

漁場生産力向上のための漁場改善実証試験 実証試験

池脇義弘・牧野賢治・西岡智哉・平野 匠

海域の栄養塩濃度，とくに無機態窒素の不足が原因と考えられる色落ち現象が，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近年頻発している。養殖藻類の色落ちを防ぎ，回復させるための方策の一つとして，施肥が考えられる。そこで，さまざまな施肥剤の溶出特性，色落ちを回復させる効果などを調べ，より効果的な施肥剤そして施肥手法の開発を試みた。

なお，本試験の詳細は「平成28年度藻類養殖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。

分の量を正確に調べることができると考え，溶出試験では，サンプル瓶を施肥剤の最上面から15mmの所で切り取って，溶出した肥料成分が高濃度で溜まる部分をなくすようにした（図1）。なお，以下ではたとえば容積1リットルでゼラチンの蓋の厚みが10mmの施肥剤を，“1L-蓋10mm”と表すことにした。その他の規格の施肥剤の名前もこの表記方法にならった。

材料と方法

(1) 施肥剤の溶出試験

試験で供試した施肥剤は，昨年度開発したゼラチン施肥剤の改良型で，肥料成分の硝酸アンモニウム水溶液を1ないし3リットルの広口T型瓶（アズワン社製）に入れて寒天で固め，寒天の上部は20%のゼラチンで覆って（以下，ゼラチンの“蓋”という。），肥料成分の溶出量を調整できるようにしたものである（写真1，図1）。



写真1. 改良型施肥剤（1 L 瓶タイプ）
左から，蓋なし，蓋-7mm，蓋-10mm，蓋-20mm。

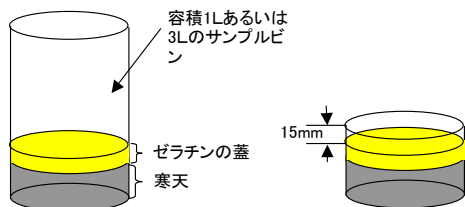


図1. 改良型施肥剤の外形。溶出試験時には，右の図のように広口T型瓶の上部を切り取った。

このような方法で作製した施肥剤（以下，改良型施肥剤という）の成分等を，表1に示した。この施肥剤は，サンプル瓶内のゼラチンの“蓋”より上部の海水中に溶出した肥料成分が高濃度で溜まる仕組みになっている。このような仕組みがない方が，一定時間に施肥剤から溶出する肥料成

表1. 改良型施肥剤の成分および蓋の種類

容器の容積	1個当たりの成分			20%ゼラチンの蓋
	イオン交換水	硝酸アンモニウム	寒天	
1リットル	250mL	75g	12.5g	なし，7mm，10mm，20mm
3リットル	375mL	150g	20g	なし，10mm

溶出試験には0.5トンパンライト水槽を用いた（以下，試験水槽という）。改良型施肥剤を1個，水槽の縁と中央の中間地点の満水時の水面から20cm下方に吊した。底の中央からはエアレーションを行い，水槽内の海水が攪拌されるようにした（図2）。水槽内の海水は，1時間毎に75Lずつ小型ポンプ（エーハイム社製 No.1000）でSatlantic社製紫外線吸光度方式の硝酸塩センサーSUNA V2（以下，センサーと記す。）により硝酸塩濃度を測定する水槽に送り，硝酸塩濃度を測定した。また，測定後には，試験水槽に，75Lの汲み上げ海水を注水し水槽内の水量（500L）を一定に保つようにした。

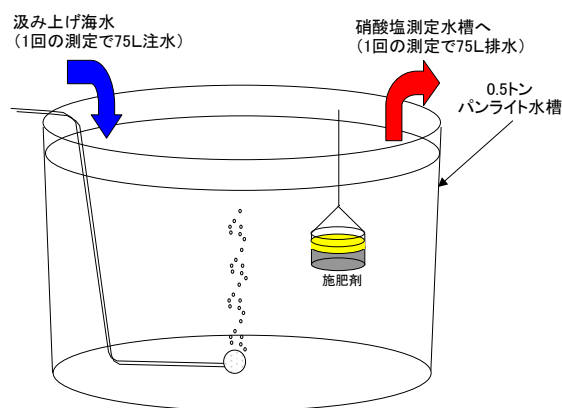


図2. 溶出試験水槽の構造。

センサーは，測定用水槽への給排水をプログラムタイマーで制御することにより，15分おきに異なる試水の測定ができるようにした。毎時0分と30分の計測は，水産研究課の汲み上げ海水等の硝酸塩濃度のモニタリングに使用し

ているため、毎時15分と45分の計測で2つ設置した試験水槽の硝酸塩濃度を測定した。プログラムタイマーのタイムスケジュールを図3に示した。このように、汲み上げ海水、表層水、試験水槽1、試験水槽2の硝酸塩濃度測定

を、1時間毎におこない、これらの測定値をもとに図4に示した方法で、まず、施肥剤が1時間に500Lの海水の硝酸塩濃度をいくらか上昇させたかを計算した後、累積溶出率を計算した。

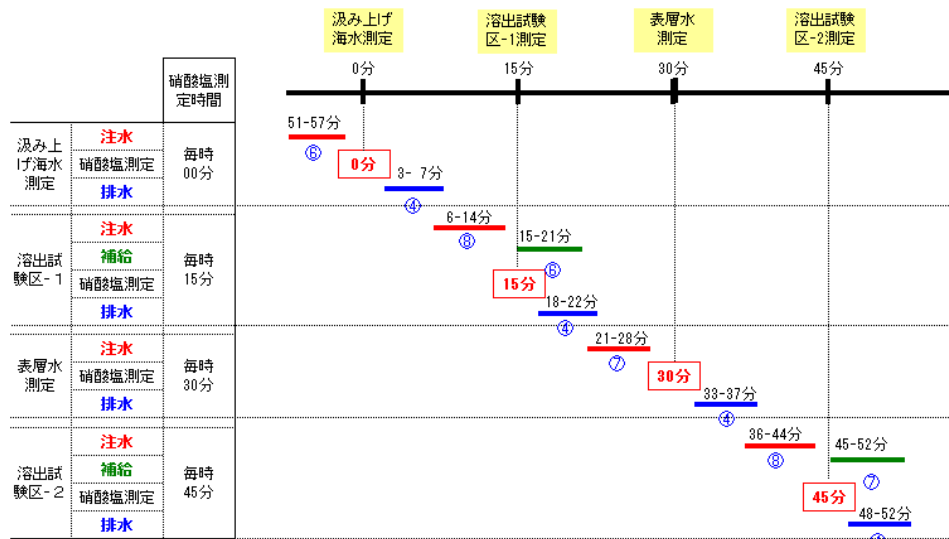


図3. 硝酸塩センサーによる硝酸塩濃度測定・切替システムのタイムスケジュール. 丸数字は所要時間(分)

水槽内の海水量: 500L } 1回の測定における海水交換率
一回の測定で送る水量: 70L } = 70 / 500 = 0.14

※測定後に補給される海水(汲み上げ海水): 70L

X_n : n回目の測定における硝酸塩濃度
 K_n : n回目の測定における汲み上げ海水の硝酸塩濃度
 Y_n : n回目からn+1回目の測定の間(1時間)に上昇した水槽内の硝酸塩濃度

$$Y_n = X_{n+1} - \{ X_n \times (1 - 0.14) + K_n \times 0.14 \}$$

Z: 累積溶出率(施肥剤中の肥料成分全量に対する累積溶出量の割合%)
M: 施肥剤中の肥料成分がすべて500L海水中に溶出した場合の硝酸塩濃度
硝酸アンモニウムの分子量80で計算すると、1L瓶タイプで、1,875 μM

$$Z(\%) = \sum Y_n / M \times 100$$

図4. 溶出量の計算方法.

(2) 養殖漁場現場での野外試験

図5に野外試験を行った場所を示した。

各ワカメ養殖漁場において、ワカメの株元に様々なタイプの施肥剤を吊し、およそ1週間及び2週間後に施肥剤を吊した株(施肥株)と吊さなかった株(対照株)のワカメを刈り取り、持ち帰った後基部付近の葉体のSPAD値を測定した。なお、対照株は、施肥株から、数m以上離れたものを選んだ。

また、試験を行った漁場に、流速計(JFEアドバンテック社製AEM-HRあるいはINFINITY-EM)を水深0.5mに設置し、流速と水温を測定した。なお、流測計による測定は現在も継続中であり、データの解析結果は、次の報告書に記載する。

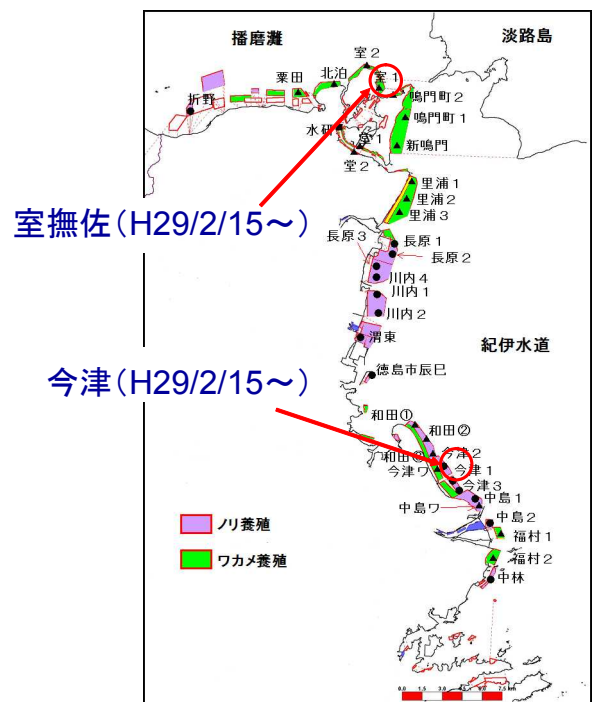


図5. 野外試験実施場所.

図6, 7, 表2に, 各野外試験の概要を示した。両野外試験とも最初に設置した施肥剤は, 同じ規格のものを2個ずつ隣り合うように設置したが, およそ1週間後には片方のみサンプリングし, そのとき取り外した施肥剤は, もう片方の同規格の施肥剤を吊していた株に追加して吊した (表2)。

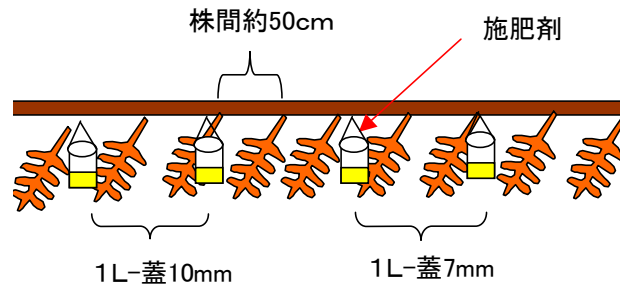


図6 . 室撫佐における野外試験の概略図.

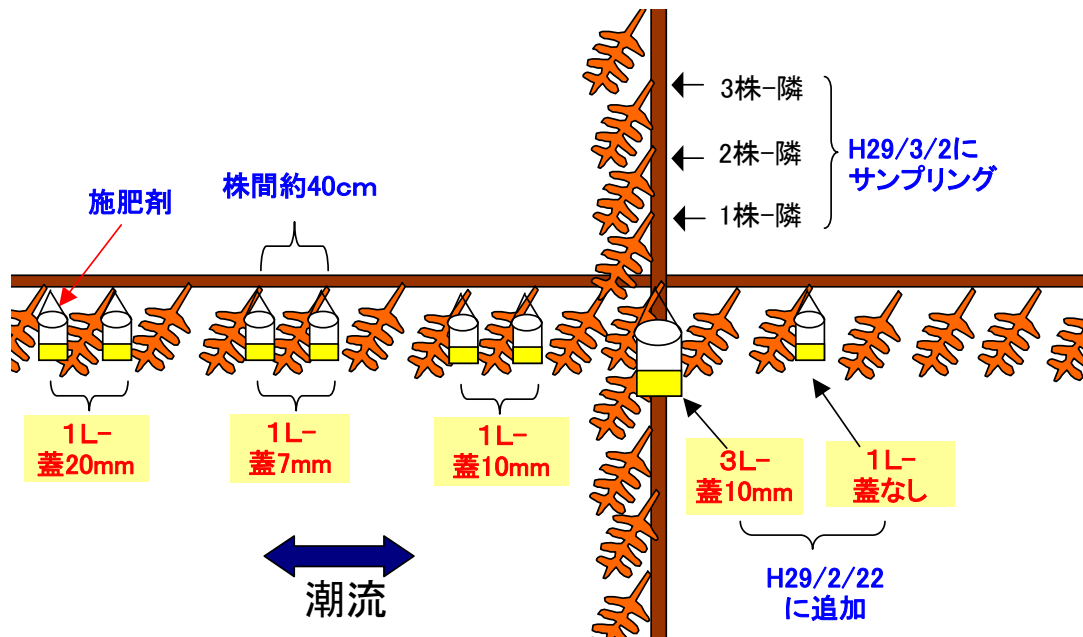


図7 . 今津における野外試験の概略図.

表2 . 各野外試験の施肥剤設置及びサンプリング結果

試験場所	年月日	
室撫佐	H29/2/15	施肥剤(1L-10mm, 7mm各2個)設置
	H29/2/20	各種施肥剤の片方をサンプリング サンプリングした株の施肥剤を, 同種の残した方の施肥剤を設置した株へ移動
	H29/2/28	サンプリング
今津	H29/2/15	施肥剤(1L-20mm, 10mm, 7mm各2個)設置
	H29/2/22	各種施肥剤の片方をサンプリング サンプリングした株の施肥剤を, 同種の残した方の施肥剤を設置した株へ移動 施肥剤(3L-10mm, 1L-蓋なし)設置
	H29/3/2	サンプリング

結 果

(1) 施肥剤の溶出試験

溶出試験に供試した施肥剤は、容器の容積が1Lのものでは、「蓋なし」、「蓋7mm」、「蓋10mm」および「蓋20mm」、3Lのものでは「蓋なし」、「蓋10mm」の計6タイプであった。各タイプの施肥剤の溶出パターンについて、図8に1時間に上昇した硝酸塩濃度の経時変化を、図9に累積溶出率を示した。

ゼラチンの蓋が厚いほど施肥剤の溶出が抑制されており、この厚みを調整することにより施肥剤の溶出特性を制御できることが明らかとなった。また、ゼラチンの蓋がないものは、あるものと比較して溶出パターンが異なり、単位時間当たりの溶出量の経時的な減少が著しい傾向がみられた(図8)。累積溶出率をみると、ゼラチンの蓋がある場合、海水中に漬けて2週間経過後も累積溶出率はおよそ40~60%の範囲にあったが、蓋がない場合の累積溶出率は、6日後には60%を超えて、2週間後には80%以上となった(図9)。

(2) 養殖漁場現場での野外試験

室撫佐における試験結果を図10に示した。平成29年2月20日(試験開始後5日目)に最初のサンプリングを行ったが、対照区および1L-蓋7mm施肥剤を吊した株のSPAD値は、やや下がったが、1L-蓋10mm施肥剤を吊した株(以下、1L-10mm区)のSPAD値はほぼ横ばいであった。これは、1L-10mm区にSPAD値が8以上のワカメが2体みられたためと思われる。これらのワカメは施肥成分がよく“あたって”いた可能性もあるが、残りの藻体のSPAD値は対照区とほぼ同じであり、全体として施肥株と対照区で明確な差異は認められなかった。2回目のサンプリング時には対照区もSPAD値が回復し、施肥株との差異はみられなかった。

一方、今津の試験では、試験開始時のSPAD値が約1と、極めて色落ちが進行した状態だったが、平成29年2月22日(試験開始後7日目)に1回目のサンプリングを実施したが、対照区のSPAD値はおよそ1のままだったが、施肥区はすべて明確にSPAD値が上昇し、平均でも7~9の範囲にあった(図11、写真2)。また、明瞭ではないものの、ゼラチンの蓋が薄い(肥料成分の溶出量が多い)区ほどSPAD値が高い傾向が見られた。2回目のサンプリング時には対照区のSPAD値が上昇し平均で約6となったが、施肥区のSPAD値は平均で約9と対照区よりも高かった。ただし、吊す施肥剤の数を、1回目のサンプリングまでより2倍(2個)としたが、1回目と2回目のサンプリング間の差は見られなかった。また、1回目のサンプリング時に最も溶出スピードが速いゼラチンの蓋がない施肥剤を追加して吊した

が、この株のSPAD値の上昇は最も急激であり、1週間の間に、SPAD値が平均で約1から10以上まで増加した(図12)。

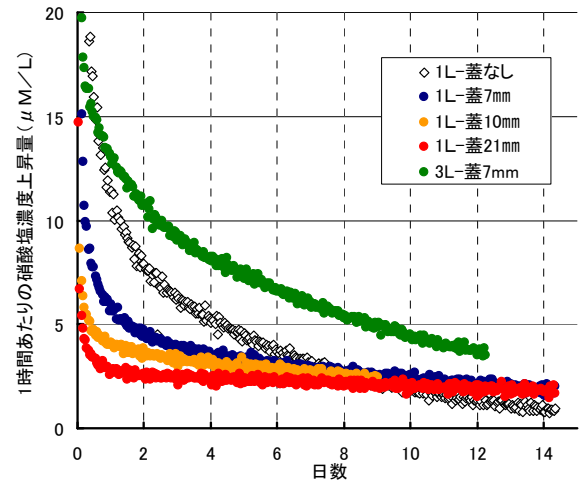


図8. 1時間に上昇した硝酸塩濃度の経時変化。

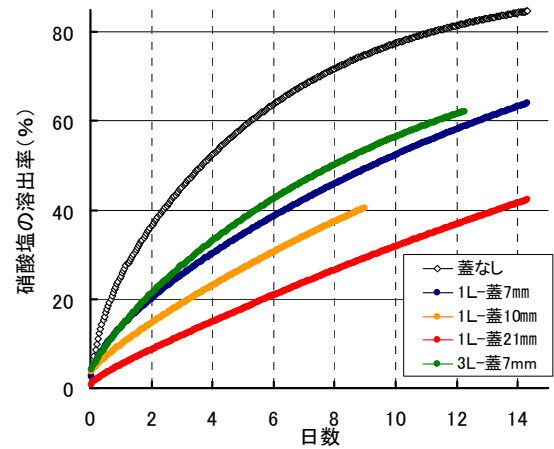


図9. 累積溶出率。

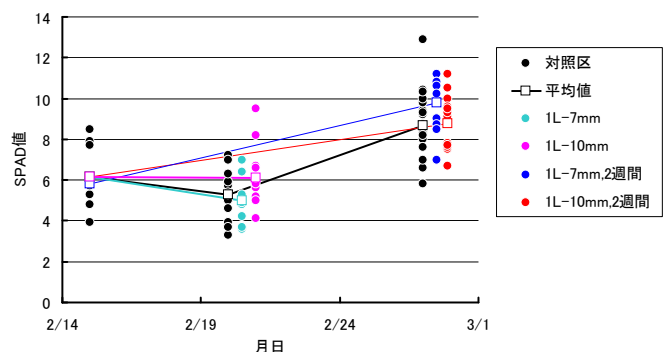


図10. 室撫佐における野外試験結果。

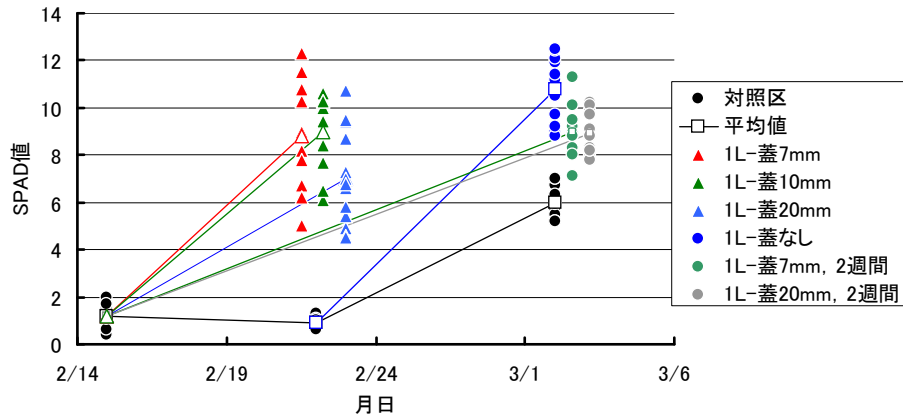


図11. 今津における野外試験結果. ゼラチン蓋の厚みや施肥期間の差異による比較略図.

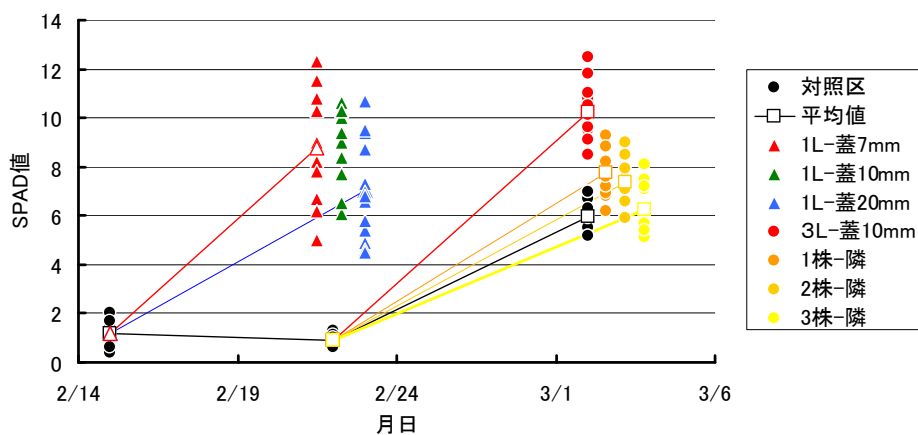


図12. 今津における野外試験結果. 施肥剤の容積や施肥剤との距離の差異による比較.

これらのことから、1L瓶の施肥剤でも、溶出成分がうまくワカメの葉体にあたれば、数日から1週間でSPAD値が回復する可能性があり、また、その回復の程度は、単位時間当たりの溶出量が多い施肥剤ほどよいことが示唆された。

また、溶出量が容積1Lのものより覆い3L-蓋10mmタイプの施肥剤も、1回目のサンプリング時に追加して吊したが、この施肥剤を吊した株の藻体のSPAD値は、8日間で平均1から10と急激に回復した（図12）。この株から1~3株離れた株のワカメもサンプリングしSPAD値を測定したが、施肥した株から離れるほどSPAD値が小さくなる傾向がみられた。1及び2株離れた株の藻体のSPAD値は平均で7~8と対照区よりも高かったが、3株離れた藻体ではSPAD値が平均で6と対照区との差異は見られなかった（図12）。株の間隔は約40cmなので、この施肥剤の効果は、設置場所から半径0.8m程度まで及ぶものと思われた。

今回実施した野外試験では、施肥剤の効果がほとんどみられなかった場合と、明確に見られた場合があったが、このような結果の違いがどのような要因で生じたか今後検討する必要がある。



写真2. 今津の野外試験で施肥によって色落ちが回復したワカメ（右側：平成29年3月2日、1L-蓋7mm、2週間）.