

海洋表層におけるアセトンの微生物学的生成・分解に関する実験的解析

高橋 俊輝 (筑波大学 生物学類)

指導教員：濱 健夫 (筑波大学 生命環境系)

【背景・目的】

大気中には多くの有機化合物が存在しており、その一つに常温常圧で大気に気体化し存在する揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)がある。VOCsは、対流圏における大気化学にとって重要な働きを持つOHラジカルやオゾンの生成を促進していることが分かっており、大気化学反応にとって重要である。本研究では、大気中のVOCsとして多く含まれるアセトンに着目した。

アセトンは大気および海洋中に存在しており、海洋が大気中のアセトンの放出源か吸収源か分かっていない。その理由として、海洋表層のアセトン濃度が季節・海域によって大きく変動を示すため、海洋—大気間のアセトン収支について定量的な評価が難しいことが挙げられる。海洋表層においてアセトンは、植物プランクトンやバクテリア等といった海洋微生物による生成・分解、溶存態有機物の光化学反応による生成、など様々な生成・分解経路が知られている。よって、様々な生成・分解に経路がある海洋中のアセトン濃度の支配要因の解明は、アセトンの海洋—大気間の収支を評価するために必要である。本研究では、どの経路が海洋表層のアセトン濃度の支配要因かを知るために、海洋微生物群集の培養実験を実施し、微生物によるアセトンの生成・分解速度を定量した。

【方法】

(1)測定方法

アセトン濃度を連続的に測定するため、バブリングシステムを構築した。これは、海水を入れた試料瓶内でバブリングを行い、海水中に溶けているアセトンを気液平衡により容器中の気相内に抽出し、陽子移動反応質量分析計で検出する方法である。このシステムにより、アセトン濃度を連続的に定量することが可能となった。この際、各容器と装置はチューブでつなぎ、大気からのコンタミネーションを防止した。

(2)培養実験

東京湾沿岸で採水した海水を用いて、2017年11月21、22日に実験を行った。(1)で述べたバブリングシステムを用いて、明条件、暗条件を各12時間、合計24時間の測定を行った。6本の250 mLの試料瓶に150 mLの海水試料を移し、3本の試料(B1、B2、B3)は海水試料に対してバブリングし、アセトン濃度を測定した。他の3本の試料(B4、B5、B6)は重水素ラベルをしたアセトンを添加し、そのアセトンの濃度減少を見ることにより、アセトンの分解速度を求めた。

培養実験後植物プランクトン細胞数、バクテリア細胞数、溶存有機炭素濃度、植物プランクトンの色素濃度、懸濁態有機窒素、懸濁態有機炭素濃度の測定を行った。また、ポリカーボネート容器に採取した海水に¹³C-DICを添加し、0、12、24時間の¹³Cのatom%を測定し、比較することにより光合成生産量を測定した。

【結果と考察】

見かけの生成速度の指標であるB1-B3中のアセトン濃度は、明条件時にわずかに増加し、暗条件時には逆にわずかに減少した。一方、分解速度の指標であるB4-B6中の重水素でラベルされたアセトン濃度は、明・暗条件下において減少し続けた(図1)。これは、バクテリア等によるアセトンの分解が明・暗条件を問わず行われていることを示唆する。

今回、生成及び分解速度を定量するため、近似曲線を作成した。この時、 $[A]=A$ の濃度、 $[A]_0=A$ の初期濃度、 k =反応速度定数、 t =時間とすると、一次反応の速度式として、

$$[A]=[A]_0 e^{-kt}$$

と表すことができる。この式の反応速度定数を求めることにより、各海水試料における生成・分解速度を評価した。見かけの生成速度はB1-B3のアセトンの平均濃度を用い、分解速度はB4-B6の重水素でラベルをしたアセトンの平均濃度を用いて、それぞれ求めた。

見かけの生成速度の反応速度定数は、明条件において、 6.24×10^{-3} であり、暗条件では、 -5.29×10^{-3} であった。また、分解速度の反応速度定数は 1.22×10^{-2} であった。見かけの生成速度と分解速度の和である、生成速度の反応速度定数は、明・暗条件においてそれぞれ 1.84×10^{-2} および、 6.91×10^{-3} と算出された。これらの反応速度定数から、海洋微生物によるアセトンの生成速度は、明条件において $0.54 \text{ nM}/12\text{h}$ 、暗条件において $0.21 \text{ nM}/12\text{h}$ と求められた。分解速度は $3.74 \text{ nM}/\text{d}$ と見積もられた。このように、生成速度において、明条件下では暗条件下よりも高い値を示した。明・暗条件の違いは培養器内の光の有無によるので、この差は植物プランクトンの光合成または溶存態有機物の光化学反応による生成によって生じたものと考えられる。

今後は他の生成・分解経路の反応速度をもとめ、海洋中のアセトン濃度の支配要因を特定する。またVOCs濃度は季節・海域により多様に変化するので、アセトン以外のVOCsも含め、VOCs濃度の季節変動を研究する予定である。

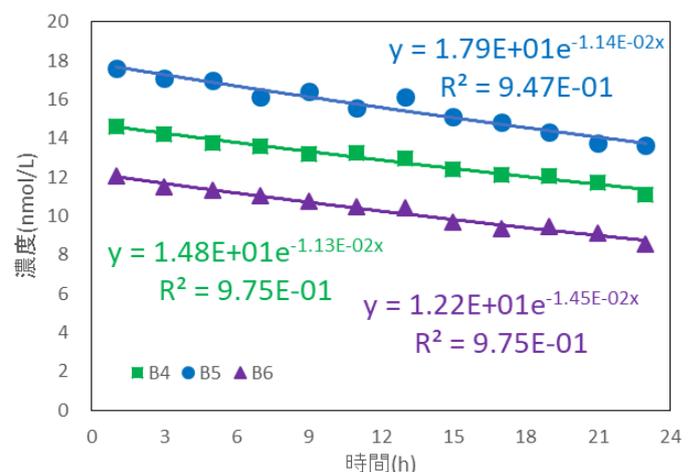


図1 3本の試料瓶(B4-B6)における重水素でラベルされたアセトンの濃度変化および各海水試料の一次反応の速度式