

海洋における微量元素の溶存形に対する生物活動の影響の研究における新たな方法論

一色 健司*

はじめに

微量元素の溶存形に対する生物活動の影響は、あえて単純化をおそれなければ、微量元素の溶存形の無機形から有機形への変化と、酸化状態の変化という2つの観点から捉えることができる。前者に関しては、ケイソウなどの植物プランクトンが高い錯形成能力を有する排泄物を生産し、これが表層付近の海水の錯形成能力を担う物質であるらしいと考えられてきたが、最近、それを裏付けるような観測事実や実験結果が多く報告されるようになった。このような錯形成によって有機形微量元素がどの程度生成するかという観点からみた海洋環境を微量元素に対する緩衝環境と仮に呼ぶことにすると、表層近傍における錯形成能力担持物質が主として植物プランクトンの排泄物に由来するものであるとすれば、微量元素の溶存形変化を追うことによって生物による緩衝環境への影響を評価することが可能となる。一方、これらの排泄物は微量元素に対する錯形成能力が高いだけでなく、還元作用も非常に強いと推定されるので、酸素酸元素などの複数の酸化状態が準安定的に存在できる微量元素については、その酸化還元状態の変化を追うことによって生物による酸化還元環境への影響を評価することが可能となる。すなわち、物質移動や物質変化の過程に生物が大きな役割を果たしているような海洋表層付近においては、微量元素の溶存状態を把握することによって、その緩衝環境や酸化還元環境が明らかとなり、それらを組み合わせることによって生物活動を質的な面から評価することが可能となる。

微量元素をこのような指標として用いた

めには、生物活動のどのような局面において微量元素の溶存状態に影響を与えるような過程が起こっているのかを明らかにすることが必要であるが、そのためには海洋の現場において短時間スケールでの同一水塊におけるきめ細かな観測を行って現象を総体的に捉えることとあわせて、制御された環境下において微量元素の溶存形に影響を与える要因を個別に明らかにしていくことが必要である。このような問題意識から、従来は主として生物活動を直接把握する目的で用いられてきた様々な培養のテクニックが、微量元素の溶存形との関わりを明らかにする研究にも用いられるようになってきた。ここでは、最近の試みの中から注目すべき方法を紹介し、次に筆者が現在注目している陸上施設を紹介する。

タワータンクとケージカルチャービドスタット

Zhouら[1]はタワータンクとよばれる直径3.7m、深さ10.5m、容積117m³の大型水槽を用いて春期ブルーム期の海洋環境を再現し、植物プランクトンの排泄物のみの錯形成容量への寄与を見積ろうとした。彼らは、水槽上部から光を照射して水槽の水深約2mに温度躍層を形成させた後、ケイソウを添加して培養を開始した。そしてタワータンク中の海水の銅(II)錯形成能力を約20日間にわたって追跡することにより、ケイソウは対数増殖期には錯形成能力を有する物質を定常的に生産し、停滞期には溶存有機物に対する錯形成能担持物質の比率が高まることを明らかにした。

一方、培養槽の中でプランクトンの増殖に

*高知女子大学 本論文は、藤永太一郎博士の叙勲を記念して御寄稿頂きました。

伴う変化を観測することは、ブルーム期のような一時的にプランクトンが増殖する過程において起こる現象を明らかにするためには有効であるが、プランクトンの増殖とともに生息密度が変化したり培養槽中の海水の成分が変化したりするため、定常的な条件下での現象についてどのような要因が影響しているかについては十分な検討はできない。Zhouら[2, 3]は、海水中のプランクトン生息密度や栄養塩濃度を制御することができる培養槽(ケイソウ用ケイカルチャタービドスタット)を用いて、ケイソウが海水中に放出する物質による銅(II)錯形成容量がどのような要因と関係しているかを明らかにしようとした。この培養槽の特徴は、槽内の試料水を循環させながら成分濃度や濁度をモニターしてその値を一定に保つようになっていることである。彼らは、この目的のために容量180 lの大型の培養槽を用いて、対数増殖期に保ったケイソウの細胞外排泄物の変化を追跡し、注目すべき成果を得ている[3]。それらを要約すると、錯形成を担う有機物の生産がケイソウの光合成活動に関係しているらしいこと、窒素含有化合物が主な銅錯形成能力を持つ有機物であり、それらの生産は窒素ストレス下でアンモニアによって規制されているらしいということ、細胞外生産物の銅錯形成能力は天然海水中の銅錯形成能力よりも高く、したがって窒素含有化合物が銅と錯形成する有機物に対して最も寄与の高い細胞外生産物であろうということなどである。以上に述べた手法は、海洋での定常状態における生物活動と微量元素の溶存形の実験的に明らかにするための手段として今後とも幅広く活用されていくものと考えられる。

深層水利用実験施設

上記のような規模の大きな培養実験を行ったり十分な体制のもとに多面的な観測を行う場合には、安定した水質の海水を大量に供給することのできる施設が重要な役割を果たす

ことになる。水産養殖などへの深層水利用技術の開発を目的として1989年に高知県室戸市に開設された高知県海洋深層水研究所は、このような役割を果たすことができる施設として注目に値する。この施設において水深320 mから得られる深層水は以下の特性を持つ。水温は11~15℃程度の範囲にあり、周年を通じて安定している。栄養塩類は、高濃度で安定する時期と濃度の変動幅が大きい時期が数カ月毎に交代する現象が観測されている。平均すると、硝酸態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素がそれぞれ平均24 μM, 1.7 μM, 41 μMと表面水の5~10倍以上高濃度である。一方、生菌数は10² CFU/mlと表層に比べて1~2桁程度少ない[4]。栄養塩の変動が大きい一部の時期を除けば水質の安定した清浄な海水は、特定の微生物やプランクトンが微量元素とどのような関わりをもっているかということを明らかにする実験において、培養用海水として適した特性であるということが出来る。したがって、深層水は海洋における種々の過程を明らかにするための研究用海水としての利用価値も極めて高いということが出来る。今後、幅広く利用されることが期待される。

おわりに

ここで紹介した方法自体は必ずしも新規なものではないが、微量元素と生物活動のかかわりを微量元素の側から明らかにしようという立場からは従来はあまり試みられてこなかったものである。筆者が特に関心を寄せているクロムについては、バッチ培養槽を用いた実験において、Fig.に示したように、植物プランクトンの直線増殖期の暗期に、亜硝酸イオンの急激な減少に対応して3価クロムが一時的に増大するという結果を得ており、植物プランクトンの増殖のある特定の段階においてクロム溶存形の変化が起こるのではないかと推定している。ここで用いた培養槽は条

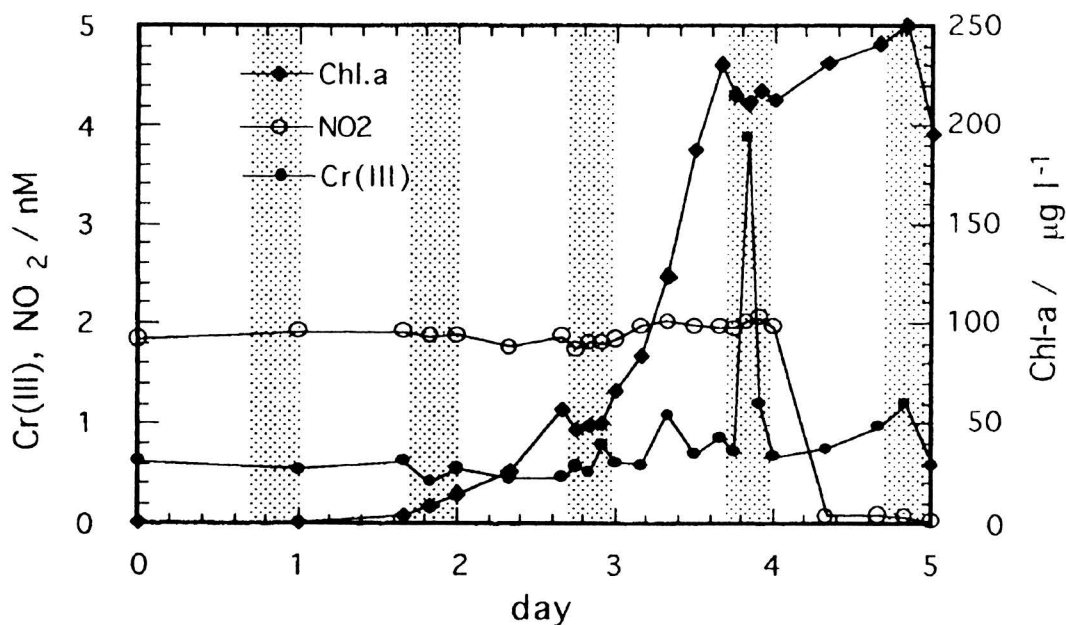


Fig. Diurnal change in Cr(III), nitrite and chlorophyll-a
Dotted area indicates dark incubation period.

件をコントロールしたものではないので、上記の関係についてはさらに詳細な検討が必要である。ケージカルチャービドスタットのような培養条件を一定に保つことのできる培養槽を用い、安定した水質の培養用海水の供給を受けて連続培養実験を行えば、その詳細が明らかとなるであろうと期待している。

文 献

- [1] X. Zhou and P. J. Wangersky, *Mar. Chem.* 26, 1239 (1989)
- [2] X. Zhou and P. J. Wangersky, *Mar. Chem.* 17, 301 (1985)
- [3] X. Zhou, D. E. Slauenwhite, R. J. Pett and P. J. Wangersky, *Mar. Chem.* 27, 19 (1989)
- [4] Summary of Lectures, The International Forum on Deep Sea Water (1991)