

## ノリ養殖システム確立調査

二枚貝の増養殖等を組み合わせたノリ色落ち軽減技術の開発

津城啓子・野口浩介・三根崇幸・藤武史行

有明海佐賀県海域において近年問題となっているノリの色落ちは、海水中の栄養塩を競合する植物プランクトンの増殖により発生している。現在、佐賀県では、色落ちへの対策として、生産の継続が困難と判断される際に、海水で溶解した栄養塩を漁場に添加する方法（通称：施肥）が行われている。しかしながら、この方法では、プランクトンの動向によっては施肥を実施できない等の問題がある。そこで、プランクトンの増殖に影響が少ない方法として、支柱漁場で通常行われる干出作業中のノリ網の葉体に直接栄養塩を吹きつけ吸収させる技術（以下、干出施肥）を検討した。また、同様に二枚貝の摂餌による色落ち原因プランクトンの除去効果および排泄に伴う栄養塩供給についても検討したので報告する。

### 方 法

#### (1) 栄養塩浸漬によるノリ色落ち軽減効果把握試験（室内試験）

色落ちノリ葉片の作製

供試ノリは、ナラワササビノリの養殖品種G9を室内採苗後、改変SWM-Ⅲを添加した水温18℃の海水で27日間通気培養し、葉長10cm程度に生長させた。その後、溶存無機態窒素（DIN）の濃度5.0μMの海水（以下、培養海水）を用いて、水温11℃、塩分30、光強度90μmol/sec/m<sup>2</sup>、光周期10L:14Dの条件下で3日間通気培養し、色落ちの初期兆候である色調(L\*値62<sup>1)</sup>)まで色落ちさせた。色落ちノリの葉片（以下、葉片）は、生検トレパンを用いて直径5mmに打ち抜き作製した。

なお、L\*値については色落ちの進行にともない上昇し、64で軽度、71以上で重度となる<sup>1)</sup>。

#### 色落ち軽減効果把握試験

昨年、干出施肥前の葉片の含水率については、色落ち軽減効果に影響を及ぼさないことが確認されたため<sup>2)</sup>、上述の方法で作成した葉片の表面の水分を軽く除

去して、試験を開始した。その後、葉片を栄養塩（第一製網製 液体肥料 ワンダーL (DIN:3,187 μM)）に1分間浸漬した後、室温20℃、湿度60%の恒温恒湿器内で葉片を乾燥させることで、含水率が90%（以下、90%区）、60%（以下、60%区）、20%（以下、20%区）となるように調整し、それぞれ試験区とした。その後、各試験区ともに、葉片を30枚ずつ準備し、上述の作業を1日1回行ったのち、葉片の表面に付着した栄養塩を洗浄し、培養海水を用いて水温11℃、塩分30、光強度90μmol/sec/m<sup>2</sup>、光周期10L:14Dの培養条件で5日間培養した。なお、葉片の含水率は、下記の計算式より求めた<sup>3)</sup>。

$$\text{含水率(\%)} = \frac{\text{ノリの乾燥前の重さ} - \text{ノリの完全乾燥の重さ}}{\text{ノリの乾燥前の重さ}} \times 100$$

次に、培養0、4、6日目に葉片10枚を無作為に選び、色調(L\*値)および面積を測定した。L\*値の測定には分光測色計（コニカミノルタ製CM-3500d）を用い、葉片面積は、画像解析ソフト（ImageJ）を使用し算出した。なお、測定後に使用した葉片は廃棄した。

#### (2) 二枚貝及び干出中の栄養塩添加による色落ち改善効果把握試験（野外試験）

試験は、令和3年1月14日～20日の間に佐賀県有明海漁業協同組合たら支所の協力のもと、佐賀県藤津郡太良町地先の養殖漁場内（図1）において、ノリ網



図1野外試験地

(1.6m×18m) 32枚を用いて行った。試験区は、カキ区、カキ+干出施肥区、干出施肥区及び干出施肥もカキの設置も行わない対照区各8枚ずつとした(図2)。

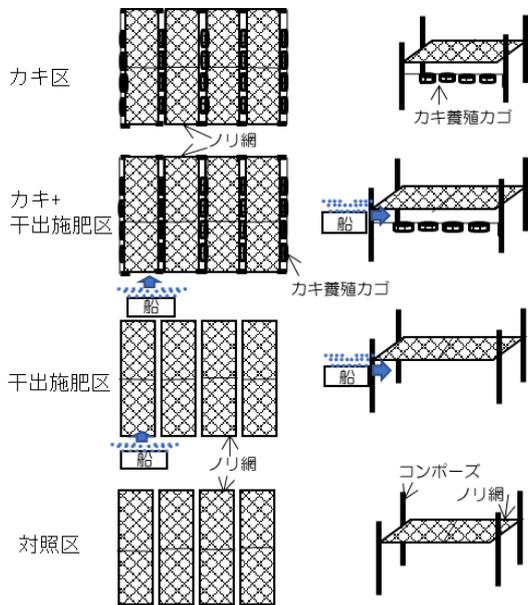


図2. 試験区の概要

カキ区は、1カゴ当たり2kgのカキを収容したカゴ120個をノリ網の直下50cmに吊るした。干出施肥は、干出中のノリ網へ1日1回、専用の船を用いてノリ網の下方から色落ち軽減効果把握試験と同じ栄養塩(第一製網製 液体肥料 ワンダーL (DIN:3,425 μM))を吹き付ける方法で行った。試験の実施は、令和3年1月14~20日に行い、ノリ網への栄養塩添加作業は、1月15日~19日の潮汐表<sup>4)</sup>を参考に午前の最干潮後に実施した。試験実施時の潮汐は、中潮から小潮に向かう潮で、干潮時の潮高0.2~1.2mであった。また、栄養塩添加後のノリ網の干出時間は、1.5~2時間であった。

1月14, 18, 20日に、すべての区からノリ網の1節を切り取り着生したノリ葉体のうち長いものから10枚を選び、色調および葉長、生長率を求めた。色調は、葉体の葉幅が小さくL\*値を測定できなかったことから、三根ら<sup>5)</sup>の方法を参考に葉体の中央部10視野を光学顕微鏡(400倍)で観察し、ノリ細胞の面積に対する原形質の面積から萎縮率(色落ちが進行するほど、萎縮率は高くなる)で判定し平均値を求めた。萎縮率については50%が色落ち軽度である。葉長は10本の平均葉長とし、生長率は、20日の平均葉長に対する18日の平均葉長の割合より求めた。

水温および塩分は、試験期間中、海面から10cmにデータロガーを設置し30分間隔で測定した。また、1月14, 18, 20日には昼間満潮時の、DIN、植物プランクトン優占種の細胞数、Chl-aの濃度を測定した。なお、1月15日、17日には、漁場内に3μM程度の栄養塩添加(硝酸アンモニウム:窒素濃度34.4%)が行われた。

## 結果および考察

### (1) 栄養塩浸漬によるノリ色落ち軽減効果把握試験(室内試験)

恒温恒湿器内における、葉片の含水率の推移を図3に示した。なお、90%区の干出時間は30分、60%区は50分、20%区は90分であった。

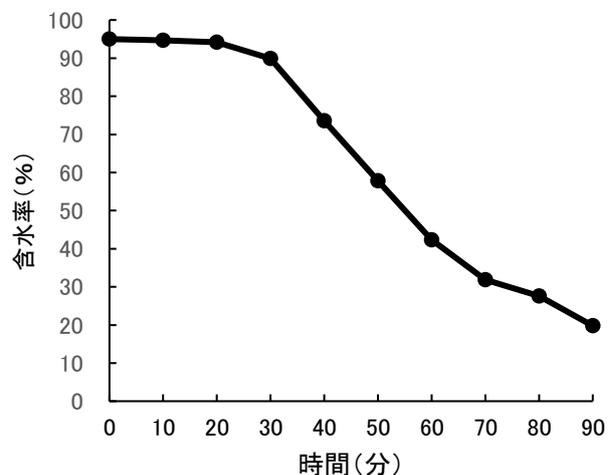


図3. ノリの含水率の推移

葉片のL\*値の推移を図4に示した。6日目のL\*値は、90%区、60%区、20%区でそれぞれ61.4、63.3、61.8であり、60%区と20%区では有意に差がみられた

(Steel-Dwass検定,  $P<0.05$ )。90%区および20%区では、培養日数の経過とともにL\*値が低下した。60%区では、4日目までは他の区より低い値を示したものの、6日目には開始時よりも高い値を示す結果となった。

葉片面積の推移を図5に示した。葉片面積はすべての区において培養日数の経過とともに大きくなり、6日目では、90%区、60%区および20%区ではそれぞれ、46.9mm<sup>2</sup>、51.5mm<sup>2</sup>、39.1mm<sup>2</sup>となった。60%区と20%区の間有意差がみられ(Steel-Dwass検定,  $P<0.05$ )、60%区が最も生長した結果となった。

このように、4日目まで各試験区で有意差はなかったものの色落ち軽減効果がみられ成長もしており6日目までこの傾向が続くものと思われたが、60%区では6日目に色落ちが進行し、一方で他の区よりも大きく生長する結果となった。この要因については不明であり、今後、干出時間の差がノリ葉体におよぼす影響について、さらに検討する予定である。

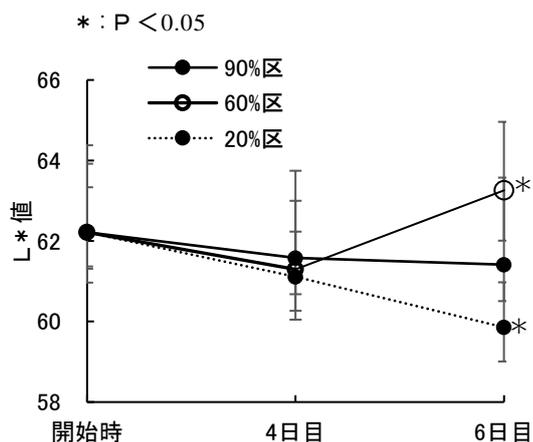


図4. 葉片のL\*値の推

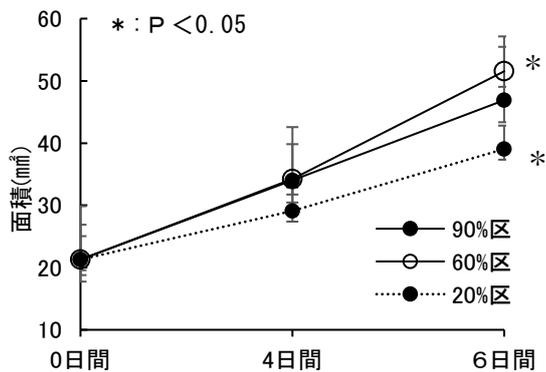


図5. 葉片面積の推

## (2) 二枚貝及び干出中の栄養塩添加による色落ち改善効果把握試験（野外試験）

試験期間中の水温は7.1~8.4℃、塩分は約30で推移した（図6）。DINとchl-a濃度の推移を図7に示した。DINは、1月14日に0.4 μMであったものが、1月18日に3.0 μMに増加し20日に0.7 μMに減少した。Chl-a濃度は、1月14日の13 μg/lから20日の30.9 μg/lまで増加した。このことは試験期間中の主な優先種であった *Skeletonema* spp. の細胞密度が、1月14日の674 cells/mlから4,590 cells/mlと増加したことによるものである（図8）。

1月20日におけるカキ区、干出施肥区、カキ+干出施肥区および対照区の萎縮率は、それぞれ61, 53, 54お

よび61で、カキ+干出施肥区および干出施肥区は対照区に比べ、またカキ+干出施肥区はカキ区に比べ色落ちの進行が有意に軽減していた（図9）。葉長は、すべての区が生長したが、20日の平均葉長では、カキ区および干出施肥区、カキ+干出施肥区は対照区よりも有意に長かった（図10）。1月18日から20日のノリの生長率を図11に示した。カキ区、干出施肥区、カキ+干出施肥区および対照区でそれぞれ1.46, 1.34, 1.31および1.01となり、カキ区がもっとも生長していた。

この結果から、プランクトンが増殖し、漁場の栄養塩が減少している中で、カキの設置および干出中のノリ網への栄養塩添加は、海況が好転するまでノリの生産を継続させる1つの方法となることが示唆された。

また、今回、栄養塩添加に使用した船は、栄養塩添加作業中にバランスが取りづらい等、作業性に課題がみられたため、今後、現場で活用していくためには、栄養塩添加作業に使用する船の改良も同時に行っていく必要がある。

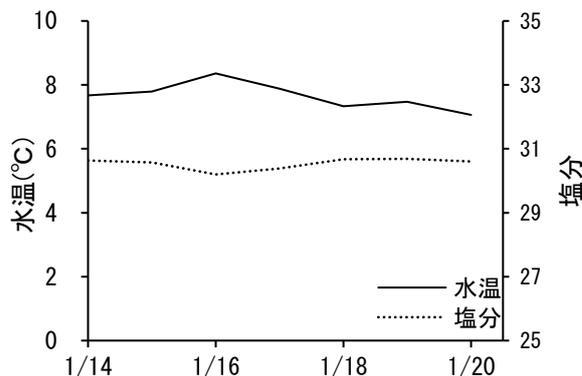


図6 野外試験の水温と塩分の推移

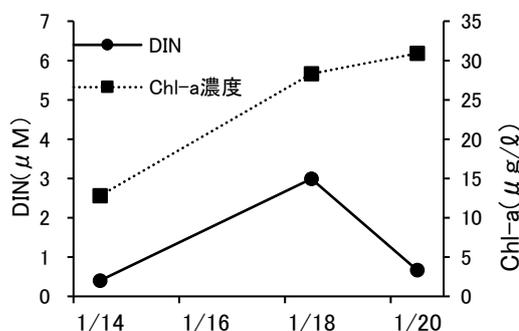


図7 野外試験のDINおよびChl-a濃度の推移

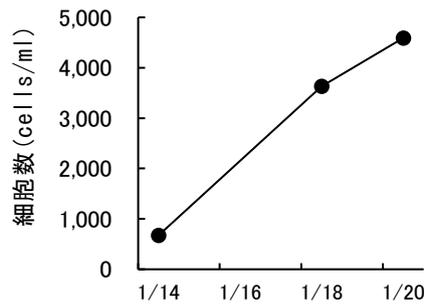


図8 野外試験の *Skeletonema* spp. の細胞数の推移

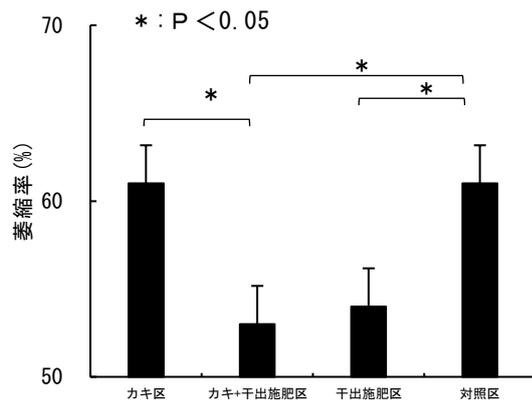


図9 ノリ細胞の萎縮率

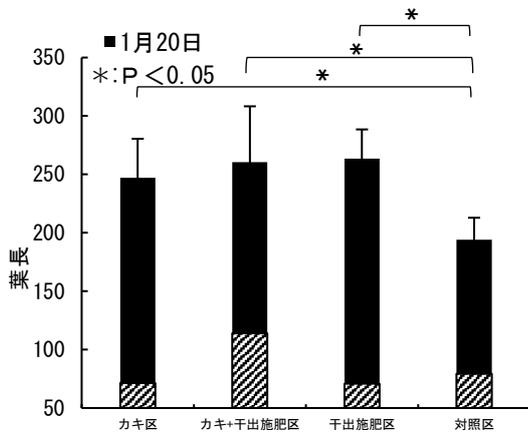


図10 野外試験の葉長

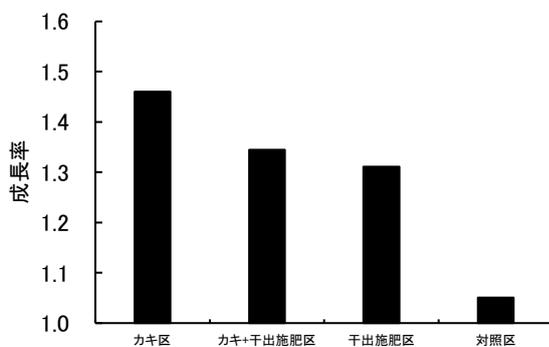


図11 葉長の成長率

## 文献

- 1) 白石日出人 (2010) : ノリ葉体の色調変化に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第 20 号 131-134
- 2) 津城啓子, 梅田智樹, 三根崇幸 (2019) : 令和元年度佐賀県有明水産振興センター業務報告書, 62-64
- 3) 小林 崇, 須藤俊造, 本田信夫, 倉掛武雄, 三浦昭雄, 岩崎英雄 (1987) : 海苔健苗育成の基本. 全国海苔貝類漁業協同組合連合会
- 4) 令和 3 年 潮汐表 (六角川観測塔), 佐賀県有明海漁業同組合 発行
- 5) 三根崇幸 (2021) : 栄養塩欠乏および回復時におけるノリ幼芽の原形質萎縮率の変化, 佐賀県有明水産振興センター研報30(47-49)