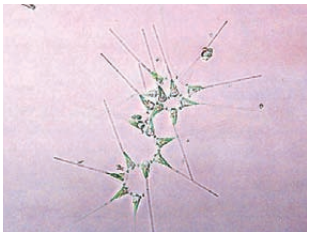
研究紹介

大都市近郊の海でおこる貧酸素問題とその対策について

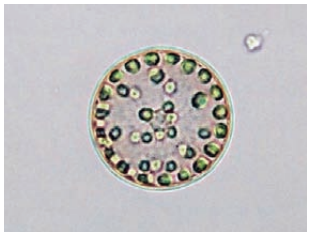
1．貧酸素とは

東京湾，伊勢・三河湾，大阪湾などの大きな内湾には，大河川が何本も流入している特徴があり，陸には大きな平野が広がっていて大都市圏が形成されています。このような内湾には，海の生き物の基礎的な栄養であるチッソやリンが河川水とともにたくさん運ばれてくるので，いろいろな種類の生き物が生活しており，私たちの食卓をにぎわす魚や貝などもたくさん獲れます。近年，夏になるとたいへんな猛暑に見舞われ，大都市では，その暑さ対策が問題になっていますが，大都市近くの内湾でも，夏になるとそこにすむ生き物たちに大きな問題がおこります。それは，海底付近の海水の酸素がなくなってしまう現象で，貧酸素と呼ばれています。貧酸素とは，具体的には海底付近の海水の酸素飽和度が約40％以下になった状態のことをいいます。酸素飽和度とは，海水中に溶けることができる酸素量に対して，実際に溶けている酸素量の割合（％）のことをいいます。海底付近の生き物は，酸素飽和度が約40％以下（重さでは1リットルあたり約3㎎以下）の貧酸素状態になると，正常に生活できなくなるといわれています。

それでは夏の内湾で，なぜこのような貧酸素現象が起こるのか，この点について説明しましょう。海の中には，植物プランクトンと呼ばれる生き物がいます（写真1）。



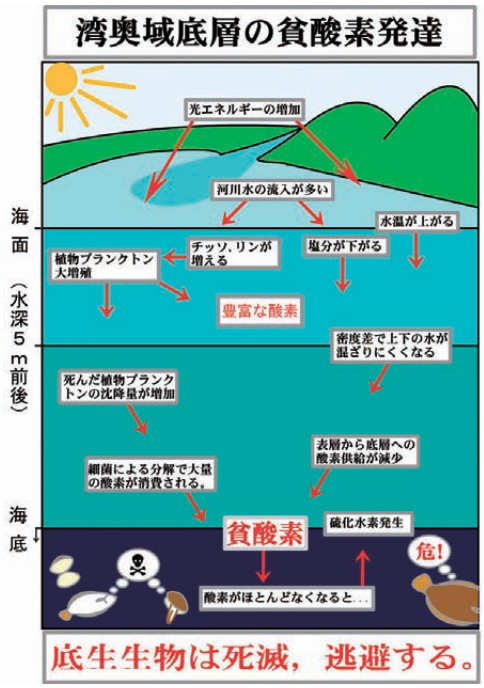
アステリオネラ属の1種



タラシオシラ属の1種

写真1　内湾でみられる植物プランクトンの例

植物プランクトンは，とてもおもしろい形をしており，顕微鏡でしか見ることのできない1㎜の数百分の1ぐらいの小さな生き物です。植物プランクトンにはいろいろな種類のものがいて，彼らは海の表層付近を浮遊しながら生きています。このような植物プランクトンは，昼間になると，その豊富な栄養や太陽の光のエネルギーなどを盛んに取り込んで成長して増えるだけでなく，たくさんの酸素をつくりだします。さらに，植物プランクトンは，自分たちよりもっと大きい他の生き物の大切な餌にもなっていて，私たちになじみのあるマイワシは，主に植物プランクトンを食べて生きています。ところが夏になると，川から運ばれるたくさんの栄養に加えて太陽のエネルギーが増え，さらに海の温度も高くなるので，プランクトンの代謝が活発になって増えやすくなり，しばしば大発生します。このようにして夏にプランクトンが増えすぎると，水中の栄養を取り尽くした後には大量に死んでしまい，それらは海底にたくさん沈んでいきます。そうなると，今度は，海底の泥の中で生活している細菌たちがプランクトンの死骸を分解し始めます。実は，このとき，細菌たちが海水中の酸素をたくさん消費するので，海底付近の酸素がなくなってしまうのです。



第1図　貧酸素発生のしくみ

さらに，夏に海底付近の酸素がなくなってしまうことには，他にも理由があります。夏になって気温が上がると，海の表層付近だけが暖められて，温度が高くなります。そうなると，表層は温度が高くて軽い水となる一方で，海底付近は温度が低くて重い水となってしまい，水が上下に動かなくなります。その結果，酸素の豊富な表層水が，海底付近まで行き届かなくなります。

このように，夏の内湾の海底付近における貧酸素は，海底付近の酸素が細菌たちに使われることや，表層の酸素が海底に運ばれにくくなるために発生します（第1図）。表層では植物プランクトンのつくった酸素が豊富であっても，海底付近では酸素の少ない状態になってしまうのです。

そして，その貧酸素がさらにひどくなって無酸素状態になると，酸素を使って植物プランクトンの死骸を分解する細菌たちに変わって，自然の海の中に存在している硫酸イオンと呼ばれる物質を使って分解を始める細菌たちが活動し始めます。この細菌たちが植物プランクトンの死骸を分解し始めると，最近，世間でも騒がれている硫化水素という有害物質が発生してしまいます。さらに，海底付近で発生した硫化水素は，湾の海面付近で吹く風の力の大きさや方向によっては，時々，表層付近まで運ばれることがあります。このとき，表層付近の酸素と化学反応を起こして酸化硫黄と呼ばれる物質ができ，その影響で海の色がグリーン色に変わってしまいます。この現象は青潮と呼ばれており，夏の東京湾や伊勢・三河湾で発生することがあります。

2．貧酸素の生き物への影響について

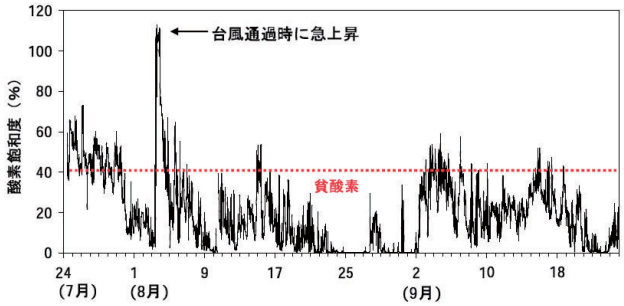
先にも述べましたが，夏に海底付近でおこる貧酸素には，川から運ばれる栄養（チッソやリン）の量やそれを取り込むプランクトンの増殖が密接に関わっています。従って貧酸素は，湾の入口付近よりも川が流れ込んでいる湾奥域で頻繁に発生します。実は，この湾奥域というのは，魚や貝，エビ，カニなどが育つための餌生物が豊富な場所で，特にそれらの子供たちが生きていく場所としてたいへん重要です。このような湾奥域の海底付近で貧酸素が発生すると，そこで生活している生き物たちは，自分たちの住み場所を追われて逃げたり，逃げることができずに死んでしまったりします。また，貧酸素がさらにひどくなって無酸素状態になると，有害物質の硫化水素が発生して，さらに深刻な被害をもたらすことになります。例えば，アサリは魚類などと比べて貧酸素には強い種ですが，硫化水素が発生してしまうと，さすがに生きることが難しくなります。このようにして貧酸素によってたくさんの生き物が逃げたり死滅したりしてしまうと，そこで漁業を行っている人たちにも，大きな被害がでてしまいます。

3．望まれる貧酸素改善策

それでは，このような貧酸素はどのようにすれば改善できるのでしょうか。一つには，プランクトンの大増殖を抑えるために，川からプランクトンの栄養（チッソやリン）が海の中に入りすぎないようにする必要があります。そのためには，できるだけ生活排水などを川に流さないようにすることが大切です。もう一つは，夏の内湾奥域の表層にはたくさんの酸素がとけ込んでいるので，それが海底に運ばれるように，水を上下方向に動かすことが有効です。次図（第2図）は，夏の内湾奥域が貧酸素になっている状況で，台風が通過した際，海底付近の酸素がどのように変化したのかを示しています。酸素飽和度が短時

間でとても高い値になりましたが，これは，台風の風の力によって水が上下にかき混ぜられて，表層の酸素が海底付近まで運ばれたためと考えられます。このように，自然の力というのはとても大きいのですが，台風が過ぎ去ってしまうとすぐに元の貧酸素状態に戻ってしまいます。

貧酸素に対する人工的な改善策については，これまでに，空気(酸素)を海底に送り込む試験や，上下の海水をかき混ぜる試験を行ったりしていますが，海底の貧酸素状態を広い範囲にわたって長い時間改善させるのは，コストが高くて難しいのが実情です。そこで，国や私たちの研究所では，大都市近郊の内湾の湾奥域沿岸に発電所が集中して立地していて，それらの発電所が冷却用の海水を大量に取り込み，その海水を再び海に放水していることに注目しています。これまでの調査によると，夏の内湾奥域の海底付近で貧酸素が発生したとき，発電所の放水口近くの海底では，周辺よりも酸素量の高くなる状況がしばしばみられました。これについては，放水口から大量の海水が流れ出ると上下の混合が進み，このことが放水口近くの海底付近の酸素上昇に寄与している可能性があると考えています。大都市近郊の内湾沿岸域には沢山の発電所があり，大規模な発電所は，我が国の大河川の総流量に匹敵するぐらいの量の海水を動かしています。現在，私たちの研究所では，実際に動いている発電所を調査の対象として，発電所の海水を動かす力が，海底の貧酸素改善に対してどの程度効果が期待できるのか，モデル計算や現地調査，生物実験などを行って確かめています。



第2図　内湾奥の海底付近で観測した酸素飽和度の変化
（平成19年7月24日～9月25日）
＊平成19年度漁場環境再生発電所取放水活用調査事業報告書（水産庁）

（中央研究所 海洋環境グループ　横田 瑞郎
海洋生物グループ　島　隆夫）