

有明海環境改善事業

(2) タイラギ調査

的場 達人・吉田 幹英・山田 京平

有明海の特産種であるタイラギは主に潜水器漁業によって漁獲されていたが、沖合漁場では、近年、稚貝発生が確認されてもその後原因不明の立ち枯れへい死等により漁獲サイズまで生残せず資源量は極めて少ない状況にあり、潜水器漁業の休漁が続いている。

タイラギの資源回復には、母貝を増やし有明海全体の浮遊幼生量を増大させる必要がある。そのため、本事業では、海底に育成ネットを用いた母貝育成場を設置、育成期間中の生残・成長・産卵状況調査を行い、母貝場としての機能を検証するとともに、沖合のタイラギ資源量・底質及び底層水の広域調査を行い、タイラギ分布とその生息環境（底質、餌料）の関係を検討した。

方法

1. 母貝育成場機能調査

(1) 稚貝移殖

海中育成ネットに収容するタイラギについては、水産研究・教育機構が有明海産親貝から種苗生産した人工稚貝の分与を受け、それを福岡県大牟田市三池港内で中間育成したもの（以後、人工貝とする）を用いた。また、収容貝数の確保のため、有明海沖合域の海底において、潜水器漁業者により天然タイラギ（以後、天然貝とする）の採捕を行った。

海中育成ネット（以後、育成ネットとする）は、73 cm × 52 cm (0.5分メッシュ) の3段ポケットネットにシリコン系の付着物防止剤を塗布し、表裏2枚重ね合わせ、その上部に浮子を、下部には海底設置用のフック付きロープを取り付けたものを作成し（図1）、潜水器漁業者によりネット中心部が海底から1m程浮いた状態になるよう、海底に打ち込んだ約1mの丸カンにフックで取り付け付けた（図2）。

設置箇所は、福岡県大牟田市沖合の有明海にある三池島の東部、南東部、南部の3箇所の海底（水深約7m）とした（図3）。

なお、当海域周辺を航行する船舶の安全確保のため、各設置箇所には太陽電池式点灯ブイを設置した。



図1 育成ネット

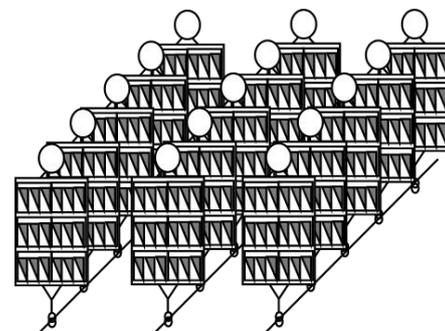


図2 ネット設置状況

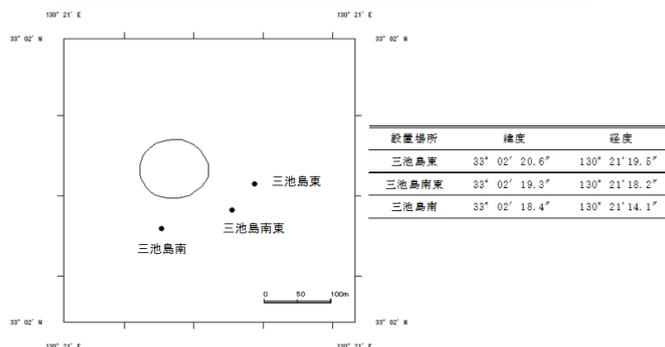
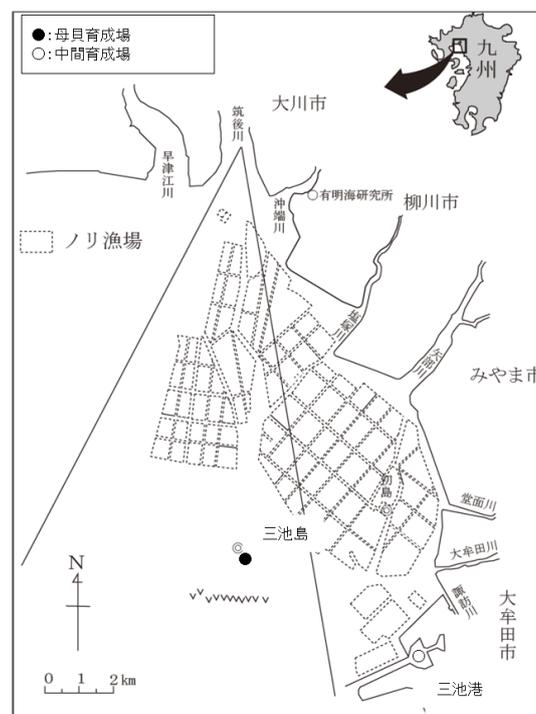


図3 育成ネット設置箇所

海中育成ネットは、付着物による目詰まりを防止するため、1か月に1～2回の頻度で潜水器漁業者により船上に上げ、水中ポンプによる水流で洗浄し、再設置を行った。その際に、へい死したタイラギがあった場合は、随時補充を行った。

追跡調査時には、育成ネットからタイラギを取り出し、生残数の計数と殻長の測定を行った。さらに生殖腺の着色の有無を確認し、測定個体のうち生殖腺の着色がみられた個体数の割合を生殖腺着色率とした。

2. 広域生息環境調査

(1) 広域調査

平成30年11月15～18日と31年2月25～28日に、福岡県沖の58地点で広域調査を行った。柱状採泥は潜水器漁業者によりアクリルパイプ(φ38×30cm)を用いて、柱状採泥は海底の底質を、柱状採水は同パイプを用いて海底の直上水の採取を行った。

採取した柱状採泥試料はスケールにより浮泥厚を測定・記録(写真撮影を含む。)を行った。底質分析は11月調査時のみ実施し、採泥深度0～5cmの底泥をアクリルパイプから取り分け、酸揮発性硫化物量・強熱減量・泥分率・中央粒径値について分析した。柱状採水試料は、帰港後、海洋観測指針に沿って処理し、クロロフィルa及びフェオ色素の分析を行った。

タイラギの生息状況については、潜水により3分間の分布状況を確認し、採捕した試料は、殻長、殻高、殻付き重量を測定した。

(2) 定点調査

平成30年6月～31年3月に、福岡県沖を代表するタイラギの生息場である大牟田沖と峰の州の2点について、潜水器漁業者により、各点20回ずつ柱状採泥、柱状採水を実施した。広域調査と同様の手法で、浮泥厚、酸揮発性硫化物量、強熱減量・泥分率・中央粒径値・クロロフィルa・フェオ色素を測定した。

タイラギの生息状況については、20mのラインを海底に2本設置し、潜水によりライン両側0.5m内のタイラギを採捕し、その殻長・殻高・殻付き重量を測定した。更に、大牟田漁場沖においては、クロロフィル蛍光値(濁度)・DOの連続観測を実施し、潜水器漁業者によりセンサーの設置・清掃・回収作業を延べ30回実施した。

結 果

1. 母貝育成場機能調査

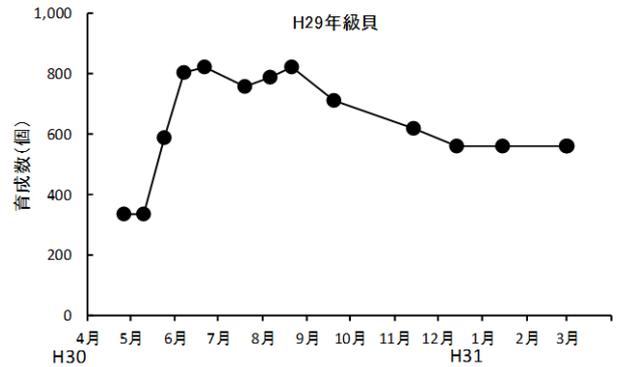


図4 母貝育成場における H29 年級貝の育成数

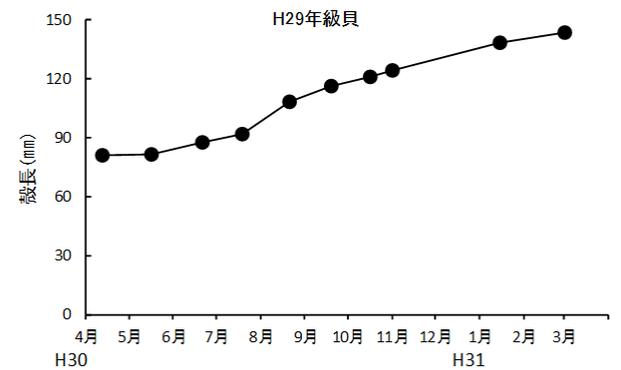


図5 母貝育成場における H29 年級貝の殻長

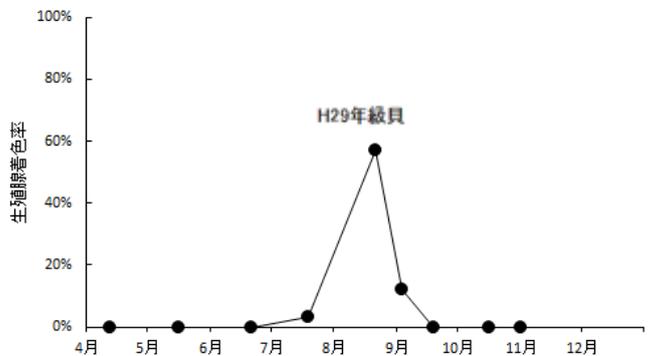


図6 母貝育成場における H29 年級貝の生殖腺着色率

29年級貝は、平成30年4月26日から移殖を開始し、6月21日に移殖数が822個となった。6月21日の平均殻長は87mmであり、産卵盛期の8月21日にはその殻長は108mmに達した。生殖腺着色率は7月19日に3%、8月21日には57%まで増加した後、9月3日に12%に減少、9月19日には着色個体が確認されなくなった。育成数は9月19日に712個、11月14日618個、12月14日561個と緩やかに減少し、殻長は11月1日124mmに、3月には143mmに達した(図4～6)。

30年級貝は、31年1月29日から移殖を開始し、3月15日には移殖数が1,140個に達した。その殻長は1月29

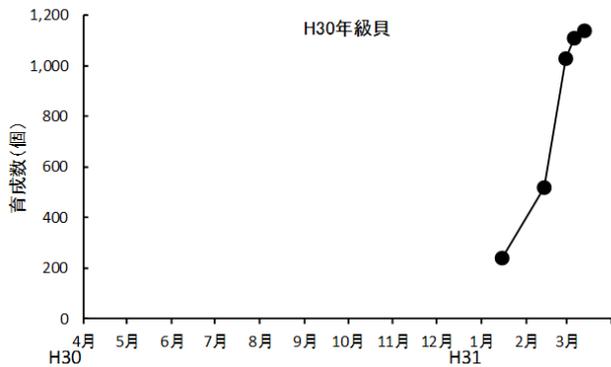


図7 母貝育成場における H30 年級貝の育成数

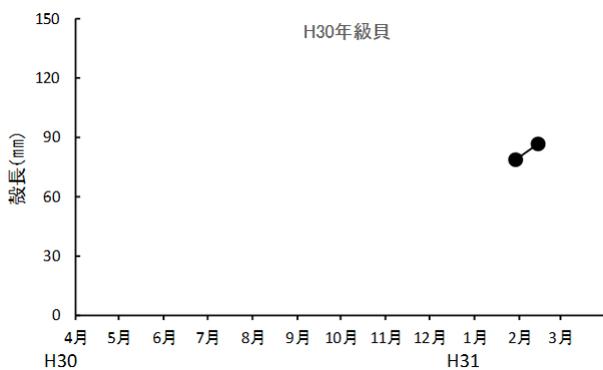


図8 母貝育成場における H30 年級貝の殻長

日に 79 mm, 2月13日は 87 mmに達した (図7・8)。

天然貝の分布調査では4回の調査で, 29年級貝が3個と30年級貝が4個と少なく, 天然貝の母貝としての利用は少数に留まった。

2. 広域生育環境調査

(1) 広域調査

平成30年11月及び31年2月調査時のタイラギ成貝(15 cm以上)及び稚貝の分布状況を図9・表1に示した。潜水器漁業者による3分間あたりの採捕数では, 成貝は31年2月に1個体(殻長161 mm)のみ確認され, 昨年度の12個体より減少した。

稚貝は11月調査時に2点で10個体(平均殻長73 mm), 2月調査時には2点で5個体(96 mm)が確認された。

海域区別には峰の州が2個体, 北部が4個体, 熊本県境が10個体であり, 資源量は若干量と推定された。

浮泥厚は, 11月, 2月両調査の全海域で10 mm以下であった。酸揮発性硫化物量は, 筑後川流れ込み及び三池島では0.2 mg/g-dry以上の高い値を示した。干潟縁辺部・中央部海域では0.1~0.2 mg/g-dry, 熊本県境・峰



図9-① 成貝の分布状況
(上段: 11月 下段: 2月)



図9-② 稚貝の分布状況
(上段: 11月 下段: 2月)

の洲海域では0.1 mg/g-dry以下の値を示した。強熱減量は, 三池島・筑後川流れ込み・中央部・北部海域では9%

を超え、干潟縁辺部・熊本県境海域では6～8%の値であった。峰の洲海域では、5%未満の値を示した。泥分率は、北部・筑後川流れ込み・三池島・中央部海域では常時50%を超え、峰の洲と熊本県境海域では、30%未満の値であった。中央粒径値は、干潟縁辺部・三池島・筑後川流れ込み・中央部・北部海域では3を超えたが、熊本県境と峰の洲海域では2.5を下回る値で推移した。クロロフィルaは1.5～4.6 $\mu\text{g/L}$ の値を示し、干潟縁辺部海域で4.6 $\mu\text{g/L}$ と最も高い値となった。フェオ色素は1.9～5.2 $\mu\text{g/L}$ の値を示し、干潟縁辺部海域で5.2 $\mu\text{g/L}$ と最も高かった。稚貝が9個体採捕された点のフェオ色素の値が13.0 $\mu\text{g/L}$ 高い値となった(図10～17・表1)。

(2) 定点調査

29年級群タイラギは、いずれの地点においても採捕されなかった。30年級群タイラギ平均採捕数は、大牟田北で0.2個体/40 m^2 、峰の洲で0.4個体/40 m^2 であった。最大採捕数は、大牟田北で平成30年9月20日に2個体/40 m^2 、峰の洲で平成30年7月18日及び平成31年1月14日にそれぞれ2個体/40 m^2 確認した(図18)。

浮泥厚は1～6mmで推移し、両調査点による大きな差は認められず、10mm以下の値で推移した(図19)。

酸揮発性硫化物量の平均値は、大牟田沖で0.07mg/g-dry、峰の洲で0.04mg/g-dryで、水産用水基準0.2mg/g-dry以下の値で推移した。大牟田沖で10月に0.11mg/g-dryと最大値を示したが、それ以外は0.1mg/g-dry以下で推移した(図20)。

強熱減量の平均値は、大牟田沖で6.2%、峰の洲で5.6%と、6%前後の値で推移した(図21)。

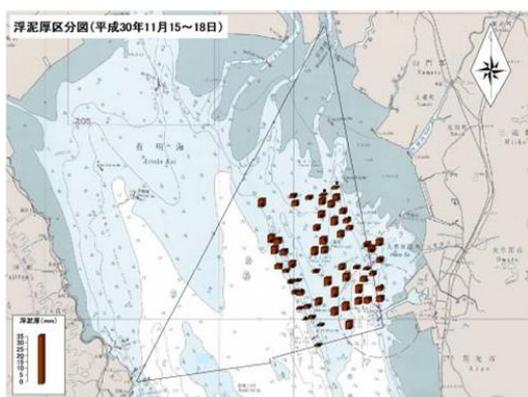
クロロフィルaの平均値は、大牟田沖で5.0 $\mu\text{g/L}$ 、峰の洲で4.2 $\mu\text{g/L}$ であった。両調査点ともに11月に12 $\mu\text{g/L}$ を示した他は、調査期間を通じて6.0 $\mu\text{g/L}$ 以下で推移した(図22)。

フェオ色素の平均値は、大牟田沖で10.2 $\mu\text{g/L}$ 、峰の洲で7.3 $\mu\text{g/L}$ であった。両調査点とも調査期間を通じて25 $\mu\text{g/L}$ 以下で推移した(図23)。

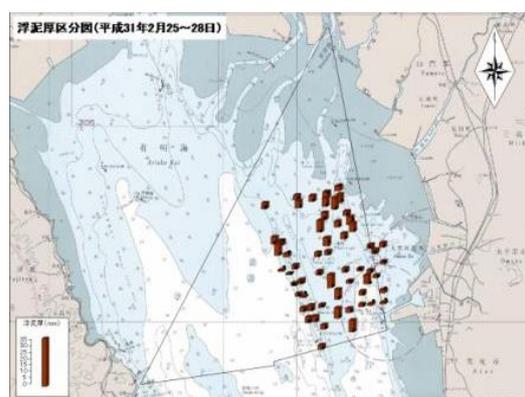
大牟田沖での水質連続観測では、最高水温は8月下旬に28.6 $^{\circ}\text{C}$ 、最低水温は1月下旬及び2月上旬に10.7 $^{\circ}\text{C}$ を示した。酸素飽和度は40%を下回る貧酸素は確認されなかった。クロロフィル蛍光値は11・12月に高い値を示したが、年平均で8.0 $\mu\text{g/L}$ となった(図24)。

表1 海域区別のタイラギ採捕数

年月 年級	H30年11月		H31年2月	
	29年級群	30年級群	29年級群	30年級群
筑後川流れ込み	0	0	0	0
三池島	0	0	0	0
峰の洲	0	1	0	1
中央部	0	0	0	0
干潟縁辺部	0	0	0	0
熊本県境	0	9	1	0
北部	0	0	0	4
調査毎年級群計	0	10	1	5
調査毎計		10		6
年級群別全体計			1	15
全体合計				16



11月



2月

図10 浮泥堆積厚

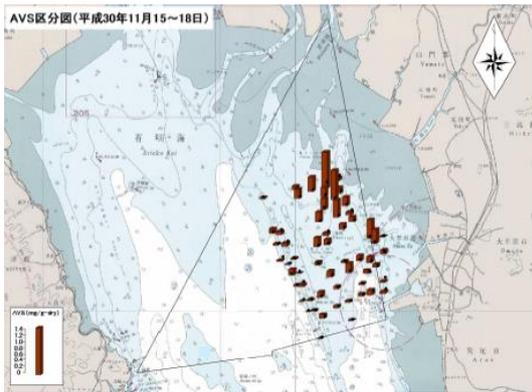


図 11 酸揮発性硫化物量

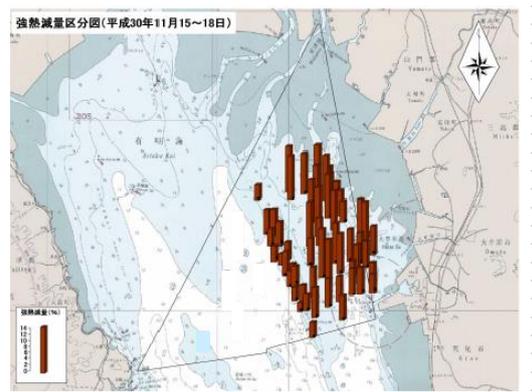


図 12 強熱減量

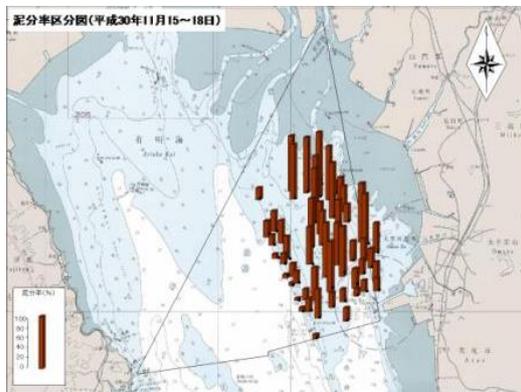


図 13 泥分率

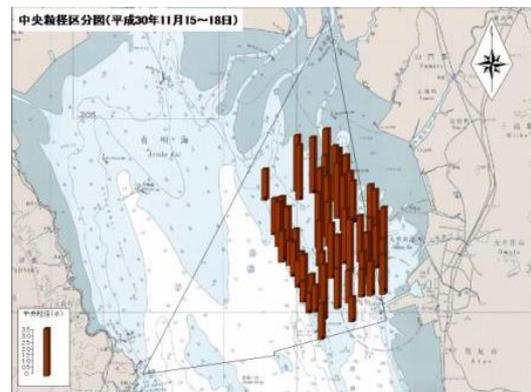


図 14 中央粒径値

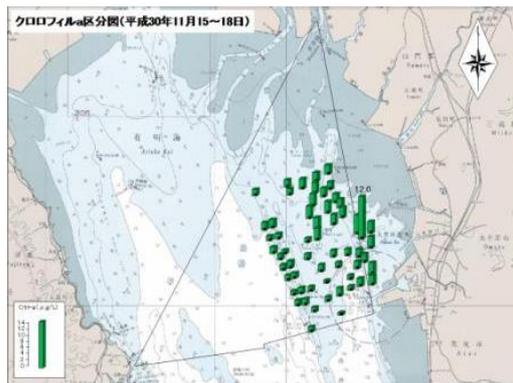


図 15 クロロフィル a

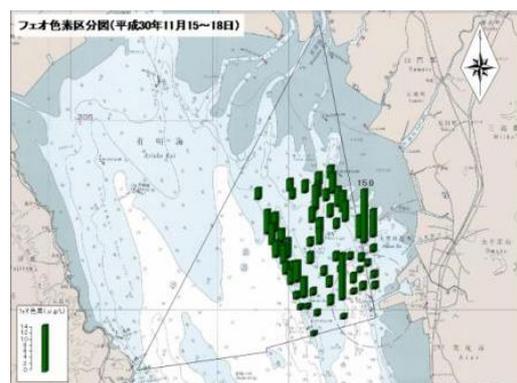


図 16 フェオ色素



図 17 海域区分

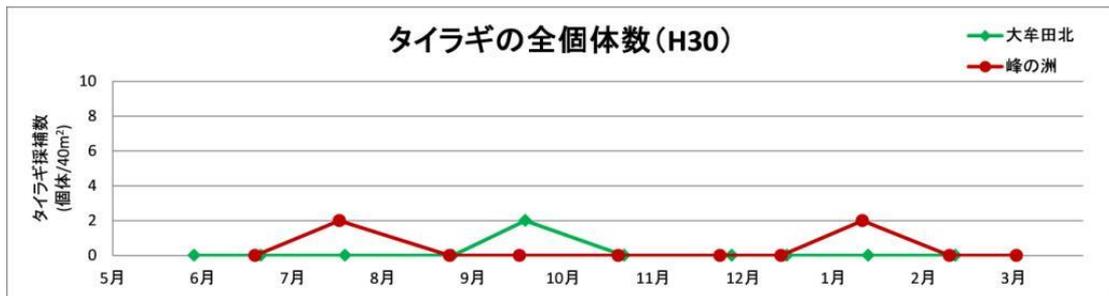


図 18 タイラギ採捕数の推移

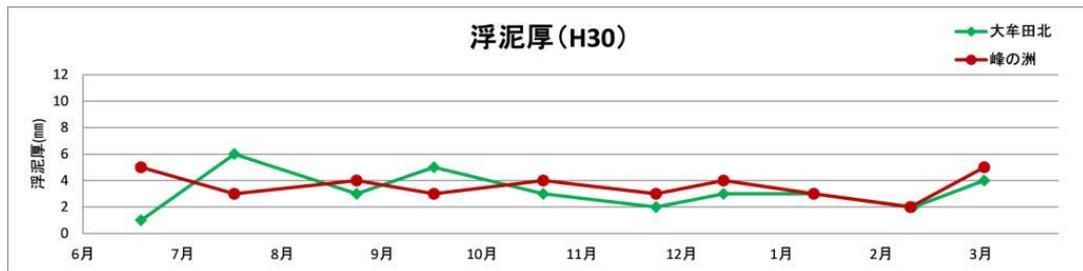


図 19 浮泥厚の推移

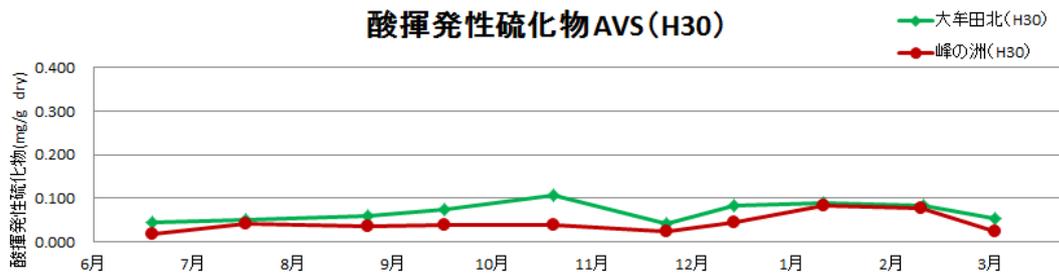


図 20 酸揮発性硫化物量の推移

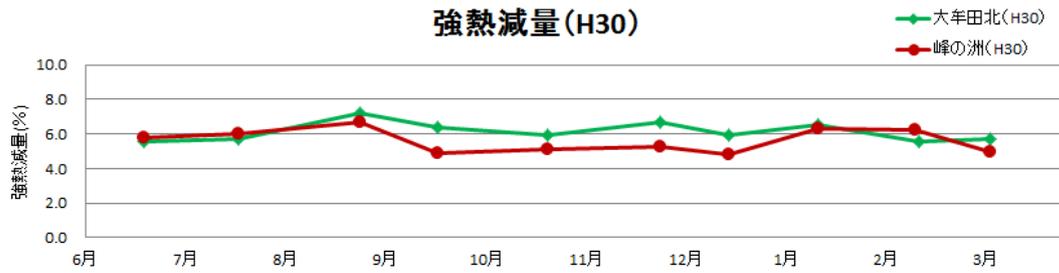


図 21 強熱減量の推移

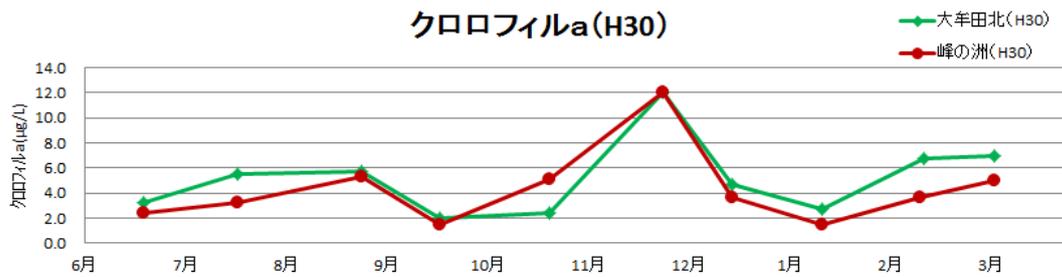


図 22 クロロフィル a の推移

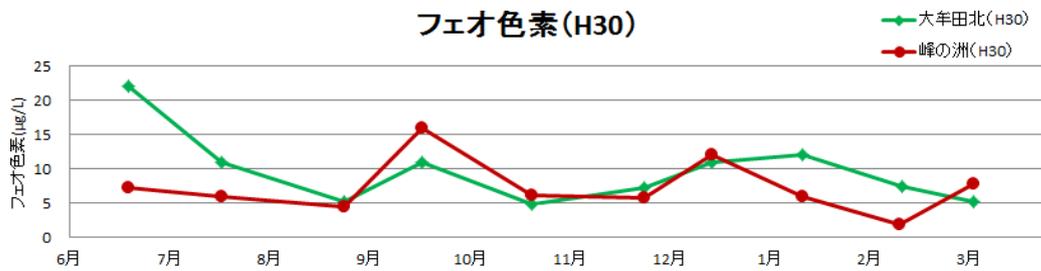


図 23 フェオ色素の推移

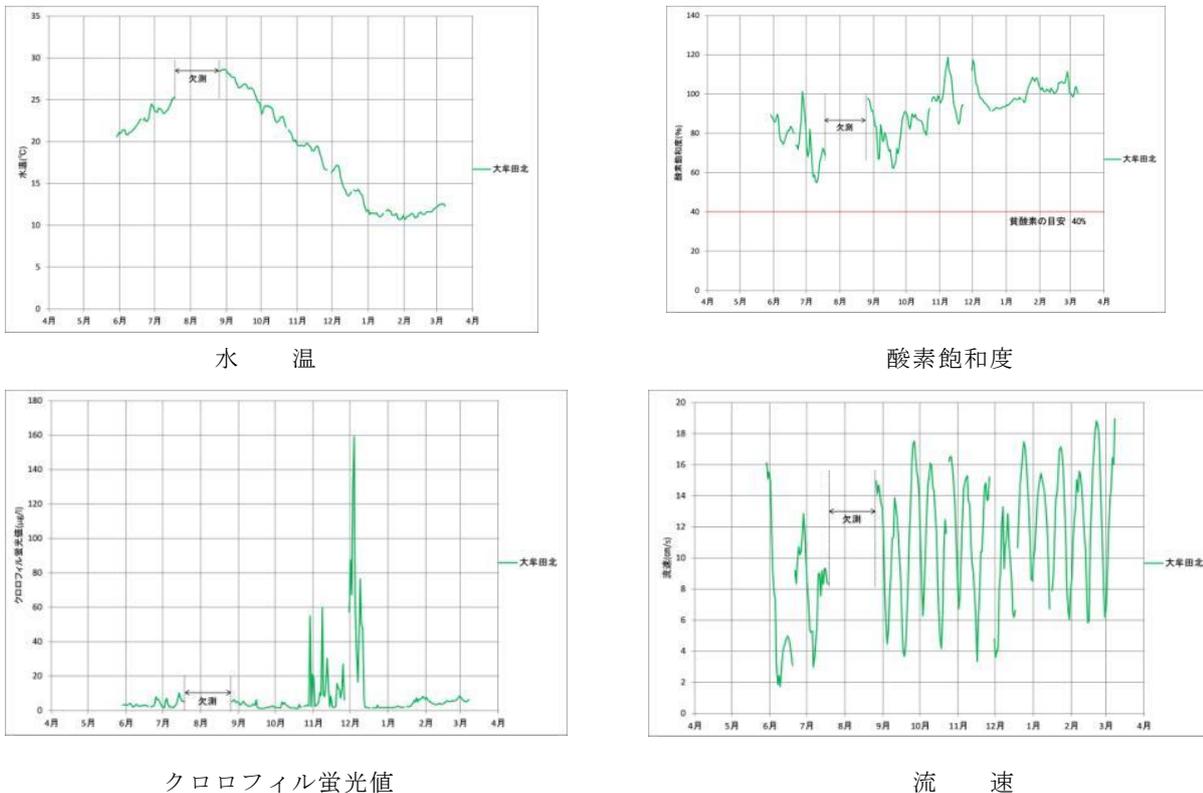


図 24 大牟田沖漁場の水質

二枚貝資源緊急増殖対策事業

－タイラギ人工種苗生産技術を活用した資源増殖法の開発－

的場 達人・吉田 幹英・上田 拓・山田 京平・濱崎 稔洋

有明海沖合域のタイラギ潜水器漁場においては、近年、着底稚貝は発生するものの短期間で生息が見られなくなる他、成貝についても夏場に発生する貧酸素水塊によるへい死、原因不明の立ち枯れへい死などによって資源状態が著しく低下している。一方で、干潟域では生息密度は低いものの、生残率は比較的高いため重要な母貝場として機能していると考えられる。ただし干潟域は大雨による低塩分や土砂の流入の影響を受けやすい他、漁業者による漁獲圧などが高いことから、資源維持のためにも、これらの資源状態を把握するとともに、人工種苗生産用の親貝としての活用について検討が必要である。

本事業では、タイラギ生息が確認される福岡県地先の干潟域において、人工種苗生産用に活用可能な親貝の生息状況や成熟状況について調べるとともに、一部を採取して親貝使用の可能性について検討をおこなった。

方 法

1. 親貝の分布状況調査

調査区は柳川市地先（A区）とみやま市地先（B区）とし（図1）、大潮の干潟干出時に、漁業者によるタイラギの徒取り採捕により分布調査を行った。調査したノリ小間数に1小間の面積（44m×18m）を乗じて求めた調査面積で、親貝の採捕数を除して、分布密度を求めた。

採捕したタイラギは、殻長、殻幅、殻高、殻重等を測定し、殻長150mm以上の個体を親貝として解析に供した。

なお、保護区における調査では、タイラギは採捕せず、ノリ小間あたりの分布数を目視により計数した。また、現場で殻高を測定し、殻長-殻高関係式¹⁾から殻高6.5cm以上の個体を親貝として解析に供した。

2. 底質環境調査

干潟干出時に、アクリルパイプを用いて底泥を柱状採取した。採取試料は、表面から0～5cm層について分析を行った。分析項目は、酸揮発性硫化物量、強熱減量、中央粒径値、泥分率とした。

3. 親貝の健全性調査

親貝の健全性を確認するため、産卵盛期となる平成30年7月上旬に採捕したタイラギについて、殻長組成、軟体部肥満度及び成熟度の指標として内臓指数²⁾を求めた。軟体部肥満度は次式で算出した。

$$\text{軟体部肥満度} = \text{殻長 (mm)} \times 10,000 / \text{軟体部重量 (g)}^3$$

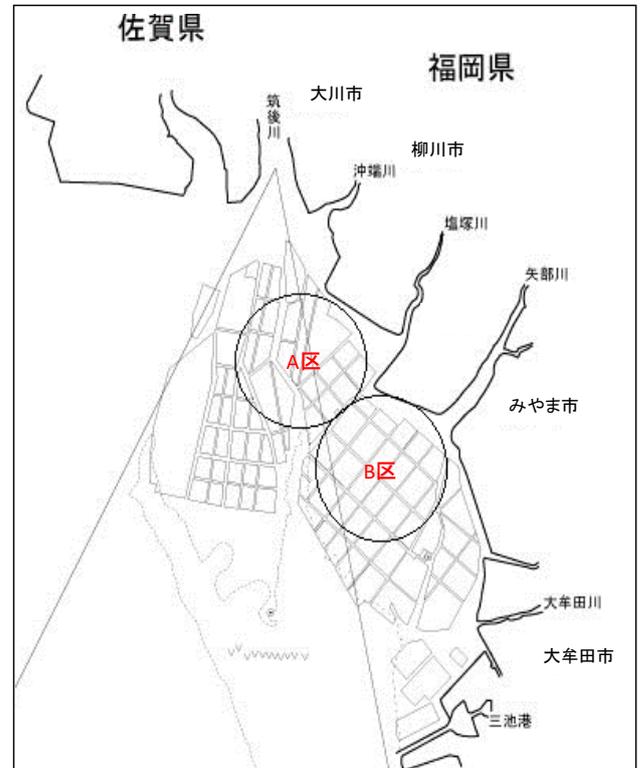


図1 調査区域

結 果

1. 親貝の分布状況調査

干潟域における親貝の分布調査は、平成30年6月～31年1月の間に計4回実施し、それらの結果を26～29年度の結果と合わせて図2に示した。

柳川市地先（A区）の分布密度は、30年11月に2箇所
で0.004個/㎡と0.007個/㎡であった。みやま市地先（B

区)では、30年6月に2箇所で0.003個/m²と0.006個/m²であった。

27年頃まで有明海内では比較的多くタイラギ親貝の分布がみられた当海域も、28～30年は減少傾向で、漁業者による徒取りもほぼ行われない状況となった。

30年11月26、27日に柳川市地先で採捕したタイラギの殻長組成を図3に示した。殻長150mm以上の親貝の平均殻長は214±17mmで、185～189mm, 210～215mm, 225～230mmをモードとした3群がみられた。

2. 底質環境調査

干潟調査期間中の底質は、強熱減量が平成30年11月27日6.6%とタイラギの生息に適すると基準値³⁾5%未満を上回ったが、生息可能な範囲である10%未満であった。また泥分率も、30年11月27日に32.9%と生息に適する基準値³⁾30%未満を上回ったが、生息可能な範囲である50%未満であった。その他の指標は、両地先とも酸揮発性硫化物量(AVS)0.1 mg/g乾泥未満、中央粒径値(Md ϕ)3未満で推移し、タイラギの生息に適した底質環境であった(図4～7)。

3. 親貝の健全性調査

平成30年7月12日に柳川市地先で採捕したタイラギの殻長組成をみると、150～154mm, 175～179mm, 190～194mmをモードとした3群がみられ、200mm以上の大型個体もみられた(図8)。

軟体部の肥満度は雌0.05, 雄0.04と差はみられず、この5年間では低い値となった(図9)。

成熟度の指標としている内臓指数も雌8.9, 雄9.7と、この5年間では低い値となり、平成12年7月の雌17.5, 雄14.9²⁾と比較しても低い値を示した(図10)。

29年は、7月5日に起きた九州北部豪雨の影響で、7月前半の大潮時に採取できず、7月24日に採取したが、既に放卵後であった可能性が考えられた。

4. 今後の課題

平成12年以降、有明海北東部に着底したタイラギは初夏から晩秋にかけて頻繁に立ち枯れ斃死がみられ、漁獲に繋がらない状況にある。28～30年級の稚貝は発生量が非常に少なく、今後は、親貝の資源量や生息環境だけではなく、親貝の健全性についても検証していく必要がある。

文 献

- 1) 伊藤輝昭, 吉田幹英, 金澤孝弘, 内藤剛, 岩淵光伸. タイラギ殻形状からみた斃死と資源変動. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2006; 16: 97-104.
- 2) 塚本達也, 前野幸男, 松井繁明, 吉岡直樹, 渡辺康憲. タイラギの性成熟と各種組織におけるグリコーゲン量との関係. 水産増殖 2005; 53(4): 397-404.
- 3) 杉野浩二郎, 吉田幹英, 山本千裕. タイラギの生息に適した底質条件の検討. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010; 20: 53-60.

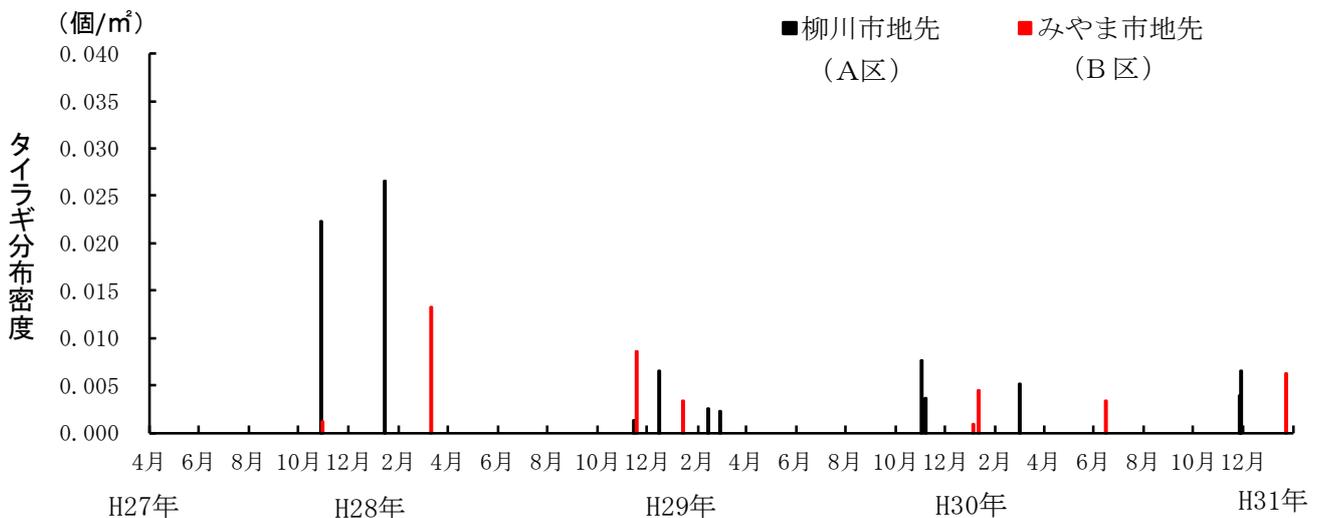


図2 干潟域におけるタイラギ分布密度(殻長150mm以上)

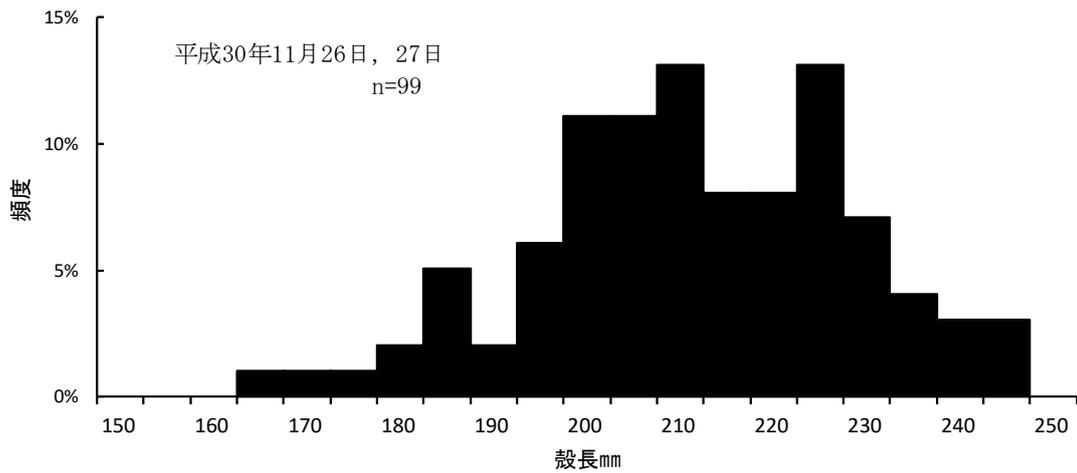


図3 干潟で採捕されたタイラギの殻長組成

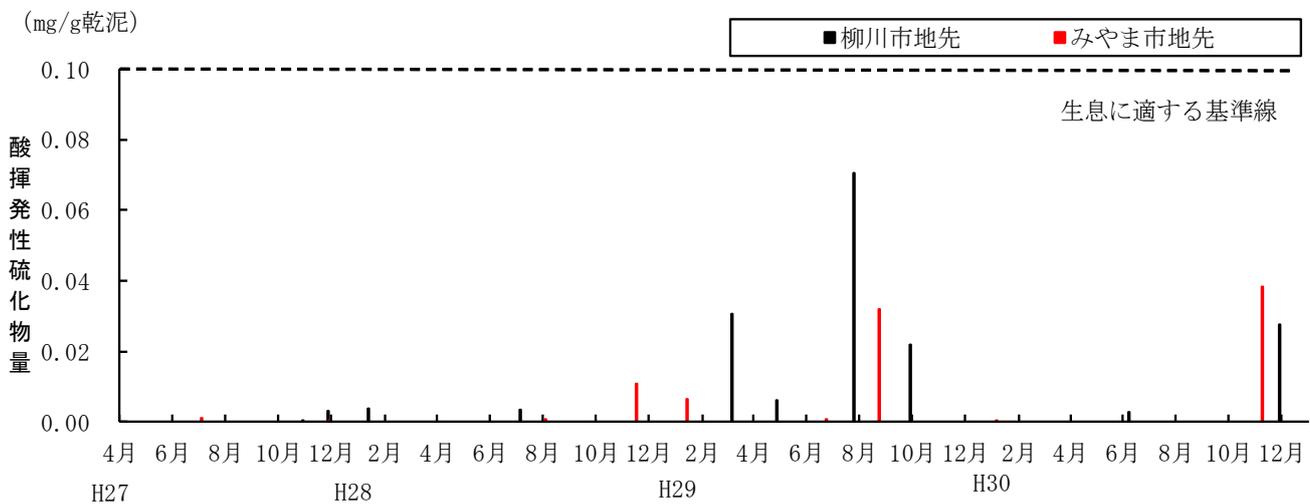


図4 干潟調査時の酸揮発性硫化物量 (AVS)

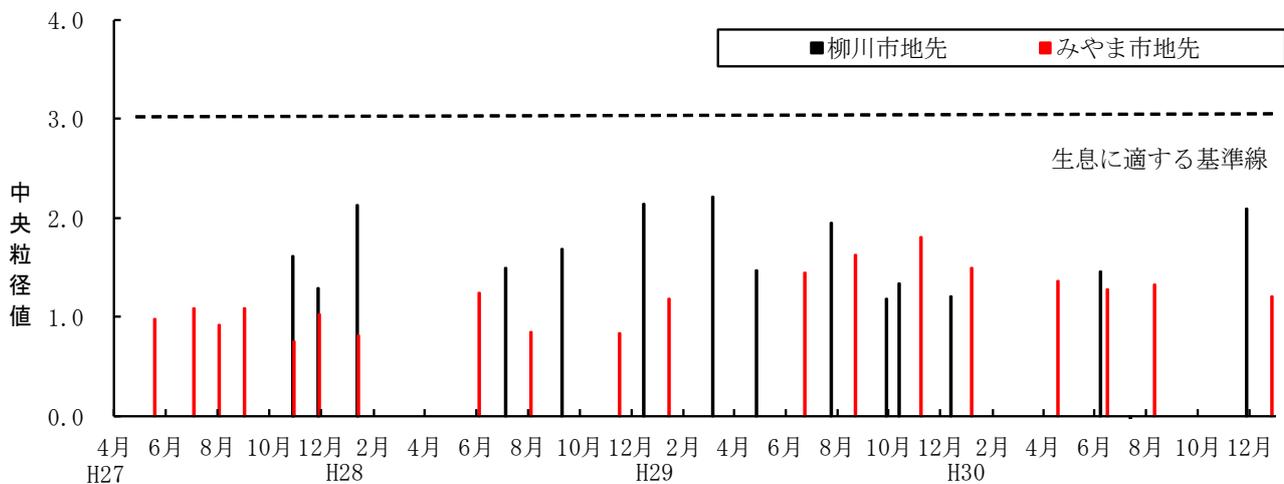


図5 干潟調査時の中央粒径値 (Md φ)

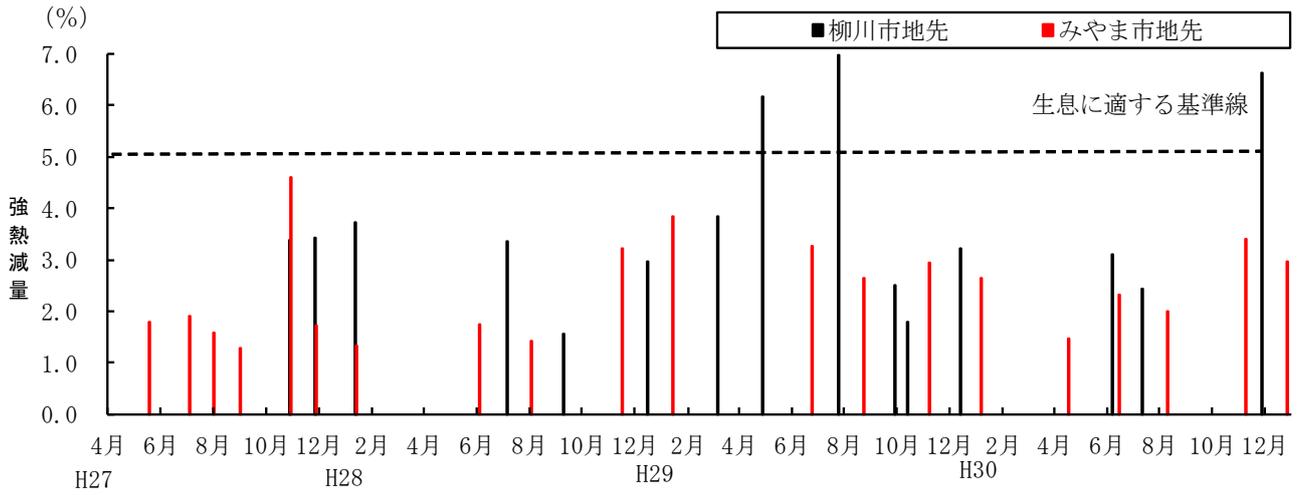


図6 干潟調査時の強熱減量

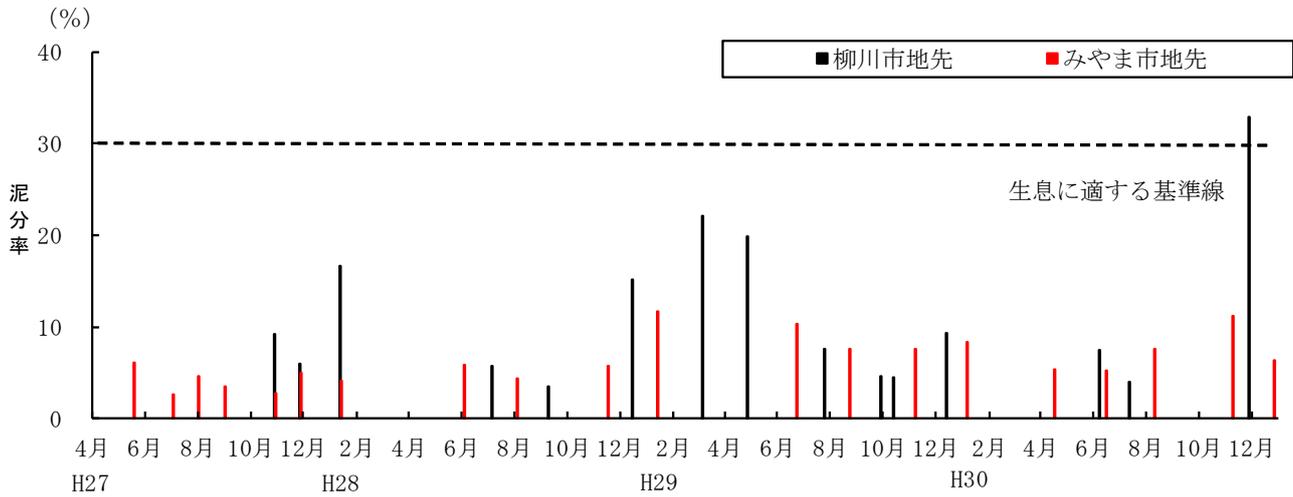


図7 干潟調査時の泥分率

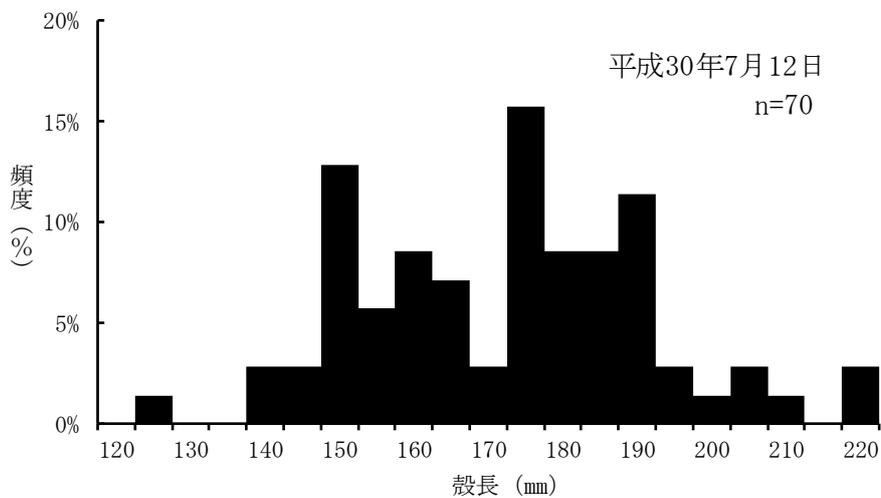


図8 産卵期におけるタイラギ親貝の殻長組成

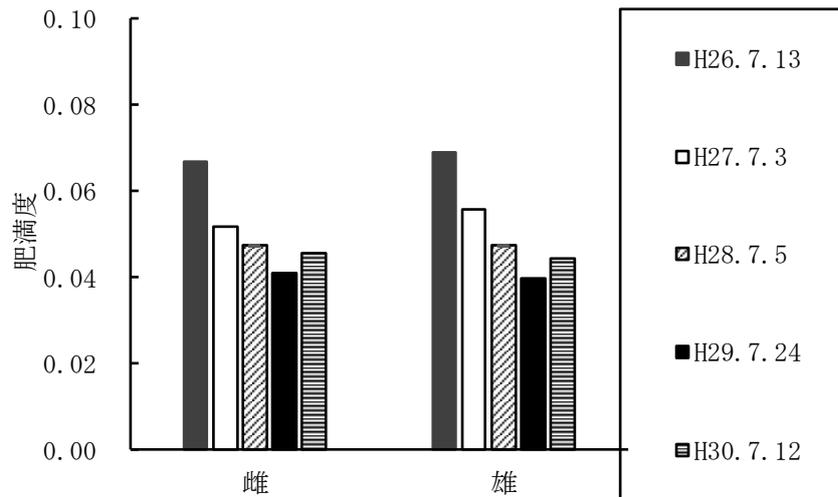


図9 干潟におけるタイラギ親貝の肥満度

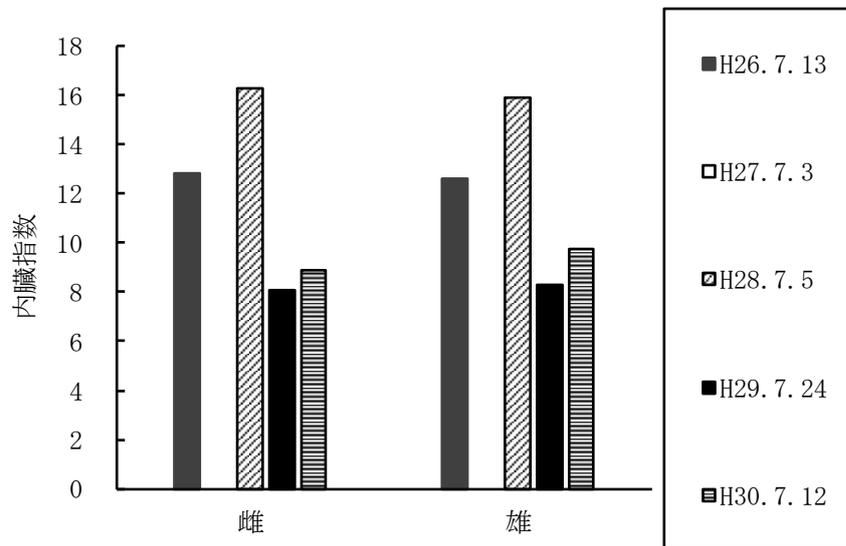


図10 干潟におけるタイラギ親貝の内臓指数

二枚貝増殖を活用したノリ色落ち対策技術開発事業

安河内 雄介・山田 京平・藤井 直幹・濱崎 稔洋

有明海のノリ養殖は冬期の主要な漁業種類である。

ところが、植物プランクトンが異常に増殖すると、海域の窒素やリンを急速に消費するため、ノリの生長に必要な窒素、リンが不足し、色落ちが発生する。

アサリ、サルボウ等の二枚貝類は、ノリ色落ちの原因となる植物プランクトンを摂餌・消化し、ノリの生長に有用なアンモニア態窒素を排出する。

本事業は、二枚貝による植物プランクトンの除去及び栄養塩排出効果の検証を実施したので報告する。

方 法

1. 資源量調査

福岡県地先のアサリ及びサルボウの資源量をノリ養殖漁場の区画単位で調査した。調査は平成30年10月17日、18日に実施した。

調査には、5mm目合いのカバーネットを付けた間口50cm前後の長柄ジョレンを用い、50～100cm曳きにより試料を採取した。採取した試料は個体数を計数し、殻付重量を測定した。

また、ジョレンを曳いた長さから求めた採取面積から生息密度を求め、各区画の平均生息密度を算出した。これに区画面積と区画ごとの平均殻付重量を乗じ、区画毎の資源量を算出した合計を福岡県地先のアサリ及びサルボウの資源量とした。

2. 二枚貝による植物プランクトン除去量・栄養塩排出量の算出

ノリ色落ち対策に寄与する二枚貝増養殖技術ガイドライン¹⁾により、例年、植物プランクトンが増殖し、色落ちが発生している1月～3月の水温に近い10℃(アサリ)、12℃(サルボウ)のろ水のアロメトリー式、アンモニアのアロメトリー式を使用し、福岡県地先の二枚貝の植物プランクトン除去と栄養塩排出について試算した。

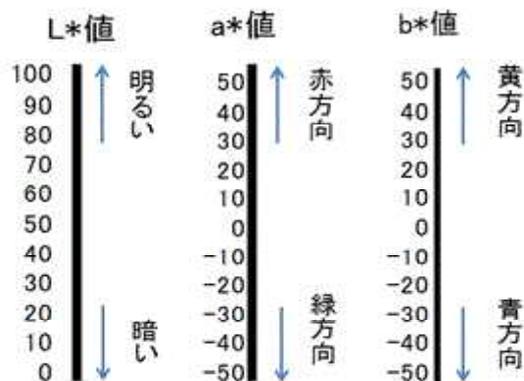


図1 L*a*b*表色系の指標

3. 摘採回数別の乾ノリに含まれる窒素量及び色調の変化、ノリによる窒素取上量について

福岡県地先で同一のノリ養殖業者が冷凍網期に生産した乾ノリを摘採ごとにサンプリングし、窒素量をケルダール法により求めた。

乾ノリの色調は、分光測色計(CM-700d, コニカミノルタジャパン株式会社製)を用いて、L*a*b*表色系で測定した。

L*a*b*表色系とは、物体の色を数値化したもので、図1のように、L*値が明度、a*値が赤～緑、b*値が黄～青の色度を表す。

ノリ共販(入札)は15日ごとに行われるため、共販枚数から期間ごとのノリの窒素取上量を試算した。また、アサリ及びサルボウが1日に排出する窒素量から、ノリの窒素取上量に対する割合を試算した。

結果及び考察

1. 資源量調査

区画ごとのアサリ及びサルボウの生息密度、推定資源量をそれぞれ、図2、図3、表1に示す。アサリは3号で生息密度499.9個/m²、資源量2,389トンと最も多く、サルボウは8号で生息密度100.5個/m²、資源量1,554トンと最も多かった。福岡県地先全体ではアサリが約5,800トン、サルボウは約4,200トンと推定された。

文 献

2. 二枚貝による植物プランクトン除去量・栄養塩排出量の算出

福岡県地先では、1の資源量からアサリは約800万KL/日、サルボウは約1200万KL/日の海水をろ水していると試算され、相当量の植物プランクトンを除去していると推定された。また、福岡県地先の海水を約2億トンと試算した場合、アサリ及びサルボウは1日あたり福岡県地先の海水10%をろ水していることが判明した。

また、アサリは約100kg/日、サルボウは約100kg/日の窒素を排出していると試算された。

3. 摘採回数別の乾ノリに含まれる窒素量及び色調の変化、共販回数別のノリによる窒素取上量について

摘採回数別の乾ノリに含まれる窒素量及び乾ノリのL*値の推移を図4に示す。摘採回数を重ねると、L*値が上昇し、乾ノリの窒素量は減少した。冷凍8回でL*値が低下し、窒素量が増加した理由は福岡県地先の栄養塩が増加し、色落ちが改善されたためと推察された。

乾ノリに含まれる窒素量とL*値の相関を図5に示す。乾ノリに含まれる窒素量とL*値は強い負の相関関係($y=-53.779X+37.319, r=-0.965$)が認められた。

共販回数別のノリの窒素取上量と窒素取上量に対するアサリ及びサルボウの窒素排出量の割合を図6に示す。アサリ及びサルボウの窒素排出量の割合は共販4～8回の間、6.3～18.1% (平均11.8%)で推移した。



図2 アサリ生息密度

1) 水産庁「ノリ色落ち対策に寄与する二枚貝増養殖技術ガイドライン(平成24年3月)」



図3 サルボウ生息密度

表1 漁場別資源量

区画/項目	アサリ		サルボウ		区画/項目	アサリ		サルボウ	
	生息密度 (個/m²)	資源量 (t)	生息密度 (個/m²)	資源量 (t)		生息密度 (個/m²)	資源量 (t)	生息密度 (個/m²)	資源量 (t)
208号	45.6	192	16.5	13	19号	0.0	0	0.0	0
209号	0.3	2	1.9	20	20号	185.4	557	2.8	18
210号	0.1	4	1.5	20	21号	4.5	12	12.7	60
211号	0.0	0	123.8	130	22号	0.0	0	0.0	0
3号	499.9	2,389	49.9	226	24号	17.9	54	0.2	1
4号	52.6	549	25.4	271	25号	0.0	0	3.7	22
5号	0.0	0	0.0	0	28号	2.5	5	6.3	23
6号	1.4	6	6.2	46	29号	4.0	17	7.0	43
7号	0.0	0	0.0	0	32号	16.3	69	7.5	53
8号	124.8	843	100.5	1,554	35号	1.8	9	1.8	0
9号	24.6	25	4.7	8	36号	0.3	1	0.0	0
10号	90.2	310	98.7	117	37号	177.5	262	3.0	1
11号	67.9	88	113.8	501	38号	117.5	122	8.5	12
12号	0.0	0	1.0	2	40号	160.0	13	3.6	1
13号	6.0	24	28.5	82	41号	117.9	188	2.5	10
14号	6.5	17	135.8	890	42号	2.5	1	7.5	9
15号	0.0	0	0.0	0	44号	0.4	0	0.7	0
16号	4.0	9	30.9	21	45号	0.4	0	0.4	0
17号	0.0	0	3.3	18	計		5,768		4,174

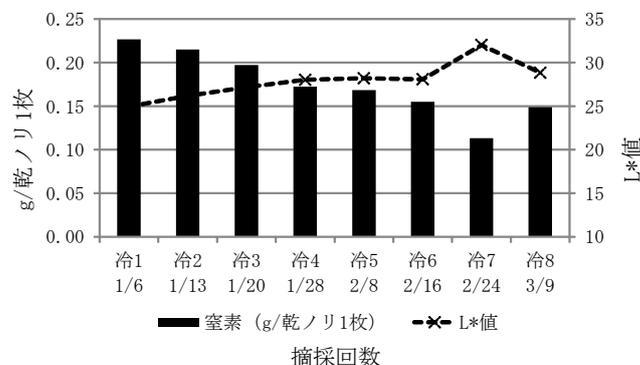


図4 摘採回数別の乾ノリに含まれる窒素量の推移

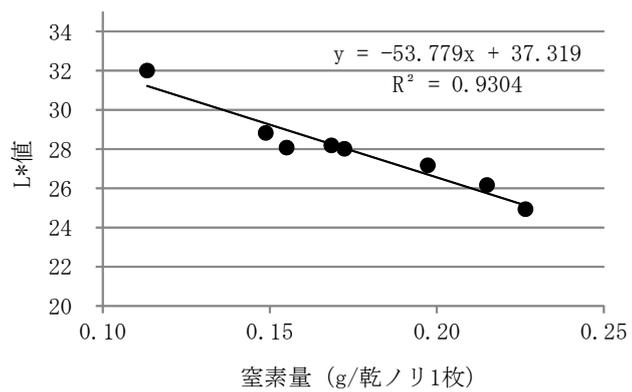


図5 乾ノリに含まれる窒素量とL*値の相関

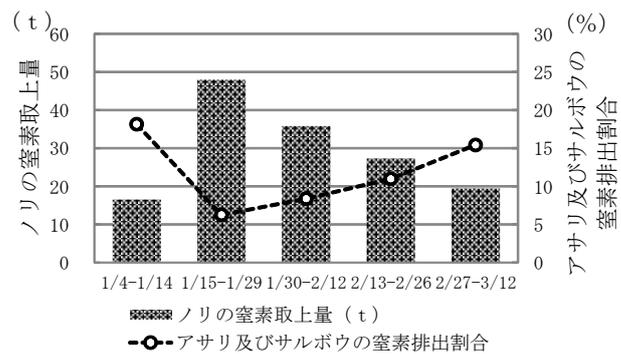


図6 ノリの窒素取上量と窒素取上量に対するアサリ及びサルボウの窒素排出割合

「福岡有明のり」採苗安定化技術開発

井手 浩美・徳田 眞孝・内藤 剛・安河内 雄介

近年、異常気象により水温低下の遅れや台風の接近等でノリの採苗が不安定化している。特に平成26年度漁期は採苗日が急遽延期され、ノリの糸状体胞子のう熟度の緊急抑制が上手くいかず、採苗は不調となった。本事業は、異常気象に対応できるノリ糸状体の熟度コントロール技術、採苗技術を開発し、採苗の安定化によるノリ生産の向上を図る。

方 法

ノリ糸状体胞子のう成熟、放出に関連があると想定した水温、塩分、植物ホルモン、光波長それぞれの項目について、条件別の室内試験を実施した。効果が認められた項目は、野外試験を追加した。なお、本事業では福岡有明海漁業協同組合連合会が種苗登録し、養殖の普及を図っている品種である福有を使用した。

室内試験には、フリーリビング糸状体をミキサーで細断したのち、大きさ約1×1cmに切断したマドガイ殻片に蒔きつけ、約3ヶ月培養して胞子嚢を形成させたマドガイ殻片を、水温18℃(水温試験を除く)、塩分30(塩分試験を除く)、光強度 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期11L・13D(水温試験の暗所区を除く)、の共通条件下で各試験に供した。なお、培養液は0.2 μm のメンブランフィルターで濾過滅菌した海水を使用した。胞子放出数の経日変化は、前述のマドガイ殻片を培養液で満たした管瓶(直径2.6×高さ9cm)に吊し、管瓶の底に予め敷いたガラス板に、沈着した胞子数を明期5時間経過後に計数し、マドガイ殻1cm²あたりに換算し、1日の放出数とした。

野外試験には、フリーリビング糸状体をミキサーで細断したのち、カキ殻に蒔きつけ、室温、自然光下で培養し、胞子嚢を形成させた後、条件別に熟度調整した糸状体を試験に供した。採苗は柳川市地先の漁場で行い、ノリ網を4つ折りに重ね、前述のカキ殻を1個ずつ入れた採苗用ポリ袋(13×14cm、通称落下傘)60個を前述の試験網に均一に分散して吊り下げ、網糸1cmあたりの胞子着生数を計数した。

1. 水温調整試験

(1) 水温4℃に暗黒処理を付加した胞子放出抑制試験

前報告において、¹⁾水温4℃で暗黒処理を行った区は、抑制解除直後、速やかな胞子放出数の増加が見られ、採苗の操作をコントロールする方法として有効と考えられた。しかし、昨年の試験では計数をする際に一時的に明るい環境下に置いたため、暗黒処理の効果が解かれた可能性があり、本年は、より厳密な条件設定の下で効果の検証を行った。

水温4℃で暗黒処理による抑制を行ったものを試験区に、水温18℃で暗黒処理による抑制を行った区を対照区に設定した。双方の区とも熟度が未成熟のマドガイ糸状体を用い、共通条件下で8日目まで培養し、培養8日目から13日目までの5日間はそれぞれの試験条件で抑制し、抑制中は計数を行わず静置した。その後、共通条件に戻し、胞子放出数の計数は抑制解除後1日目にあたる14日目から試験終了の27日目までの毎日行った。なお、抑制期間中も管瓶にガラス板を敷いておき、抑制解除日にガラス板の胞子数を計数して、抑制期間中の総胞子放出数とした。

(2) 野外採苗試験

熟度がI型のカキ殻糸状体を用い、試験区は、共通条件下で6日間培養した後に採苗開始日までの5日間を4℃、暗黒下に静置した区とし、対照区は、共通条件下で6日間の培養のみを行った区とした。双方の区とも10月30日の午前9時に沖出しし、採苗を開始した。各日の胞子着生数は、採苗開始日から3日目まで計4回計数した。

採苗網は11月9日に展開した後に、試験区、対照区それぞれ1枚を継続して育成し、11月28日と12月11日に摘採を行った。

2. 塩分調整試験

前報告において、¹⁾塩分22、19では、生理障害が認められず、抑制の効果が期待できることから、本年は、塩分22、

19を試験区として、より定量的に効果の検証をした。

培養液の塩分を22と19に調整した試験区と塩分30に調整した対照区を設定し、試験を行った。熟度が未成熟のマドガイ系状体を用い、共通条件下で8日間培養後、培養8日目から13日目までの5日間はそれぞれの条件で抑制し、その後共通条件に戻した。殻胞子放出数の計数は、培養7日目から試験を終了した27日目までの毎日行った。

3. 植物ホルモン添加試験

(1) 使用開始時期別の殻胞子放出効果

合成アブシシン酸 (A. G. Scientific) 濃度を10ppmに調整した培養液を用いて、試験開始日(1日目)、4日目、7日目からアブシシン酸を使用した試験区とアブシシン酸を使用しない対照区を設定し、熟度が未成熟のマドガイ系状体を、水温18℃、光強度 $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、11時間明期：13時間暗期の条件下でそれぞれ14日間培養し、培養5日目から14日目まで殻胞子放出数を計数した。なお、7日目については、殻胞子放出数の計測後にアブシシン酸を調整した培養液を使用した。

(2) 高水温下での野外採苗試験

前年に行った試験では、水温は24.4～25.5℃の間で推移したが、本年においては、前年より高い温度帯での試験を行った。

熟度がI型のカキ殻系状体を用い、アブシシン酸を10ppmとなるよう培養液に添加し、水温18℃で7日間培養した。9月11日の午前8時に沖出しし、採苗を開始した。各日の殻胞子着生数は、採苗開始日から4日間計数した。また、各日の殻胞子着生数と発芽体の合計を殻胞子総着生数として計数した。

4. LED波長別試験

前報告において、¹⁾LED緑光下での培養は、殻胞子放出までの期間が長く、放出数が少ないことが分かったが、LED緑光は抑制の効果として働いているわけではなく、単に光エネルギーとして利用されていない可能性もあるため、本年は、LED緑光を試験区、暗黒処理を行ったものを対照区として効果の検証をした。

熟度が未成熟のマドガイ系状体を用い、試験区は光条件を、LED照明(3 in 1 LED照明ユニット、株式会社日本医化器械製作所製)で波長を520nmの緑光に調整し、光量子を $40 \mu\text{mol/m}^{-2}\text{s}^{-1}$ に設定した。また、対照区は暗黒処理を行ったものとした。熟度が未成熟のマドガイ系状体を

用い、共通条件下で8日目まで培養し、培養8日目から13日目までの5日間はそれぞれの条件で抑制し、抑制中は計数を行わず静置した。その後、共通条件に戻し、殻胞子放出数の計数は抑制解除後1日目にあたる14日目から試験を終了した26日目までの毎日行った。

結果及び考察

1. 水温調整試験

(1) 水温4℃に暗黒処理を付加した殻胞子放出抑制試験

殻胞子放出数の経日変化を図1に示した。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14日～16日目は、 $1,000 \sim 1,600 \text{ cells/cm}^2$ 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22日目に $15,221 \text{ cells/cm}^2$ となり最大を示し、その後減少した。一方、試験区は、抑制解除後翌日にあたる14日目に $12,943 \text{ cells/cm}^2$ の放出があり、15日目から減少して19日目に最低の $1,281 \text{ cells/cm}^2$ となり、20日目から再び増加して、23日目に $15,654 \text{ cells/cm}^2$ と最大を示し、その後減少した。

抑制期間中の総殻胞子放出数を図2に示した。対照区の放出数が $21,098 \text{ cells/cm}^2$ に対し、試験区は $7,296 \text{ cells/cm}^2$ と少なく、水温4℃で暗黒処理をした方は殻胞子の放出が抑えられていた。昨年の試験では、水温4℃の暗黒処理による抑制は、抑制解除後の殻胞子の放出数が若干にとどまり、放出抑制の効果は少なかったが、今回の試験では抑制期間中を完全に暗黒にすることで、より殻胞子の放出が抑制されたと考えられる。

暗黒処理は、常温下でも成熟の進行を抑制させる有効な手段とされているが、今回の試験では、通常の暗黒処理は抑制期間中の殻胞子放出数が多く、抑制解除直後に俊敏な反応が見られなかった。一方、4℃で暗黒処理をする方法は、暗黒処理中の殻胞子の放出がより抑えられ、抑制解除後に俊敏な放出がみられたことから、採苗の操作をコントロールする上で、有用な技術と考えられた。

(3) 野外採苗試験

殻胞子付着数の経日変化を図3に示した。試験区、対照区ともに採苗当日から着生が確認されたが、対照区の着生数は採苗後2日目以降徐々に増加し、採苗後3日目で網糸1cmあたりの最大殻胞子着生数が79個であったのに対し、試験区は採苗後2日目の着生数が1,263個と対照区に比べ著しく多くの殻胞子が着生した。

育成したノリの収穫量を図4に示した。11月28日（採苗29日後）は、対照区が502g、試験区が1,212g、12月11日（採苗42日後）は、対照区が10,340g、試験区が4,020gであった。12月11日は、試験区の収穫量が対照区の収穫量の半分以下となっているが、11月28日時点での収穫量は試験区が対照区を上回っており、12月11日の収穫量が減少した原因は、芽付き量の過多によるものと推察され、4℃暗黒処理を行ったカキ殻による採苗方法でも通常の収穫が可能であることを確認した。

4℃暗黒処理を施した区では、熟度が進行した糸状体でも殻胞子の放出が抑制され、かつ、抑制解除後には速やかな殻胞子の放出が見られたことから、急に採苗日の変更が必要な場合であっても、熟度の抑制及び殻胞子放出のコントロールが容易に行えるようになると考えられる。ただし、今回の試験では、一時的に多数の殻胞子が放出し、ノリ芽の着生数が著しく多くなった。着生数が過多となるとノリ芽の生育が悪く、また、品質の良いノリが取れなくなるので、実施にあたっては採苗網に吊すカキ殻の数を減らす等のノリ芽を適正数に保つ工夫が必要であろう。

2. 塩分調整試験

殻胞子放出数の経日変化を図5に示した。殻胞子は、全ての区で7日目から放出が確認され、26日目に試験を終了するまで継続して放出した。

塩分19、22とも抑制開始後から放出数が減少し、抑制期間の最終日にあたる13日目には塩分19が241cells/cm²、塩分22が484cells/cm²となった。抑制解除後、塩分19は抑制解除後2日目にあたる15日目から、塩分22は抑制解除後翌日にあたる14日目から増加に転じ、双方とも抑制解除後10日目にあたる23日目に殻胞子放出数が最大となり、その後減少した。殻胞子数の最大値は、塩分19が14,743cells/cm²、22が11,349cells/cm²であった。

塩分19、22とも同様の殻胞子放出抑制の効果が見られたが、抑制解除後の反応は鈍く、最大放出まで抑制解除後10日かかることから、実施者の意図に応じた殻胞子放出のコントロールは難しいものと思われる。

3. 植物ホルモン添加試験

(1) 使用開始時期別の殻胞子放出効果

アブシシン酸使用開始時期別の殻胞子放出数の推移を図6に示した。殻胞子は、1日目区、7日目区で6日目、4日目区、対照区で7日目から放出が確認され、すべて14日目

で継続した。放出数は、1日目区で8日目、7日目区で9日目、4日目区で10日目、対照区で11日目に最大となった。殻胞子放出数の最大値は、1日目区で49,282cells/cm²、4日目区で63,994cells/cm²、7日目区で38,798cells/cm²、対照区で23,398cells/cm²であった。

アブシシン酸使用時期別の殻胞子総放出数を図7に示した。殻胞子総放出数は、1日目区で175,076cells/cm²、4日目区で199,580cells/cm²、7日目区で169,265cells/cm²、対照区で83,792cells/cm²であった。各試験区と対照区間の殻胞子総放出数の差は有意であった（ $p < 0.05$, t 検定）。

アブシシン酸の使用開始時期は、1日目から使用したものは8日目に殻胞子放出数が最大となったが、4日目から使用した場合は6日後の10日目、7日目から使用した場合は2日後の9日目に最大となっており、糸状体の熟度が進んでいる場合は短期間で効果が発現することが示された。総放出数は使用開始時期の違いによる大きな差は見られなかったが、最大放出数やその時期に違いが見られたことから、現場への応用に向けては、より詳細な検討を行い、状況に合わせた効果的な使用方法を確立する必要がある。

(2) 高水温下での野外採苗試験

各日の殻胞子着生数と試験実施期間中の昼満潮時水温の推移を図8に示した。試験期間中、海水温は26.0～26.6℃の間で推移した。試験区、対照区ともに9月12日から着生が確認され、9月14日まで継続した。殻胞子着生数は試験区で9月13日、対照区で9月14日に最大となり、網糸1cmあたりの最大殻胞子着生数は、試験区で1.3個、対照区で0.8個であった。

殻胞子総着生数の推移を図9に示した。試験最終日の4日目の殻胞子総着生数は、試験区は2.5個、対照区は1.2個と、試験区が対照区を上回ったものの、殻胞子総着生数は非常に少なかった。

海水温26℃台では、殻胞子着生数は極めて少なく、確認された発芽体の多くは単細胞であり、4分裂以上の発芽体がほとんど確認されなかったことから、海水温26℃以上では、アブシシン酸を使用しても多量の殻胞子放出は見込めず、殻胞子がノリ網に着生しても、多くは死滅すると考えられ、室内試験での水温を27℃に上昇させた場合の結果と合わせて考えると、¹⁾海水温26℃以上での採苗は困難であると推察される。

4. LED波長別試験

殻胞子放出数の経日変化を図10に示した。殻胞子は、7日目から放出が確認され、26日目に試験を終了するまで継続して放出した。

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14～16日目は、1,000～1,600cells/cm²と低位のまま推移したが、抑制解除後4日目にあたる17日目から増加して抑制解除後9日目にあたる22日目に15,221cells/cm²となり最大を示し、その後減少した。試験区は、抑制解除後1～6日目まで、100～1,300cells/cm²と非常に少なく、その後20日目から増加して、抑制解除後9日目にあたる22日目に15,675cells/cm²となり最大を示し、その後減少した。双方の区を比較すると、試験区の抑制解除後の放出数が対照区に比べて少ない傾向はあるものの、殻胞子放出数の推移のパターンは、抑制解除後9日目に

共に最大となるなど似通っており、LED緑光による抑制は暗黒処理とほぼ同等の抑制効果と見られることから、LED緑光は光エネルギーとして利用されていない可能性が示唆された。

文 献

- 1) 井手浩美, 徳田眞孝, 小谷正幸, 安河内雄介. 「福岡有明のり」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.

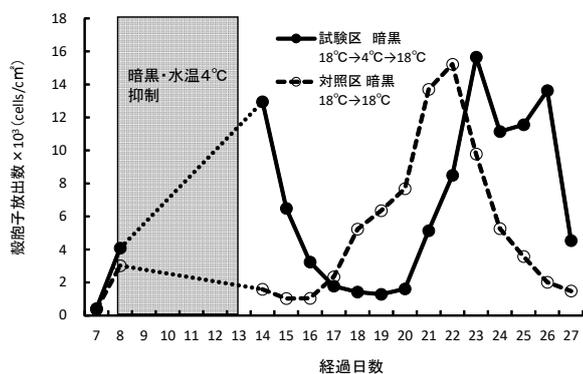


図1 水温4℃・暗黒処理での放出殻胞子数の推移

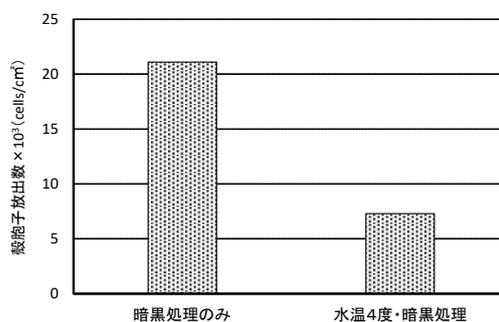


図2 抑制期間中の総殻胞子放出数

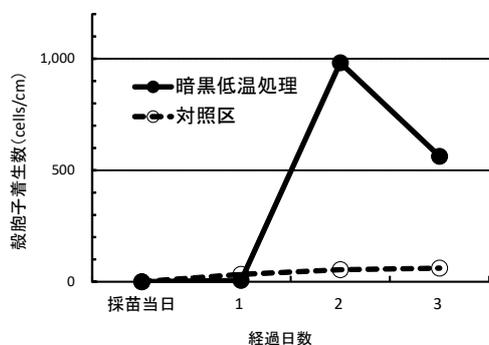


図3 水温4℃・暗黒処理による野外採苗試験の殻胞子着生数の推移

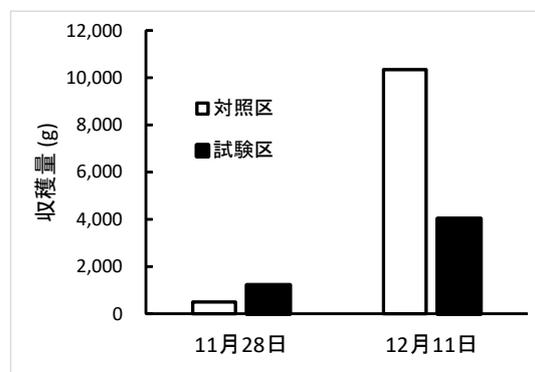


図4 4℃・暗黒処理での野外試験における收穫量

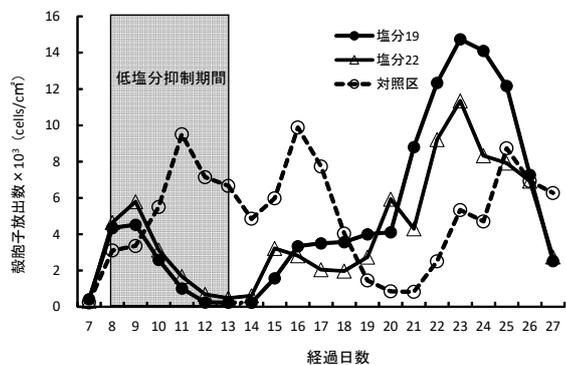


図5 塩分19, 21での放出殻胞子数の推移

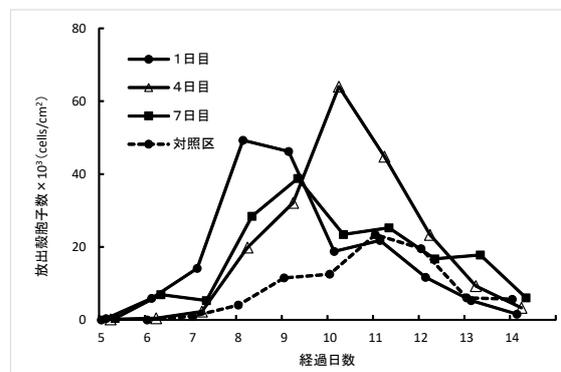


図6 アブシジン酸使用開始時期別の殻胞子放出数の推移

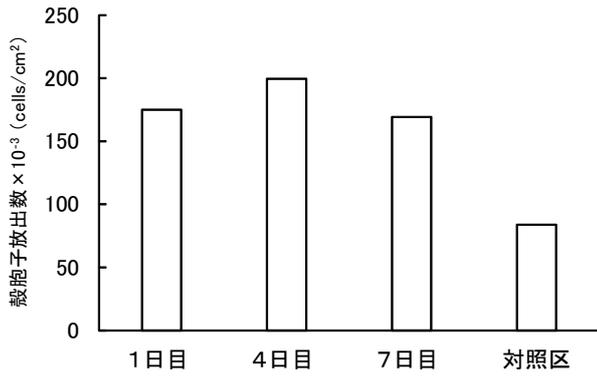


図7 アブシジン酸使用開始時期別の殻孢子総放出数

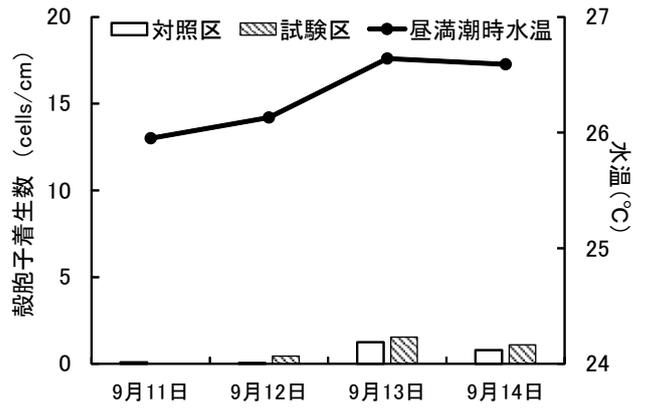


図8 海水温26℃台での野外採苗における殻孢子着生数と昼間満潮時水温の推移

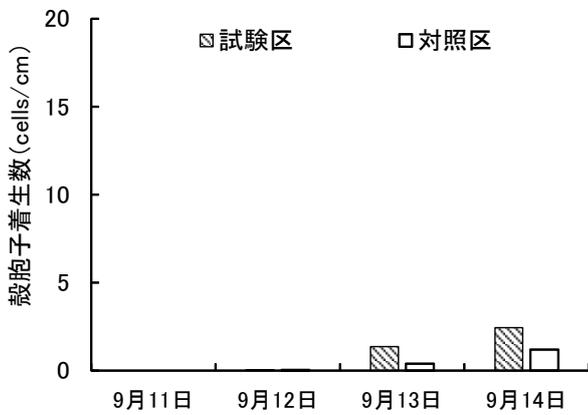


図9 海水温26℃台での野外採苗における殻孢子総着生数の推移

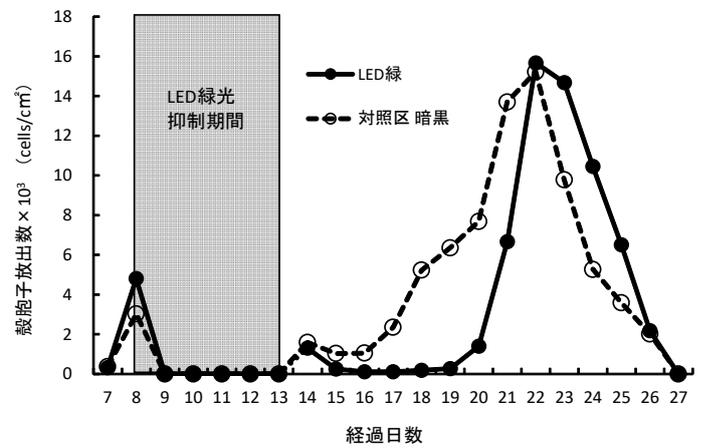


図10 LED緑光での殻孢子放出数の推移

ノリ品種特性評価試験

井手 浩美・徳田 眞孝・内藤 剛・安河内 雄介

一般財団法人ノリ増殖振興会からの委託により、当会が保有するアマノリ類の特性評価を行った。

方 法

交雑種とされる 11 株のフリーリビング糸状体をミキサーで細断したのちカキ殻に蒔きつけ、約 3 ヶ月培養して殻胞子嚢を形成させたカキ殻糸状体を試験に供した。培養条件は基本的に統一的培養条件¹⁾に従った。培養温度は 18°C とした。光源には 3 波長昼白色蛍光灯を用い、光強度は $60 \mu\text{mol}\cdot\text{S}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ に調整した。光周期は 11L・13D とした。培養海水は、1/2SWM-III 改変培地(表 1)を用い、塩分は 30 とした。

まず、室内採苗によって、殻胞子を 5 cm 程度に切ったクレモナ単系に付着させ、300ml 丸底フラスコに移して通気培養を開始した。換水は約 7 日おきに 1 回全量換水した。培養試験は、試験毎のばらつきを考慮するため、各品種に計 3 区(容器)で行った。福岡県有明海区における育苗期間に基づき、本事業では培養期間を原則 23 日間とした。

1. 殻胞子の発芽可否試験

殻胞子の放出と、幼芽期の分裂状況(4 分裂, 縦列細胞分裂)を確認した。

2. 形態測定

培養期間終了後に、葉長が長い順に 3 区(容器)の各上位 5 枚の葉長, 葉幅を測定した。また、葉長, 葉幅から推定日間伸長率, 推定面積, 推定日間生長率を算出した。なお、推定日間伸長率は初期値を $12 \mu\text{m}$ とし、培養

終了時の平均葉長から求めた。推定面積は、昭和 55 年度種苗特性分類調査報告書の室内栽培試験実施要領の「幼芽・幼葉の生長性」に記載された平均面積の算出法(葉長×葉幅×0.65)を用い、培養終了時の平均葉長×平均葉幅より求めた。推定日間生長率は、初期値を直径 $12 \mu\text{m}$ の円形面積とし、培養終了時の推定面積から求めた。

結果及び考察

1. 殻胞子の発芽可否試験

全ての株で、冷却開始後約 1 週間で順調に殻胞子が放出した。培養 3 日目以降、全ての株で 4 分裂の殻胞子を確認したものの、N-38 では半数の殻胞子が死滅した。三浦は、スサビノリとアサクサノリの種間交雑では、殻胞子発芽後、4 細胞期で細胞分裂を停止する場合があると報告しており、²⁾N-38 についても、雑種崩壊によって死滅した可能性がある。培養 7 日目以降、N-38 を除く全ての株で縦列細胞分裂時を確認した。N-38 は全て死滅し、N-10, 16 では過半数で死滅した殻胞子がみられており、糸状体保存の長期継代培養により、遺伝的な悪影響が生じている可能性が考えられる。

2. 形態測定

培養後の葉長, 葉幅, 葉長葉幅比, 推定日間伸長率, 培養期間を表 2, 推定日間伸長率のグラフを図 1 に示す。また、葉長および葉幅から求めた推定面積および推定日間生長率は付表 1 に参考としてとりまとめた。

培養終了時の平均葉長は、N-34 が最も大きく、次いで N-19, N-37 で、それぞれ 12.2mm, 11.3mm, 8.1mm であった。最小は N-10 で 2.7mm であった。

推定日間伸長率は、N-34 で 33.4%, N-23 で 33.0% であった。平均葉長が最小である N-10 で 24.4% であった。既報によると、在来種は 37~43% のものが多いことから、³⁾今回用いた 11 株の推定日間伸長率は、全て低めであると評価された。

葉長葉幅比(葉長/葉幅)は、全て 10 以下であった。在来種の多くが 10 以上であることから、今回用いた株の多くは比較的、広葉傾向であると評価された。

表 1 1/2SWM-III 改変培地の組成

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

今回用いた 11 株は、全て交雑種であり、かなり長期間にわたりフリーリビング糸状体の状態で保管されてきたものであるが、そのうち 10 株は、葉状体へと生長させることができた。全体的に生長が遅い傾向がみられており、長期継代培養による生長阻害の可能性も考えられる。

文 献

1) 藤吉栄次, 小林正裕, 玉城泉也. 培養条件について.

アマノリ品種の特性 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所, 長崎. 2014; 24-28.

2) 三浦昭雄, 符鵬飛, 申宗岩. 紅藻スサビノリとアサクサノリの色素変異体による種間交雑実験. 東京水産大学研究報告 1992; 79: 103-120.

3) 藤吉栄次, 小林正裕, 玉城泉也. 葉長. アマノリ品種の特性 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所, 長崎. 2014; 29-35.

表 2 各株の葉状体の葉長, 葉幅, 葉幅比, 培養期間, 推定日間伸長率, 培養期間

株名	葉長±SE (mm)	葉幅±SE (mm)	葉長/葉幅±SE	推定日間伸長率 (%)	培養期間 (日)
N-10	2.7 ± 0.4	1.0 ± 0.0	2.6 ± 0.4	24.4	24
N-19	11.3 ± 1.0	2.3 ± 0.1	5.0 ± 0.4	32.7	24
N-23	7.3 ± 0.6	1.8 ± 0.2	4.4 ± 0.3	33.0	23
N-26	6.7 ± 0.5	1.3 ± 0.1	5.3 ± 0.4	31.3	23
N-27	5.1 ± 0.6	0.8 ± 0.1	3.4 ± 0.5	29.8	23
N-28	6.1 ± 1.2	1.5 ± 0.2	4.4 ± 0.5	29.3	23
N-31	3.5 ± 0.4	0.7 ± 0.1	5.9 ± 0.6	27.7	23
N-34	12.2 ± 2.6	1.9 ± 0.4	6.3 ± 0.8	33.4	24
N-37	8.1 ± 1.0	2.0 ± 0.2	4.7 ± 0.6	30.6	24
N-16	死滅によりサンプル数満たさず。				
N-38	全死滅によりサンプルなし。				

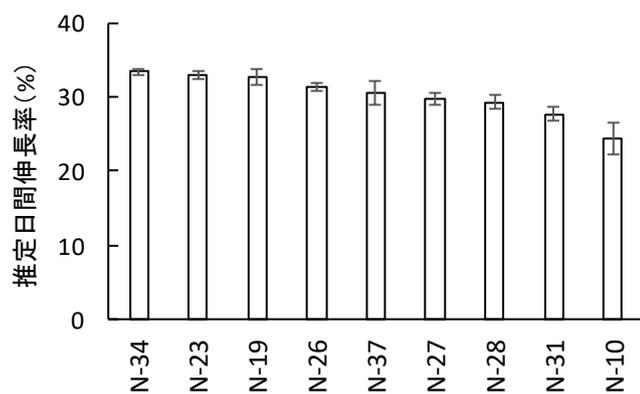


図 1 各株の推定日間伸長率のグラフ

付表 1 培養終了時の推定面積, 推定日間生長率

株名	推定面積 (mm ²)	推定日間生長率 (%)
N-10	1.9 ± 0.3	48.5
N-19	17.3 ± 2.2	63.8
N-23	9.3 ± 1.6	62.5
N-26	6.1 ± 0.9	60.1
N-27	1.9 ± 0.2	52.1
N-28	7.3 ± 1.7	60.3
N-31	1.5 ± 0.3	49.1
N-34	24.2 ± 11.4	65.7
N-37	12.4 ± 2.4	59.8

IoT を活用した高品質な乾ノリ生産支援システム開発

安河内 雄介・徳田 眞孝・藤井 直幹

乾ノリの品質は、使用するノリ原藻の質と加工中の全自動ノリ製造機内の温度や湿度に左右される。生産者(漁業者)は乾ノリの最上級品(本等級)を生産するために、加工時の気象条件(気温や湿度)に応じ、全自動ノリ製造機の乾燥温度や速度を調整している。加工条件は、生産者個人の勘に頼る部分も多いことから品質が一定しない。

IoT を活用して、乾ノリ加工条件に関するデータを収集したので、その結果をここに報告する。

方 法

データの収集

高品質な乾ノリを生産する A 経営体と平均的な乾ノリを生産する B 経営体の乾燥条件を比較するために、全自動ノリ製造機に株式会社大坪鉄工が開発した温度湿度センサーを、図 1 の①～⑨に示した場所に設置し、平成 30 年 11 月 27 日～平成 31 年 2 月 28 日の間、乾ノリ加工中のデータを自動収集した。

温度湿度センサーの測定間隔を 5 分に設定し、インターネットを経由して乾ノリ加工中のデータをサーバー上に保存した。なお、湿球温度はセンサーから得られた温度湿度から計算して求めた。

また、乾ノリの品質を評価するために、色調(L*値)はハンディー型色彩計(NR-12A, 日本電色工業株式会社製)を用いて測定した。

結 果

温度湿度を測定した期間のうち、冷凍網 1 回摘みと冷凍網 2 回摘みを加工した 1 月 7 日～1 月 14 日の加工中のノリが、④→⑤→⑥→③→②→①の順に通過したときの各センサーの平均の湿球温度データとその乾ノリが排出されたときに測定した L*値をそれぞれ図 2、図 3 に示す。

冷凍 1 回摘みは、湿球温度と L*値に正の相関($y=0.7953x-9.5195, r^2=0.3324$)があり、A 経営体は 23℃台から 26℃台で、B 経営体は 26℃台から 28℃台で、A 経営

体は B 経営体より低温で乾燥していた。

冷凍 2 回摘みは、湿球温度と L*値に相関は認められず、A 経営体は 24℃台から 27℃台で、B 経営体は 27℃台から 29℃台で、冷凍 1 回摘みと比較して、湿球温度を高く乾燥していた。

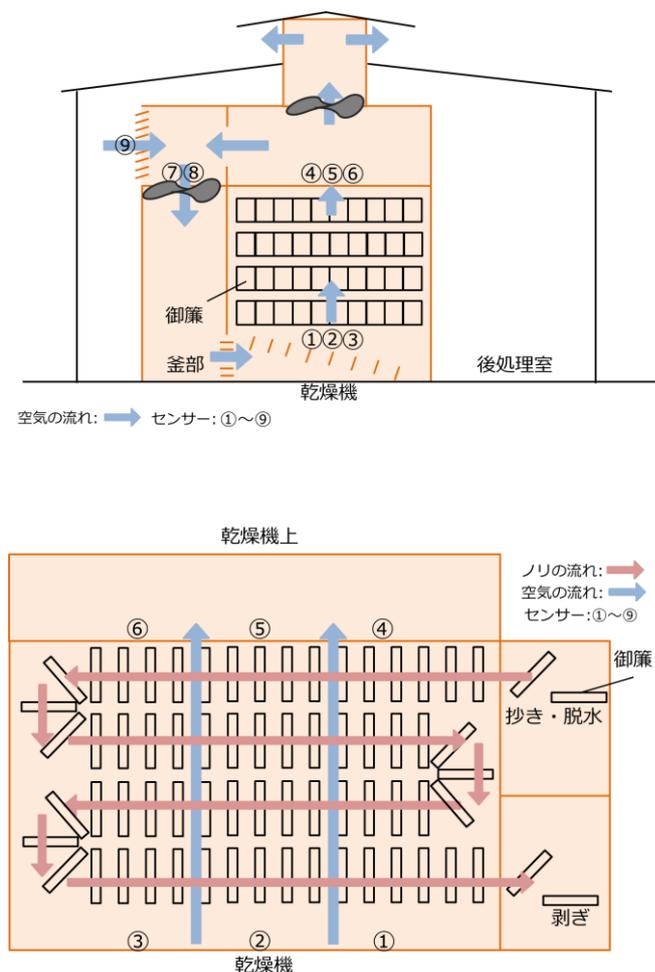


図 1 全自動ノリ製造機の断面図

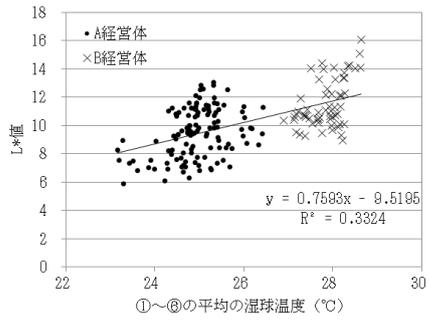


図2 冷凍網1回摘みの湿球温度とL*値の推移

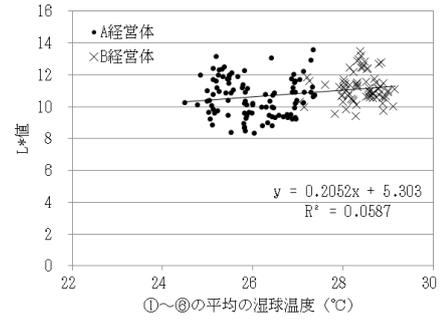


図3 冷凍網2回摘みの湿球温度とL*値の推移