

暗黒下低温処理によるスサビノリ殻胞子の 放出抑制効果について

徳田 眞孝・増田 浩美*・石津 まりの
(有明海研究所)

暗黒下低温処理によるスサビノリ *Pyropia yezoensis* の殻胞子放出抑制効果を把握すると共に、現場での実用化を検討した。暗黒下で4℃に調整した(暗黒下低温処理)試験区は、18℃で暗黒処理を行った試験区と比較して、抑制期間中の殻胞子の放出数は少なく、抑制解除後に速やかで多量の放出が確認された。また、抑制期間別の効果については、抑制処理期間が7日間までの試験区で抑制解除後に速やかで多量の殻胞子の放出が確認されたが、10日間以上の試験区では確認されず、暗黒下低温処理は7日間以下が有効であると推察された。暗黒下低温処理を行った殻胞子の有効性については、殻胞子発芽体に異常は認められず、野外試験においても一定の収穫量を得たことから、暗黒下低温処理の殻胞子の放出抑制効果とその実用性が示唆された。今後、産業的規模で行うためには殻胞子付着数のコントロール技術の開発や養殖漁業者の作業に合わせた手法での検証が必要である。

キーワード：スサビノリ，殻胞子，暗黒処理，低温

ノリ養殖において採苗は、その年の生産量を左右するとともに、製品の品質にも大きな影響を及ぼす重要な工程である。福岡県有明海区では、全ての漁場が支柱式養殖であり、支柱に張ったノリ網の下にカキ殻を基質として十分に育成させた穿孔糸状体(以下カキ殻糸状体という)を吊り下げ、放出される殻胞子をノリ網に付着させる野外採苗を行っている。現場では、海水温の低下や潮回りを考慮して、最も安定生産が可能な採苗日が決定され、養殖漁業者は採苗日に合わせて殻胞子が放出されるように約2週間をかけて殻胞子のう細胞の熟度調整を行っている。しかし、台風等の気象、海況の急変により、採苗日直前に急遽延期しなければならない場合があり、殻胞子の放出を抑制する技術が必要とされてきた。

殻胞子の放出抑制は、これまでに温度調整、暗黒処理、連続光培養、水蒸気飽和处理、塩分調整、古海水培養等の方法が研究されてきた¹⁻⁸⁾。これらのうち、産業的規模で実施されているのは、培養海水の温度を25℃以上に保つ方法である。しかし、この方法は未成熟な殻胞子のう細胞の熟度進行を抑制する技術であり、すでに殻胞子のう細胞の熟度が進んだ段階で殻胞子の放出を抑制するには有効でない。一方、殻胞子のう細胞の熟度進行を遅くする、あるいは殻胞子の放出そのものを抑制する技術として、暗黒処理及び水蒸気飽和处理が一般的な手法と

されている⁹⁾。しかし、これらの方法は、抑制解除後、速やかに殻胞子を放出するものではなく、抑制解除後の光のあて方等の処理に注意を要し、全ての養殖漁業者が行える技術として確立するまでには至っていないのが現状である。本報告の前に予備試験として行った温度操作による殻胞子の放出抑制効果について検証した結果、暗黒下で低温処理をする方法に効果の可能性が認められた¹⁰⁾。暗黒下での低温処理は、佐賀県水産試験場有明海分場が行った試験⁸⁾があるが、これは暗黒下低温の状態から通常の状態に戻すことで、殻胞子の放出を促進させることを目的としたもので、熟度が進んだ殻胞子のう細胞における殻胞子の放出抑制効果についての知見はない。今回、暗黒下低温処理による殻胞子の放出抑制効果を把握するとともに野外試験を行い、本技術の現場での実用化を検討したので報告する。

1. 暗黒下低温処理による殻胞子放出の抑制効果

方 法

糸状体の培養基質には、殻胞子の放出を定量的に測定するため、形状が扁平で厚さが均一であり、一定の大きさへの裁断が容易であるマドガイ *Placuna placenta* の殻を使用した。

*現所属：福岡県農林水産部水産局漁業管理課

マドガイを大きさ1cm×1cm に切断し、福岡有明海漁業協同組合連合会が種苗登録しているスサビノリ品種「福有」のフリーリビング糸状体をミキサーで細断し、これに蒔き付けた。このマドガイに蒔き付けた糸状体(以下、マドガイ殻糸状体という)を、地先海水(塩分30)1Lに対しNPM培地原液(表1)を2ml 加えて0.2 μ m のメンブランフィルター(Thermo Fisher Scientific 社)で濾過滅菌した培養液を用い、水温18 $^{\circ}$ C、光強度100 μ mol m $^{-2}$ s $^{-1}$ 、光周期11時間明期:13時間暗期で1カ月間静置培養した後、水温27 $^{\circ}$ C、光強度20 μ mol m $^{-2}$ s $^{-1}$ 、13時間明期:11時間暗期で2カ月間静置培養し、十分に殻胞子のうを形成させ、試験に供した。

試験は、暗黒下低温処理(水温4 $^{\circ}$ C)で抑制したものを試験区に、暗黒処理(水温18 $^{\circ}$ C)で抑制したものを対照区に設定し、各区8サンプルを用いて実施した。試験装置は、殻胞子の経日変化を把握するために、管瓶(直径2.6cm ×高さ9cm)に、0.2 μ m のメンブランフィルターで濾過滅菌した地先海水を入れ、マドガイ殻糸状体の中央に直径0.5mm の穴を開け、線径0.45mm のステンレス製の針金を通してシリコ栓に装着し、管瓶の底から直上2cm の高さになるよう閉栓して吊り下げたものを用い、予め管瓶の底面に敷いたガラス板(1.8cm ×1.8cm、厚さ1mm)にマドガイ殻糸状体から放出された殻胞子を付着させる構造とし、殻胞子を計数する毎に新しいガラス板と交換した。十分に殻胞子のうを形成させたマドガイ殻糸状体を水温18 $^{\circ}$ C、光強度100 μ mol m $^{-2}$ s $^{-1}$ 、11時間明期:13時間暗期の条件下(以下18 $^{\circ}$ C明条件という)に移し8日間培養して殻胞子のう細胞を2分裂させて、殻胞子が放出直前の状態まで成熟させた。次に、それぞれの試験条件下で5日間抑制し、抑制期間中は計数を行わず静置し、暗黒の状態を維持した。抑制開始5日目の夕刻に18 $^{\circ}$ C明条件下に戻して抑制を解除して、翌日から管瓶の底面に敷いたガラス板に付着した殻胞子の計数を行った。放出した殻胞子の計数は、毎日1回、18 $^{\circ}$ C明条件における明期5時間経過後に行った。ガラス板に付着した殻胞子は、落射蛍光装置付き生物顕微鏡(EC

LIPSE50i, ニコンインステック)を用いて、波長490nm、励起強度50%で照射したうえで、顕微鏡用デジタルカメラ(FLOYD, レイマー)を用いて、倍率100倍でガラス板の中央部と、中央1cm 角の四隅の計5箇所を撮影し、画像内の殻胞子数の平均値を1cm 2 あたりに換算し、各区8サンプルの平均を求めた。なお、抑制期間中の殻胞子の放出についても、抑制開始前に管瓶にガラス板を敷き、抑制解除日に取り出して殻胞子放出数を計数することで把握した。

結 果

殻胞子放出数の推移を図1に示した。暗黒下低温処理区は、抑制解除後翌日にあたる試験開始14日目に12,943 cells/cm 2 の放出数があり、その後減少して試験開始19日目に最低の1,281 cells/cm 2 となり、20日目から再び増加して、23日目に15,654 cells/cm 2 と最大を示し、その後減少した。一方、対照区の殻胞子の放出数は、抑制解除後1~3日目にあたる試験開始14日~16日目は、1,000~1,600 cells/cm 2 と低位のまま推移したが、17日目から増加して、抑制解除後9日目にあたる試験開始22日目に15,221 cells/cm 2 となり最大を示し、その後減少した。

次に、抑制解除直後に計数した抑制期間中の殻胞子放出数を図2に示した。暗黒下低温処理区が7,296 cells/cm 2 であったのに対し、対照区の放出数は21,098 cells/cm 2 であった。

2. 暗黒下低温処理期間別の殻胞子放出の抑制効果

方 法

試験は、暗黒下低温処理の抑制期間が、3、5、7、10、

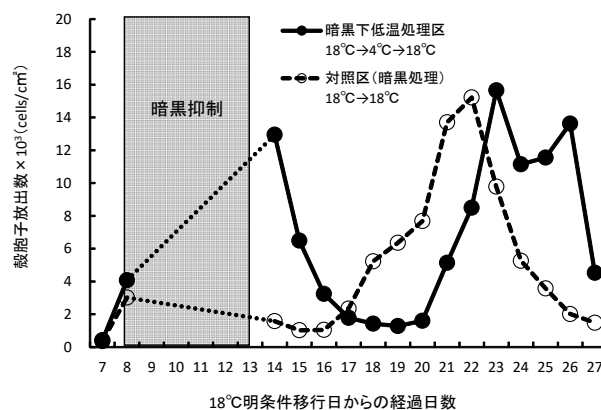


図1 暗黒下低温処理における殻胞放出数の推移

表1 NPM培地原液の組成

成分	分量
蒸留水	1L
NaNO3	35g
グリセロン酸Na	5g
PIメタル(クレワット32)	11.3g

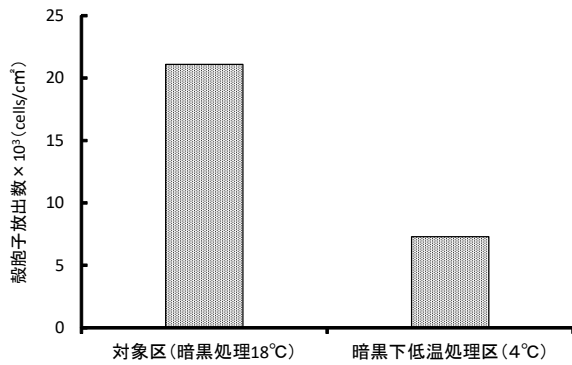


図2 抑制期間中の殻胞子放出数

20, 31日間の6区と、抑制を行わない対照区の合計7区で行った。1. と同様の方法で培養した殻胞子のう細胞の熟度が未成熟のマドガイ殻糸状体を用い、18°C明条件下で殻胞子のう細胞が2分裂し、殻胞子が放出直前の状態となった8日目まで培養し、培養8日目から暗黒下水温4°Cに置き、それぞれの試験区に設定した抑制期間の培養を行った。抑制期間中の暗黒下では計数を行わず静置した。抑制解除後は、18°C明条件下に戻して抑制を解除し、1. と同様の方法で殻胞子数を計数した。殻胞子の計数は、殻胞子放出数が減少後、増加の傾向が見られなくなるまで行った。

結果

試験区の抑制解除後の殻胞子放出数の推移を図3に、対照区の殻胞子放出数の推移を図4に示した。抑制期間3, 5, 7日間の区は、抑制解除1日目にそれぞれ、11,986cells/cm², 15,492cells/cm², 19,317cells/cm² と10,000cells/cm² を超える多くの殻胞子の放出数が認められたが、抑制期間10日間の区は3,776cells/cm² と少なく、抑制期間20, 31日間の区は、500cells/cm² 以下と非常に少なかった。抑制解除後2日目以降については、抑制解除後1日目に殻胞子の放出数が多かった抑制期間3, 5, 7日間の区は、抑制解除2日目には殻胞子の放出数が減少して5,000cells/cm² 以下となり、抑制解除3日目も同様のレベルで推移した。抑制期間10日間の区も同様に抑制解除2日目は殻胞子の放出数が減少して1,000cells/cm² 以下となり、3日目も同様のレベルで推移した。抑制期間20, 31日間の区の2日目以降の殻胞子の放出数は、抑制解除1日目と同様に非常に少なかった。なお、対照区の殻胞子の放出数は、殻胞子のう細胞が未成熟のマドガイ殻糸状体を18°C明条件下に移してから10日目（試験区で抑制開始してから2日目にあたる）に31,288cells/cm² とピークとなった後に急に減少して12日目には2,992cells/cm²

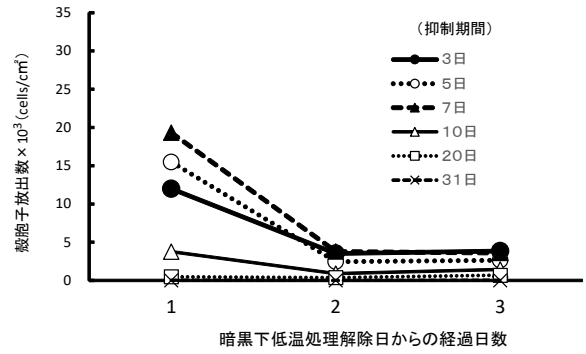


図3 暗黒下低温処理における殻胞子放出数の推移

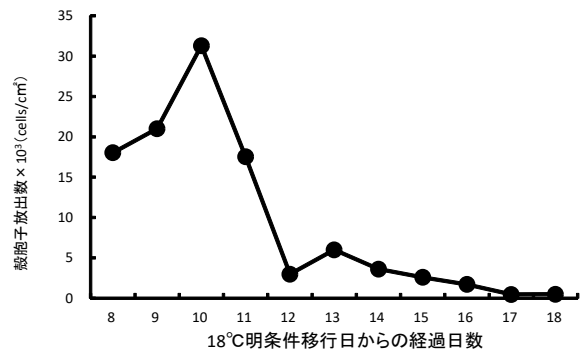


図4 対照区の殻胞子放出数の推移

となり、その後若干の増減はあるが、徐々に減少して18日目には1,000cells/cm²以下となった。

3. 暗黒下低温処理による殻胞子発芽体への影響

方法

暗黒下低温処理がノリ殻胞子発芽体に与える影響について検討した。1. の試験と同様の方法で培養したマドガイ殻糸状体を18°C明条件下で9日間培養して、殻胞子細胞が2分裂して殻胞子が放出直前の状態となったのを確認して暗黒下4°Cに7日間置き、その後、再び18°C明条件下で培養して放出させた殻胞子をクレモナ単糸に付着させたものを試験区に、共通条件で11日間培養後、自然放出させた殻胞子をクレモナ単糸に付着させたものを対照区とした。これらを500ml 丸底フラスコに移し、1/2 SWM-III改変培地（表2）を0.2μm のメンブランフィルターで濾過滅菌した培養液を用いて、水温18°C、光強度100μmol m⁻²s⁻¹、光周期11時間明期:13時間暗期の条件下で通気培養を行い、生物顕微鏡で殻胞子発芽体の分裂状況を観察した。

表2 1 / 2 SWM-III 改変培地の組成

成分	分量
海水	1L
NaNO ₃ (1.0M)	1ml
Na ₂ HPO ₄ (50mM)	1ml
FeCl ₃ (1.0mM)	0.7ml
金属混液 PI	1ml
pH	7.5

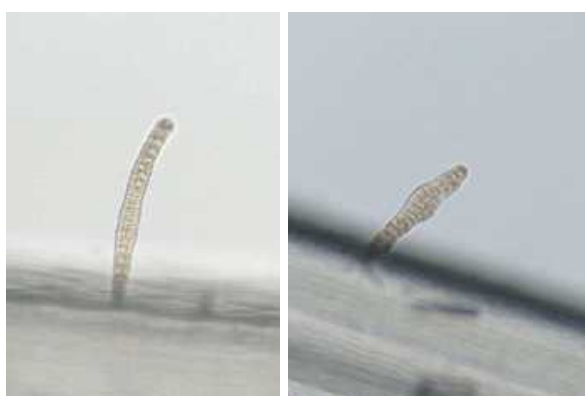


図5 殻孢子発芽体への影響の試験結果
(左：暗黒下低温処理区，右対照区)

結果

殻孢子の発芽状況の経過を観察した結果，試験区，対照区ともに，単孢子細胞から7日目に縦列細胞分裂が認められ，殻孢子発芽体の形態に異常は見られなかった(図5)。

4. 暗黒下低温処理を施したカキ殻糸状体を用いた野外養殖試験

方法

材料は，スサビノリ品種「福有」のフリーリビング糸状体を用い，4月にカキ殻に移植し，養殖現場の実態に合わせ，室温，自然光下で培養し，十分に殻孢子のうを形成させた。9月からは水温25℃を下回らないように適宜に温度調整を行い，殻孢子のう細胞を未成熟状態に保った。このカキ殻糸状体の一部を試験的に18℃明条件下に移して熟度を進めると，8日目に殻孢子の放出のピークを示すことを確認したので，ピークの2日前となる6日目から暗黒下低温処理(水温4℃)により5

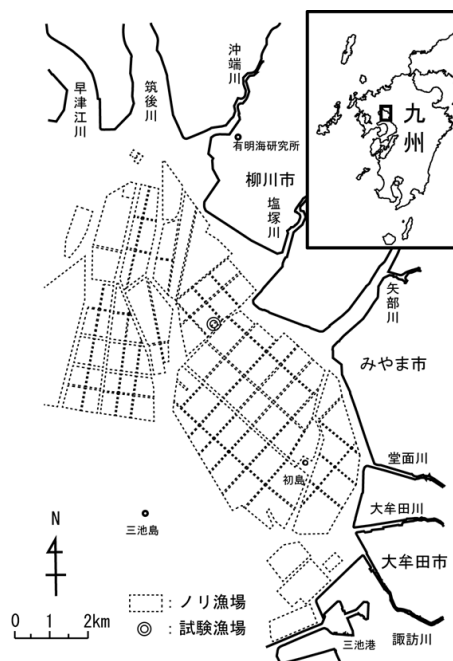


図6 試験漁場の位置

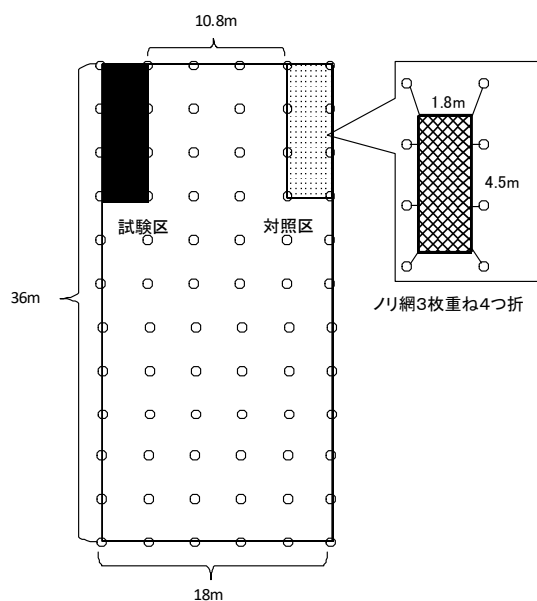


図7 養殖施設の配置図

日間抑制したものを試験区とし，18℃明条件下で8日間培養したものを対照区として野外試験を行った。試験漁場を図6に，養殖施設を図7に示した。採苗は，柳川市地先の18m × 36mの区画に，長さ10.5mのFRP製の支柱を72本建て込んだ養殖施設の両端の場所に，ノリ網(1.8m × 18m)3枚を重ねた上で4つ折りにして水平に張り，ノリ網の下にカキ殻糸状体を1枚入れた採苗用ポリ袋(13cm × 14cm，通称：ラッカサン)60個を均一に分散するように吊り下げて行った。両区とも2018年10月30日午前9時に沖出しし，採苗を開始した。採苗時の水温は18.9℃であった。

殻胞子の付着数は、採苗開始日から3日目まで計4回計数した。午前11時以降に各試験区のノリ網の6箇所から網糸を約10 cm 切り取り、落射蛍光装置付き生物顕微鏡を用いて、倍率100倍で網糸1本あたり20視野を観察し、当日付着したとみられる殻胞子数を計数して、それぞれの平均値を網糸1cm 当りに換算して、殻胞子付着数とした。

採苗した網は基本的に通常の養殖実態に則ったスケジュールに沿って養殖し、育苗後の11月9日に単張り育成に移行し、11月28日及び12月11日に摘採を行った。

結 果

殻胞子付着数の経日変化を図8に示した。暗黒下低温処理区、対照区ともに採苗開始日に若干の殻胞子の付着が確認されたが、対照区の付着数は採苗開始日以降徐々に増加して採苗開始3日目までの網糸1cm あたりの合計付着数が192個であったのに対し、暗黒下低温処理区は採苗開始2日目に1,263個と多くの殻胞子が付着し、採苗開始3日目までの合計付着数は1,994個と、対照区に比べて著しく多くの殻胞子の付着を確認した。

次に、育成したノリの収穫量を図9に示した。11月28日（採苗29日後）は、暗黒下低温処理区が1,212g、対照区が502g、12月11日（採苗42日後）は、暗黒下低温処理区が4,020g、対照区が10,340gであった。

考 察

殻胞子の放出を抑制する方法として、暗黒処理は過去に幾つかの報告がある。安部は暗黒処理による抑制後に速やかな殻胞子の放出を報告しているが¹⁾、一方、三根らはこの処理が適正であったことを裏付ける詳細な情報が不足しているた

め、暗黒処理はノリ養殖技術として確立するまでには至っていないのが現状であると指摘し、7日間の暗黒処理では処理後から放出のピークを迎えるまでに時間を要することから、暗黒処理期間は2～3日間が適当であると推察している¹⁾。今回の試験では、18°C5日間の暗黒処理は、抑制解除後に速やかな殻胞子の放出は見られず、三根らと同様の結果となった。18°Cで5日間の暗黒処理では、処理解除後に放出数がピークに達するのは抑制解除後9日目で、これは試験開始22日目にあたる。一般的なノリの殻胞子の放出数の経過は、1回目の放出のピークが過ぎた後、殻胞子放出数が急激に減少して、放出を停止し、7～10日後に再び殻胞子を放出することが知られている⁹⁾。18°C5日間の暗黒処理において、試験開始22日目の殻胞子の放出のピークは、暗黒処理期間中に相当数の殻胞子を放出した後で出現したもので、本来なら2回目の放出のピークであり、抑制解除後に新たに殻胞子のう細胞が成熟して放出されたものと考えられる。安部は殻胞子の熟度は暗黒条件下でも進み、暗期における殻胞子放出の抑制効果は絶対的なものではないと指摘している²⁾。暗黒処理期間が5日間近くに及ぶと、ある程度成熟していた殻胞子のう細胞は、暗黒処理中でもさらに熟度が進み、殻胞子が放出されると考えられ、暗黒処理での殻胞子の放出を抑える効果は限定的と考えられる。それに対し、暗黒下で水温4°Cに調温して5日間置いたものは、抑制期間中の放出数が18°Cで5日間の暗黒処理を行ったものと比較して少ない。これは、暗黒処理に低温処理を併用することで、殻胞子のう細胞の熟度進行を鈍らせ、18°Cでは暗黒処理中に放出してしまった殻胞子が、4°Cの条件下では放出の準備状態が維持され、抑制解除時に速やかな放出が誘発されたと考えられる。また、従来より、殻胞子の放出そのものを抑制するとされている水蒸気飽和処理は、伊藤の試験でいずれの試験区においても処理解除から放出のピークを迎えるまで6日以上の日数を要し¹²⁾、川村も飽和処理を解除後、2日間の培養期

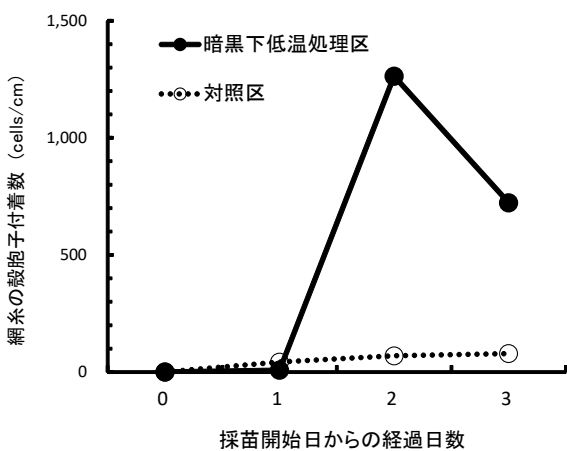


図8 野外試験のノリ芽付着数の推移

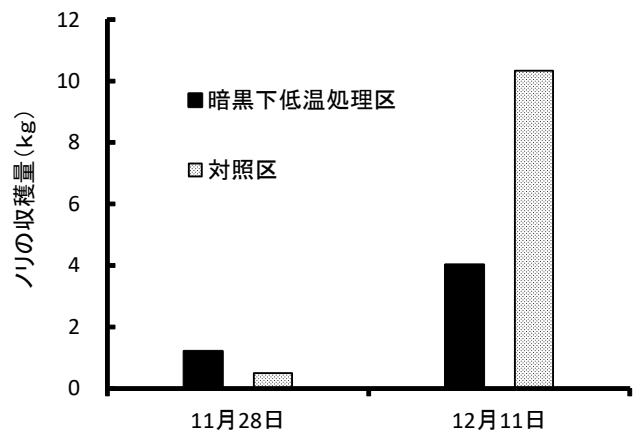


図9 野外試験のノリ収穫量

間を必要とすることを指摘しており⁹⁾、放出直前の状態で殻胞子の細胞を維持する効果は、暗黒下低温処理の方が高いといえる。

暗黒下低温処理での抑制期間別の試験では、抑制期間が7日間までの試験区で速やかな多くの殻胞子の放出を確認したが、抑制期間が10日間以上の試験区での放出数は少なかった。このことから、暗黒下低温処理の期間は7日間以下が適当であると推察された。抑制期間7日間の試験区に多量の殻胞子の放出を確認したのは、抑制解除日の翌日であり、殻胞子の細胞が未成熟のマドガイ殻糸状体を18℃明条件で培養開始後16日目にあたる。対照区で同等数の殻胞子の放出を確認したのは、11日目（放出数：17,528cells/cm²）であり、抑制期間7日間の区は実質的に殻胞子の放出開始を5日間延長できたことになる。福岡県有明海域では2014年漁期において、採苗日に台風の接近が予報されたため、当初の予定日である10月10日を10月15日へ5日間延期した事例がある。本試験のように殻胞子の放出開始を5日間延長することが可能であれば、このような採苗日変更に対応できると推察される。

暗黒下低温処理を施した殻胞子発芽体に異常は見られなかった。これは、成熟し、分裂した殻胞子の細胞及び殻胞子は低温に強く、冷蔵で保存することが可能であるため^{13,14)}、暗黒下4℃に置くことで殻胞子の放出が停止され、殻胞子はそのまま機能を有した状態で維持されたものと推測される。

野外養殖試験では、採苗後2日目に非常に多くの殻胞子のノリ網への付着を確認した。暗黒処理では殻胞子の大量放出が起きる現象が知られており²⁾、暗黒下低温処理においても同様の現象が起こったものと推定される。単位面積当たりのノリ葉状体数が多いと生長が悪く¹⁵⁾、また、アカグサレ菌の感染増大を招いて¹⁶⁾生産量や品質が低下し、乾海苔についても呈味成分が少なく口溶けが悪くなることが示されている¹⁷⁾。今回の野外養殖試験においては、採苗29日後の収穫量は試験区が上回っていたが、採苗42日後の収穫量は対照区の40%程度となっており、非常に多くの殻胞子が付着したことで、単位面積当たりの葉状体数が多くなり、生長するに従って生育不良を起し、生産量の減少を招いたと考えられる。このように、暗黒下低温処理による抑制は、一度に大量の殻胞子を放出するため、実用化するには適正数の殻胞子が付着するように採苗方法を工夫する必要がある。また、大量の殻胞子の付着が採苗翌日ではなく採苗2日目となり、抑制解除日の翌日に殻胞子の大量放出を見た室内試験とは異なる結果となった。この原因としては、室内試験では基質にマドガイを用い、室温が一定の人工的な環境の下でマドガイ殻糸状体の培養を行ったのに対し、野外試験では、基質にカキ殻を用い、気候や気象及び時間により自然に室温が変化する環境下でカキ殻糸状

体の培養を行っていたため、試験に供した糸状体胞子のコンディションが影響を及ぼしていると推測されるが、検証が必要であろう。実際の養殖漁業者の作業は、採苗当日に採苗網にカキ殻糸状体を吊すのではなく、前日の夕方にカキ殻糸状体をのり網に吊した「ラッカサン」に入れ、翌日に漁場で展開する。本方法を実用化するには、養殖漁業者の作業に合わせた手法での検証が必要である。

今回、暗黒処理に低温処理を組み合わせることで、抑制解除後に速やかに殻胞子を放出する効果を得た。これは、突発的な採苗日の延期に適用できるだけでなく、通常の養殖時においても熟度が進みすぎたカキ殻糸状体を採苗日まで保持する技術として応用が可能である。また、冷蔵庫内に入れるという簡易な方法でもある。実用化するには前述のような課題を解決する必要があるが、速やかな放出が誘発される点で、有効な方法と言える。

今後、さらに効率的な方法を開発するためには、海水を多量に使用しない水蒸気飽和処理と低温処理との組み合わせも検討する必要がある。

文 献

- 1) 安部 昇. ノリの種苗生産及び育苗管理に関する研究. 福岡県有明水産試験場臨時研究報告 1986 ; 39-40.
- 2) 安部 昇. ノリ糸状体殻胞子の放出・抑制の条件とその効果について. 福岡県有明水産試験場事業報告書 昭和39年度 1965 ; 1-28.
- 3) 前川兼佑, 富山 昭. アサクサノリの人工種付けに関する研究 第6報 水温調節によるアマノリ類糸状体からの胞子放出の人為的制御について. 山口県内海水産試験場調査研究業績 1959 ; 10(1) : 17-25.
- 4) II尾張分場3. のり糸状体貝殻の胞子放出抑制試験. 昭和42年度愛知県水産試験場業務報告書 1968 ; 315-321.
- 5) 本田信夫. アサクサノリ類の養殖における人工採苗に関する研究 6) 糸状体からの単胞子放出. 岡山県水産試験場昭和36年度臨時報告 1962 ; 40-54.
- 6) 三井所正英, 中尾義房. 糸状体単胞子の抑制について. 佐賀県養殖試験場報告1966 ; 4 : 18-19.
- 7) 猪子嘉生, 下中元信, 竹内卓三. アサクサノリの単胞子放出について—光の影響に関する2,3の知見—. 水産増殖 1961 ; 8(4) : 215-219.
- 8) (糸状体の) 冷却暗室処理による胞子の任意放出の効果に就いて. 佐賀県水産試験場業務報告昭和32年度 1957 ; 224-227.

- 9) 川村嘉広. 新海苔ブック 技術編1, 海苔産業情報センター, 福岡県. 2017.
- 10) 井手浩美, 徳田眞孝, 小谷正幸, 安河内雄介. 「福岡のり」採苗安定化技術開発. 平成29年度福岡県水産海洋技術センター事業報告 2019 ; 280-284.
- 11) 三根崇幸, 森川太郎. カキ殻糸状体の暗黒処理がノリ殻胞子の放出に及ぼす影響. 佐賀県有明水産振興センター平成28年度水産研究成果情報. https://www.pref.saga.lg.jp/kiji00320325/3_20325_50750_up_ypeqy5kl.pdf, 2019年9月30日閲覧
- 12) 伊藤龍星. 飽和露出処理で保存したノリ貝殻糸状体の使用可能日数. 大分県海洋水産研究センター調査研究報告 2003 ; 4 : 51-55.
- 13) 右田清治. 凍結アサクサノリ糸状体の生存と殻胞子放出. 長崎大学水産学部研究報告 1967 ; 22 : 33-43.
- 14) 柏崎海苔研究会, 協力 岡山県水産試験場 本田信夫, 石田公行, 片山勝介, 杉山瑛之. [2] 濃縮胞子及びその応用試験, 海苔増殖振興会会報, 財団法人海苔増殖振興会, 東京. 1967 ; 19-29.
- 15) 三根崇幸. スサビノリの生長に及ぼす芽付きの影響. 佐賀県有明水産振興センター平成27年度水産研究成果情報. http://www.pref.saga.lg.jp/kiji00320325/3_20325_3233_up_xy276dmt.pdf, 2019年10月5日閲覧
- 16) 木下和生, 中尾義房. あかぐされ病の疫学的研究. 佐賀県養殖試験場報告 1973 ; 5 : 42-54.
- 17) 森川太郎, 三根崇幸, 柘植圭介. ノリ養殖における採苗密度が乾海苔の生産に及ぼす影響. 水産増殖 2019 ; 67 (3) : 257-264.

