

海洋微生物および光化学反応による揮発性有機化合物の生成の評価

妹尾 翔汰 (筑波大学 生物学類)

指導教員：大森 裕子 (筑波大学 生命環境系)

【背景・目的】

アセトンやアセトアルデヒドなどの含酸素揮発性有機化合物 (Oxygenated Volatile Organic Compounds: OVOC) は大気中に遍在し、メタンを除く有機化合物の炭素量の最大 85% を占める (Lewis et al., 2005)。大気環境において、OVOC は OH ラジカルと速やかに反応し、OH ラジカルのシンクの最大 80% を占める (Lewis et al., 2005)。OH ラジカルは対流圏大気の浄化作用を担う (金谷 2015) ことから、OVOC は大気の浄化作用に直接影響を与える。

海洋は OVOC の重要な放出源・吸収源である。これまでに外洋域における OVOC の大気観測と大気循環モデルの結果から、海洋はアセトアルデヒドの放出源であり、アセトンの吸収源であることが示唆されている (Singh et al., 2003)。アセトンの主要な生成プロセスは溶存態有機物 (Dissolved Organic Matter: DOM) の光化学反応であり、アセトアルデヒドの生成プロセスは DOM の光化学反応と微生物活動であることが示唆されている (Carpenter, 2015)。光化学反応を受けやすい蛍光性 DOM の主な生成プロセスが細菌の代謝活動であることから、細菌由来の DOM が光化学反応による OVOC の生成に寄与している可能性がある。しかし、光化学反応によって OVOC を生成する元の物質が何であるかは未だ不明である。そこで、本研究では細菌由来 DOM の光化学反応によって OVOC が生成されるかを確かめるために、細菌由来の DOM の光化学反応と細菌の代謝活動による OVOC 生成を量的に評価することを目的とし、海洋細菌の培養実験を行い、培養や照射で発生する OVOC を網羅的に把握した。

【方法】

1. 人工気象器内での海洋細菌培養実験

2021 年 9 月 22 日に筑波大学下田臨海実験センター前の鍋田湾で採水した海水を、GF/F フィルター (粒子保持能 0.7 μm) でろ過したものを海洋細菌の自然群集群として用いた。このろ過海水 90 mL と人工海水 810 mL の合計 900 mL の培養試料を入れた 10 本の培養瓶と、コントロール試料として人工海水 900 mL を入れた 4 本の培養瓶を人工気象器内に設置した。培養条件を暗条件 20°C とし、2021 年 9 月 24 日から 31 日間培養を行った。また、培養試料には細菌の基質として 833 $\mu\text{M}\cdot\text{C}$ のグルコースを添加した。培養を開始してから 0 日目に培養試料とコントロール試料を 1 本ずつ、3、14、31 日目にそれぞれ培養試料 3 本とコントロール試料 1 本ずつ回収した。各培養瓶から、照射実験用の試料と照射実験を行わず細菌のみによる影響を確認するための未処理のサンプルを分取した。

2. 照射実験

1. の培養実験で培養した試料を石英ガラスバイアル瓶に入

れて照射を行う明条件、アルミホイルで覆い遮光した暗条件それぞれ 2 本ずつに分取した。この試料を人工照射装置 (SUNTEST XLS+) を用いて 3 時間の照射 (照射量は自然において 9 月の 1 日分の太陽光の照射量と同程度) を行った。

3. 測定

培養実験と照射実験で得られた全ての試料中の OVOC 濃度を、プロトン移動反応質量分析計 (PTR-TOF-MS, Ionicon) で測定した。培養実験における細菌数をフローサイトメーターで計測した。また培養実験および照射実験の試料について、DOM の蛍光特性を蛍光分光光度計、溶存態有機炭素濃度を全有機炭素計で測定した。

【結果と考察】

培養期間中の細菌数は培養開始後増加し、14 日目に最大値 $2.3 \times 10^7 \text{ cell/mL}$ を示し、その後減少した。蛍光性 DOM は 2 種のアミノ酸様 DOM、4 種の腐植様 DOM が検出された。全ての蛍光性 DOM は細菌数と共に増加したことから、細菌が蛍光性 DOM を生成したと考えられる。培養試料に照射した結果、全ての蛍光性 DOM の蛍光強度が減少した。減少率は培養日によって異なっていたが 5–60% 程度減少した。1 種の腐植様 DOM では蛍光強度が 90% 以上減少した。

培養試料において、メタノールやアセトアルデヒド、エタノールの OVOC とジメチルアミン、メタンチオール、クロロメタン、トリメチルアミン、ジメチルスルフィドが細菌の影響によって濃度が増加した。このことから、これら 8 種の VOC は細菌によって直接生成されていることが示唆された。メタンチオールとクロロメタンは培養 14 日以降、照射によって有意に濃度が減少した。このことから、この 2 種は照射によって分解されたか、照射を受けた細菌に分解を促進された可能性が考えられる。また、培養試料を照射しても有意に増加する OVOC はなかった。このことから、細菌由来の有機物に照射を行っても、光化学反応による OVOC 生成は起こらないことが示唆される。以上のことから、細菌による OVOC の生成は行われているが、細菌由来の溶存態有機物の光化学反応による OVOC 生成は行われていないことが示唆された。

これまでの研究で、アセトンやアセトアルデヒドは DOM の光化学反応がその主な生成プロセスであると示唆されていた (de bruyn et al., 2011)。しかし、本研究の結果からアセトンとアセトアルデヒドは海洋細菌が由来ではない DOM の光化学反応が発生源であると考えられる。