

漁場生産力向上のための漁場改善実証試験

池脇義弘・牧野賢治・西岡智哉・平野 匠

近年、栄養塩濃度の低下に伴いノリ、ワカメの色落ちが頻発している瀬戸内海において、藻類養殖に必要な栄養塩を供給し栄養塩環境を改善するための手法開発及び実証試験を実施する。

本事業は 紀伊水道西部及び周辺海域のノリ・ワカメ養殖漁場において、海水中の栄養塩濃度等の現場観測を行い、海域の栄養塩濃度とノリ・ワカメ生産力との関係を明らかにする漁場生産力低下の原因解明と実証試験から構成される。なお、本試験の詳細は「平成26年度藻漁場生産力向上のための漁場改善実証試験報告書」を参照されたい。

材料と方法

1 漁場生産力低下の原因解明

(1) 栄養塩濃度等の定期観測

本事業報告書の「藻類養殖漁場環境調査」を参照されたい。

(2) 硝酸塩センサーによる観測

Satlantic社製紫外線吸光度方式の硝酸塩センサーSUNAV2（以下、硝酸塩センサーと記す）により、徳島県水産研究課鳴門庁舎の汲み上げ海水（以下、庁舎汲み上げ海水と記す。）に含まれる硝酸塩濃度を観測した。硝酸塩センサーは、100Lのアルテミアふ化槽（以下、計測用水槽と記す。）に設置し、排水パイプに旭有機材工業社製自動バルブ（AM1-020）を取り付けた。計測用水槽には、汲み上げ海水を常時流入させている100L小型水槽からエーハイム社製水中ポンプ（コンパクトポンプ1000）を用いて、計測用水槽に注水した。また、鳴門庁舎前の海面に浮かべた水中ポンプ（レイシー社製RSD-40）から汲み上げた水（以下、表層汲み上げ水と記す。）も庁舎汲み上げ海水と同様の方法で計測用水槽に注水できるようにした。これら2系統の汲み上げ海水は、AQUATORONICA社製アクアリウムコントローラーシステム（ACQ-110とACQ-013Jを使用）により、小型ポンプと電動バルブの電源をタイマー制御することにより、交互に計測用水槽に注水・排水して硝酸塩センサーに交互に計測させた（図1）。

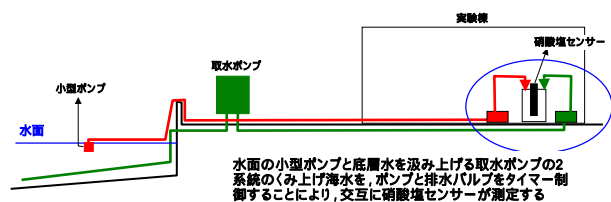


図1. 硝酸塩センサーシステムの概略図。

2 実証試験

(1) 農業用緩効性肥料の溶出試験

平成25年度に行った農業用緩効性肥料の溶出試験について、今年度、試験に供した肥料の乾燥が完了したので、高水温期と低水温期の2回行った試験結果を比較した。なお、試験方法については平成25年度の本事業報告書を参照されたい。

(2) 新型施肥剤の開発

肥料成分をゲル化剤で固めることにより、低温でも溶出する施肥剤の開発を試みた。

ゲル化剤はゼラチン、肥料成分は海水中への溶出状況を硝酸塩センサーで測定できるように硝酸アンモニウムを使用し、表1に示した3タイプの施肥剤を作製した。施肥剤溶液は500mLのディスコカップ（テラオカ社製デスカップD-500）で凝固させ、タイプ1及び2は海水中ではカップから取り出して使用したが、タイプ3は側面に直径10mmの穴21個（側面積の約10%を占める）が開いたケースを500mLのディスコカップとプラスチックの蓋で作製しその中に入れた状態で使用した。

表1. 各タイプの施肥剤の成分等

	純水	硝酸アンモニウム	ゼラチン	備考
タイプ1	250ml	50g	125g	
タイプ2	250ml	50g	50g	
タイプ3	250ml	50g	50g	側面に側面積の約10%の穴を開けたケース入り

各タイプの施肥剤の海水中での溶出量の測定は次の方法によった。まず、0.5tパンライト水槽に500Lの海水を入れ、底中央部からエアレーションをおこない、水槽の水が十分対流するようにした。そして、水面付近に設置したプラスチックのざるに施肥剤を1個投入した。水槽の水は、1~3日に1回全換水し、換水の直前・直後に硝酸塩センサーで硝酸塩濃度を測定した。ただし、タイプ1,2の施肥剤の試験では、試験開始後1,2日目の硝酸塩濃度の上昇が急激であることが想定されたので、1日に2,3回換水をおこなった。

結果

1 漁場生産力低下の原因解明

(1) 栄養塩濃度等の定期観測

結果については、本事業報告書の「藻類養殖漁場環境調査」を参照されたい。

(2) 硝酸塩センサーによる観測

図2は、コントローラーによる切り替えをおこなわずに、庁舎汲み上げ海水を20ないし30分間隔で測定した結果である。センサー計測値は、1日以内の短い周期で1~2μM/L前後で変動したほか、長期的にみれば1月の低下傾向のように比較的緩やかな変動傾向もみられた。図2に印で示したときには、庁舎汲み上げ海水を、先に述べた栄養塩濃度等の定期観測により自動流れ分析装置(swAAt)で硝酸塩濃度を分析しているの、この分析値と比較した(図3)。

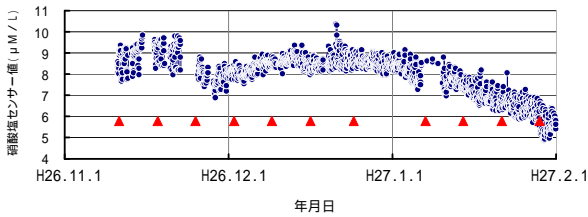


図2．硝酸塩センサーによる測定結果．赤い三角印は、庁舎汲み上げ海水のswAAtによる栄養塩分析を行った日を示す

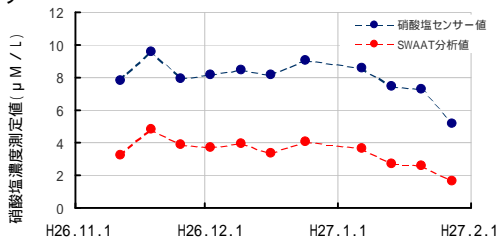


図3．硝酸塩センサーの測定値とswAAtによる硝酸塩濃度分析値の変動。

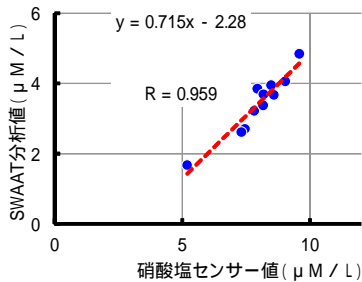


図4．硝酸塩センサーの測定値とswAAtによる硝酸塩濃度分析値の関係。

この両者の変動パターンは酷似しており、明瞭な相関関係が見られた(n=11, r=0.959, p<0.01, 図4)ので、この関係式を用いて硝酸塩センサーの計測値を補正した(センサー補正值)。

2系統の汲み上げ海水の交互観測は、2015年2月2日より開始した。毎時0分は庁舎汲み上げ海水、毎時30分は表層汲み上げ海水を測定した。大潮回りの1週間と小潮回りの1週間について図5に例示したが、小潮回りの時に明瞭のように、表層汲み上げ海水の方が低い傾向が見られた。大潮回りでは、干潮時に2系統水の差が小さくなる傾向が見られたほか、昼の満潮時に硝酸塩濃度が急に上昇した日が見られた。

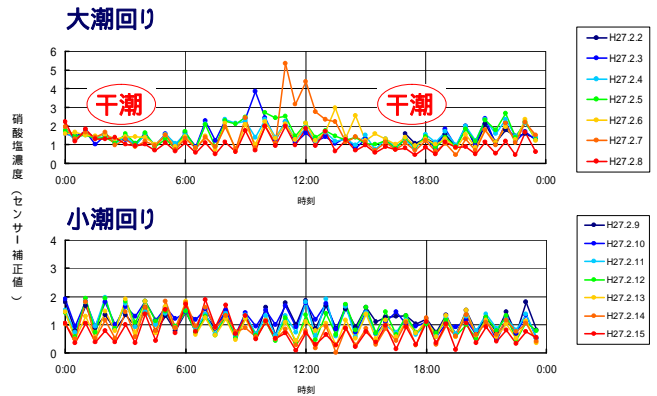


図5．硝酸塩センサーによる測定結果．2系統交互観測例．上図：大潮を含む1週間、下図：小潮を含む一週間

あった。

このような硝酸塩濃度の変化は、気象、海象条件など様々な要因で起こっていると思われるが、現在はまだ観測例が少なく、今後データを蓄積し検討してゆきたい。

2 実証試験

(1) 農業用緩効性肥料の溶出試験

試験の結果は、図6, 7に示した。水温25 前後の高水温期は、各種肥料とも、25 の土壤中の溶出特性とほぼ変わりなく順調に溶出したが、実際のノリ・ワカメ養殖期間の水温に相当する低水温期には、溶出率が著しく低下し、最もよく溶出したものでも2ヶ月で40%の溶出率にとどまった。ただし、低水温期の試験で、硫黄皮膜肥料のみが試験開始後10日間の溶出量がLPコートよりも多く、皮膜の種類によって海水中の溶出特性が異なることが考えられた。

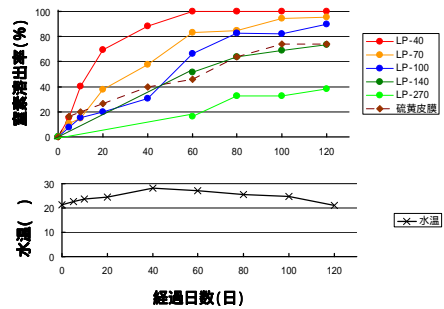


図6．窒素溶出率の推移と水温の変化。(高水温期。試験開始日：平成25年7月4日)

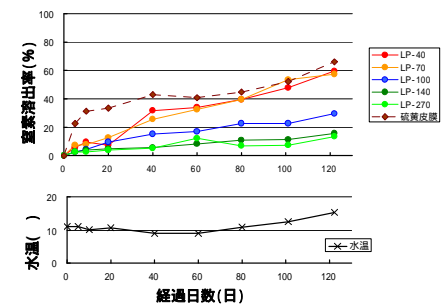


図7．窒素溶出率の推移と水温の変化。(低水温期。試験開始日：平成26年1月10日)

(2) 新型の施肥剤の開発

図8～10に、各タイプの施肥剤の溶出試験結果を示した。硝酸塩の溶出量は、全換水前後の硝酸塩センサーの測定値から換水後次の換水までに水槽内の硝酸塩濃度がどれだけ上昇したかを計算し、それを加算した累積値と1日(24時間)あたりの上昇量で表した。

なお、試験期間中の水温は、おおよそ8～10℃とノリ・ワカメ養殖期間中の水温とほぼ同じであった。

タイプ1及び2の施肥剤では、試験開始後2日目でおおよそ800µM/Lの累積溶出量となったが、その後の累積溶出量の増加は緩やかで、試験開始後9日目でおおよそ1,100µM/Lであった。

これらのタイプの施肥剤では、1日目の溶出量は数百µM/L、2日目の溶出量は200µM/Lと、9日間の溶出量の7～8割の肥料成分が2日間で溶出した。

一方、タイプ3の施肥剤は他の施肥剤と全く異なった溶出特性を示した。1日目は100µM/L、2日目は70µM/L溶出した後、1日当たりの溶出量の減少は緩やかであった。

色落ちしたノリやワカメは、必要な栄養塩があれば1～2週間で回復する(高木ら 2012, 牧野 未発表)と考えられることから、ケース入りの施肥剤の穴の面積をタイプ3よりも大きくすれば、色落ちしたノリ・ワカメへの施肥に適した溶出特性をもつものができる可能性が考えられた。

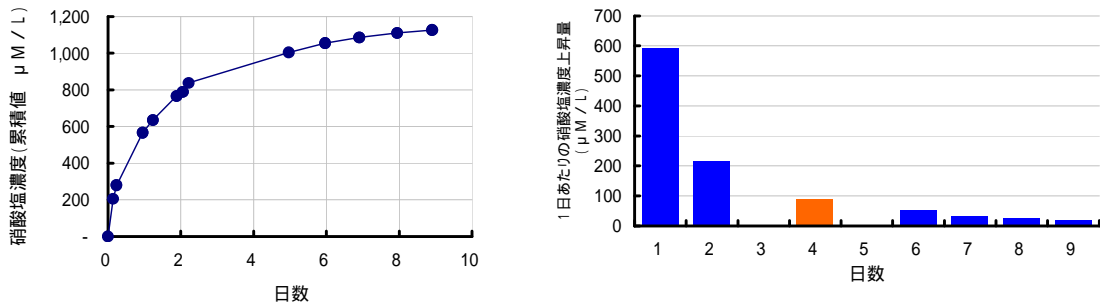


図8．タイプ1の施肥剤を漬けた水槽の全換水前後のセンサー値から求めた水槽水の硝酸塩濃度上昇量．左図：累積値，右図：1日あたりの上昇量．4日目は、3～5日の平均値

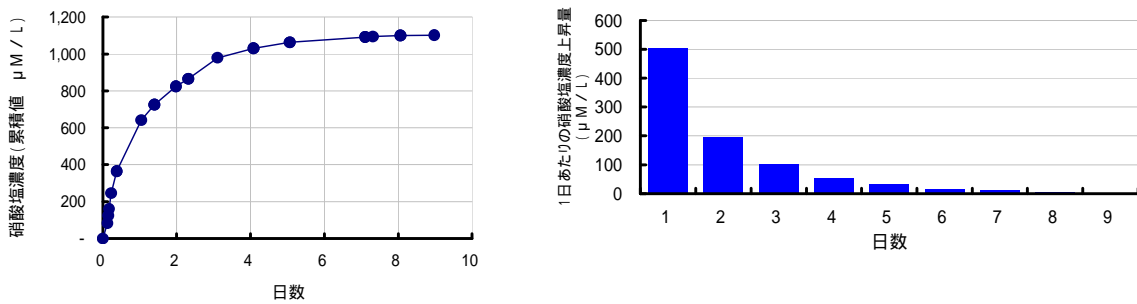


図9．タイプ2の施肥剤を漬けた水槽の全換水前後のセンサー値から求めた水槽水の硝酸塩濃度上昇量．左図：累積値，右図：1日あたりの上昇量

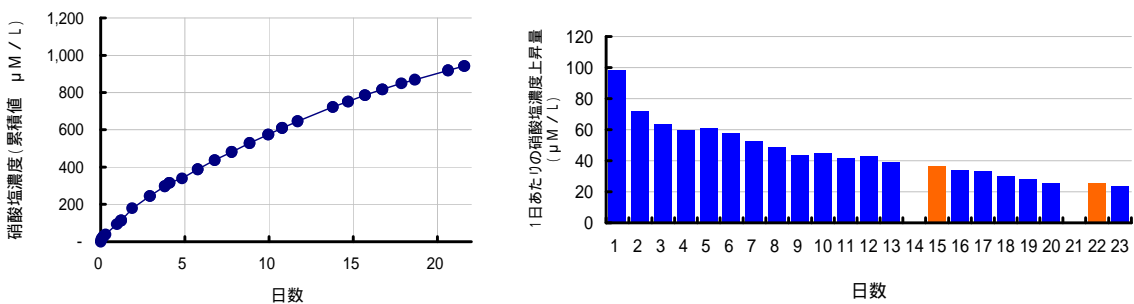


図10．タイプ3の施肥剤を漬けた水槽の全換水前後のセンサー値から求めた水槽水の硝酸塩濃度上昇量．左図：累積値，右図：1日あたりの上昇量．15及び22日目は、その前日との2日間の平均値