

養殖状況に適合したスジアオノリ養殖株の探索

池部 慶太

1. 背景と目的

スジアオノリ *Ulva prolifera* は、日本各地に分布し、汽水域や潮干帯の石の上などに繁茂する緑藻である（田中 2004年）。本種はアオノリ類の中で、最も美味とされており、商品価値が高い。徳島県の吉野川や四万十川で収穫されるものがよく知られている。スジアオノリを海面で養殖した場合、河川内と同じ形態に成長させることができる（團 2004年）。

平成16年6月から、室戸岬東部に位置する高岡漁協（現高知県漁協高岡支所）が事業主体となって、海洋深層水を利用したスジアオノリ養殖施設を運営している。この養殖施設では、これまでの技術改良により商品価値の高いスジアオノリの陸上養殖が可能となった。しかし、冬場の成長不良や、不安定な収穫量、収穫後の色落ち等の問題がある。平成18年度からは室戸市、室戸漁業指導所、海洋深層水研究所等が支援チームを組織し、周年生産化、養殖設備の改善、販路開拓等を行ってきた。今後は、更なる生産手法の改良・効率化により収量増・高品質化を目指す必要がある。

そこで、冬場の低水温に耐えうる耐冷性株や高生長株を探索するとともに、色落ち対策試験を行った。

2. 材料と方法

2. 1 養殖株の探索

2. 1. 1 養殖水温の測定

スジアオノリ養殖場の1 t水槽と7 t水槽の水温を測定した。水温測定には、データロガー（HOBO Water Temp Pro v2またはHOBO Tidbit v2）を使用した。

2. 1. 2 自然株の採取・株化

仁淀川、東洋町の小河川に繁茂していたスジアオノリを採集した。その後、採集した藻体に成熟処理を行い胞子を放出させ、胞子を洗浄した後、シャーレ内に播種することで株化した。

2. 1. 3 作出した株の成長特性の把握

500mLフラスコにP E S添加深層水培地500mlと上記のスジアオノリ株の幼体15個体をそれぞれに収容し、インキュベーター内で4～6週間、培養した。供試株はNo. 2（東洋町小河川）No. 6（仁淀川）No. 8（仁淀川）である。10℃においては、培養開始時と4週間後、6週間後に、20℃においては、培養開始時と2週間後、4週間後に葉長と葉幅を測定した。培養条件は、10℃もしくは20℃、光子束密度約 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期：暗期=12時間：12時間に設定した。

2. 2 色落ち対策試験

2. 2. 1 パッケージング

試験1、2ともに乾燥スジアオノリ10 gを食品用パッケージ（25×15cm）に詰め、1 cm間隔で2重にシーリングし、サンプル収容部分が21×15cmとなるように密封した。試験2においても試験1と同様にシーリングし、シーリング部分から下を、アルミホイル15×15cmで遮光し、透明部分は7×15cmとなるようにした。

供試した乾燥スジアオノリはスジアオノリ養殖施設で収穫されたものである。

2. 2. 2 試験1（乾燥剤と脱酸素剤の効果）

A区－乾燥剤（10 g×2）脱酸素剤（酸素100 cc吸収用×2）、B区－乾燥剤（10 g×2）、C区－

脱酸素剤（酸素100cc吸収用×2）、D区-コントロール（何も同封しない）の4区を、それぞれ4℃暗所と25℃明所（光量子束密度 $70\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、明期：暗期=24時間：0時間）に收容した。計8区である。

2. 2. 3 試験2（乾燥剤の量と遮光の効果）

A区-乾燥剤（10g×2）、B区-乾燥剤（10g×1）、C区-乾燥剤（3g×1、漁協で使用されていたもの）、D区-コントロール（乾燥剤なし）、の4区を、それぞれ明所（光量子束密度 $70\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、明期：暗期=12時間：12時間）と屋内の天窓下（光量0～約 $2200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、温度 $18.7\sim 43.3\text{℃}$ 平均 24.7℃ ）に收容した。計8区である。

3. 結果

3. 1 養殖水温の測定

図1に平成21年9月中旬から平成22年3月下旬までの、1t水槽と7t水槽の水温の推移を示した。

1t水槽の平均水温は、9月中旬は 15℃ 付近で推移していたが、9月下旬から10月中旬にかけて 12℃ 付近へ低下していった（図1）。11月中旬から12月初旬にかけては、 10℃ から 12℃ 付近で推移し、12月中旬から1月中旬にかけては、 7℃ から 10℃ 付近で推移していた。1月下旬から3月にかけては、 8℃ から 12℃ 付近で推移していた。測定期間内の平均水温は 10.7℃ であり、

最高水温は 21.5℃ であり、最低水温は 5.4℃ であった。

7t水槽の平均水温は1t水槽の平均水温と同様に推移していたが、7t水槽の方が若干低めに推移することがあった。測定期間内の平均水温は 10.3℃ であり、最高水温は 19.0℃ であり、最低水温は 5.4℃ であった。

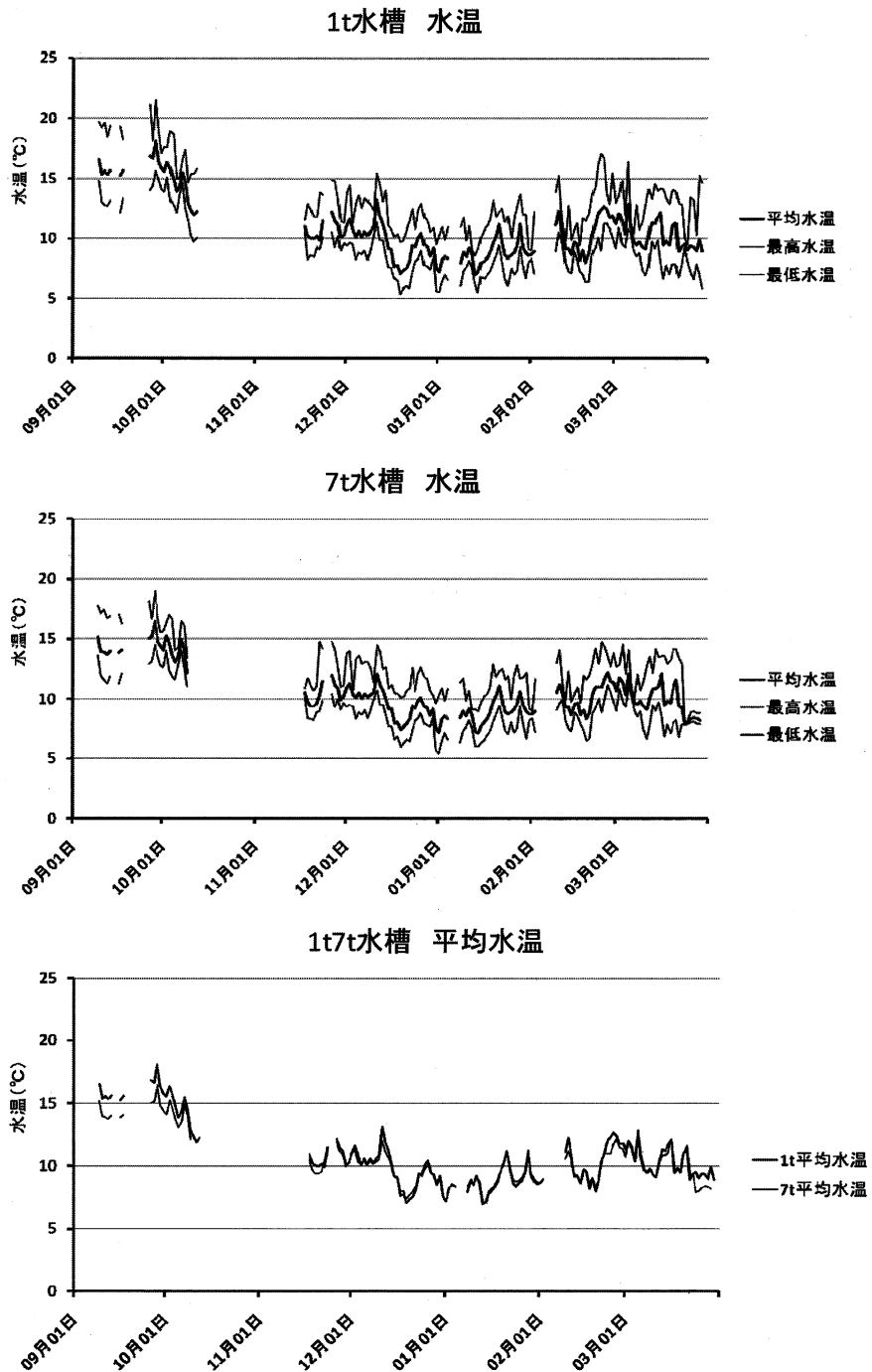


図1 1t水槽と7t水槽の水温の推移

3. 2 養殖株の探索

図2に供試株の測定結果を示した。10℃の培養においては、6週間後にNo. 2（東洋町小河川）が最も長く、次いでNo. 8（仁淀川）、No. 6（仁淀川）となった。20℃の培養においては、4週間後にNo. 2（東洋町小河川）が最も長く、次いでNo. 8（仁淀川）、No. 6（仁淀川）となった。No. 2は10℃でも20℃でもよく成長し、No. 8は20℃

より10℃に適しているようであり、No. 6は10℃でも20℃でも良好な成長を示さなかったが、10℃で培養した時に、他の株に比べて葉幅が4～6倍程、長くなった。10℃培養時には、どの株も5週以降に大きく成長した。それに対し、20℃培養時には、No. 2が培養開始から2週までに他の株よりも大きく成長した。10℃でも20℃でも最も良好に成長したのは、No. 2株であった。

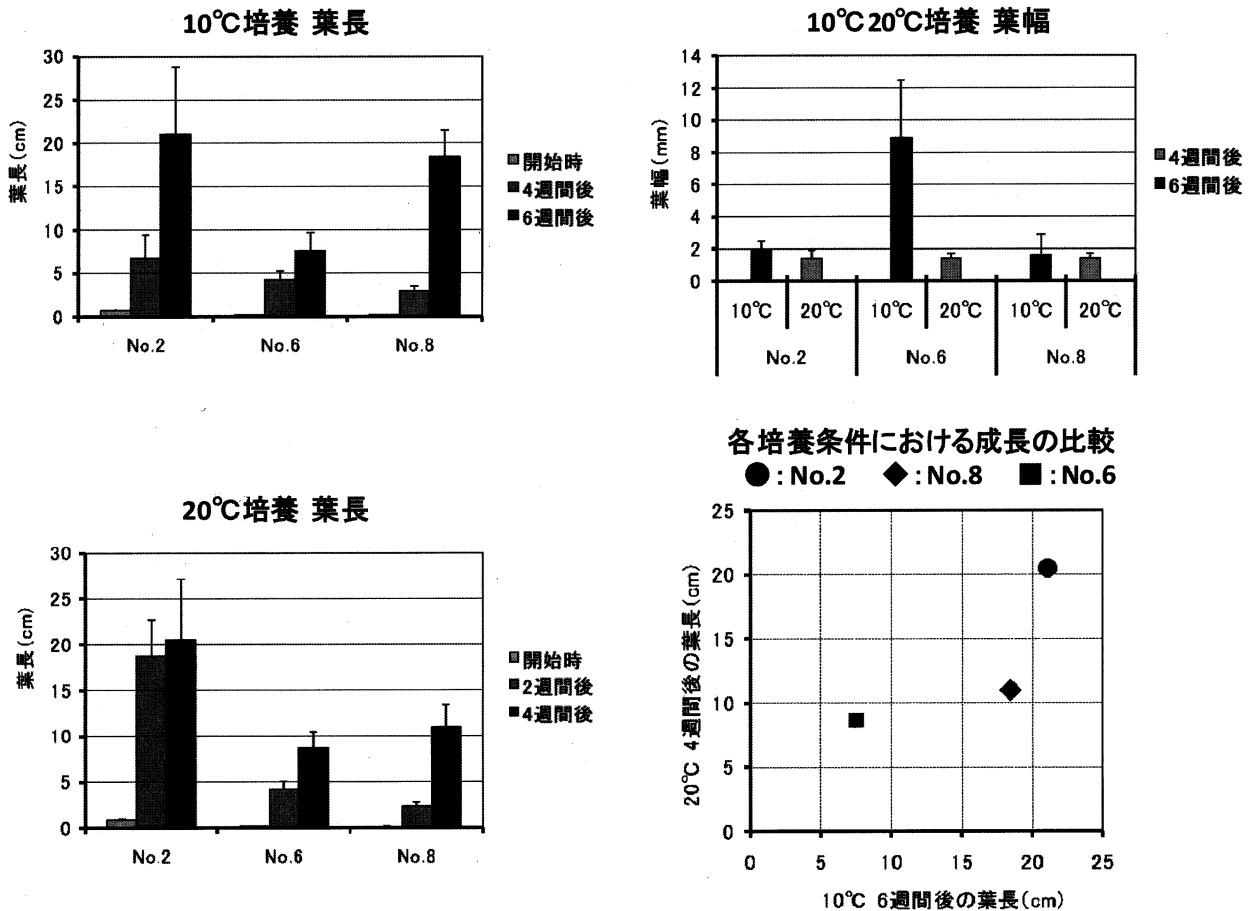


図2 培養試験供試株の成長特性

3. 4 色落ち対策試験

試験1においては、1週間後に、25℃明所に収容したC区（脱酸素剤のみ同封）とD区（コントロール区）で色落ちが生じ始めた（図3）。C区の色落ちはD区より弱かったが、そのまま色落ちは進行し、1ヶ月後にはC区とD区に大きな差は認められなくなった。2ヶ月後には、25℃明所に収容したA区（乾燥剤と脱酸素剤を同封）とB区（乾燥剤のみ同封）では色落ちは全く生じず、C

区とD区では強く色落ちが生じた。4℃暗所に収容した試験区ではいずれも全く色落ちは生じなかった。

試験2においては、10日後に、25℃明所と屋内の天窗下のD区（コントロール区）で色落ちが生じ始めた（図4）。25℃明所より屋内の天窗下のD区がより強く色落ちしていた。20日後には、屋内の天窗下のC区（乾燥剤3gを同封）でも、乾燥藻体の端の部分で色落ちが生じているのが確認

された。25℃明所と屋内の天窓下のD区では、10日後よりも色落ちが進行していた。25℃明所と屋内の天窓下のA区（乾燥剤 10g×2）とB区

（乾燥剤 10g×1）及び25℃明所のC区においては、色落ちは生じなかった。



図3 試験1（乾燥剤と脱酸素剤の効果）の結果

各写真内のサンプル
 上段：25℃明所
 下段：4℃暗所
 左：A区-乾燥剤10g×2
 脱酸素剤酸素100cc吸収用×2
 中左：B区-乾燥剤10g×2
 中右：C区-脱酸素剤 酸素100cc吸収用×2
 右：D区-コントロール 何も同封していない



図4 試験2（乾燥剤の量と遮光の効果）の結果

各写真内のサンプル
 上段：25℃明所
 下段：屋内の天窓下
 左：A区-乾燥剤10g×2
 中左：B区-乾燥剤10g×1
 中右：C区-乾燥剤 6g×1
 右：D区-コントロール 何も同封していない
 3段目の写真は屋内の天窓下C区の乾燥藻体の端に生じた色落ちを示す。

4. 考 察

スジアオノリ養殖場の養殖水温の推移を知るために、平成21年9月中旬から平成22年3月下旬まで、1 t水槽と7 t水槽の水温を測定した。それらの水槽の平均水温は、9月中旬から下旬には15℃付近で推移し、その後、水温が低下し、11月中旬から12月初旬には10℃から12℃付近で推移していた。12月中旬から1月中旬にかけては、7℃から10℃付近で推移し、1月下旬から3月にかけては8℃から12℃付近で推移していた。今回の測定期間の平均水温の幅は、7℃から15℃位であり、最高水温は21.5℃、最低水温は5.4℃であった。また、夏場はさらに高い水温が記録される可能性がある。培養試験では、これまでの漁協の測定データや当所の測定データを考慮して温度を10℃と20℃に設定した。なお、水槽に注水している深層水の温度は、低水温のまま年間を通して安定的に推移するが、注水した養殖水が3回転/日で水槽内に滞留するため、気温の影響を受けて温度が変動する。

養殖株の探索のために、東洋町の小河川と仁淀川に繁茂していたスジアオノリを株化し、培養試験に供試した。

その結果、東洋町の小河川で採取・株化したNo. 2が、10℃でも20℃でも最も良好に成長した。このことから、No. 2を用いて養殖を試みる価値があると考えられた。仁淀川で採取・株化したNo. 8は、比較的10℃で良好に成長したため、この株は低温に適していると考えられた。仁淀川で採取・株化したNo. 6は、他より葉長の成長が芳しくなかったが、10℃で培養した時に葉幅が4～6倍程、長くなった。しかし、この性質は現在のスジアオノリ養殖においては求められていないと判断された。自然水域においては、この性質に何らかの利点があるのかもしれない。

緑藻には、クロロフィルa、クロロフィルb、β-カロチン、ルテイン、ゼアキサンチンが色素として含まれており、その中で特に、クロロフィルaとルテインが多く含まれる（西澤ら 1979年）。

スジアオノリは緑藻に属するため、前述の色素が含まれると思われ、色落ちは、おもに緑色色素であるクロロフィルaの分解により生ずると推測される。クロロフィルの分解は、クロロフィラーゼ、温度、酸化、光の働きで進行する（西澤ら 1979年）。70℃以上の高温でクロロフィラーゼを失活させることができるが、同時に、クロロフィルを変質させる恐れもある（西澤ら 1979年）。また、温風乾燥を行ったスジアオノリは、品質が若干劣ると考えられている。そこで、色落ちを生じさせないためには、水分を除去することでクロロフィラーゼを働かせないようにし、なるべく光のあたらない低温下に保存することが有効と予想した。

そこで、試験1においては、乾燥剤と脱酸素剤もしくは乾燥剤もしくは脱酸素剤を同封する区とコントロール区を設け、25℃明所に収容して、除湿や脱酸素の効果を調べた。また、上記と同じ内容の4区を、4℃暗所に収容して、冷暗所における除湿、脱酸素の効果を調べた。この試験では、店頭販売と同様の条件と収穫冷風乾燥後のスジアオノリを保存している養殖場冷蔵庫内と同様の条件を想定した。

試験2では、同封する乾燥剤の量を変えた3区とコントロール区を設定し、25℃明所と屋内の天窓下で、それぞれの効果を調べた。この試験は、同封する乾燥剤の適量を判断するために行った。また、想定される売り場の条件より悪い条件での除湿効果を調べるため、蛍光灯が照明に使用された室内より強度の光が当たると予想された屋内の天窓下でも試験を行った。当時、商品化予定であった乾燥スジアオノリの小袋パッケージには、遮光部分と透明部分があることが試験計画時に分かっていたため、これを想定し、パッケージの一部をアルミホイルで遮光した。

試験1では、25℃明所において、乾燥剤20gを同封することで色落ちを防止することができた。脱酸素剤は乾燥剤ほど強く色落ちを防止することはなかった。4℃暗所では、いずれの試験区においても色落ちは生じなかった。これらのことから、乾燥剤20gを同封することで、店頭販売は可能と

なると考えられた。また、4℃暗所での試験において、どの試験区でも色落ちは生じなかったため、このような条件下では色落ちは生じ難いと考えられるが、養殖場の冷蔵庫で、多量のスジアオノリを保存する場合は、十分な量の乾燥剤を同封することが無難と思われる。

試験2では、同封する乾燥剤の量は、10g以上であれば、蛍光灯より強度の光があたる状況下に20日間さらしても、色落ちは生じなかった。3gの乾燥剤を同封し屋内の天窓下に設置した場合、もしくは乾燥剤を同封しなかった場合は、遮光していない部分に色落ちが生じた。従って、乾燥スジアオノリを収めた小袋を店頭販売する場合、10g以上の乾燥剤を同封するべきであると考えられた。試験2より試験1において、色落ちが顕著に現れたことについては、スジアオノリの株の違いや生産ロットの違いが関係したものと思われる。

以上の結果から、色落ちを防止するためには、十分な除湿が必要とされることが分かった。また、色落ちには、クロロフィラーゼや光等が作用していることが推測されるが、特に光が強く作用すると考えられた。今回行った試験は最長で2ヶ月であるが、さらに長い期間にわたって店頭に陳列する場合は、除湿では防ぐことができない他の要因で色落ちが生じることはありうる。そのため、なるべく新鮮なうちに出荷し、販売することが望ましい。

5. 参考文献

- 1) 田中 次郎 日本海藻 平凡社 15
- 2) 團 昭紀 有用海藻誌 内田老鶴圃 24-30
- 3) 西澤 一俊 千原 光雄 編集 藻類研究法 共立出版 474-482