

ウ 技術開発検討会の設置

令和3年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち
(6) 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発 第1回技術開発検討会

日 時： 令和3年7月21日（水） 13:00～17:30

（対面・オンライン併用会議）

場 所： リファレンス駅東ビル貸会議室 T会議室 2F

（〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東1丁目16-14）

出席者： 別紙1

議事次第

1. 開会
2. 挨拶
3. 検討委員の紹介、参加者の紹介
4. 資料確認など
5. 本課題の背景・目的及び全体計画について
6. 各課題の今年度の実施計画について
 - ア ノリ高水温適応素材を用いた養殖試験
 - 1) 野外養殖試験による育種素材の高水温耐性調査
 - 2) 野外培養試験による育種素材の高水温耐性調査と高水温耐性品種育成手法の開発
 - 3) 有明海漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の調査
 - 4) 浮き流し養殖漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の調査
 - 5) 派生株の高水温耐性調査及び育成株の成分調査
 - イ 二枚貝の増養殖を組み合わせたノリ色落ち軽減技術開発
 - 1) 二枚貝を用いたノリの高品質化効果の評価手法の開発
 - ①二枚貝からノリへの栄養塩供給量の推定手法の開発
 - ②養殖現場でのノリの生理状態評価手法の開発
 - 2) 二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化
 - ①佐賀県地先有明海における二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化
 - ②熊本県地先八代海における二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化
 - ③低栄養条件に適応した養殖品種の開発と実証
 - 3) 二枚貝の増養殖等の併用がノリの品質に及ぼす影響の評価
7. 講評
8. その他
9. 閉会

(別紙1)

令和3年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち
(6)環境変化に適応したノリ養殖技術の開発 第1回技術開発検討会 出席者名簿

(敬称略)

機関	所属・役職	氏名
(技術開発検討委員)		
国立大学法人三重大学	名誉教授	天野 秀臣
国立大学法人広島大学	名誉教授	松田 治
国立大学法人佐賀大学	特任教授	川村 嘉応
水産庁	増殖推進部 栽培養殖課 課長補佐	中西 亮太
〃	増殖推進部 栽培養殖課 養殖企画係長	喜多 千穂海
〃	増殖推進部 栽培養殖課 企画係長	鏑木 健志
〃	増殖推進部 研究指導課 研究管理官	尾崎 照遵
〃	増殖推進部 漁場資源課 課長補佐	向江 智江
〃	増殖推進部 漁場資源課 赤潮対策係長	桂 幸納
〃	九州漁業調整事務所 振興課 振興係長	末續 裕子
愛知県水産試験場	漁業生産研究所 栽培漁業グループ 主任	成田 正裕
〃	漁業生産研究所 栽培漁業グループ 技師	中島 広人
三重県水産研究所	鈴鹿水産研究室 鈴鹿水産研究課 課長	館 洋
〃	鈴鹿水産研究室 鈴鹿水産研究課 主査研究員	岩出 将英
岡山県農林水産総合センター 水産研究所	海面・内水面増殖研究室 専門研究員	清水 泰子
福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所	のり養殖課 課長	藤井 直幹
〃	のり養殖課 研究員	内藤 剛
〃	のり養殖課 主任技師	安河内 雄介
佐賀県有明水産振興センター	ノリ研究担当 係長	三根 崇幸
〃	普及担当 係長	野口 浩介
〃	普及担当 主任主査	津城 啓子
〃	普及担当 主査	明田川 貴子
長崎県総合水産試験場	種苗量産技術開発センター 介藻類科 主任研究員	松倉 一樹
熊本県水産研究センター	浅海干潟研究部 研究主幹兼部長	安藤 典幸
〃	浅海干潟研究部 研究主任	徳留 剛彦
全国漁業協同組合連合会	常務理事	内田 珠一
〃	販売事業部 次長	奥田 勝
〃	販売事業部 のり推進室 副調査役	福士 洋隆

(つづき)

機関	所属・役職	氏名
全国海苔貝類漁業協同組合連合会	漁政総務部	小磯 潮
国立研究開発法人水産研究・教育機構 " 水産資源研究所	水産資源研究センター 生命情報解析部 分子機能グループ グループ長	安池 元重
" "	同センター 社会・生態系システム部 沿岸生態系寒流域グループ 主任研究員	長谷川 夏樹
" 水産大学校	生物生産学科 教授	村瀬 昇
" "	生物生産学科 准教授	阿部 真比古
" 水産技術研究所	企画調整部門 研究開発コーディネーター	藤浪 祐一郎
" "	環境・応用部門 水産物応用開発部 付加価値向上グループ 主任研究員	村田 裕子
" "	環境・応用部門 沿岸生態システム部 部長	渡部 諭史
" "	同部 副部長	吉田 吾郎
" "	同部 温帯浅海域第1グループ 主任研究員	丹羽 健太郎
" "	同部 温帯浅海域第1グループ 研究員	西本 篤史
" "	同部 温帯浅海域第2グループ 研究員	藤吉 栄次
" "	同部 有明海・八代海グループ グループ長	福岡 弘紀
" "	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	橋本 和正

令和3年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち
(6)環境変化に適応したノリ養殖技術の開発 第2回技術開発検討会

日 時： 令和4年2月18日（金） 13：00～17：30

場 所： オンライン会議

出席者： 別紙2

議事次第

1. 開会
2. 挨拶
3. 資料の確認など
4. 各課題の今年度の成果等について
 - ア ノリ高水温適応素材を用いた養殖試験
 - 1) 野外養殖試験による育種素材の高水温耐性調査
 - 2) 野外培養試験による育種素材の高水温耐性調査と高水温耐性品種育成手法の開発
 - 3) 有明海漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の調査
 - 4) 浮き流し養殖漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の調査
 - 5) 派生株の高水温耐性調査および育成株の成分調査
 - イ 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
 - 1) 二枚貝を用いたノリの高品質化効果の評価手法の開発
 - ①二枚貝からノリへの栄養塩供給量の推定手法の開発
 - ②養殖現場でのノリの生理状態評価手法の開発
 - 2) 二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化
 - ①佐賀県地先有明海における二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化
 - ②熊本県地先八代海における二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化
 - ③低栄養条件に適応した養殖品種の開発と実証
 - 3) 二枚貝の増養殖等の併用がノリの品質に及ぼす影響の評価
5. 総合討論
6. 講評
7. その他
8. 閉会

(別紙2)

令和2年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち
(6)環境変化に適応したノリ養殖技術の開発 第2回技術開発検討会 出席者名簿

(敬称略)

機関	所属・役職	氏名
(技術開発検討委員)		
国立大学法人三重大学	名誉教授	天野 秀臣
国立大学法人広島大学	名誉教授	松田 治
国立大学法人佐賀大学	特任教授	川村 嘉広
水産庁	増殖推進部 栽培養殖課 課長補佐	中村 真弥
〃	増殖推進部 栽培養殖課 養殖国際専門官	鈴木 重則
〃	増殖推進部 栽培養殖課 課長補佐	古園 勇斗
〃	増殖推進部 栽培養殖課 企画係長	鏑木 健志
〃	増殖推進部 研究指導課 研究管理官	尾崎 照遵
〃	増殖推進部 漁場資源課 課長補佐	向江 智江
〃	増殖推進部 漁場資源課 赤潮対策係長	桂 幸納
〃	九州漁業調整事務所 振興課 課長	水益 彰
〃	九州漁業調整事務所 振興課 振興係長	未續 裕子
愛知県水産試験場	漁業生産研究所 栽培漁業グループ 主任	成田 正裕
〃	漁業生産研究所 栽培漁業グループ 技師	中島 広人
三重県水産研究所	鈴鹿水産研究室 鈴鹿水産研究課 課長	舘 洋
〃	鈴鹿水産研究室 鈴鹿水産研究課 主査研究員	岩出 将英
岡山県農林水産総合センター 水産研究所	海面・内水面増殖研究室 専門研究員	清水 泰子
福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所	のり養殖課 課長	藤井 直幹
〃	のり養殖課 研究員	内藤 剛
〃	のり養殖課 主任技師	安河内 雄介
佐賀県有明水産振興センター	ノリ研究担当 係長	三根 崇幸
〃	普及担当 係長	野口 浩介
〃	普及担当 主査	明田川 貴子
長崎県総合水産試験場	種苗量産技術開発センター 介藻類科 科長	桐山 隆哉
〃	種苗量産技術開発センター 介藻類科 主任研究員	松倉 一樹
熊本県水産研究センター	浅海干潟研究部 研究主幹兼部長	安藤 典幸
〃	浅海干潟研究部 研究主任	徳留 剛彦

(つづき)

機関	所属・役職	氏名
全国漁業協同組合連合会	常務理事	内田 珠一
〃	販売事業部 次長	奥田 勝
〃	販売事業部 のり推進室 副調査役	福士 洋隆
全国海苔貝類漁業協同組合連合会	漁政総務部	小磯 潮
国立研究開発法人水産研究・教育機構 〃 水産資源研究所	水産資源研究センター 生命情報解析部 分子機能グループ グループ長	安池 元重
〃 〃	同センター 社会・生態系システム部 沿岸生態系寒流域グループ 主任研究員	長谷川 夏樹
〃 水産大学校	生物生産学科 教授	村瀬 昇
〃 〃	生物生産学科 准教授	阿部 真比古
〃 水産技術研究所	企画調整部門 研究開発コーディネーター	藤浪 祐一郎
〃 〃	環境・応用部門 水産物応用開発部 付加価値向上グループ 主任研究員	村田 裕子
〃 〃	環境・応用部門 沿岸生態システム部 部長	渡部 諭史
〃 〃	同部 副部長	吉田 吾郎
〃 〃	同部 温帯浅海域第1グループ 主任研究員	丹羽 健太郎
〃 〃	同部 温帯浅海域第1グループ 研究員	西本 篤史
〃 〃	同部 温帯浅海域第2グループ 研究員	藤吉 栄次
〃 〃	同部 有明海・八代海グループ グループ長	福岡 弘紀
〃 〃	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	橋本 和正
〃 〃	同部 有明海・八代海グループ 研究員	山口 聖

成果概要版

令和3年度養殖業成長産業化技術開発事業のうち (6) 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発

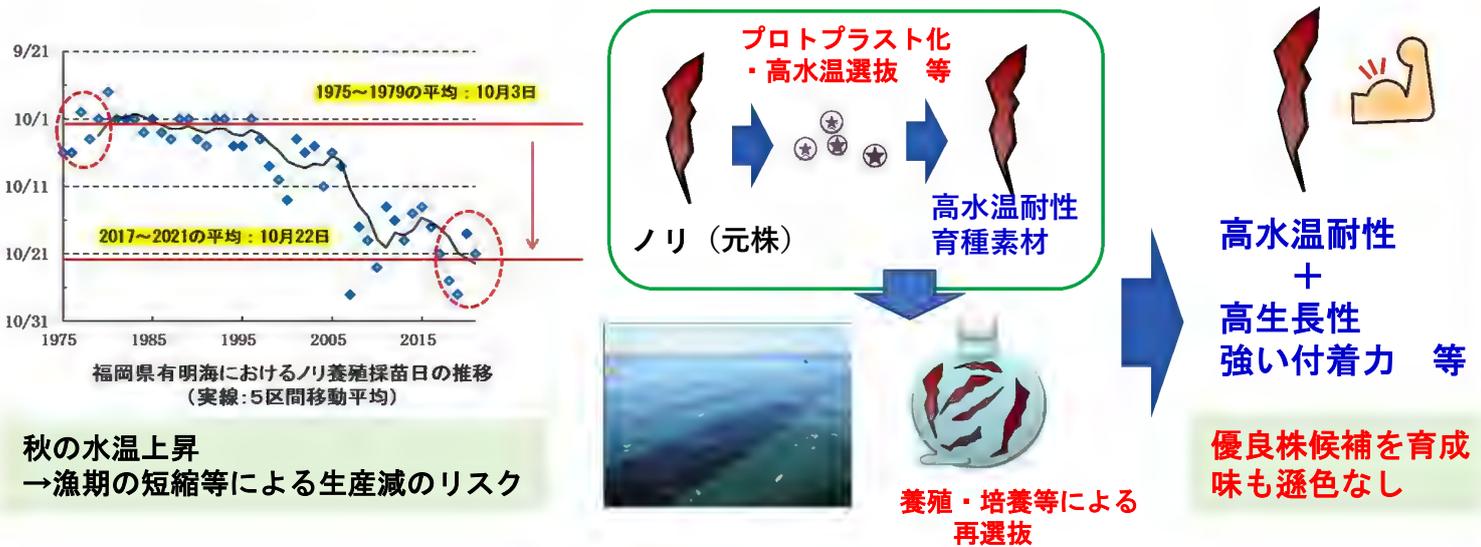
実施主体：国立研究開発法人水産研究・教育機構・愛知県水産試験場・
三重県水産研究所・岡山県農林水産総合センター水産研究所・
福岡県水産海洋技術センター有明海研究所・佐賀県有明水産振興センター・
長崎県総合水産試験場・熊本県水産研究センター

1. 事業の目的

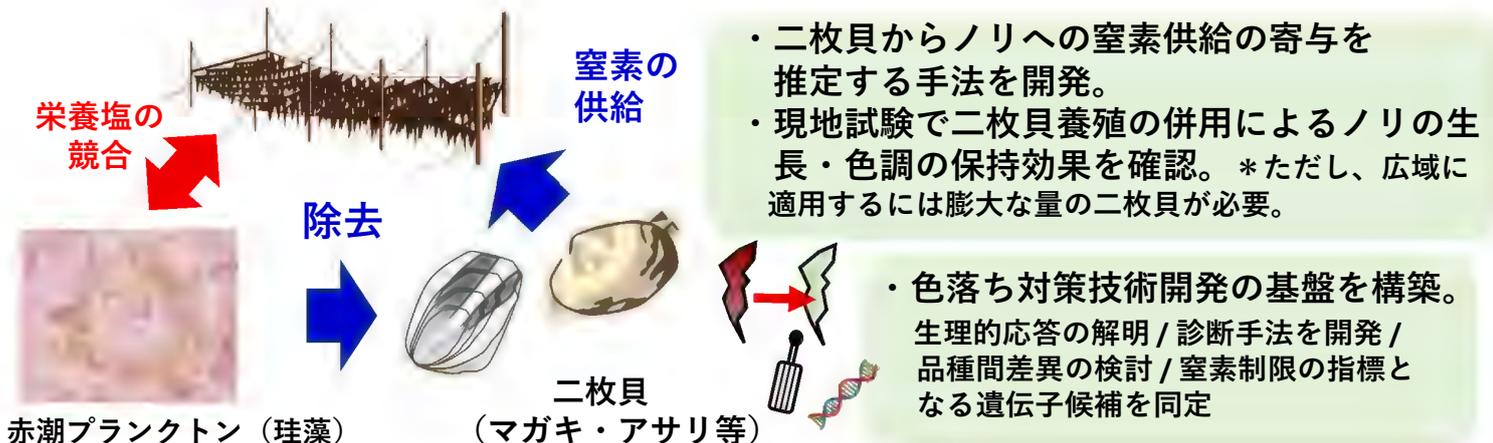
海水温の上昇によりノリ養殖に適した低水温期が短くなり、漁期短縮による生産量減少のリスクが増大している。また、赤潮の発生等で生じる海域の栄養塩の減少が、ノリの品質低下（色落ち）を引き起こしている。これらの環境変化への適応をはかり、高品質なノリを安定生産する技術を開発する。

2. 事業の内容と成果

1. 高水温に適応した既存のノリ育種素材（農水省プロジェクト研究で作出）を活用し、養殖試験等による再選抜から、各海域の環境・産業ニーズに適合した優良株を育成し、高水温適応品種の実用化を進めた。



2. 二枚貝の増養殖とノリ養殖を組み合わせ、二枚貝の濾過捕食によるプランクトン除去と、窒素系排泄物によるノリ色落ちの軽減・改善効果を現地試験等で検証するとともに、色落ち対策の技術開発に資する基盤的知見を集積した。



ア ノリ高水温適応品種の開発・実証

1) 野外養殖試験による育種素材の高水温耐性調査 岡山県農林水産総合センター水産研究所

海水温上昇への対策として、実用的な高水温適応品種を育成するため、(国研)水産研究・教育機構及び岡山県が室内試験により開発した高水温耐性の育種素材について、岡山県海域の浮き流し式ノリ養殖漁場において養殖試験を実施する。高水温による育種素材の形態異常、生長等を調査することで、漁場で育成した際の高水温耐性および生長性等の養殖品種としての適性を評価する。

(1) (国研)水産研究・教育機構が作出した4Cの養殖試験による特性評価

養殖方法 浮き流し式ノリ養殖漁場
供試株 4C、標準品種U-51
時期 10月～翌年1月
調査項目 ノリ葉長、形態異常個体率、
など

■ノリ葉体は高水温の影響で傷みや変形が生じることから、指標として葉体の変形(くびれ)の数を調査
⇒ 4Cは標準品種U-51よりも形態異常個体率が低かった(高水温時にも変形が少ない可能性がある)



図1 ノリ養殖漁場

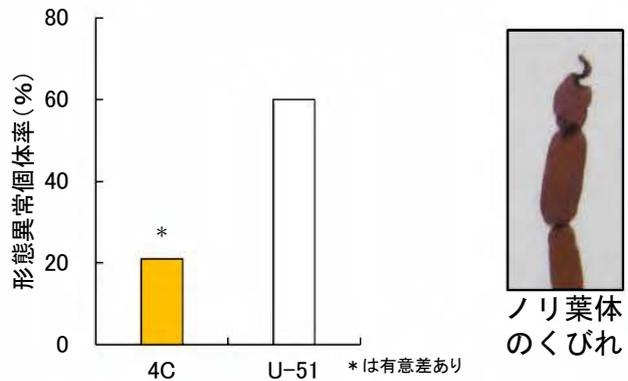


図2 養殖試験時の形態異常個体率

(2) 4Cを元株とした岡山選抜株の作出

■室内培養試験で生長性の良い株を選抜し、(1)と同様に養殖試験で特性を評価
⇒ 岡山選抜株4C-6はU-51よりも形態異常個体率が低く、4Cよりも葉長が長い傾向にあった

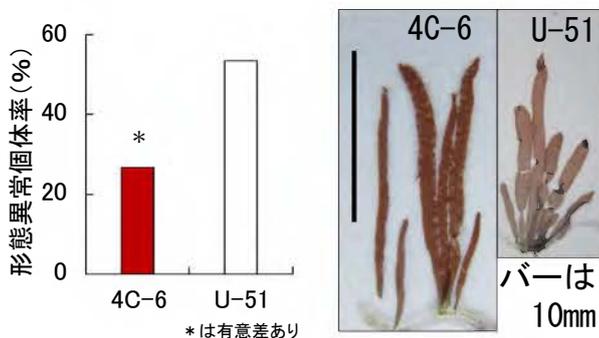


図3 養殖試験時の形態異常個体率

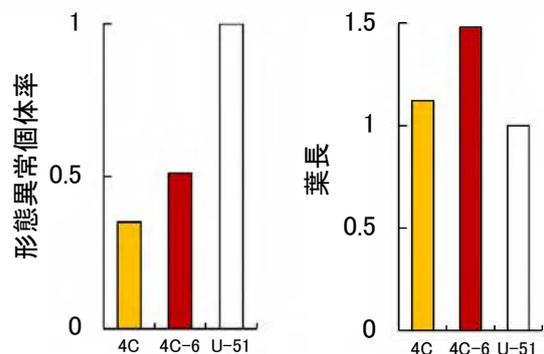


図4 U-51を1としたときの4C、4C-6の形態異常個体率と葉長 4CはH30年度、4C-6はR3年度に実施

(国研)水産研究・教育機構が開発した高水温適応育種素材4C等の特性を養殖試験により評価したところ、4Cの形態異常個体率が標準品種のU-51より低かった。さらに、生長性により選抜して得た、岡山選抜株4C-6の特性を養殖試験により評価したところ、4C-6は形態異常個体率が4Cより高いものの、葉長は4C及びU-51より長い傾向にあった。

ア リ高水温適応素材を用いた養殖試験

2) 野外培養試験による育種素材の高水温耐性調査と 高水温耐性品種育成手法の開発 熊本県水産研究センター

漁場での養殖試験では、病害の発生や魚類等による食害の影響等を受けるため、必ずしも必要なデータを収集できるとは限らない。そこで本課題では、漁場と類似した環境である野外水槽で育種素材の培養試験を行い、高水温耐性の有無を確認するとともに、併せて選抜を進めることを目的とする。

(1) 野外培養および室内試験による育種素材の高水温耐性調査



室内適水温で種付け、2細胞まで培養



水温25℃程度で屋外水槽へ展開



くびれ数、葉長で高水温耐性を評価

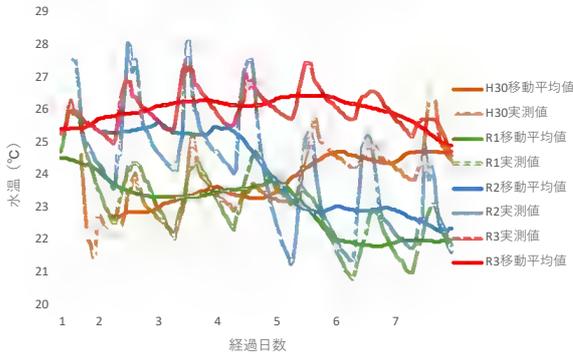


図 培養初期の屋外培養水槽水温推移

表 試験した育種素材の評価

品 種	高水温耐性	生長(葉長)	殻胞子放出
4C	◎	△	△
6C	△	△	○
AH	◎	◎	○
女川D	◎	○	△
U51	○	○	○

※標準品種(U51)に比べ◎優れている、○標準、△劣っている

(2) 選抜株の形質確認

品 種	高水温耐性	生長(葉長)
4C選抜	△	◎
AH選抜1	○	○
AH選抜2	○	○

※元株に比べ◎優れている、○変わらない、△劣っている

4Cの選抜後の形質は不安定であり、さらに選抜を進め、形質の強化・安定化を図る必要あり

育種素材4C、6C、AH、女川Dの形質を屋外培養水槽および室内試験で調査し、6C以外の3品種の育種素材で高水温耐性を確認した。生長性はAHが最も良く、女川DはU51と同程度、4Cおよび6Cは生長性では劣っていた。4Cと女川DはU51に比べると種付けに時間がかかり殻胞子放出が悪かった。

4C選抜株は高水温耐性の低下が見られ、AH選抜株では形質の向上は見られなかったため、さらに選抜をすすめ、形質の強化と安定化を図る必要がある。

ア ノリ高水温適応素材を用いた養殖試験

3) 有明海漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の評価

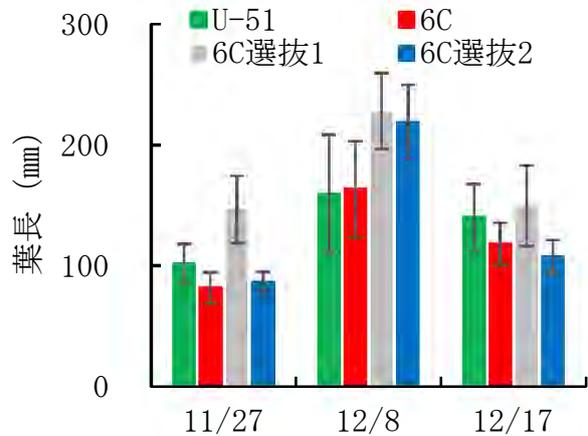
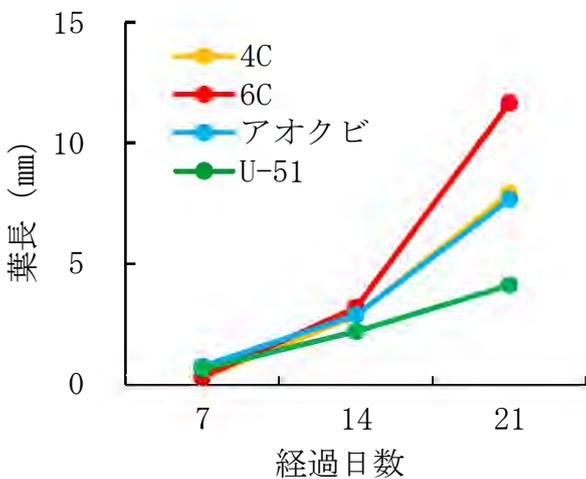
福岡県水産海洋技術センター有明海研究所

近年、福岡県有明海域のノリ養殖における採苗日は遅れる傾向にあり、養殖期間の短縮が懸念されている。

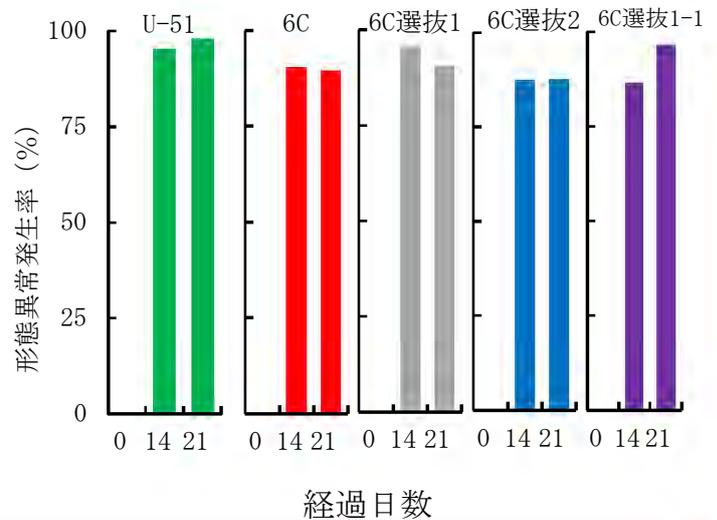
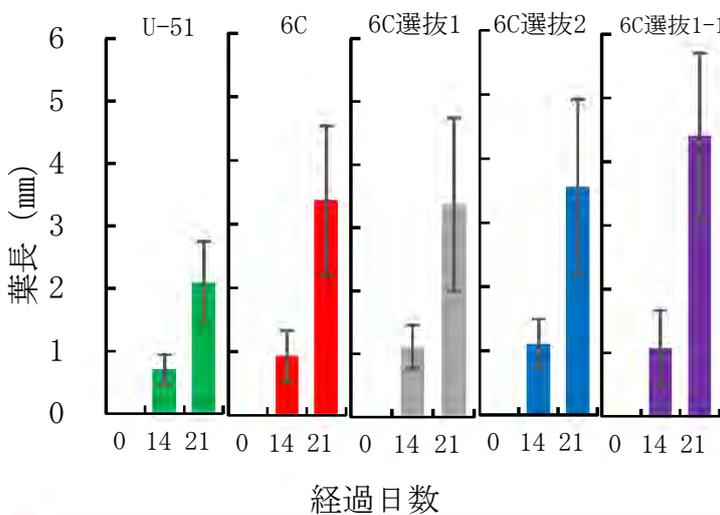
本課題では、十分な養殖期間の確保によるノリ安定生産のため、高水温期に健全な種苗を得ることを目的として、福岡県有明海の漁場に適合した高水温耐性品種の開発を目指す。

育種素材（4C、6C、アオクビ、U-51）を用いた高水温（24℃）培養試験の結果、6Cの生長が最も速い（R1）

6Cから選抜した株（選抜1、選抜2）と6C、U-51を用いた漁場試験の結果、6C選抜1の生長が最も速い（R2）



6C選抜1から選抜した株（選抜1-1）と6C選抜1、選抜2、6C、U-51を用いた高水温培養試験の結果、6C選抜1-1の生長が最も速いが（左図）、形態異常発生率は選抜株と対照株のU-51で同程度であった（右図）（R3）



選抜を繰り返した株ほど生長が速くなることが示唆された。
選抜株の高水温での形態異常発生は対照株と同程度であり、実用化に向け課題が残った。

ア ノリ高水温適応素材を用いた養殖試験

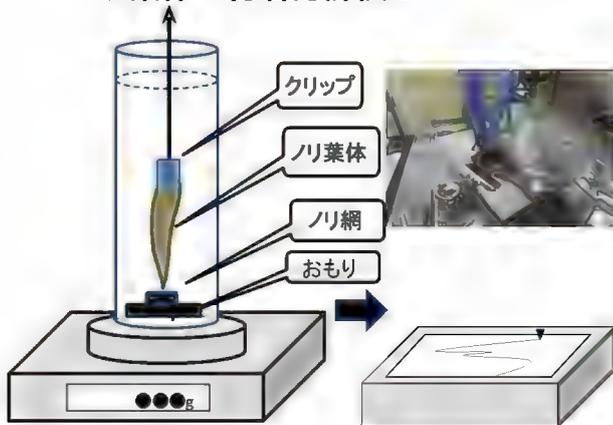
4) 浮き流し養殖漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の調査

愛知県水産試験場

浮き流し養殖漁場はノリ葉状体生長が早く、波浪が強い傾向があるため、ノリ葉状体を受ける波浪の力が大きい。このため、浮き流し養殖漁場においてはノリ葉状体のノリ網への付着力が強いことが求められる。

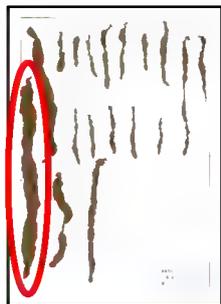
本課題では水産研究・教育機構が保有する高水温耐性育種素材を活用し、高水温耐性育種素材のノリ網への付着力の改善を目指す。

- (1) 秤 (FA-2000、A&D社) と重量記録計 (R-112、津島製作所) を活用したノリ葉体の付着力評価手法



デジタル秤 (FA2000, AandD社) アナログ記録計 (R-112, 島津製作所)

- (2) 高水温耐性育種素材【6C】及び【4C】を高水温培養し、選抜や交雑により新品種候補を作成



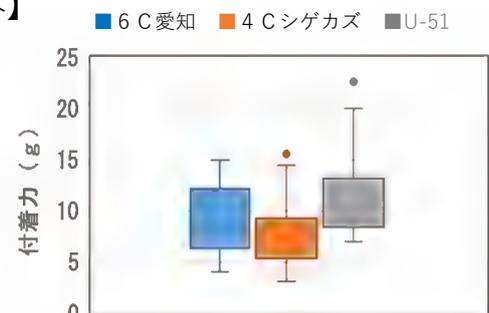
【6C愛知】



【4Cシゲカズ】

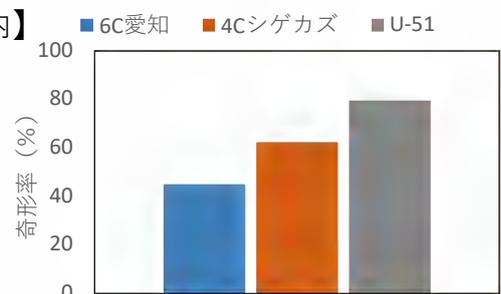
- (3) 野外養殖試験及び室内培養試験

【野外】



初回摘採時の付着力

【室内】



3週間高水温培養した葉体の奇形率

室内培養における単孢子放出量の推移

	1 w	2 w	3 w	4 w	5 w
6C愛知	0	0	1	0	0
4Cシゲカズ	0	3	68	5	0
U-51	0	0	4	0	0

秤 (FA-2000、AandD社) と重量記録計 (R-112、津島製作所) を活用したノリ葉体の付着力評価手法を確立した。

高水温耐性育種素材『6C』から高水温条件でもクビレが少なく高生長の葉体を選抜し、新品種候補『6C愛知』を得た。また、高水温耐性育種素材『4C』と、付着力の強い愛知県保有株『シゲカズ』をかけ合わせ、新品種候補『4Cシゲカズ』を得た。

『6C愛知』『4Cシゲカズ』は元素材の『6C』『4C』の強みである高温耐性を持ち、短所であった付着力は浮き流し養殖漁場で芽落ちしない水準まで改善されていることを確認した。

ア 川高水温適応素材を用いた養殖試験

5) 派生株の高水温耐性調査および育成株の成分調査

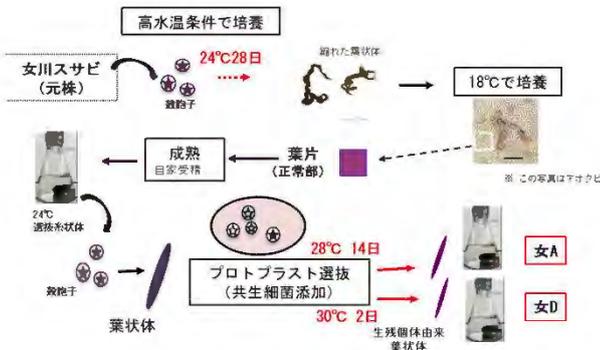
水産研究・教育機構水産技術研究所

育種素材の育成過程で生じた派生株等にも有望な株が含まれている可能性がある。そこで、本課題では、高水温耐性を培養実験で調査することを目的としている。また、育種素材については、野外養殖試験、野外培養試験等で栽培された葉状体の遊離アミノ酸組成を分析することにより、味の面から養殖品種としての適性を調査する。

(1) 派生株等の高水温耐性調査

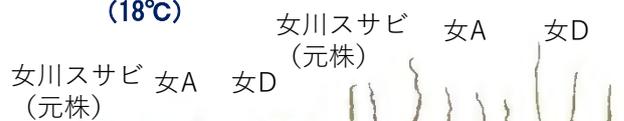
派生株等（女川スサビ選抜株）の高水温耐性を調査

女川スサビ選抜株(女A, 女D)の育成手法

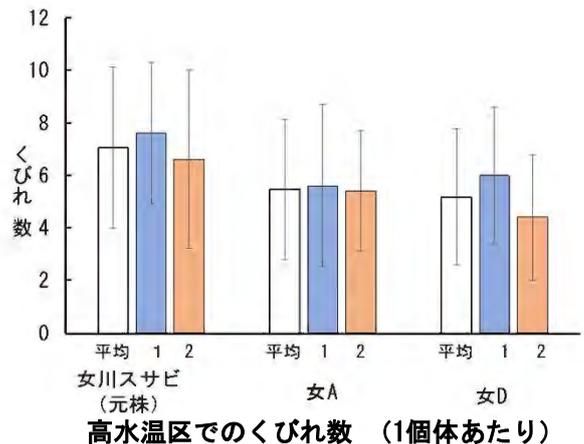


女川スサビ：伸びが良い、遊離アミノ酸が多い、赤ぐされ病に強いとされているが、宮城県で用いられた品種なので高水温耐性の向上が望まれる。

適水温区 (18°C) 高水温区 (24°C14日→18°C)



21日間培養した葉状体 Bar : 1mm



選抜株(女A, 女D)は元株の女川スサビと比べ高水温障害で増加するくびれ数が少ない傾向。

(2) 育種素材 (6C, 4C) 遊離アミノ酸組成分析

呈味成分から見て、育種素材の養殖品種としての適性を調査。

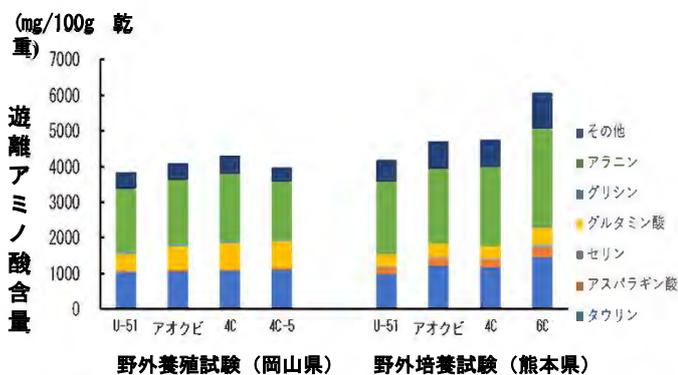


図 野外養殖および野外培養葉状体の遊離アミノ酸含量

対照のU-51および元株のアオクビと比べ、高水温耐性育種素材(選抜株)の4C, 6Cおよび4C-5(4Cの岡山県再選抜株)の遊離アミノ酸含量は同程度以上であり、選抜による悪影響は確認できなかった。

育種素材と同様の選抜手法(高水温)で育成した派生株等にも、高水温耐性が向上する傾向がみられた。

育種素材については、野外養殖試験、野外培養試験等で栽培された葉状体の遊離アミノ酸組成を分析した結果、主要呈味成分である遊離アミノ酸の含量に低下はみられず、味の面でも養殖品種としての適性を有していると考えられる。

イ 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

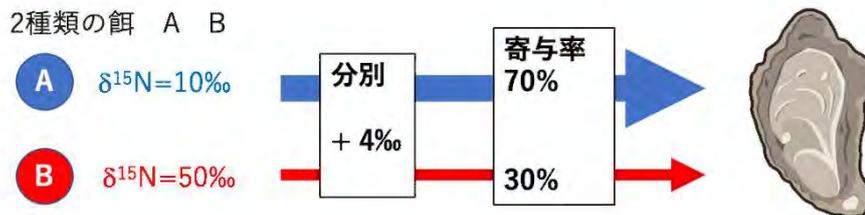
1) 二枚貝を用いたノリ高品質化効果の評価手法開発

① 二枚貝からノリへの栄養塩供給量の推定手法の開発

水産研究・教育機構水産技術研究所

窒素などの栄養塩不足によるノリ色落ちへの対策として、二枚貝の窒素排泄物の施肥効果を利用したノリ高品質化複合養殖技術を開発するためには、養殖現場において二枚貝類からノリへの窒素供給の効果を把握しながら複合養殖手法の効率化を図ることが必要である。窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) を指標とした二枚貝排泄窒素のノリ生長への寄与率推定手法の開発を行った。

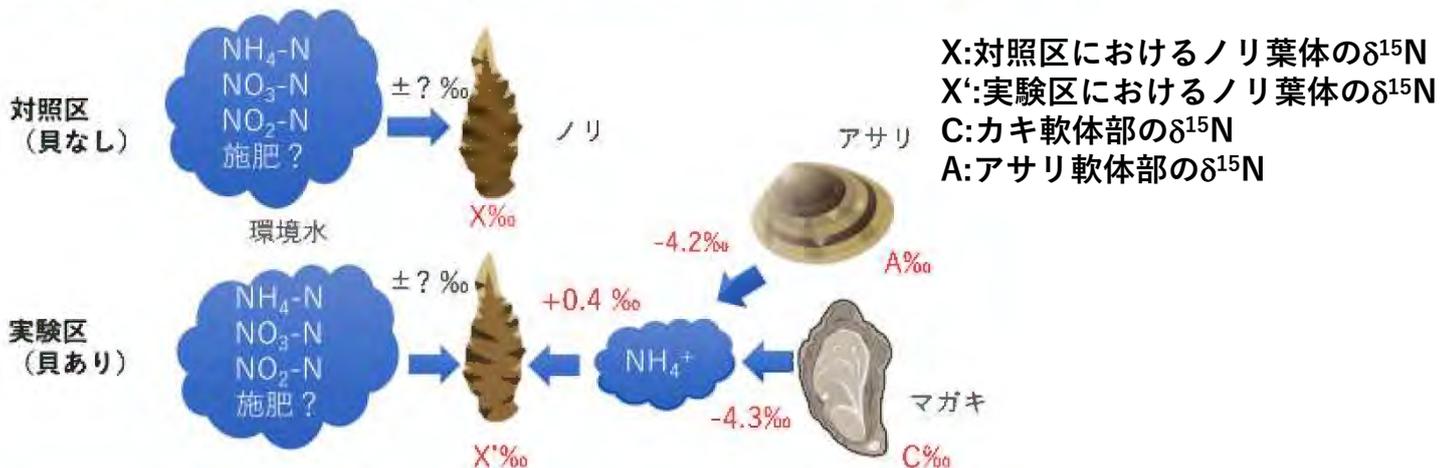
1) 安定同位体比の利用例：2種の餌とそれを食べたカキの窒素安定同位体比の関係



$$\text{カキ } \delta^{15}\text{N} = (10 + 4) \times 0.7 + (50 + 4) \times 0.3 = 26\text{‰}$$

2) 安定同位体比を用いたカキ・アサリ排泄物のノリの生長への寄与率の計算方法

寄与率は、複合養殖試験の対照区と実験区の比較から求める



二枚貝の寄与率 (k) を求める式

$$k = (X' - X) / (-X + C - 3.9)$$

$$k = (X' - X) / (-X + A - 3.8)$$

ノリと二枚貝の複合養殖において、二枚貝窒素排泄物（アンモニウム塩）と環境水の三態窒素のノリの生長への寄与率を推定する方法を開発した。複合養殖で得たノリ（実験区）、貝排泄物を含まないこと以外同一の水塊で育ったノリ（対照区）、アサリ及びマガキの軟体部の $\delta^{15}\text{N}$ から推定する。適切な対照区の選定が野外現場では困難であること、測器の精度に限界があることなどから、寄与率の推定値の利用は、同一試験でのノリ網の位置の比較など、相対的評価に留めるべきである。

イ 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

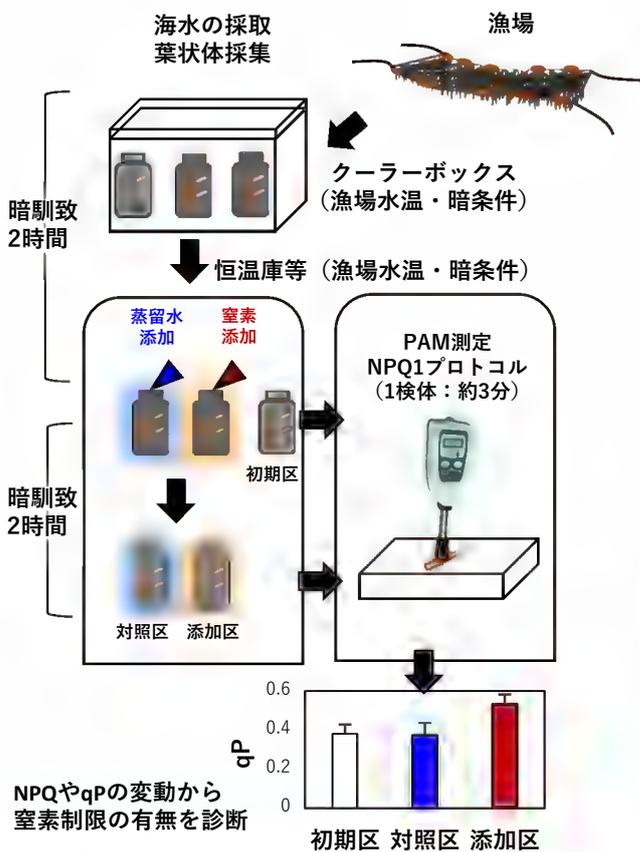
1) 二枚貝を用いたノリの高品質化効果の評価手法の開発

② 養殖現場でのノリの生理状態評価手法の開発

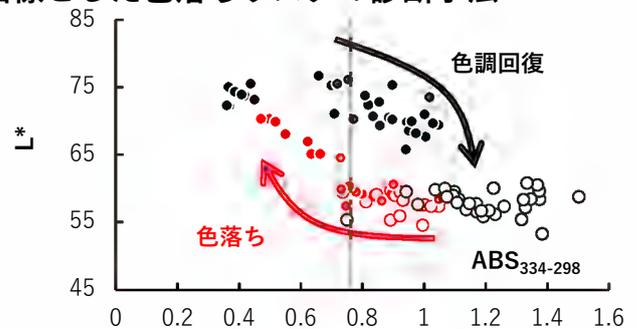
水産研究・教育機構水産資源研究所，水産大学校

窒素などの栄養塩制限にともなうノリ葉状体の光合成色素量の低下は、色落ちとしてノリの色の変化となって現れ、製品の等級・単価の低下に直結する。栄養塩環境のモニタリングや気象条件、経験にもとづく推測に加え、ノリ自体から色落ちリスクを事前に予測することができれば、養殖管理の一助となることが期待される。また、このような栄養塩環境の変化によってノリに生じる様々な変化を遺伝子発現レベルで解析することができれば、色落ち対策技術のさらなる開発などノリ養殖の高度化に資することが期待される。

(1) 窒素添加とPAM測定法によるノリ葉状体のクロロフィル蛍光値による診断手法

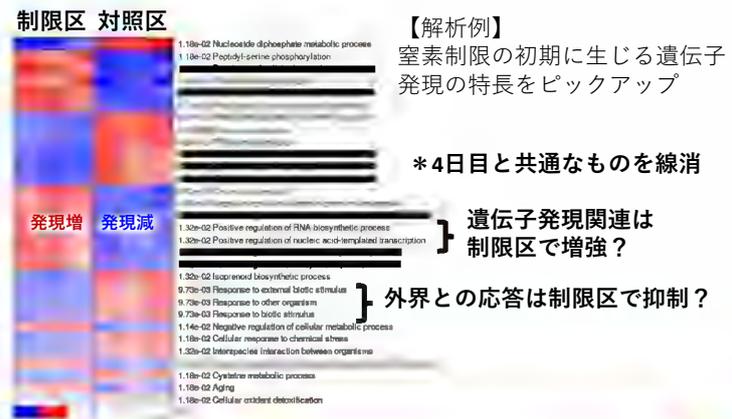


(2) ノリ葉状体の色調 (L*) と生体吸収スペクトルを指標とした色落ちリスクの診断手法



- 太陽光下の漁場ではABS₃₃₄₋₂₉₈が0.75を下回ると色落ちリスクありと評価
- 色落ち過程と色調回復過程では挙動が異なる

(3) 栄養塩 (窒素) 環境の変動下におけるノリ葉状体の網羅的な遺伝子発現解析



色落ちリスクにつながる窒素などの栄養塩制限を診断するノリの生理状態評価手法として、(1) 窒素添加とパルス振幅変調 (PAM) クロロフィル蛍光測定法によるノリ葉状体の蛍光値の測定を組み合わせた診断手法、(2) ノリ葉状体の色調 (L*) と生体吸収スペクトルを指標とした診断手法を開発するとともに、(3) さまざまな栄養塩 (窒素) 環境下のノリ葉状体の網羅的な遺伝子発現解析 (RNA-Seq) やパスウェイ解析により、窒素制限の指標となる遺伝子候補を同定した。

イ 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

2) 二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化

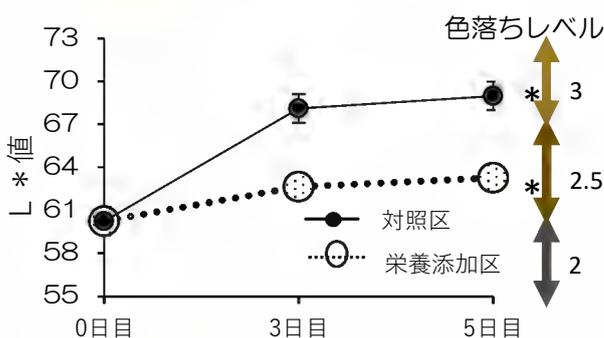
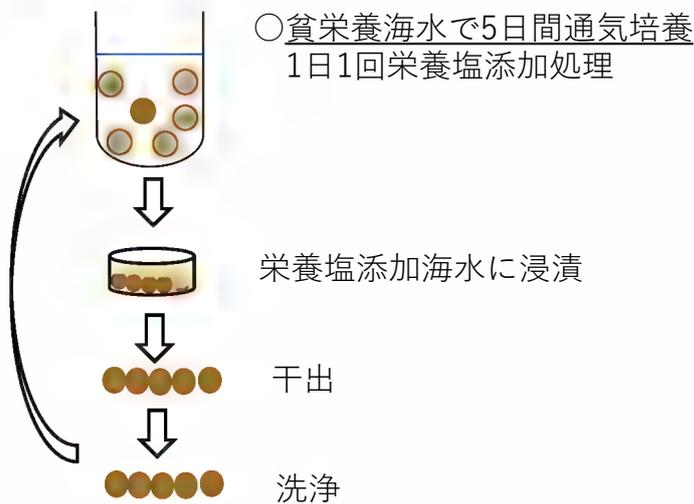
① 佐賀県地先有明海における二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化

佐賀県有明水産振興センター

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、プランクトンの増殖による海水中の栄養塩の減少により発生している。本課題では、二枚貝をノリ養殖漁場に設置し、これら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よるノリの品質向上効果について検討する。

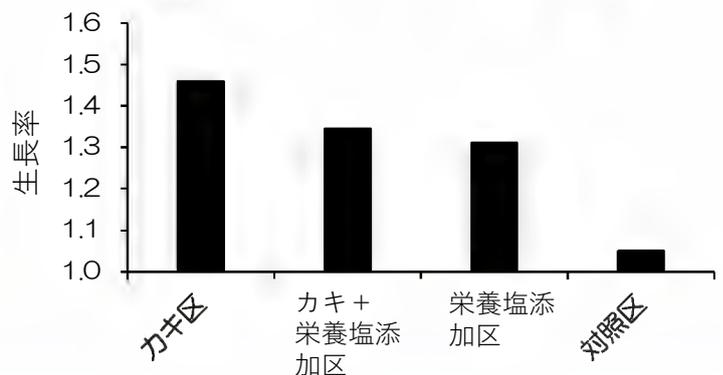
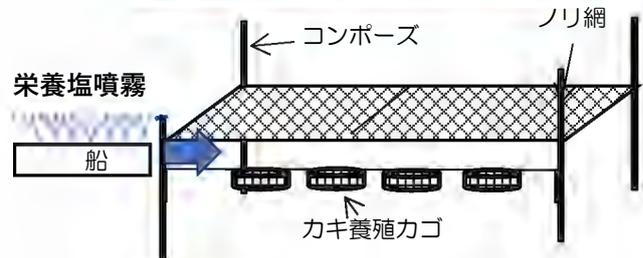
これに加え、二枚貝によりプランクトンを除去させながら、当県のノリ養殖管理工程で実施しているノリ網の干出中にノリに直接栄養塩を噴霧し吸収させる技術についても検討する。

(1) 色落ち軽減効果把握試験 (室内試験)



栄養塩浸漬を行うことで色落ちが軽減

(2) 色落ち軽減効果把握試験 (野外試験)



栄養塩噴霧を行うことで生長が促進

室内試験では、ノリ葉体に栄養塩添加海水を浸漬させた後、1時間乾燥させる作業を3日間以上連続で行うと、色落ちが軽減されることが確認された。野外試験では、ノリとマガキとの複合養殖と、栄養塩をノリ網に直接噴霧することにより、色落ちが軽減し、ノリの生長が促進されることが考えられた。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。

イ 二枚貝の増養殖を組み合わせたノリ色落ち軽減技術の開発

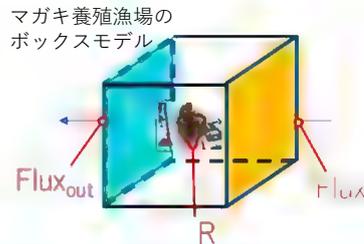
2) 二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化

② 熊本県地先八代海における二枚貝養殖によるノリ養殖の高品質化

熊本県水産研究センター

熊本県地先八代海のノリ養殖漁場では、早期の色落ちが頻繁に発生し、ノリ養殖業の経営のみならず、地域経済に深刻な打撃を与えている。そこで、本課題では、二枚貝養殖が熊本県地先八代海のノリ養殖漁場における栄養塩循環と珪藻類の発生に与える効果を明らかにすることを目的とした。

(1) マガキ養殖施設におけるクロロフィルaの収支



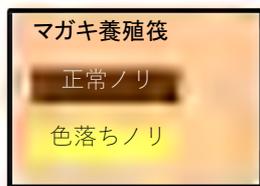
流向流速 (St.1,2,4,5) 及びクロロフィルa (St.1~5) を測定し、ボックス内のクロロフィル収支を算出

$$d(CV)/dt \text{ (クロロフィル変化量/時間)} = (Fluxin - Fluxout) + R \text{ マガキ取込み量}$$

マガキ養殖以外の変化量

期間	クロロフィルaの収支 d(CV)/dt(mg/h) =(Fluxin*A-Fluxout*A)+R	マガキ養殖以外による変化			マガキ養殖による取込			養殖個数	湿肉重量 (g)	平均水温 (°C)
		Fluxin*A(mg/h)-Fluxout*A(mg/h)	R (mg/h)	収支への寄与率	1個あたり取込量 (mg/h/個)					
R2 11/12~11/25	33,457	32,899.7	10,292.9	22,606.8	556.8	1.7%	0.059	9,360	16.4	18.9
H30 12/7~12/21	23,178	22,490.9	24,065.1	-1574.2	687.4	3.0%	0.029	24,000	16.1	13.7
R1 12/21~1/4	15,997	15,445.0	7,262.2	8,182.7	551.6	3.4%	0.032	17,000	22.4	12.9
R1 1/21~1/28	11,046	10,725.5	6,744.1	3,981.4	320.1	2.9%	0.023	14,000	20.3	12.5
H30 1/30~2/13	45,281	45,001.7	24,078.1	20,923.6	279.1	0.6%	0.023	12,000	20.9	11.3

(2) マガキ養殖の併用がノリの色調に与える効果の評価



試験区 (カキ筏)



対照区 浮き流し式、支柱式

試験区	試験網	1回目				2回目			
		開始1/23	終了1/29	開始1/29	終了2/4				
試験区	正常 中度色落ち 生産不能	正常	1.6	軽度	1.0	正常	1.0	正常	1.8
		生産不能		軽度		生産不能		軽度	
対照区	支柱	0.7		生産不能	0.7	生産不能	0.7	重度	1.1

試験区	試験網	1回目				2回目			
		開始1/9	終了1/17	開始1/17	終了1/24				
試験区	正常 重度色落ち 三角支柱	正常	18.3	正常	11.3	正常	11.3	正常	12.2
		重度		正常		重度		軽度	
対照区	三角支柱 三角ベタ	正常	20.1	正常	14.5	正常	14.5	軽度	13.2
		軽度	18.4	正常	13.2	正常	13.2	正常	13.6

試験区	試験網	1回目				2回目			
		開始12/10	終了12/22	開始1/5	終了1/15				
試験区	正常 軽度色落ち 中度色落ち 三角ベタ	正常	14.8	正常	16.9	軽度	8.0	正常	5.8
		軽度		正常		重度		軽度	
対照区	三角ベタ	ND		正常	17.8	正常	11.1	正常	9.3

H30:色落ちを悪化させない効果を確認
 R1,R2:色落ち改善するも、マガキ併用の効果か不明
 R3:室内試験にて葉体が小さい方がマガキ併用効果が
 高いことを確認

マガキ養殖施設内でのクロロフィルaの収支における、マガキによるクロロフィルa削減効果は0.6~3.4%であり、水温の高い11月がマガキ1個体あたりのクロロフィルa取込量が多いことが分かった。また、マガキ養殖併用には色落ちを悪化させない効果が示唆され、水温が高く葉体が小さな育苗期に二枚貝併用養殖を行うことで、色落ちを軽減させる効果が高まることが予測された。

イ 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

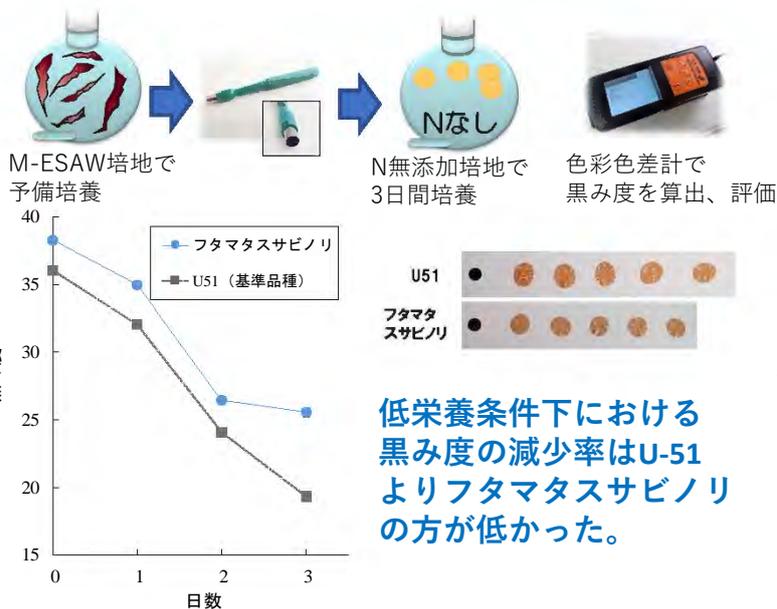
2) 二枚貝の増養殖等によるノリ養殖の高品質化

③ 低栄養条件に適応した養殖品種の開発と実証

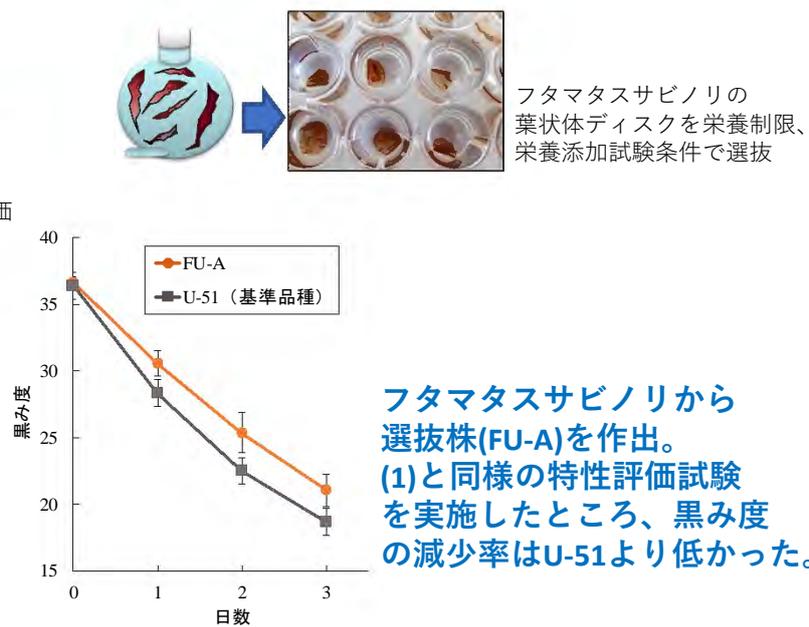
三重県水産研究所

ノリ養殖の安定生産を阻害する要因として、秋季における海水温の上昇及び漁期中の色落ち被害の発生が挙げられる。色落ち被害軽減のための主な対策としては、試験的な施肥やダムの一時的放流等が実施されているものの、品種作出（低栄養耐性品種の開発）という観点での対策は、ほとんど行われていない。本事業では、低栄養環境でも色落ちが遅いノリ品種の実用化を進めるための室内培養試験や養殖試験を試みた。

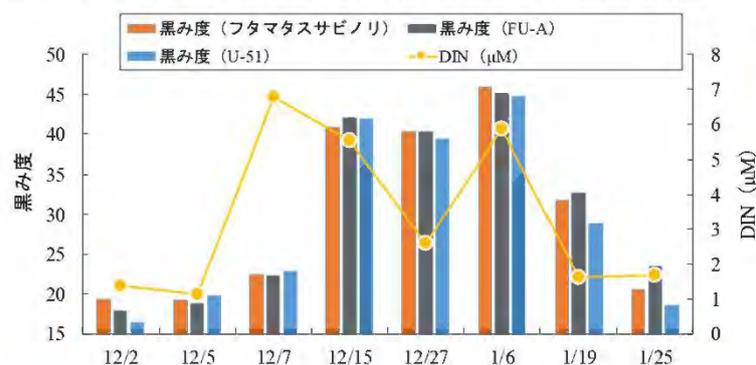
(1) フタマタスサビノリの低栄養条件下における特性評価試験



(2) 室内培養によるフタマタスサビノリの選抜試験



(3) フタマタスサビノリおよびFU-Aの養殖試験



低栄養海況での養殖状況 (1月25日)
左からフタマタスサビノリ、FU-A、U-51

DINが減少傾向にある海況において、フタマタスサビノリおよびFU-Aは、U-51に比べて黒み度の低下が緩やかであった。

フタマタスサビノリは栄養塩が大きく低下する養殖環境下において、顕著な色調保持は確認されなかったものの、基準品種U-51より色調低下が緩やかであるという特性が確認された。将来的に開発が期待される栄養塩動向や植物プランクトン発生の予察技術などと合わせて、フタマタスサビノリのような色落ちしにくい特性を有する品種を活用することで、色落ちによる製品の品質低下を軽減できる可能性がある。

イ 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

3) 二枚貝の増養殖等の併用がノリの品質に及ぼす影響の評価

水産研究・教育機構水産技術研究所、水産資源研究所、水産大学校
福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀県有明水産振興センター、
長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、三重県水産研究所

ノリ養殖では、生長阻害や病気の原因となる付着藻類・付着細菌の除去を目的に、酸処理が実施されている。この際、適正な浸透液pH及び浸透時間が守られていれば、生態系や生物への影響は特に無い、とされる。しかし、有明海における有機酸の調査はこれまで十分ではなかった。そこで、海水及び底泥間隙水中の有機酸濃度を調査し、有明海沿岸のノリ養殖漁場における有機酸の挙動を把握する上で基盤となる情報を蓄積する。

図1 調査定点

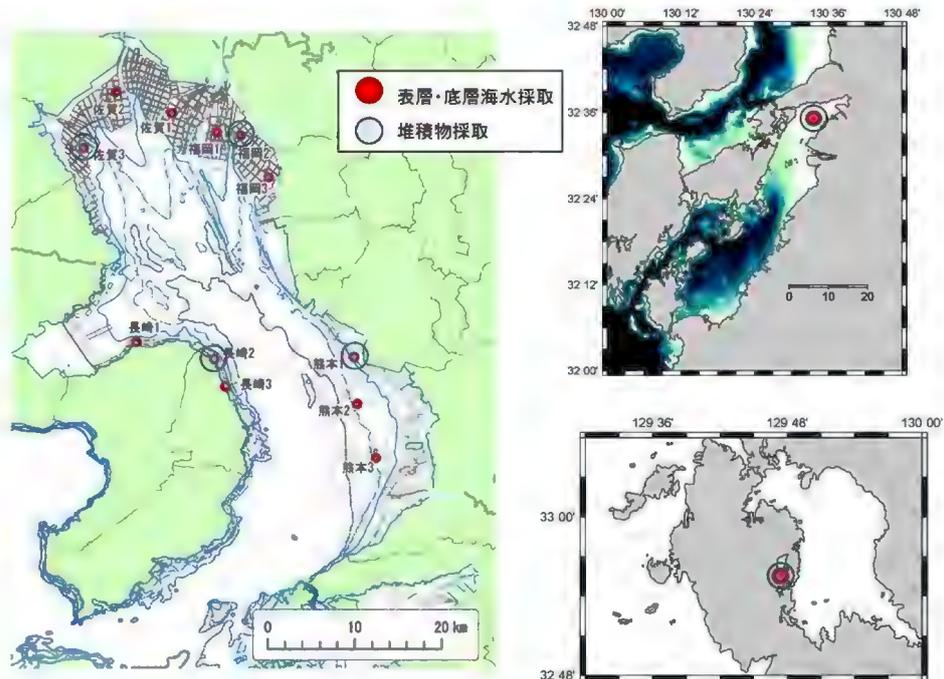


表1 底泥間隙水の乳酸濃度 (mg/L)

定点	2018年度		2019年度		2020年度		2021年度	
	10-11月	1月	11月	1月	10月	1月	10-11月	1月
福岡2	nd	nd	nd	nd	nd	1.0	nd	1.3
佐賀3	nd	nd	nd	nd	2.3	nd	nd	1.2
長崎2	nd	1.2	nd	nd	nd	nd	2.2	1.8
熊本1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.0
八代海	nd	nd	nd	1.2	nd	1.5	nd	2.2
大村湾	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.2

nd：定量限界未満 (<1.0mg/L)、赤字：酸処理実施中、緑字：酸処理未実施

有明海の12定点と、ノリ養殖を行っていない八代海及び大村湾の1定点ずつ、計14定点において（図1）、海水及び底泥間隙水中の有機酸（クエン酸、リンゴ酸、乳酸）を調査した。その結果、表層水及び底層水から有機酸は全く検出されなかった。一方、底泥からは、クエン酸及びリンゴ酸は全く検出されなかったが、乳酸の検出は認められた（表1）。これら12回の検出事例には、酸処理を実施していない時期あるいは海域からの検出事例が計6回含まれていたことから、底泥中の乳酸は必ずしもノリの酸処理剤に由来しないことが示唆された。

令和3年度養殖業成長産業化技術開発事業
(6) 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発
報告書

発行 令和4年3月
国立研究開発法人 水産研究・教育機構
編集 国立研究開発法人 水産研究・教育機構
水産技術研究所
〒851-2213 長崎市多以良町1551-8
電話 095-860-1600
