

アオサを利用した海藻バイオフィルターによる魚類飼育水からの栄養塩回収

宮崎大学大学院 学員 亀谷卓司  
 宮崎大学工学部 正員 丸山俊朗  
 宮崎大学工学部 正員 鈴木祥広

1.はじめに

現行の開放型養殖場は、重要な汚濁負荷源であると言わざるを得ない。環境への負荷を最小限にとどめた状態で、今後さらに増加し続ける人口に見合う食料(タンパク源)を生産し、供給していくためには、新しい持続可能な養殖形態に移行することは必至である。このような背景の中、最近、養殖排水を全く出さずに、飼育水を高度に浄化し、繰り返し使用する完全閉鎖循環式の養殖システムが開発されつつある。完全閉鎖循環式養殖システムでは、窒素除去が大きなポイントの一つである。魚の排泄した毒性の強いアンモニア性窒素(NH<sub>4</sub>-N)は好気性生物処理で容易に硝化できる。しかし、飼育水中に硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)が高濃度で蓄積されると魚類の生育に障害が生じるため、NO<sub>3</sub>-Nを低濃度で一定に保持しなければならない。NO<sub>3</sub>-Nの除去プロセスとして、メタノールを用いて嫌気性状態で脱窒処理する方法が検討されているが、メタノール注入率と嫌気条件の制御が必要であり、養殖技術として普及するには至っていない。一方、窒素やリンは海藻から見ると、生長・増殖に必要な元素である。すなわち、養殖場から負荷される溶解性窒素や溶解性リンは、海藻にとってきわめて有用な成分であり、富栄養化海水あるいは養殖排水は、海藻の生産を促進させる能力を秘めている。海藻による栄養塩回収は好気条件すなわち魚類飼育と同一の条件で行われ、しかも無注薬であるから、海藻バイオフィルターの維持管理はきわめて容易である<sup>1)</sup>。

本研究では、緑藻アオサについて、その栄養塩吸収能力と増殖量からアオサの栄養塩回数プロセスの材料としての適用性を検討した。栄養塩としてNO<sub>3</sub>-Nから評価した。栄養塩負荷量に対するバイオマス量を定量的に求め、海藻による栄養塩回収プロセスの設計条件を設定し、得られた条件に基づいて、海藻培養プロセスを組み込んだ完全閉鎖循環式養殖システムを構築し、実際にそのシステムで魚類の飼育試験を実施した。

2.実験方法

**摂取速度実験** 三角フラスコ(2.8L)に栄養塩濃度をNO<sub>3</sub>-N濃度で約2~20mg-N/LになるようにPES原液(海水補強剤:1/1PESのNO<sub>3</sub>-N濃度≒9.2mg-N/L, 1/20PESのNO<sub>3</sub>-N濃度≒0.46mg-N/L)を用いて調整した海水2Lに湿重量1gのアオサを投入し、バッチ式培養試験(20℃, 照度7000Lux, L:D=12hr:12hr, 振とう速度100rpm)を行った。培養液は6~24時間ごとに採水し、NO<sub>3</sub>-N濃度を測定した。実験期間は1週間とし、藻体量あたりの最大摂取速度を求めた。実験に用いるアオサは所定の栄養塩濃度の異なる2つの条件(Run1,2 [1/20PES], Run3,4 [1/1PES])で2週間以上前培養したものをを用いた。

**負荷許容量実験** 1/1PES海水2Lに藻体2gを収容し、NO<sub>3</sub>-N最大摂取速度より求めた1日あたりの最大摂取量(日最大摂取量)の1/5~2倍の負荷量になるように1日1回、定時にパルス的にPES原液を添加した。PES添加は魚類の排泄を想定している。培養液のNO<sub>3</sub>-N濃度の変化を調べた。

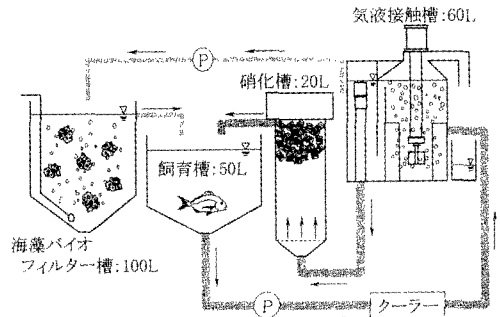


図-1 海藻バイオフィルターを組み込んだ閉鎖循環式養殖システム。

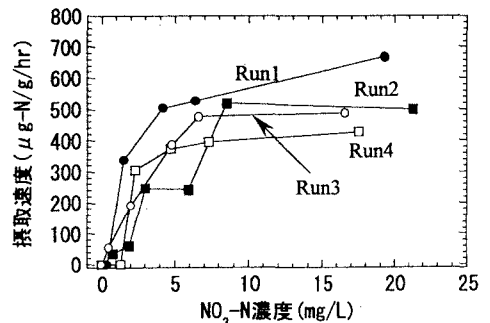


図-2 NO<sub>3</sub>-N 摂取速度。

キーワード: アオサ, 摂取速度, 負荷許容量

連絡先: 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1 TEL 0985-58-7339 FAX 0985-58-7344

### 海藻バイオフィルターを組み込んだ閉鎖循環式養殖システム

海藻バイオフィルターを組み込んだ閉鎖循環式養殖システムを作成し(図-1)、飼育水からの栄養塩回収実験を行った。海藻バイオフィルターの規模と藻体投入量は最大負荷許容量から求めた<sup>2)</sup>。飼育水は循環ポンプにより気液接触槽で酸素の溶入が行われ、硝化槽でSS除去及びNH<sub>4</sub>-Nの硝化が同時に行われ、飼育水槽へと返送される。海藻バイオフィルター槽には、別系統のポンプにより滞留時間が7.5時間となるように飼育水を流した。飼育魚として、メジナ(総重量170g, 6尾)を放養した。1日に10時と17時の2回、1gずつ給餌を行った。給餌の前に採水し、飼育水のNO<sub>3</sub>-N濃度を測定した。

### 3.結果と考察

**NO<sub>3</sub>-N 摂取速度** 図-2は初期NO<sub>3</sub>-N濃度に対するアオサのNO<sub>3</sub>-N摂取速度の関係である。Run1~4いずれの実験においても類似した傾向を示した。前培養の栄養状態の違いが摂取速度に及ぼす影響は認められなかった。Run1~Run4までの最大摂取速度を平均すると500μg-N/g-dry/hrとなった。

**負荷許容量** 図-3には、異なる負荷量における培養液のNO<sub>3</sub>-N濃度の変化を示した。日最大摂取量と同量(1倍)と2倍量に相当するNO<sub>3</sub>-Nを毎日負荷した場合には、NO<sub>3</sub>-N濃度は上昇し、NO<sub>3</sub>-Nは蓄積した。これらは過剰負荷であると判断される。一方、日最大摂取量の1/2倍量の負荷を毎日与えた培養液のNO<sub>3</sub>-N濃度は一定であり、蓄積は見られなかった。そこで、NO<sub>3</sub>-N濃度の上昇が見られない負荷量を藻体が1日で摂取できるNO<sub>3</sub>-N最大負荷許容量(日最大負荷許容量)と判断した。アオサの日最大負荷許容量は日最大摂取量の1/2倍量の1.4mg-N/g-wet/dayとなる。日最大許容負荷量(1.4mg-N/g-wet/day)と同量のNO<sub>3</sub>-Nを、アオサを収容しない系に負荷したものととの比較を図-4に示した。このコントロールとアオサの投入してある系との差分のNO<sub>3</sub>-Nがアオサの摂取量、すなわち回収量である。

**飼育水の栄養塩回収** 図-5には、積算給餌量に対する飼育水中に蓄積するNO<sub>3</sub>-N量を示した。海藻バイオフィルターを運転しない場合には、NO<sub>3</sub>-Nは直線的に上昇した。ところが、アオサを海藻バイオフィルターとしてシステム内に組み込むと傾きは減少する傾向を示した。アオサが蓄積するはずのNO<sub>3</sub>-Nを摂取したことが明らかである。

### 4.まとめ

- 1) アオサのNO<sub>3</sub>-Nの最大摂取速度は500μg-N/g-dry/hrとなった。
- 2) アオサのNO<sub>3</sub>-Nの日最大負荷許容量は日最大摂取量の1/2倍(1.4mg-N/g-wet/day)と見積もることができた。
- 3) 上記の設計条件をもとに海藻バイオフィルターを閉鎖循環式養殖システム内に組み込んだ実験を行った結果、アオサの摂取によってNO<sub>3</sub>-Nの蓄積量は減少した。

### 参考文献

- 1) 鈴木祥広, 丸山俊朗: 養殖場の水質浄化, アオサの利用と環境修復(能登谷正浩編著), 成山堂書店, pp.76-93, 1999.
- 2) Korm, M.D. et al.: Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype 'non-polluting' integrated mariculture system, Eilat, Israel, Marine Ecology Progress Series, 188, 25-36, 1995.

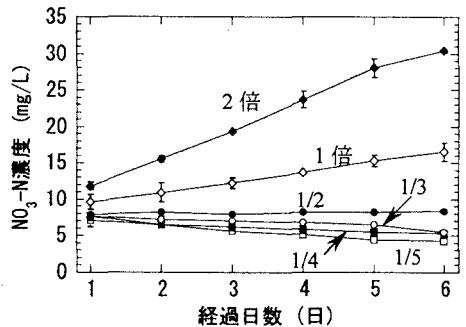


図-3 負荷量に伴うNO<sub>3</sub>-N濃度の変化。

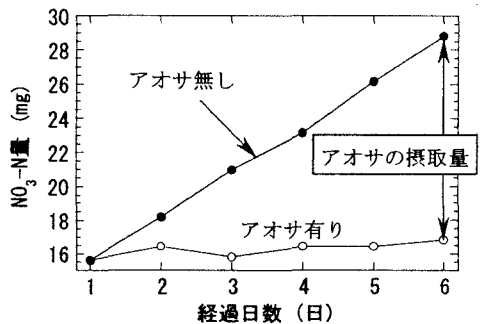


図-4 海藻の有無によるNO<sub>3</sub>-N変化。

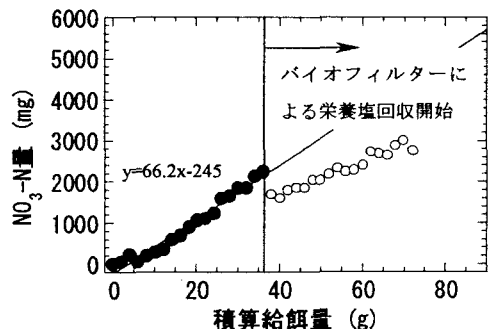


図-5 給餌量に対する飼育水中のNO<sub>3</sub>-N変化。