

内湾の水質浄化における海藻の役割

東北大学大学院	学生会員	野村 宗弘
同 上		佐々 衛
東北大学工学部	正 会 員	千葉 信男
同 上	正 会 員	徐 開欽
同 上	正 会 員	須藤 隆一

1. はじめに

内湾・湖沼といった閉鎖性水域において富栄養化にともなう水質悪化が叫ばれてすでに久しく、内湾における環境基準（COD）の達成率を見てもここ数年横這い状態が続いている。これは陸域より流入してくる有機汚濁物質だけではなく、水域で生産される植物プランクトンの割合が大きいことに原因があるとされている。富栄養化の制限栄養物質といわれる窒素およびリンの除去は特に重要であると考えられ、陸域からの窒素・リンの流入負荷量を削減する施策もとられている。

また過去において多くの沿岸域で見られた干潟や藻場が開発の名目で埋め立てられ、その姿を消していったのは周知のところである。その干潟・藻場の持つ自然浄化能力はこれまで報告されているように想像以上に大きく、富栄養化が改善されない要因もこのような自然の浄化施設が消えた為であるという評価もされている。この思考から最近ではエコテクノロジーの名の下に人工的に干潟・藻場を造成しようというモデル事業が全国的に展開されている。しかし闇雲に造成を行ってもその効果は薄いものと思われ、本来は浄化施設として期待されている造成地が管理次第では汚濁源として働く可能性も考えられる。したがって藻場を組み込んだ生態系における栄養塩の挙動を把握しておくことは、今後増加してくるであろう人工藻場の管理手法を議論する上で重要と思われる。

そこで本研究では適正な藻場造成・管理のあり方について検討を行うために、室内実験により海藻の水質浄化能力ならびにアレロパシー作用による植物プランクトンの増殖抑制効果を評価した。さらに得られた関係などを用いて松島湾を対象とした簡単なモデルを構築し、水質に及ぼす海藻の影響について検討したので報告する。

2. 実験方法

（1）**栄養塩類の吸収実験** 本研究では富栄養化した海域である宮城県松島湾より10月下旬に採取したアカモク *Sargassum horneri*（全長20～40cm）を用いて実験を行った。このアカモクの先端部約10g-wetを現場ろ過海水1Lの入った広口瓶（2L）に投入し実験を行った。この広口瓶を恒温槽内に静置し、攪拌の目的で曝気を行った。また0、1、2、4時間毎に採水を行い、速やかに0.45μmメンブランフィルターを用いてろ過した後、無機態栄養塩類（ $\text{NO}_x\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）ならびに溶存態栄養塩類（DT-N、DT-P）を常法に従い測定を行った。

（2）**栄養塩類の溶出実験** 海藻の枯死、分解期における汚濁の影響を考えるためアカモクの藻体からの栄養塩類の溶出の検討を行った。栄養塩類の吸収実験と同時期に採取した試料10g-wetを現場ろ過海水1Lの入った広口瓶（2L）に投入し実験を60日間行った。この広口瓶を20℃、暗所の恒温槽内に静置し、攪拌の目的で軽く曝気を行った。またサンプリング後、速やかに0.45μmメンブランフィルターを用いてろ過し、無機態栄養塩類（ $\text{NO}_x\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）ならびに溶存態栄養塩類（DT-N、DT-P）を常法に従い測定を行った。

（3）**アレロパシー作用による植物プランクトンの増殖抑制** 本実験では、多くの河口域で赤潮を形成し海域のAGP試験の標準種である珪藻類 *Skeletonema costatum* とアカモクとの二相培養を行った。滅菌済みのシリコン栓付き200ml三角フラスコに滅菌したf/2培地を100ml分注し、滅菌海水で洗浄したアカモクを投入し、さらに *S. costatum* を接種し、通常 *S. costatum* を継代培養する場合の条件である20℃、5klx、明14時間、暗10時間の周期で培養した。また一日一回フラスコを振とうし、壁面へのプランクトンの付着を防いだ。

3. 結果および考察

（1）室内実験より得られた成果

a. **栄養塩類の吸収実験** 図1、2に照度と吸収速度（ DIN 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）の関係を各水温毎に示す。これによると10、15℃では照度が増加することが分かる。さらに5℃では水温が低いために海藻の活

キーワード：アカモク、栄養塩、アレロパシー、内湾

〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学大学院工学研究科 TEL 022-217-7473 FAX 022-217-7471

性が低下し、栄養塩の吸収速度が低下したものと考えられる。また海藻は主に無機態の栄養塩類を吸収し、溶存態有機物を二次代謝産物として分泌しているが、今回の実験では全ての条件で吸収量が分泌量を上回ることを確認した。

b. 栄養塩類の溶出実験 図3にDIN、 PO_4-P の溶出量の経日変化を示す。両栄養塩類ともに30日前後で勾配が大きくなっていることが分かる。これは藻体の分解による溶出が実験開始後30日から始まることを示す。なお、30日経過後の溶出速度はそれぞれ $29.8 \mu g-N/g-wet/d$ 、 $5.82 \mu g-P/g-wet/d$ であった。

c. アレロパシー作用による植物プランクトンの増殖抑制 アカモクによる *S. costatum* の抑制効果は、無添加系に対するアカモク共存系の *S. costatum* の最大増殖量の割合で評価した（図4）。これによるとアカモクの投入密度が増加するにつれて指数的に増殖量が減少することが分かる。同図より最大増殖量が対照系の半分を示すアカモクの投入密度は約 $1.5 g-wet/l$ ということが読み取れる。

（2）栄養塩収支に及ぼす海藻の影響

室内実験などを通して得られた知見を踏まえて、宮城県松島湾を対象とした1ボックスモデルを構築し、内湾の水質に与える海藻の影響を考察した。図5は藻場面積別（現存面積 $1.3 km^2$ の0、0.5、1、1.5倍）の（制限栄養塩とした） PO_4-P ならびにChl. aの計算結果を示したものである。栄養塩は冬期に高く、夏期に低いことが分かる。これは植物プランクトンの増殖の影響が現れたものと考えられる。さらにChl. aについては、アレロパシー効果によりアカモクの群生密度が最大を示す4月に低下し、藻体の分解期である6、7月に増加することが分かる。また、この傾向は現場海域の観測結果とほぼ一致することを確認した。さらに面積を変化させた場合、栄養塩に関してはそれほど影響はないが、Chl. aは4月、6、7月の値が大きく変動することが分かる。このことは藻場面積を増加させた場合、4月には内部生産を抑制する効果は見られるが、6、7月には栄養塩が溶出てくるために内部生産を増長することを意味している。すなわち適正な水質を維持するためには、海藻の刈り取りなど十分な管理が必要であることが示唆された。

4. まとめ

アカモクには珪藻 *S. costatum* の増殖を抑制する能力があり、内湾の水質を向上させる可能性があることが明らかとなった。さらに松島湾を対象としたモデルを用いて海藻の効果を検討した結果、年間を通じては浄化に働くものの、分解期である6、7月においては汚濁源として働くことが分かり、適正な水質を維持するためには、十分な管理が必要であることが示唆された。

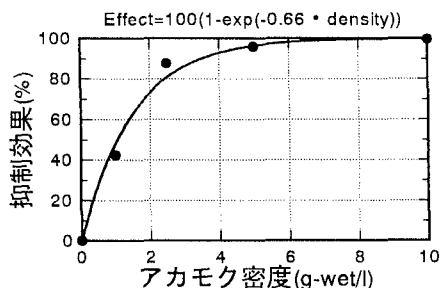


図4 アカモク共存系における *S. costatum* の抑制効果

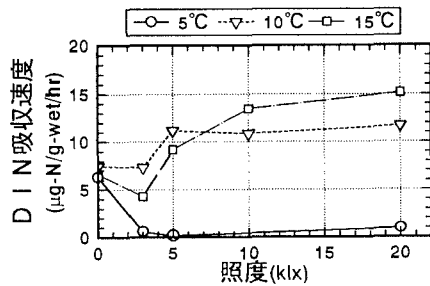


図1 各水温におけるDIN吸収速度と照度の関係

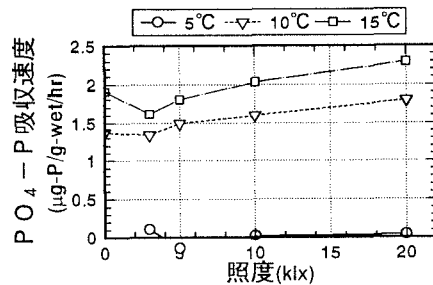


図2 各水温における PO_4-P 吸収速度と照度の関係

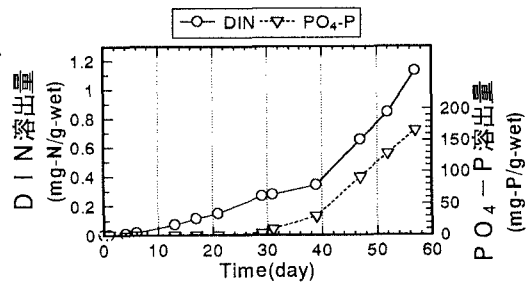


図3 DIN、 PO_4-P 溶出量の経日変化

ことを確認した。さらに面積を変化させた場合、栄養塩に関してはそれほど影響はないが、Chl. aは4月、6、7月の値が大きく変動することが分かる。このことは藻場面積を増加させた場合、4月には内部生産を抑制する効果は見られるが、6、7月には栄養塩が溶出てくるために内部生産を増長することを意味している。すなわち適正な水質を維持するためには、海藻の刈り取りなど十分な管理が必要であることが示唆された。

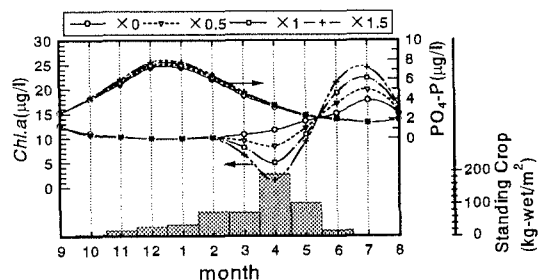


図5 各藻場面積におけるChl. a及び PO_4-P