

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

宮崎大学工学部 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
 大分工業高専 正員 高見 徹

1.はじめに

日本の沿岸環境における富栄養化、赤潮の原因の一つとして養殖場からの汚濁負荷が指摘されてきている。この養殖場からの負荷削減対策として、閉鎖循環式養殖システムの研究・開発が注目されている。現在の最新のシステムでは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化によって飼育水に蓄積する硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) は、嫌気性微生物処理によって脱窒する方式をとっている。一方、飼育水より除去されるべき窒素、リンなどの栄養塩は植物の生長にとって必要な元素である。したがって、魚からの排泄物を負荷ではなく、栄養塩の供給源として捉えて、これを海藻に取り込ませ、海藻の生産量を上げることができれば、養殖場環境および沿岸海域の浄化に寄与できるだけでなく経済的メリットも期待できる¹⁾。海藻を利用した魚類養殖排水・飼育水からの栄養塩回収プロセス、すなわち海藻バイオフィルターが開発されればその利用価値は極めて高い。そこで本研究では、紅藻オゴノリについて、その栄養塩回収能力から海藻バイオフィルターとしての適用性を検討し、栄養塩負荷量 ($\text{NO}_3\text{-N}$ で評価する) に対する必要な藻体量を定量的に求め、海藻による栄養塩回収プロセスの設計条件を設定することを目的とした。

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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 9.2mg-N/L, 1/20PES の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 0.46mg-N/L) を用いて調整した海水 2L に 5g-wet の藻体を投入し、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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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。実験に用いるオゴノリは所定の栄養塩濃度の異なる 2 つの条件 (Run1~3 [1/20PES], Run4~6 [1/1PES]) で 2 週間以上前培養したものを用いた。

負荷許容量実験 1/1PES に調整した海水 2L に 10g-wet の藻体を收容し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 最大摂取速度より求めた 1 日あたりの最大摂取量の 1/5~2 倍の負荷量になるように PES 原液を 1 日 1 回、定時にパルス的に添加した。これは魚類の排泄を想定している。培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度変化を測定した。

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り(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。飼育水は循環ポンプにより気液接触槽で懸濁物除去および酸素の溶入が行われ、硝化槽で魚類に

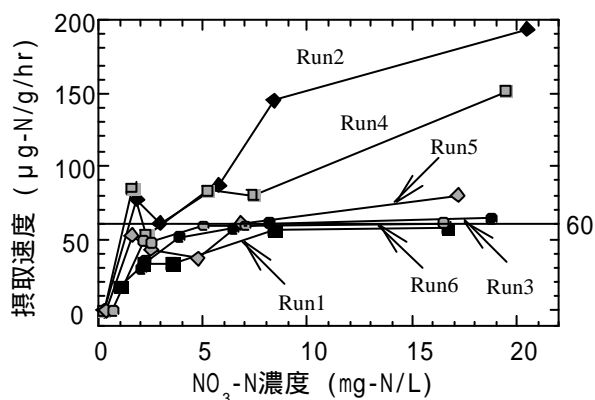
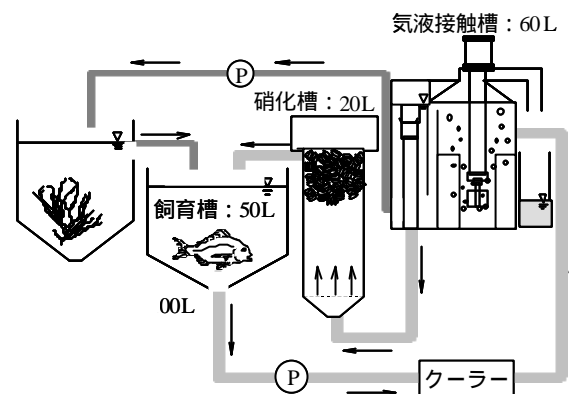


図-2 $\text{NO}_3\text{-N}$ 摂取速度。

キーワード: オゴノリ, 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

有害なアンモニア性窒素，亜硝酸性窒素が硝化されて $\text{NO}_3\text{-N}$ となり，飼育水槽へと循環する．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1日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130g，6尾)を放養した．1日に10時と17時の2回，約1.5gずつ給餌した．給餌の前に採水し，飼育水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化を測定した．

3. 結果と考察

$\text{NO}_3\text{-N}$ 摂取速度 図-2は初期濃度に対するオゴノリの $\text{NO}_3\text{-N}$ 摂取速度の関係である．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．高い摂取速度を示した系もみられた (Run2, Run4) が，4回の実験で摂取速度はいずれも類似した挙動を示した．これら4回の実験データを平均すると，最大摂取速度は $60 \mu\text{g-N/g-dry/hr}$ となった．

負荷許容量 図-3は負荷量による培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化を図示したものである．最大摂取量と同量および2倍量に相当する $\text{NO}_3\text{-N}$ を毎日負荷した場合， $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は上昇し $\text{NO}_3\text{-N}$ は蓄積した．これらは過剰負荷であると判断される．一方，最大摂取量の $1/2$ 倍量の負荷を毎日与えた培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は一定であり，蓄積は見られなかった． $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 最大負荷許容量と判断した．オゴノリの最大負荷許容量は最大摂取量の $1/2$ 倍量の $0.12\text{mg-N/g-wet/day}$ となる．最大許容負荷量 ($0.12\text{mg-N/g-wet/day}$) と同量の $\text{NO}_3\text{-N}$ を，オゴノリを収容しない系に与えたものとの比較を図-4に示した．このコントロールとオゴノリの投入してある系との濃度差がオゴノリの摂取量，すなわち回収量である．

飼育水の栄養塩回収 図-5は積算給餌量と飼育水中に蓄積する硝酸量を図示したものである．海藻バイオフィルターを運転しないときの硝酸量は，直線的に上昇した．ところが，オゴノリをバイオフィルターとしてシステム内に組み込むと一定の傾きを示した．これは $\text{NO}_3\text{-N}$ がオゴノリに摂取されたためと考えられる．

4. まとめ

- 1) オゴノリの $\text{NO}_3\text{-N}$ の最大摂取速度は $60 \mu\text{g-N/g-dry/hr}$ である．
- 2) オゴノリの $\text{NO}_3\text{-N}$ の最大負荷許容量は最大摂取量の $1/2$ 倍 ($0.12\text{mg-N/g-wet/day}$) である．
- 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， $\text{NO}_3\text{-N}$ 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．

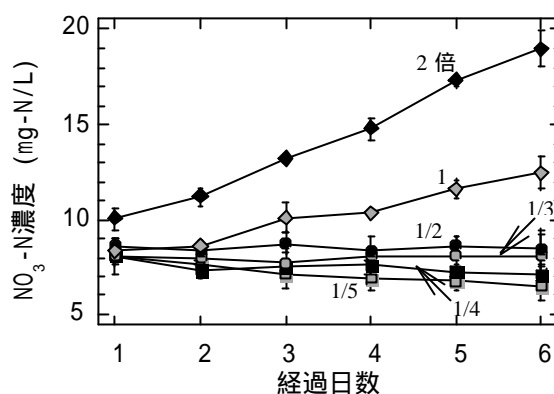


図-3 負荷量に伴う $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化．

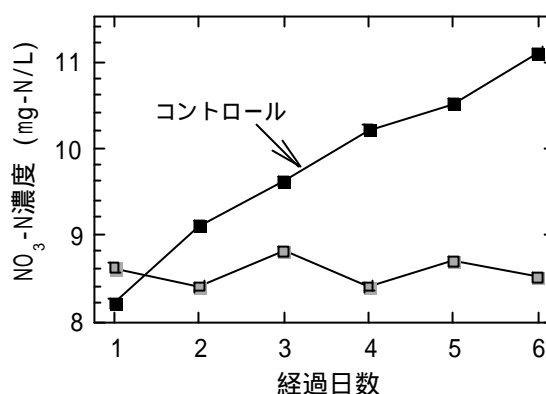


図-4 海藻の有無による $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度変化

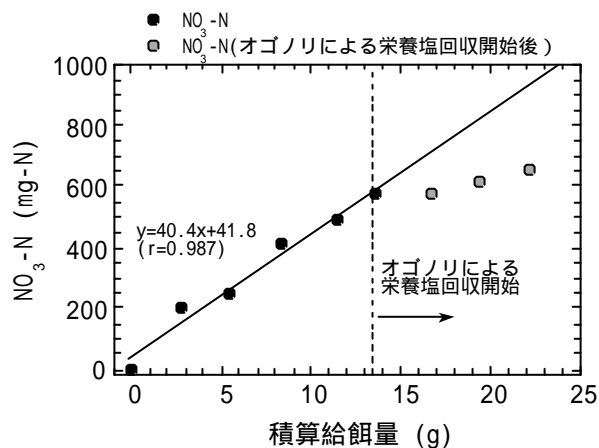


図-5 給餌量に対する硝酸量の変化．