表層海水中における有機イオウ化合物の生成・分解過程

学位論文内容の要旨

硫化ジメチル（DMS）は、磯の香りとして知られる。DMSは海洋から大気に逃散する含イオウ有機化合物の90%以上を占め、その放出量は人間起源の二酸化イオウの放出の約半分に匹敵する規模がある。DMSは大気中で酸化されて最終的に対流圏エアロゾルになる。このDMS由来のエアロゾルは直接的、あるいは雲の凝結核として間接的に地表への太陽放射を遮り、気候に影響を与えるとされ、重要視されている。DMSの生成は、植物プランクトンが浸透圧調整のために細胞内に蓄える前駆物質ジメチルスルフォニオプロピオネート(DMSP)から生成する。DMSの分布に関する問題は、クロロフィルaとの間に明確な相関が見られないことである。これは植物プランクトン種によるDMSP保有量の違いに起因するとされるが、それだけで説明のつかない事例は多い。DMSに関与する水柱内の生物過程には、植物プランクトンの細胞の老化や動物プランクトンの捕食、バクテリアなどによるDMSPからDMSへの変換、DMSPやDMSの消費過程など様々である。水柱内の様々な生物活動とDMS/DMSPの挙動の関係を理解するためには、鉛直的な分布を明らかにすることが不可欠である。沿岸域は海洋全体に占める面積は少ないが、生物生産力が高く、DMS生成の季節変動も大きい。また水柱内のDMSやDMSPの消費も活発に起きている。

本研究では、広大な大陸棚を持ち河川水の流入が多い東シナ海と、春季に爆発的なケイ藻ブルームが起きる噴火湾において、DMSやDMSPおよびクロロフィルaの各濃度の鉛直分布を観測してその周年変化を明らかにし、水柱内のDMSやDMSPの分布や、クロロフィルaとの相関を変える要因についての考察を行ない、以下の知見を得た。

・東シナ海大陸棚域における硫化ジメチル

東シナ海の測線(PN線)上で、1993年2月から1994年8月にかけて、4回の海水中の硫化ジメチル(DMS)の観測を行なった。DMS濃度は時間的、空間

的に大きく変化し、特に夏季の大陸棚域の有光層で高かった。空間的な変化は鉛直混合が活発な冬季にも大きく、大陸棚域ではDMS濃度は3-106 ng-S/lと大きく変化した。これは海水中のDMSが、水柱内で短時間に、生成と分解を受けていることを示している。最高濃度(367ng-S/l)は、1994年8月に長江河口近くの5m層で得られた。大陸棚域の表層30mまでの平均濃度は、1993年2月、10月、1994年6月、8月に、それぞれ21、54、126、57ng-S/lであり、黒潮域より約2倍高かった。東シナ海から大気中へ逃散するDMS量は、大陸棚域で冬季49 $\mu\text{g-S/m}^2/\text{day}$ 、夏季194 $\mu\text{g-S/m}^2/\text{day}$ であり、黒潮域ではそれぞれ32および107 $\mu\text{g-S/m}^2/\text{day}$ であった。

・噴火湾における硫化ジメチルとその前駆物質の季節変動

1997年の2月から7月と11、12月に、噴火湾の定点において、硫化ジメチル(DMS)とその前駆物質DMSPの溶存態、粒状態について、月に1-2回の頻度で鉛直分布の季節変動を観測した。DMS、DMSP各態の濃度は主に有光層内で高く、時間的に大きく変化した。表層30mの平均濃度は、粒状態DMSPは春季ケイ藻ブルーム時を最高に124-869ng-S/lの変動を示した。DMSは4月を最高に7-143ng-S/lと約20倍の季節変動を示し、夏季と秋季にも、津軽暖流水の流入と鉛直混合に伴う小規模なブルームによる濃度極大があった。溶存態DMSPもDMSと同様に変化した。クロロフィルaと粒状態DMSP濃度の相関は全期間では低かったが、観測毎では高かった。これは優占する藻類種が変化し、粒状態DMSP/クロロフィルa比が変わったためだった。クロロフィルaと溶存態DMSPおよびDMS濃度の間には高い相関はなく、水柱内で微生物による消費過程によって変化を受けていることを示した。DMSと全DMSP(溶存態+粒状態)の合計に占める各イオウ化合物の割合(%)は、水柱内の生物学的なDMSとDMSPの生成と消費過程のバランスを反映していた。生成が消費を上回る藻類増殖時にはDMSと溶存態DMSPの割合が増え、ブルーム後の消費が活発な時期には粒状態DMSPの割合が極端に増えた。また、DMS/DMSP消費の増大は植物プランクトン生体量の増大より常に時間的に遅れていた。ケイ藻は他種に先行して増殖し、ブルームを終えるため、基質の増加で消費が活発化し、ケイ藻の後に優占する植物プランクトン種が生成するDMSの蓄積が妨げられ、DMSの大気への放出に果たすケイ藻の役割は間接的にも大きくなることが示唆される。

学位論文審査の要旨

主査 教授 角 皆 静 男
副査 教授 米 田 義 昭
副査 教授 松 永 勝 彦
副査 教授 乗 木 新一郎

学位論文題名

表層海水中における有機イオウ化合物の生成・分解過程

本論文は、海洋から大気へ放出される硫化ジメチル(DMS)とその前駆物質DMSPの分布と季節変化を調べ、その大気への供給量と生成機構について考究したものである。海水中のDMSは植物プランクトンがつくるDMSPから生成し、大気に逃散してエアロゾルになると、直接・間接的に地表に届く太陽放射を遮る。DMSは海洋から大気に逃散する有機イオウ化合物の90%以上を占め、その放出量は人間起源の二酸化イオウの放出の約半分に匹敵する規模がある。そのため二酸化炭素などによる温室効果を打ち消す物質として重要視されている。DMSの生成には、植物プランクトン種によるDMSP保有量の違い、動物プランクトンによる捕食によってDMSPやDMSが海水中に遊離する過程、遊離したDMSP(溶存態)やDMSがバクテリアによって除去される過程など、様々な水柱内の生物過程が関与する。沿岸域は海洋全体に占める面積は少ないが、生物活動が活発で、DMSの生成と季節変動の要因を明らかにする上で重要な海域である。

本研究では、広大な大陸棚を持ち河川水の流入が多い東シナ海で、DMS濃度と大気への放出量の季節変動と空間分布、春季に爆発的なケイ藻ブルームが起きる噴火湾において、DMSとDMSPの各濃度の時間的変化を詳細に観測し、DMSの海水中における変動要因を明らかにした。審査委員が評価する点は以下のようである。

- ・ 東シナ海の測線上で、1993年2月から1994年8月にかけて、4回の海水中DMSの観測を行なった。その結果、DMS濃度は時間的、空間的に大きく変化し、夏季は冬季の2倍の濃度があること、陸棚域の表層30 mまでの平均濃度は、常に黒潮域より約2倍高いことを明らかにした。これにより、DMS供給源としての沿岸域の重要性が明らかになった。東シナ海から大気中へ逃散するDMS量は、陸棚域で冬季と夏季はそれぞれ49および194 $\mu\text{g-S}/\text{m}^2/\text{day}$ であり、黒潮域ではそれぞれ32お

よび107 $\mu\text{g-S}/\text{m}^2/\text{day}$ で、同海域がDMSの大気への放出に関して無視できないことを明らかにした。

- ・鉛直混合が活発な冬季においても、海水中にDMS濃度の極大値が存在することを見つけ、水柱内でDMSの生成と分解が活発に起きていることを示した。
- ・噴火湾の定点において、1997年の2月から7月と11、12月に、海水中DMSとDMSPの溶存態と粒状態およびクロロフィルaの鉛直分布の季節変動を観測した。その結果、DMS、DMSP各態の濃度は主に有光層内で高く、時間的に大きく変化した。表層30 mの平均濃度は、粒状態DMSPは春季ケイ藻ブルーム時を最高に124-869 $\text{ng-S}/\text{l}$ と約7倍の変動を示した。DMSは4月を最高に7-143 $\text{ng-S}/\text{l}$ と約20倍の季節変動を示した。
- ・クロロフィルaと粒状態DMSP濃度の相関は全期間では低かったが、観測毎では高かった。これは優占する藻類種がケイ藻から渦鞭毛藻へ変化し、粒状態DMSP/クロロフィルa比が変わったためだった。クロロフィルaと溶存態DMSPおよびDMS濃度の間には高い相関がなく、水柱内で微生物による消費過程によって変化を受けていることを示した。
- ・さらにこの結果を解析して、ケイ藻は他種に先行して急激に増殖するため、細菌によるDMSと溶存態DMSPの消費が追いつかず、DMSが水柱内に蓄積しやすいこと、ケイ藻ブルーム後は、細菌によるDMSと溶存態DMSP消費が活発化し、ケイ藻の後に優占する植物プランクトン種が生成するDMSの蓄積が妨げられることを明らかにした。これによって、細胞当たりのDMSP量が少ないため、DMSの生成・大気への逃散に関して軽視されがちであったケイ藻の大きな役割が明らかになった。

以上、海水中の硫化ジメチルの生成と分解過程の研究によって得た知見は重要なものであり、博士（水産学）の授与に値するものと主査、副査は認めた。