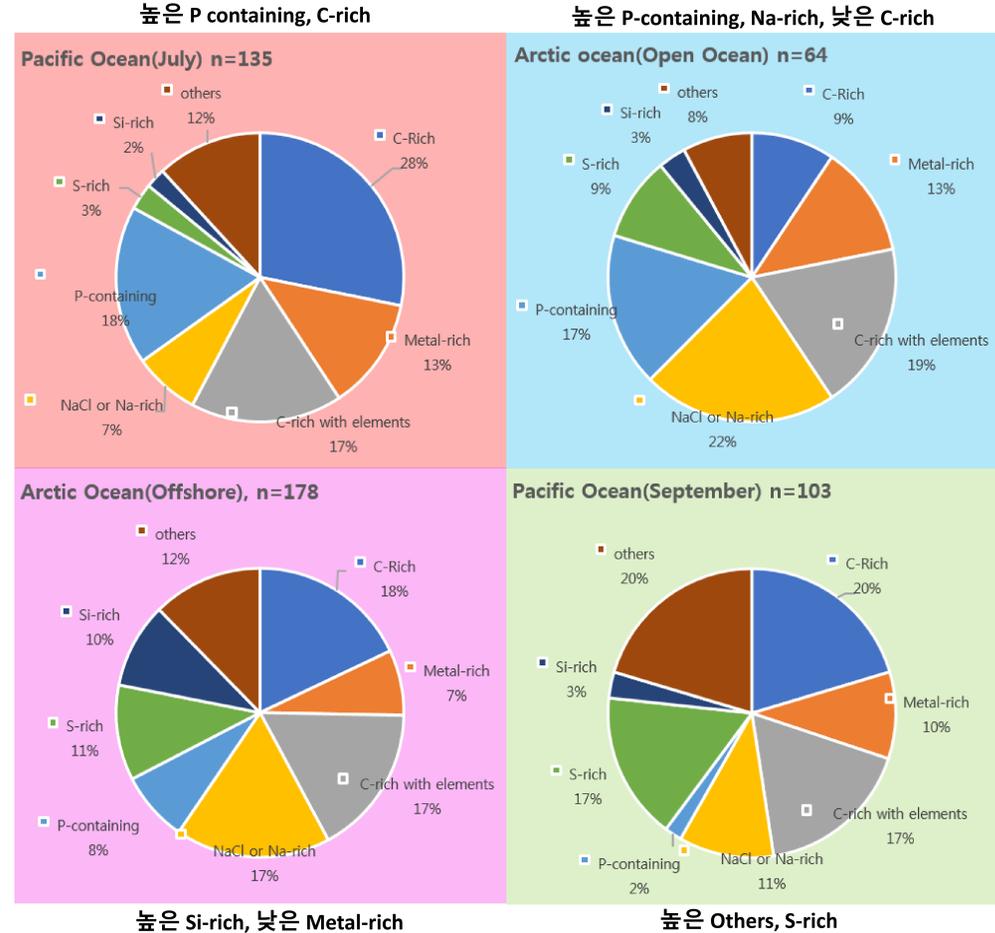
4-2. Analysis method (Button Aerosol Sampler)

Fluorescence analysis (형광 현미경 법)을 사용한 박테리아 수 농도 집계



5-1. Result

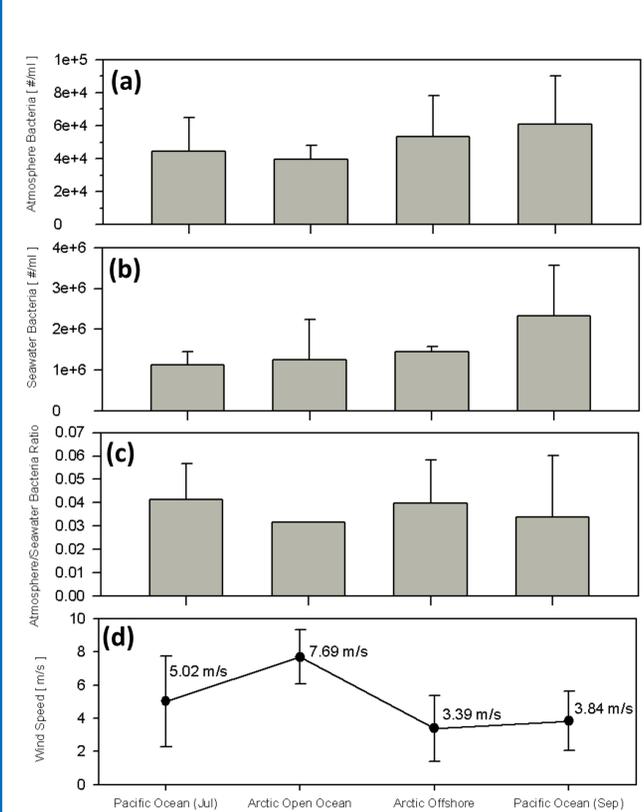
대기 입자 분석 (TEM-EDS) : 경로 별 Fraction of elements



- C-rich with elements : 전체 항해 구간 동안 비슷한 비율을 보임 (17-19%)
- S-rich : 태평양(9월)에서 가장 높은 비율을 보임(17%)
- P-containing : 태평양(7월) 및 북극해(외해)의 경우, P를 포함한 타원 형태의 미생물이 상대적으로 빈번하게 관찰된 반면, 북극해(내해) 및 태평양(9월)에서는 나타나지 않음. 정량 분석을 위해 해양에서의 미생물과 대기의 미생물 수 및 풍속을 우측 그래프를 통해 비교함

5-2. Result

해양 및 대기에 존재하는 미생물 수와 풍속과의 비교



대기 미생물과 해수 미생물의 정량 분석을 위해, 미생물 수 농도를 경로 별로 분류함

그래프는 순서대로
 (a) 경로 별 대기 미생물 수 농도,
 (b) 경로 별 해수 미생물 수 농도,
 (c) 경로 별 대기와 해수의 수 농도 비율,
 (d) 경로 별 풍속

★ 대기 미생물과 해수 미생물의 비율은 0.032-0.041로 태평양(7월)이 가장 높았음

★ 풍속은 3.39-7.69m/s였으며 북극해(외해)가 가장 높았음

태평양(7월)의 경우 대기/해양 미생물 비율이 높았기 때문에 미생물이 직접 대기중으로 배출되었을 것이며,

북극해(외해)의 경우 대기/해양 미생물 비율은 낮았지만 상대적으로 강한 풍속을 통해 미생물이 직접적으로 배출되었을 것임

따라서 이 연구는 강한 바람에 의한 물방울 파괴 메커니즘을 통해, 물속 미생물이 직접적으로 대기 중으로 배출되었다는 것을 제시함

6. Reference

Wang, C. H., Chen, B. T., Han, B. C., Liu, A. C. Y., Hung, P. C., Chen, C. Y., & Chao, H. J. (2015). Field evaluation of personal sampling methods for multiple bioaerosols. *PLoS one*, 10(3), e0120308.
 Niemi, J. V., Saarikoski, S., Tervahattu, H., Mäkelä, T., Hillamo, R., Vehkamäki, H., ... & Kulmala, M. (2006). Changes in background aerosol composition in Finland during polluted and clean periods studied by TEM/EDX individual particle analysis. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6(12), 5049-5066.
 Kim, G., Cho, H. J., Seo, A., Kim, D., Gim, Y., Lee, B. Y., ... & Park, K. (2015). Comparison of hygroscopicity, volatility, and mixing state of submicrometer particles between cruises over the Arctic Ocean and the Pacific Ocean. *Environmental science & technology*, 49(20), 12024-12035.

7. Acknowledgment

본 연구는 극지연구소의 지원 (PE 17390)으로 수행되었습니다.

북극 항해 중 해수와 대기에 존재하는 미생물의 상관관계 파악

강효진^{1,2}, 윤영준¹, 이지이³, 황청연¹, 장광일¹, 김연태¹, 장은호^{1,2}, 박지연^{1,*}

¹한국해양과학기술원 부설 극지연구소, jypark@kopri.re.kr

²과학기술연합대학원대학교(UST), khj@kopri.re.kr

³이화여자대학교, yijiyi@ewha.ac.kr

keywords : Bioaerosol, Bacteria, Morphology, Arctic regions, Sea-Air interaction

해양은 지구 표면의 약 70%를 차지하며, 해양에 존재하는 미생물은 대기 에어로졸의 주요 구성 성분 중 하나이다. 특히, 바닷물 속 미생물은 매우 높은 수농도 (약 10^5 - 10^6 ml⁻¹)로 존재하고 있으며, 이들은 물방울 파괴 메커니즘을 통해서 물속에서 대기 중으로 직접적으로 배출된다. 하지만 대기 관측을 통한 해수와 대기에 존재하는 미생물의 상관관계에 대한 연구결과는 여전히 부족하다. 따라서 본 연구에서는 쇄빙선 아라온호의 2017년 북극 항해 중 해수와 대기에 존재하는 미생물의 수농도를 동시에 분석함으로써 다양한 해양 및 대기 조건에서 이들의 상관관계를 파악하는 연구를 수행하였다.

항해 기간 동안의 해수 샘플링 및 대기 입자 포집은 2017년 7월 21일 부터 2017년 9월 28일 까지 동시에 수행되었다. 북극해 항해는 1) 이동항해 (한국-Nome, 2017/07/21 - 2017/08/03), 2) 연구1항차 (Nome-Barrow, 2017/08/06-2017/08/25), 3) 연구2항차 (Barrow-Nome, 2017/08/27-2017/09/16), 4) 귀국항해 (Nome-한국, 2017/09/17-2017/09/28)로 구성되었다. 해수에 존재하는 박테리아 수 측정을 위해 해수 샘플링이 수행되었

으며, 대기 중 박테리아 포집을 위해 24시간 동안 Button aerosol sampler가 사용되었다. Button aerosol sampler로 포집한 입자를 추출한 후, 형광염색 하여 형광현미경 카운팅 방법으로 전체 박테리아의 수를 결정하였다. 해수 샘플링 방법 또한 대기 입자 분석과 동일하게 수행되었다. 대기 중 입자의 모양 및 원소성분 분석을 위해 2.5 μ m Cyclone sampler를 사용하여 TEM Grid 위에 입자를 24시간 동안 포집하였다. 포집된 입자는 투과전자현미경을 사용하여 입자 형태 및 원소성분을 분석하였다. 따라서 해수에서 측정된 미생물과 대기 중에서 포집된 미생물의 상관관계를 파악하고, 투과전자현미경으로 분석된 입자를 원소 성분별로 분류하여, 그 중에서 미생물로 분류되는 P(인)와 K(칼륨)를 가지는 입자를 확인하고자 하였다.

북극해 항해 동안의 해수 미생물 수 농도는 1.11×10^6 - 2.34×10^6 ml⁻¹, 대기 미생물 수 농도는 3.90×10^4 - 6.09×10^4 ml⁻¹이었다. 대기와 해수 미생물 비율은 0.026-0.040으로, 이동항해 구간의 대기와 해수 미생물 비율이 가장 높았으며, 동시에 미생물로 분류되는 원소를 가진 입자 또한 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 극지연구소의 지원 (PE 17390)으로 수행되었습니다.