

漁場環境部

赤潮総合対策調査事業 - (有害・有毒プランクトン対策研究)

西広海，田原義雄

【目的】

鹿児島湾の *Chattonella marina* (以下 *C.marina*) 赤潮 (4月～6月)，八代海の *Cochlodinium polykrikoides* (以下 *C.polykrikoides*) 赤潮 (6月～8月) の多発期を中心に，有害・有毒プランクトンや貧酸素水塊のモニタリング調査を実施し，有害・有毒プランクトンの出現状況，移動拡散の動向や貧酸素水塊の発生状況などを明らかにするための基礎データを収集する。さらにそれらの情報を迅速に漁協・漁業者に伝達して漁業被害等を軽減すると共に，研修会等を通じて赤潮に関する知識の普及・啓発を図る。

【方法】

1 赤潮被害防止対策調査

鹿児島湾及び八代海において，下記の方法で有害・有毒プランクトンのモニタリング調査を実施した。

1) 鹿児島湾

調査回数：4月2回，5月2回，6月1回の計5回 (他事業分を含め，周年実施)

調査項目：気象，海象 (水温，塩分，透明度，水色)，水質 (DO, pH, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, DIN, DON, TDN, DIP, DOP, TDP, Si, Chl-a)，プランクトン (各層採水)

(参考)

DO	: 溶存酸素量 (mg/L)	TDN	: 溶存態全窒素
NO ₂ -N	: 亜硝酸態窒素	DIP	: 溶存無機態リン
NO ₃ -N	: 硝酸態窒素	DOP	: 溶存有機態リン
NH ₄ -N	: アンモニア態窒素	TDP	: 溶存態全リン
PO ₄ -P	: リン酸態リン	Si	: ケイ酸態ケイ素
DIN	: 溶存無機態窒素	Chl-a	: クロロフィル - a
DON	: 溶存有機態窒素		

調査点及び調査層

一般調査点 (水深0, 10m) : 1 1点

精密調査点 (水深0, 5, 10, 20, 30, 50, B-10m) 1点 計 1 2点 : 海底より -10m

2) 八代海

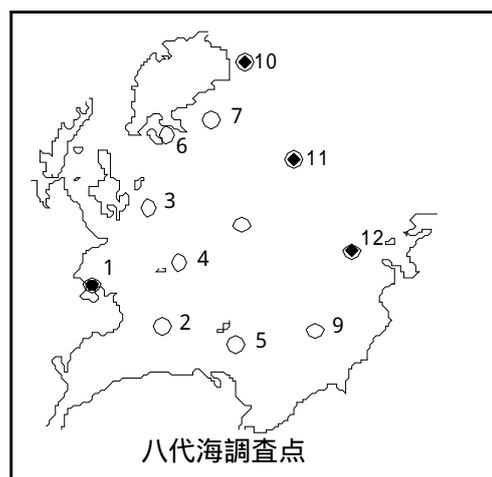
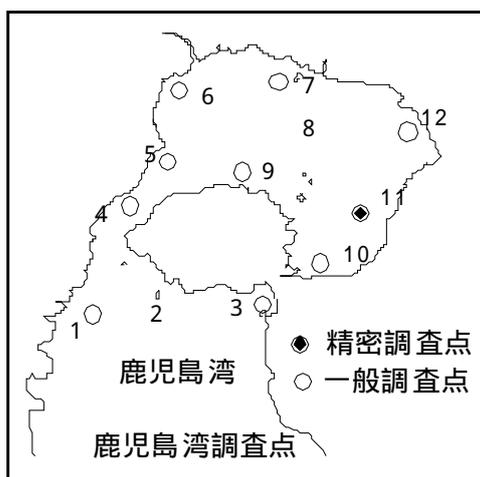
調査回数：6月1回，7月2回，8月1回の計4回 (他事業分を含め，周年実施)

調査項目：鹿児島湾に同じ

調査点及び調査層

一般調査点 (水深0, 10m) 8点

精密調査点 (水深0, 5, 10, 20, 30, B-1m) 4点 計 1 2点



2 有毒プランクトンモニタリング

貝類養殖場周辺において、貝毒原因プランクトンの一種である *Alexandrium* 属のモニタリング調査を、関係機関（漁協、養殖業者等）の依頼や赤潮調査と並行して実施した。

3 貧酸素水塊調査

貧酸素状態の発生時期（9～10月）に、主に鹿兒島湾で貧酸素のモニタリング調査を、赤潮調査と同時に実施した。

4 赤潮情報等の発信，研修

有害・有毒プランクトンモニタリング調査の結果や注意報・警報を、FAX、パソコンや携帯電話のホームページ、携帯電話メールを利用して、漁協及び漁業者に情報を伝達した。また魚類養殖漁業者等を対象に、赤潮研修会を実施した。

【結果】

1 赤潮被害防止対策調査

今年度の本県における赤潮発生状況を表1に示した。

1) 鹿兒島湾

(1) プランクトンの状況

4月以降、珪藻類が徐々に増加し、7月には *Pseudo-nitzschia* 属、*Chaetoceros* 属の大量発生を確認した。8月以降は徐々に減少して11月に一時増加したが、それ以降は珪藻類はほとんどみられなかった。

有害種については、5～6月に *Ceratium* 属がやや多い程度であったが、9月に狭い範囲で赤潮を形成したほか、*Heterosigma akashiwo* が4cells/ml程度確認された。また、2月に鹿兒島湾南部の山川湾で、*Pseudochattonella verruculosa* が、本県で初めて赤潮を形成した。最高細胞数は9175cells/mlで、養殖ブリ、カンパチに漁業被害が発生した。

(2)海象

表層水温は、全体的に平年よりも低めで推移した。表層水温の最高値は8月で28.3，最低値は2月で15.7であった。水温躍層は表層と10m層の水温差から5月～9月にかけて形成され、10月以降は水温差はほとんどみられなかった。表層塩分は7月に27.2まで低下したが、その後、冬季にかけて33から34前後に上昇した。表層と10m層の塩分差から塩分躍層は5月～9月にかけてみられた。透明度は春季から夏季にかけては低く、また湾中央部と比較して湾奥部が低いという例年と同様の傾向で推移した。調査期間中、最大値は1月で14.6m、最小値は7月で4.2mであった。溶存酸素量は、春季に多く、成層が発達する夏季には少なくなる例年と同様の傾向で推移した。調査期間中、表層溶存酸素量の最大値は4月で8.5mg/L、最小値は12月で6.2mg/Lであった。

(3)水質

栄養塩はDIN、DIPともに春季から夏季にかけては低濃度で、鉛直循環が始まる秋季から冬季にかけて上昇する例年と同様の傾向で推移した。4～10月にかけては、DINが表層で0.5～1.4 $\mu\text{g-at/l}$ 、DIPが0.02～0.10 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で推移した。11月以降、濃度が上昇し、2月にDINが表層で9.1 $\mu\text{g-at/l}$ 、DIPが1.04 $\mu\text{g-at/l}$ で最高値を示した。

2) 八代海

(1)プランクトンの状況

ほとんどの時期で、珪藻類が優占しており、6月下旬には全域で *Skeletonema* 属による着色が確認された。12月以降には *Thalassiosira* 属の群体が多く見られたが、それ以外のプランクトンは数、種類ともに少ない状況となった。なお7月には、*Myrionecta rubra* による着色が確認された。

有害種は、6月以降に *Ceratium* 属がみられたほかは、*Chattonella antiqua*、*Heterosigma akashiwo*、*Cochlodinium polykrikoides* による赤潮は発生しなかった。

(2)海象

表層水温は全体的に低めで推移した。水温の最高値は9月で27.4，最低値は2月で12.7であった。水温躍層は表層と10m層の水温差から5月～9月にかけて形成され、10月以降はほとんどみられなかった。表層塩分は6月上旬～下旬にかけてまとまった降雨があり、7月に30.2まで低下した。それ以降は上昇し、冬季にかけて33～34前後で推移した。表層と10m層の塩分差から塩分躍層は6～9月にみられた。透明度は例年、春季から夏季にかけて低くなり、冬季は高くなる傾向がみられるが、今年は、7月に11.5mと夏季に透明度が高い月も観測された。最低値は10月の6.5m、最高値は4月で11.8mであった。溶存酸素量は成層が発達する夏季は少なく、鉛直循環が活発となる冬季から春季に多くなる例年と同様の傾向で推移した。調査期間中、表層溶存酸素量の最大値は1月で8.7mg/L、最小値は11月で6.4mg/Lであった。

(3)水質

栄養塩はDIN, DIPともに春季から夏季にかけては低濃度で推移し, 鉛直循環が始まる秋季から上昇する傾向を示した。4 ~ 9月にかけては, DINが表層で0.3~2.6 µg-at/l, DIPが0.03~0.11 µg-at/lの範囲で推移した。秋季から濃度が上昇し, 11月に表層でDINが3.7 µg-at/l, DIPが0.34 µg-at/lと最高値を示した。

2 有毒プランクトンモニタリング

大島郡瀬戸内町久慈湾において, 麻痺性貝毒の原因となる *Gymnodinium catenatum* が確認され, 二枚貝から出荷規制値を上回る貝毒 (最高21MU/g) が検出された。本種による貝毒が確認されたのは, 本県では初めてであった。

3月14日に地元養殖業者が海水の着色域を確認し, 翌日, 県水技センターが検査した結果, 最高228cells/mlを確認, 3月27日には最高160cells/mlを確認した。

瀬戸内漁協による貝毒検査結果を表2に示した。

また長島町浦底湾において, 貝毒原因プランクトンの一種である *Alexandrium catenella* 発生に関する情報はなかった。

3 貧酸素水塊調査

8月30日に, 鹿児島湾奥の隼人沖, 牛根麓沖の水深15m以深において, 溶存酸素量が4.0mg/lを下回る貧酸素水塊を確認した。10月21日以降は, 貧酸素水塊はみられなかったが, 15m以深の溶存酸素量は少ない状態が11月上旬まで続いた。

4 赤潮情報等の発信, 研修

1) 赤潮情報, 注意報等の発行

有害・有毒プランクトンモニタリング調査の結果は, 赤潮 (及び貧酸素) 情報, 注意報, 警報としてとりまとめ, F A X, ホームページ (パソコン及び携帯電話向け) 及び携帯電話のメールを用いて情報を提供した。

今年度は, 赤潮情報29回, 注意報8回, 貧酸素情報12回を発行した。

期間中は, 鹿児島湾関係の36機関, 八代海関係の27機関に対し, 延べ1,197回のF A X送信による情報伝達を行った。またホームページの閲覧回数は, パソコン版が68,682回 (22年度は194,647回), 携帯電話版が46,254回 (22年度は75,584回) であった。さらにメールアドレスは, 鹿児島湾関係で約180名, 八代海関係で約120名の登録があり, 登録者に対し随時情報を伝達した。これらのことから, 赤潮情報の伝達ネットワークの強化を図ることができた。

2) 研修会の実施

平成23年4月から24年3月まで合計 4回の赤潮研修会を実施した。漁協職員や魚類養殖漁業者等が約65名受講し, 県内の赤潮発生状況, 赤潮の発生と対策等について講義することにより, 赤潮の知識及び対処法の普及・啓発を図ることができた。(表3)

表1 平成23年度 鹿児島県における赤潮発生状況

No	発生期間	発生海域	赤潮構成プランクトン 種名	細胞密度 (cells/ml)	最大面積 (km ²)	漁業被害 の有無
1	4/12-4/17	鹿児島湾桜島口付近	ミリオネクタ ルブラ	6,350	不明	なし
2	4/16	鹿児島市瀬々串～喜入沿岸	ノクチルカ シンチランス	不明	不明	なし
3	5/7-5/14	大島郡瀬戸内町篠川湾全域及び久慈湾入口	ハプト藻(カリプトロシェラ スフェロイデア)	3,860	4	なし
4	5/9	鹿児島市瀬々串～喜入沿岸	ノクチルカ シンチランス	不明	不明	なし
5	5/12-5/13	阿久根市阿久根漁港	ヘテロシグマ アカシオ	24,000	不明	なし
6	6/22-6/28	八代海南部海域	スケルトネマ属	10,800	不明	なし
7	7/20-7/26	八代海南部海域	ミリオネクタ ルブラ	9,000	不明	なし
8	8/18-8/21	霧島市福山地先～垂水市中磯地先	プロロセントラム シグモイデス	2,800	不明	なし
9	9/19	姶良市白浜地先	セラチウム フルカ	1,650	0.4	なし
10	10/27-11/4	南さつま市笠沙町片浦湾	コックロディニウム sp.(笠沙型)	6,800	不明	なし
11	11/7-11/22	南さつま市笠沙町片浦湾	コックロディニウム sp.(笠沙型)	30,000	不明	なし
12	11/28-12/13	鹿児島湾奥～湾央西側海域	ミリオネクタ ルブラ	6,800	不明	なし
13	1/20-1/21	肝付町内之浦湾	ミリオネクタ ルブラ	2,000	不明	なし
14	2/9-2/17	鹿児島湾山川	シュードシャトネラ ベルキュローサ	9,175	不明	有り
15	3/14	大島郡瀬戸内町久慈湾	ギムノディニウム カテナータム	228	不明	なし

表2 瀬戸内漁協による貝毒検査結果

海域	貝の種類	検体採取日	可食部毒量 (MU/g)	備考
大島郡瀬戸内町久慈湾	二枚貝	平成24年3月26日	古志地区 21 久慈地区 10	3月15日から採取自粛

分析機関：日本食品分析センター

表3 平成23年度の赤潮に関する研修会実績

月 日	会 議 名	研 修 内 容	備 考 (参加人数等)
5月11日	八代海赤潮監視体制検討会議 (熊本県上天草市)	鹿児島県における赤潮発生状況と今年度の調査計画等	約15名
7月27日	養殖共済に係る地区調査員会議 (鹿児島市)	平成22年度の八代海におけるシャトネラ アンティーカ赤潮の発生状況と今年度の調査・研究体制	約30名
2月16日	赤潮研修会(水技センター)	シュードシャトネラ ペルキュローサの発生状況, 概要について	約10名
3月30日	赤潮プランクトン研修(指宿市山川)	光学顕微鏡の操作方法, 検鏡方法について	約10名

赤潮総合対策調査事業 - (有害赤潮発生に関する生態学的研究 -)

西広海，田原義雄

【目 的】

閉鎖性海域における環境特性を明らかにするとともに，有害プランクトンの発生動向や生態等を明らかにし，赤潮発生予察技術等を開発するうえでの基礎資料を得る。

長期間・広範囲にわたる総合的な環境調査や室内培養試験などを行うことにより，高水温・広塩分に至適性を持ったシャトネラ属による赤潮発生機構を解明するとともに，赤潮防除技術の開発研究を行うことで，各種赤潮による漁業被害の未然防止と，養殖漁業経営の安定化を図る。

【方 法】

1 漁場環境の周年モニタリング調査

鹿児島湾及び八代海における12定点（赤潮調査事業と同じ）において以下の事項を調査した。

調査項目：気象，海象（水温，塩分，透明度，水色），水質（DO，pH，NO₂-N，NO₃-N，NH₄-N，PO₄-P，DIN，DON，TDN，DIP，DOP，TDP，Si，Chl-a），プランクトン（各層採水）

：水質項目の略号の説明は，別稿「有害・有毒プランクトン対策研究」に記載

2 赤潮発生動向調査

1) プランクトン発生動向調査

鹿児島湾と八代海で周年モニタリングを行った。

2) 赤潮発生メカニズムの解明

鹿児島湾産 *Chattonella marina*（以下 *C.marina*）と八代海産 *C.marina*，*Chattonella antiqua*（以下 *C. antiqua*）の増殖に及ぼす光強度の影響について室内実験を行った。試験区は，光強度を10から197 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の間の5段階に設定し，いずれも水温を23℃に保った区を設定した。

【結果及び考察】

1) プランクトン発生動向調査

【鹿児島湾】

4月以降，珪藻類が徐々に増加し，7月には *Pseudo-nitzschia* 属，*Chaetoceros* 属の大量発生を確認した。8月以降は徐々に減少して11月に一時増加したが，それ以降は珪藻類はほとんどみられなかった。

有害種については，5～6月に *Ceratium* 属がやや多い程度であったが，9月に狭い範囲で赤潮を形成したほか，*Heterosigma akashiwo* が4cells/ml程度確認された。また，2月に鹿児島湾南部の山川湾で，*Pseudochattonella verruculosa* が，本県で初めて赤潮を形成した。最高細胞数は9175cells/mlで，養殖ブリ，カンパチに漁業被害が発生した。

【八代海】

ほとんどの時期で，珪藻類が優占しており，6月下旬には全域で *Skeletonema* 属による着色が確認された。12月以降には *Thalassiosira* 属の群体が多く見られたが，それ以外のプ

ランクトンは数，種類ともに少ない状況となった。なお7月には，*Myrionecta rubra* による着色が確認された。

有害種は，6月以降に *Ceratium* 属がみられたほかは，*Chattonella antiqua*，*Heterosigma akashiwo*，*Cochlodinium polykrikoides* による赤潮は発生しなかった。

2) 赤潮発生メカニズムの解明

各試験区分における細胞数の日別変化を図-1～3に，図-4に光強度区分別の比増殖速度を示す。3株とも，最低光強度の $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ では，それ以上の光強度に比べ，明らかに増殖が劣った。一方， $50 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上では，ややばらつきがあるものの，3株ともほぼ同様の増殖傾向を示した。比増殖速度をみると，*C.marina* 八代海株は， $50 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上で $\mu_2 = 0.44 \sim 0.51$ とほぼ同じ比増殖速度であったが，*C.marina* 鹿児島湾株は， $50 \sim 100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ のほうがそれ以上の光強度より比増殖速度が高い傾向がみられ， $\mu_2 = 0.91 \sim 0.94$ であった。*C.antiqua* 八代海株も *C.marina* 鹿児島湾株と同様に， $50 \sim 100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で $\mu_2 = 0.96 \sim 1.07$ と高くなり，この2つの株は，比較的低い光強度の方が増殖速度が高いものと思われた。

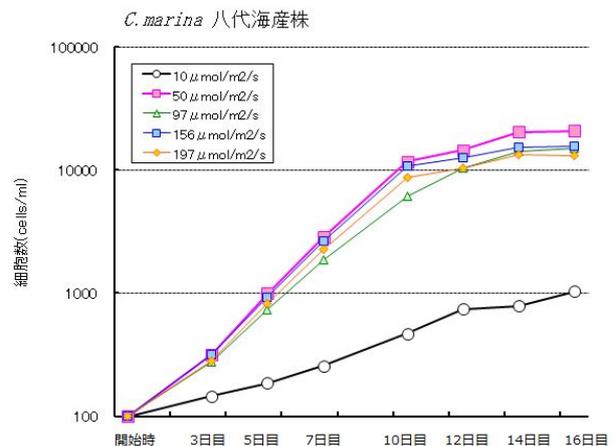
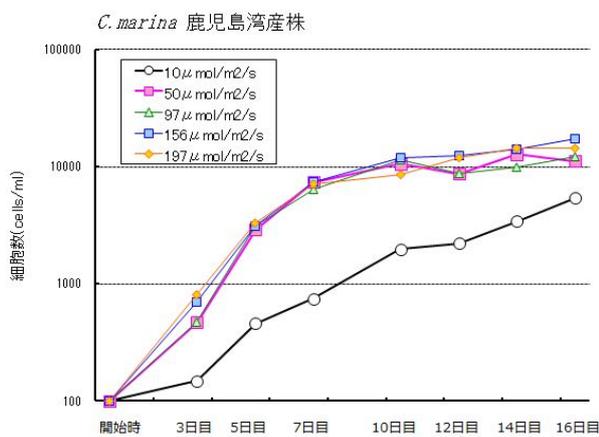


図-1 細胞数の推移 (*C.marina* 鹿児島湾産株)

図-2 細胞数の推移 (*C.marina* 八代海産株)

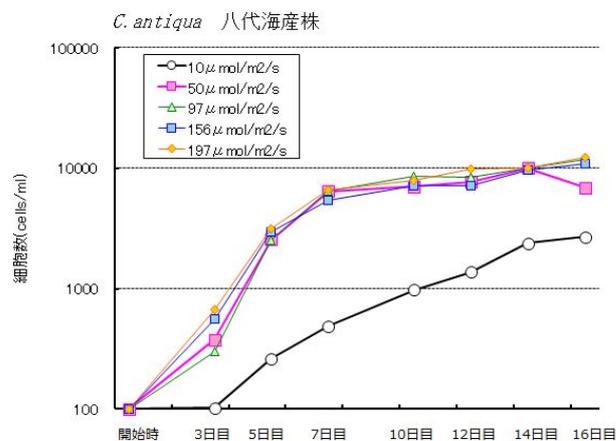


図-3 細胞数の推移 (*C.antiqua* 八代海産株)

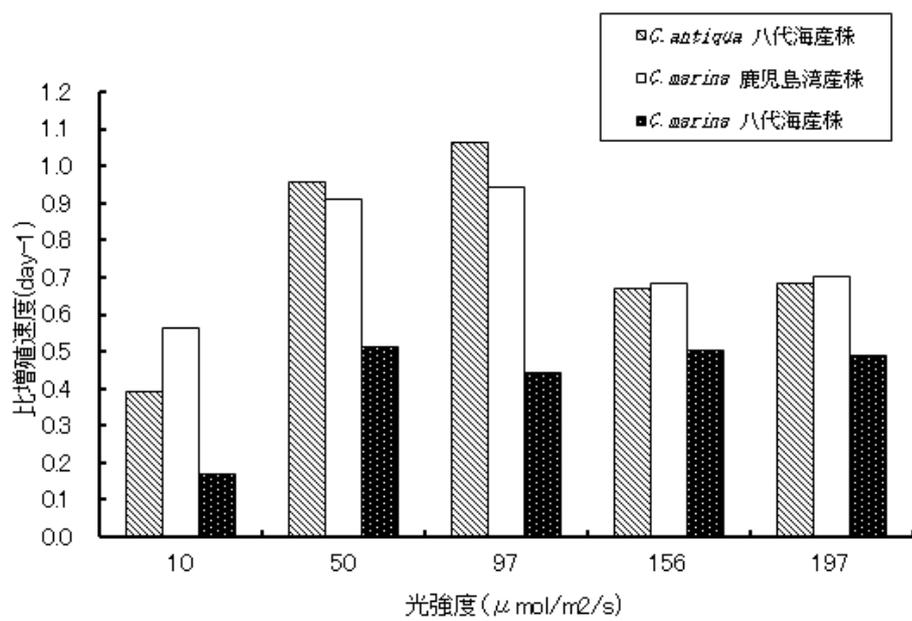


図-4 光強度区別の比増殖速度

赤潮総合対策調査事業 -
(有害赤潮発生に関する生態学的研究 -)
(シャトネラ属有害プランクトンの漁業被害防止・軽減技術に関する研究)

田原義雄，中村章彦，折田和三，西広海

【目 的】

粘土（商品名：入来モンモリ）を中心とした既存赤潮防除剤の改良により，シャトネラ属に対し，低コストで効率的な防除法を開発し，養殖魚類の被害軽減を図る。

【方 法】

1 防除剤の検討，試作品の作成

1) 塩の効果確認

平成21，22年の赤潮発生時に，現場で粘土散布と併せて使用された塩について，塩を単独使用した時と入来モンモリと併用した時の防除効果を検証した。

2) 既存の赤潮防除剤（粘土）の改良

赤潮プランクトンに対して殺藻作用を有するアルミニウムイオンを，従来の製品よりも多く溶出させるため，粘土の物性（モンモリロナイトの純度，粒径）の改変や，粘土と併用して効果を発揮する物質を検討し，計11種の試作品等を作製した。なお，これらについては，鹿児島県工業技術センターの協力により実施した。

2 防除剤の効果確認試験方法（室内試験）

防除剤及び試作品等のシャトネラに対する防除効果を把握するため，室内実験により効果の判定試験を実施した。

八代海産のシャトネラ アンティーカー人工培養株を供試株とし，その培養海水に，前述の防除剤及び試作品等を濃度別に添加し，静かに5分間攪拌，その後のシャトネラ細胞密度の減少率を測定した。細胞密度の計数に当たっては，通常の細胞の状態と比較して，明らかに変形，萎縮，破壊が確認された細胞を死滅細胞として判定し，それらを除外して計数を行った。

試料の有効濃度は，「細胞密度の減少率が95%以上確認された時の最小濃度」とし，既存の粘土との比較を行った。

3 防除剤の安全性確認試験

1) 「入来モンモリと焼ミョウバン」が水質に与える影響

野外散布による水質の影響試験

現場海域において，「入来モンモリ+焼ミョウバン」を散布し，流下方向5m地点での，水質（水温，塩分，pH，SS，DO，COD，DIN，DIP，T-N，T-P計10項目）の影響をみた。

試験日時：平成23年11月2日

試験場所：八代海 伊唐湾

調査時の潮汐：小潮，NE 2.0～3.0cm/s

試験方法の概要

- ・ 使用防除剤：入来モンモリ + 焼ミョウバン (1000ppm+75ppm)
- ・ 防除剤の使用量：50+3.8kg (1+0.075kg/m²)
- ・ 測定項目：水質10項目 (水温，塩分，pH，SS，DO，COD，DIN，DIP，T-N，T-P)
- ・ 調査場所：粘土散布流下方向5m
- ・ 採水層：表層，1, 3, 10, B-1 (15m)
- ・ 時間区分：散布開始前，散布終了直後，5, 10, 20, 30, 45分後

焼ミョウバンの海洋汚染防止法に基づく有害物質の溶出試験

焼ミョウバンについて、海洋汚染防止法に規定される有害物質33項目の溶出試験を行った。分析方法は、海洋汚染防止法第5条第1項に規定する有害物質の検定方法に従った。

2) 「入来モンモリと焼ミョウバン」による魚類の急性毒性試験（予備試験）

表1に示したように、実験水槽内にハマチ3尾を収容し、入来モンモリ+焼ミョウバン1000+75ppmの濃度下で暴露し、24時間、魚の状態を観察した。なお、粘土暴露時間は1時間とし、以降は海水を通水した。

表1 試験区の概要

試験日時：平成24年1月12日～13日

	試験区 A (対照区)	試験区 B (暴露区)
防除剤の 散布濃度	-	入来モンモリ + 焼ミョウバン 1000+75ppm
ハマチ 収容尾数	3尾 (体重：807～964g)	3尾 (体重：647～964g)
試験水層	100L水槽，止水，通気 1時間暴露後は，海水を通水	
暴露時間 観察時間	- 24時間	1時間 24時間
餌止め	5日間	

【結果及び考察】

1 防除剤の効果

1) 赤潮防除剤の効果

塩の効果確認

・塩の有効濃度は20000ppmと高かった。(図1)また、入来モンモリと併用しても、入来モンモリ+塩で1000ppm+15000ppmと有効濃度は高い値となった。(図2)

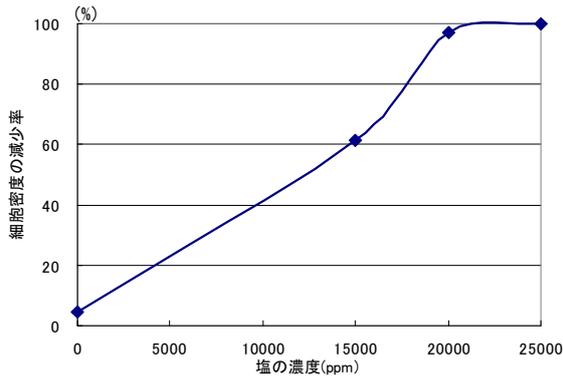


図1 塩によるシャトレ細胞密度の減少率

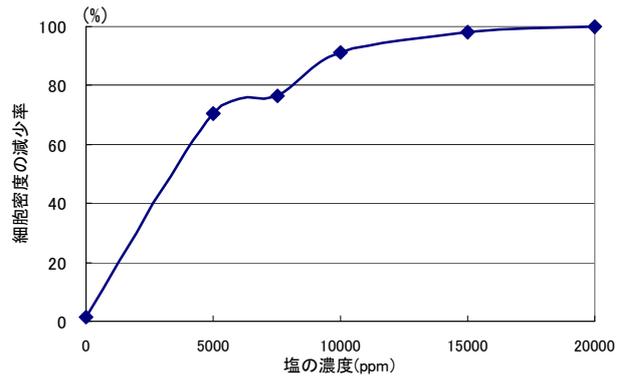


図2 入来モノリ(1000ppm) + 塩によるシャトレ細胞密度の減少率

粘土を中心とした既存の赤潮防除剤の改良

- ・ 入来モノリの粒径を小さくすると、通常の入来モノリとの比較で、最大267%程度防除効果が高まることわかった(表2, 図4)。 粒径を小さくすると、pHが低下する傾向(図5)にあったことから、アルミニウムイオン溶出量が増加したため効果が向上したものと推測された。
- ・ 入来モノリに焼ミョウバン等、強酸性でアルミを含有する物質を併用すると飛躍的に防除効果が高まることわかった。(表2, 図7)。一例として、入来モノリ(1000ppm)に少量の焼ミョウバン(75ppm)を添加すると、従来よりも大幅に少ない散布量(約1/4程度)と費用(約1/2程度)で同等の効果が得られた(表3)。
- ・ 鉱床の検討を行ったが、3試料中、効果に大きな差は認められなかった。(表2)



入来モノリ + 焼ミョウバン散布前 散布直後：変形 約3分後：丸形に萎縮 約5分後：細胞崩壊

図3 入来モノリ + 焼ミョウバン散布によるシャトレ細胞の形態変化(死滅過程)

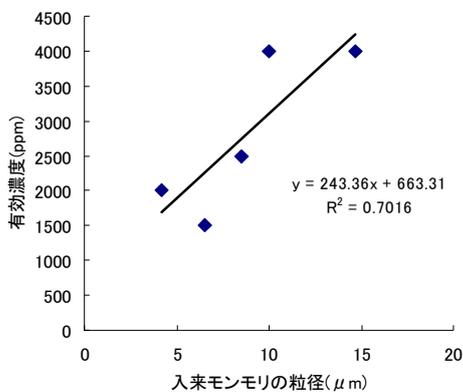


図4 入来モノリの粒径と有効濃度

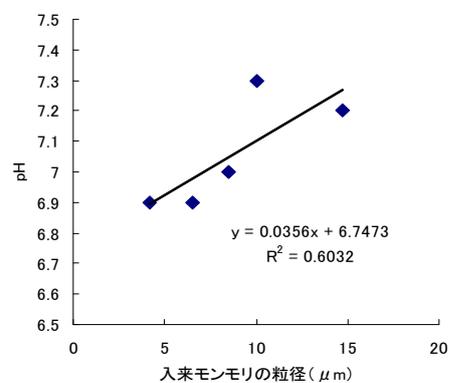


図5 入来モノリ(2000ppm)の粒径とpH

表2 入来エンリの改良効果

改 変 内 容	試 料 名	粒 径 (μm)	有効濃度 (ppm)
粒径サイズ	入来エンリ(通常品):再試験	14.7	4000
	大型振動ミル	10.0	4000
	小型振動ミル:再試験	8.5	2500
	ジレットミル粉碎品	6.5	1500
	ジレットミル粉碎品2	4.2	2500
純 度	気流分級品T1:再試験	18.0	3500
	気流分級品T2:再試験	12.5	2000
	気流分級品T3	4.0	2500
鉱床の検討	赤潮用原鉱	12.0	3500
	赤潮用原鉱下鉱帯	8.2	3500
	製紙用原鉱	12.5	3000
併用の効果 (アルミ溶出量変更)	硫酸アルミ	-	200
	ポリ塩化アルミ:再試験	-	500
	焼ミョウバン:再試験	-	500
	エンリ + 硫酸アルミ	-	1000+75
			500+150
	エンリ + ポリ塩化アルミ	-	1000+200
	エンリ + 焼ミョウバン	-	1000+75
		1000+150	

「再試験」: H22年度試料を再度試験

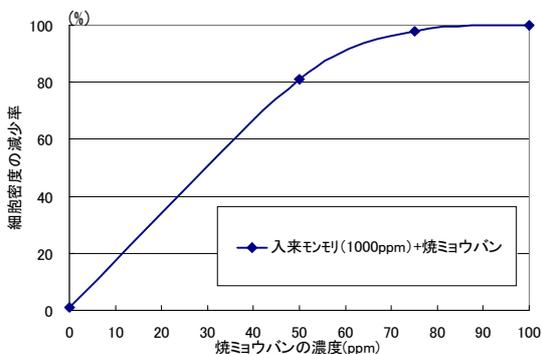


図6 入来エンリ + 焼ミョウバンによるシャコ細胞密度の減少率

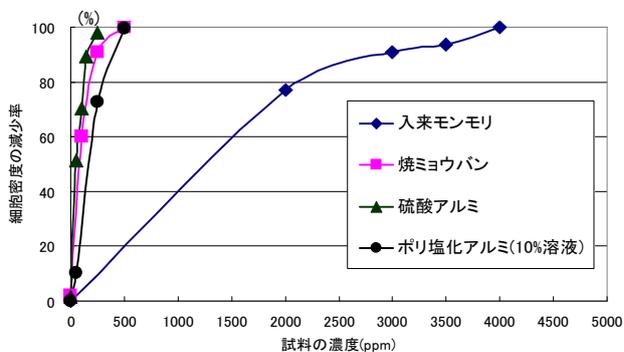


図7 各種試料によるシャコ細胞密度の減少率

表3 比較表: 焼ミョウバンの併用効果

	入来モンモリ	焼ミョウバン	入来モンモリ+焼ミョウバン
有効濃度(ppm)	4000	500	1000+75
単価(円/kg)	70	680	70+680
散布量(g) (海水1トン調整にかかる量)	4000	500	1075
経済性(円) (海水1トン調整にかかる費用)	280	340	70+51=121

2) 防除剤の安全性の確認

「入来モンモリと焼ミョウバン」が水質に与える影響

ア 粘土野外散布による水質の影響試験

粘土散布による水質の影響は、SS（懸濁物量）が散布後20分程度まで影響がみられたが、30分を超えると、散布前と同程度の濃度に戻った。その他の項目では散布前後で大幅な変動はみられなかった。（図8）

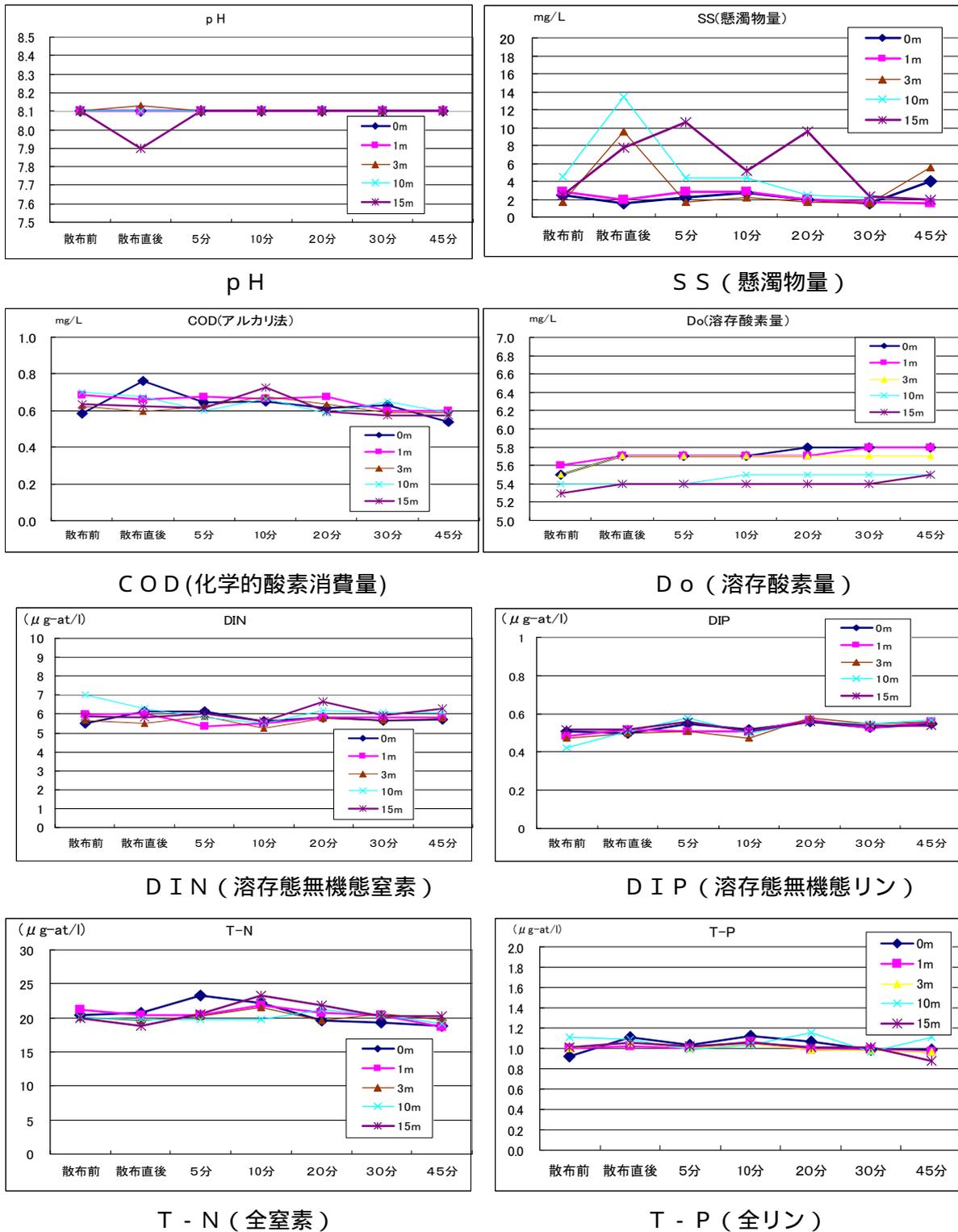


図8 粘土散布前後の水質の変動

イ 焼ミヨウバンの海洋汚染防止法に基づく有害物質の溶出試験

焼ミヨウバンの溶出試験を行ったところ、海洋汚染防止法に規定される有害物質33項目のすべての基準値を下回っていた。(表4)

表4 焼ミヨウバンの海洋汚染防止法に基づく溶出試験結果

	項 目	基 準 値	測 定 結 果
1	銅又はその化合物	3mg/l以下	0.01mg/l
2	亜鉛又はその化合物	2mg/l "	0.01mg/l未満
3	ふっ化物	15mg/l "	0.5mg/l "
4	ベリリウム又はその化合物	2.5mg/l "	0.2mg/l "
5	クロム又はその化合物	2mg/l "	0.04mg/l "
6	ニッケル又はその化合物	1.2mg/l "	0.01mg/l "
7	バナジウム又はその化合物	1.5mg/l "	0.1mg/l "
8	アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されず
9	水銀又はその化合物	0.005mg/l以下	0.0005mg/l未満
10	カドミウム又はその化合物	0.1mg/l "	0.005mg/l "
11	P C B	0.003mg/l "	0.0005mg/l "
12	トリクロロエチレン	0.3mg/l "	0.002mg/l "
13	テトラクロロエチレン	0.1mg/l "	0.0005/l "
14	有機塩素化合物	40mg/l "	4.0mg/l "
15	ジクロロメタン	0.2mg/l "	0.02mg/l "
16	四塩化炭素	0.02mg/l "	0.002mg/l "
17	1,2-ジクロロエタン	0.04mg/l "	0.004mg/l "
18	1,1-ジクロロエチレン	0.2mg/l "	0.02mg/l "
19	シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4mg/l "	0.04mg/l "
20	1,1,1-トリクロロエタン	3mg/l "	0.0005mg/l "
21	1,1,2-トリクロロエタン	0.06mg/l "	0.006mg/l "
22	1,3-ジクロロプロペン	0.02mg/l "	0.002mg/l "
23	チラウム	0.06mg/l "	0.006mg/l "
24	シマジン	0.03mg/l "	0.003mg/l "
25	チオベンカルブ	0.2mg/l "	0.02mg/l "
26	ベンゼン	0.1mg/l "	0.01mg/l "
27	ダイオキシン類	10pg/l "	10pg/l "
28	鉛又はその化合物	0.1mg/l "	0.01mg/l "
29	有機リン化合物	1mg/l "	0.001mg/l "
30	六価クロム化合物	0.5mg/l "	0.04mg/l "
31	ひ素又はその化合物	0.1mg/l "	0.01mg/l "
32	シアン化合物	1mg/l "	0.1mg/l "
33	セレン又はその化合物	0.1mg/l "	0.01mg/l "

「入来モンモリと焼ミョウバン」による魚類の急性毒性試験
 ・入来モンモリと焼ミョウバン1000+75ppmの濃度下では，ハマチにへい死はみられなかった。
 ・暴露開始直後は，時々，魚が激しく遊泳したり，鰓蓋の開閉運動が大きかったが，時間がたつにつれて落ち着いた行動を示すようになった，また，鰓蓋から粘土を排出する行動がたびたびみられ，閉塞死は認められなかった。（表5）

表5 結果の概要

		試験区 A (対照区)	試験区 B (暴露区)
魚の状況観察 開始～60分 (粘土暴露)		異常なし	(試験開始直後は) ・濁りで魚見えず ・時々激しく遊泳 ・鰓蓋の開閉頻度大 (時間の経過とともに) ・落ち着いた行動を示す
1h～24h		異常なし	異常なし
24時間後		へい死0	へい死0
水温 ()	開始前	16.1	16.0
	30分後	15.9	15.8
Do (mg/l)	開始前	7.3	7.5
	30分後	7.2	7.2
pH	開始前	7.9	8.0
	30分後	8.0	7.0

赤潮総合対策調査事業 - (赤潮微生物相(メタゲノム)解析)

西広海, 田原義雄

【目的】

シャトネラ赤潮の発生前から終息する時期について、海洋微生物相との関連性を検討し、赤潮の発生予測手法の開発および赤潮プランクトン抑制微生物の探索を行うため、八代海で赤潮発生の前後から海水の定期的な採水を行い、赤潮プランクトン数や栄養塩濃度等の測定を行うとともに、網羅的なDNA分析のための海水試料を共同研究機関に提供する。

【方法】

八代海の2定点において、5月から9月の赤潮発生前期、盛期、終期で定期採水を行い、共同研究機関へ海水試料を提供する。同時に顕微鏡観察による赤潮原因プランクトンの増減のモニタリングを行うとともに、赤潮発生海域の栄養塩濃度等の、環境データを観測する。

(1) 現地調査

調査定点

中部海域(獅子島～御所浦島: st.10)と長島町脇崎(st.1)の2定点を設定した。

調査頻度

採水等の日程・頻度は、基本的に6～8月は月3回、9月は1回/月の計10回とし、赤潮等の発生状況や終息に合わせて柔軟に対応した。

調査項目

水温、塩分、pH、透明度、D0、Chl-a、栄養塩(DIN, P04-P, SiO2-Si)、プランクトン(種組成、有害種)

調査層

表層、5m層、10m層、20m層、30m層、B-1層(海底上1m層)、0-10m柱状採水

(2) 共同研究機関との連携

採水した試料は、下記により共同研究機関へ送付した。

共同研究機関

水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所、九州大学大学院農学研究院、北海道大学大学院水産科学研究院

採水層

ア 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 0m, 5m, 10m, B-1m, 0-10m柱状

イ 九州大学大学院農学研究院 0m, 10m, 0-10m柱状

ウ 北海道大学大学院水産科学研究院 0m, 10m, B-1m

送付方法

採水した当日の夕方に宅配便(冷蔵)にて発送した。

【結果】

中部海域(獅子島～御所浦島: St.10)と長島町脇崎(St.1)の各1定点において、6月3回、7月3回、8月4回、9月2回の計12回の採水を行い、共同研究機関へ海水試料を提供した。

同時に顕微鏡観察による赤潮原因プランクトンの増減のモニタリングを行うとともに、赤潮発生海域の栄養塩濃度等の環境データを観測した。

本年度の調査実績は表1のとおりである。

表 1 平成23年度の海域調査及び海水試料の提供実績

回	月日	St.数	試料送付先		
			水産総合研究センター 瀬戸内海区水産 研究所	九州大学大学院 農学研究院	北海道大学大学院 水産科学研究院
1	H23.6.1	2	0m, 5m, 10m, B-1 m, 0-10m柱状 各1L	0m, 10m, 0-10m柱状 各2L	0m, 10m, B-1m 各500ml
2	H23.6.13	2			
3	H23.6.28	2			
4	H23.7.5	2			
5	H23.7.21	2			
6	H23.7.25	2			
7	H23.8.3	2			
8	H23.8.10	2			
9	H23.8.16	2			
10	H23.8.23	2			
11	H23.9.1	2			
12	H23.9.7	2			

赤潮総合対策調査事業 - (赤潮被害防止緊急対策事業)

折田和三，西広海，田原義雄，中村章彦

【目的】

赤潮発生前から終息後までの連続調査や発生時の集中調査を実施するとともに，*Chattonella*の分布状況や養殖魚に対する影響を調査することにより，赤潮の予察につながるデータを蓄積し，漁業者に的確な予察を提供する体制を構築する。

【方法】

1 シスト休眠解除に関する調査

(1)底層水温モニタリング

図1に示す4点を底層水温モニタリング定点とし，データロガー式水温計（Onset社Tidbit）を0m，10m及び底上1mに位置するよう養殖生簀鋼管枠に垂下し，1時間ごとに測定するよう設定した。なお，御所浦，幣串，脇崎は2010年10月13日から，伊唐は2011年1月17日から測定を行った。

(2)シスト発芽能確認調査

ア 発芽水温の確認

2011年4月18日に図1に示す長島周辺海域4カ所からエクマンバージ採泥器で海底泥を採取し，その表面から1cm程度をサジですくい取りサンプルとした。すくい取ったサンプルは，広口密閉容器に収容後アルミホイルで遮光するとともに，保冷剤を入れたクーラーボックスに入れ研究室まで持ち帰った。

通常，終点希釈法ではシスト発芽を促すため，10℃以下の低温下で数ヶ月保存することにより成熟させるが，今回採取したサンプルは，実海域における発芽能を把握するためこれらの処理を行わず，持ち帰った翌日に分画及び培養の処理をした。すなわち，サンプルを秤量した後，1Lあたり1mgのGeO₂を添加した滅菌濾過海水（以下GeO₂滅菌濾過海水）を適量加え，超音波処理を施した。これを150μm及び20μmメッシュで分画し，20μmメッシュ上に残った泥にGeO₂滅菌濾過海水を加え0.1g/mlに定容し，0希釈とした。さらにこれを基本に10倍，100倍に希釈した3段階の希釈配列を各々5本の試験管に分注した。

これらの試験管を16,17,18,19,22の温度に設定した人工気象器に入れ，14L:10Dの明暗周期，光強度32.42～37.14μE/m²/secの光環境下で12～19日間培養し，*Chattonella*栄養細胞が出現した希釈系列の本数から最確数を推定し，発芽シスト推定密度とした。

イ 休眠解除条件の確認

現場の冬期水温が休眠解除条件を満たしているか確認するため，10℃以下の低温下で約1ヶ月半保存したものをを用いて，上述と同様の方法により試験を行った。

(3)シスト発芽細胞の早期確認

八代海3地点（御所浦，薄井，脇崎）の0及び底上1mから1L採水し，15μmメッシュのネットで

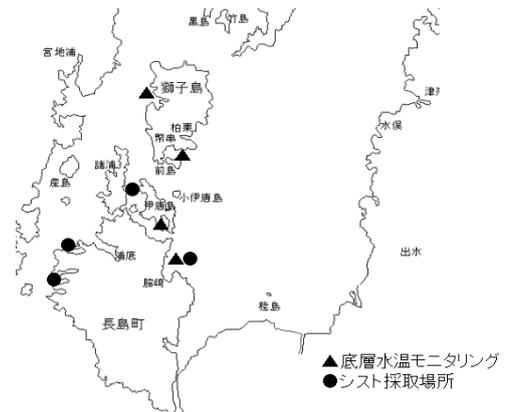


図1 採泥及び水温測定場所

5mlに濃縮した後、その中の有害プランクトン遊泳細胞を検鏡した。5月末までは、当所及び漁協の定期調査により、6月からは鹿児島大学委託調査により実施した。なお、必要に応じて、0~10m柱状採水のサンプルも用いた。

2 赤潮予察につながる水質連続測定

図2に示す3点を調査定点とし、6月1日から8月31日まで隔日、大潮時は毎日調査を実施した。

調査項目は、水質(水温、塩分、pH、DO、栄養塩類)、プランクトン組成とし、水質は多項目水質計(Hydrolabo社、DS5)で測定した。

調査水深は、0m、5m、10m、20m、底上1mとした。

なお、これらの現場調査は、鹿児島大学水産学部へ委託し、栄養塩類のみ採水されたサンプルを当所で分析した。

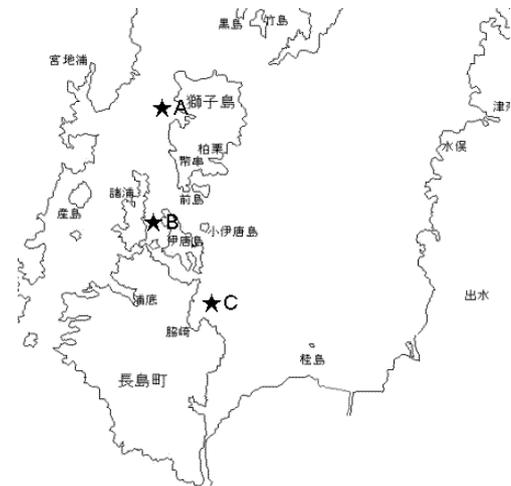


図2 水質連続調査定点

3 プリ暴露試験

(1) 餌止めプリの*Chattonella antiqua*赤潮に対する影響

水産技術開発センターで飼育されたプリ2年魚(平均体重3,250g)を供試魚に用い、1試験区当たり5尾として、0日間、5日間、14日間、30日間餌止めした4試験区を設定した。餌止めまでの間はEP飼料を週2~3日飽食給餌した。なお、試験4日前に各試験区2尾にスパゲッティタグを打ち、個体判別できるようにした。

暴露試験は、1トンパンライト水槽に濾過海水を700L入れ、酸素ポンプ及びブローアで通気、1kWチタン棒ヒーターで22℃に設定して加温し、この水槽内にタグを打った供試魚を各試験区から2尾ずつ移し入れ、1時間安静にさせた。

その後、培養した*Chattonella antiqua*を432cells/mlになるよう培養液を水槽に添加し、供試魚の様子を観察した。1時間後、変化が見られなかったため、さらに培養液を添加し、最終細胞密度1,100cells/mlとし、同様に試験開始から4時間後まで観察した。

供試魚の内、暴露試験を行わなかった各試験区3尾は、エチレングリコールモノフェニルエーテル(通称フェノキシエタノール)で深麻酔した後、全長、体重を計測し、全ての個体からヘパリン処理したシリンジで血液約4mlを尾部から採取した。

暴露試験を行った各試験区2尾は、暴露試験終了後、体測は行わずに直ちに非暴露魚と同様に血液を採取した。血液は、ヘマトクリット値測定後、遠心分離し、その上澄み液を-80℃冷凍庫に保管し、血中トリグリセリド及び血中乳酸量の測定に供した。血中トリグリセリドはドライケムFDC3500i(富士フイルム社製)を用い、TG-P(リポプロテインリパーゼ酵素法)で、血中乳酸量はF-キットL-乳酸を用いて、分光光度計により測定した。

なお、試験に供した4試験区の暴露区及び非暴露区から1尾ずつ片方の鰓の第一葉及び第二葉から任意に鰓弁を切り取り、光学顕微鏡で観察した。さらに、同様にして切り取った鰓弁を0.1%リン酸バッファ2%グルタルアルデヒドで固定した。固定した鰓弁は、各試験区毎にアルコール系列脱水、t-ブチルアルコール凍結乾燥。イオンスパッタ金属蒸着を経て、走査型電子顕微鏡で観察した。

(2) *Chattonella antiqua*赤潮がブリに与える影響

水産技術開発センターで飼育されたブリ当歳魚（平均体重800 g）を供試魚に用い、暴露区と対照区を設定し、1試験区当たり3尾とした。供試魚は、あらかじめ100 L角形水槽で微換水かつブローアで通気して、概ね隔日でEP飼料を給餌飼育した。さらに、試験の1週間ほど前から1 kwチタン棒ヒーターで毎日1 ずつ水温を加温し、最終的に23 になるようにした。

暴露試験は暴露区の水槽から飼育水を約30 Lを排水した後、八代海から分離培養し、対数増殖期にあると推定される*Chattonella antiqua*を暴露時細胞密度が2,000cells/ml以上になるよう培養液30 Lを水槽に添加し、暴露区及び対照区の供試魚の様子を観察した。

暴露区のブリは、へい死確認後直ちに切りあげ、ヘパリン処理したシリンジで血液約2 mlを尾部から採取し、尾叉長及び体重を計測した。さらに、鰓を切り取り、第1鰓弓から第1及び第2鰓弁を数枚切り出して、光学顕微鏡で観察した。また、おなじ部位から1 cmほどを切り出し0.1%リン酸バッファ2%グルタルアルデヒド固定液に浸漬した。

対照区のブリは、全ての暴露区がへい死した後切りあげ、頭部打撃により即殺し、暴露区と同様の処理を施した。

採取した血液は、ヘマトクリット値を測定後、金属ニードルプローブを取り付けたIQ Scientific Instruments社製Model IQ150で血液のpHを測定した。

固定液に浸漬された鰓弁は、定法によりアルコール系列脱水、t-ブチルアルコール凍結乾燥。イオンスパッタ金属蒸着を経て、走査型電子顕微鏡で観察した。

なお、当初、本事業に計画されていた赤潮広域集中調査及び日周鉛直分布調査は、赤潮が発生しなかったため実施しなかった。

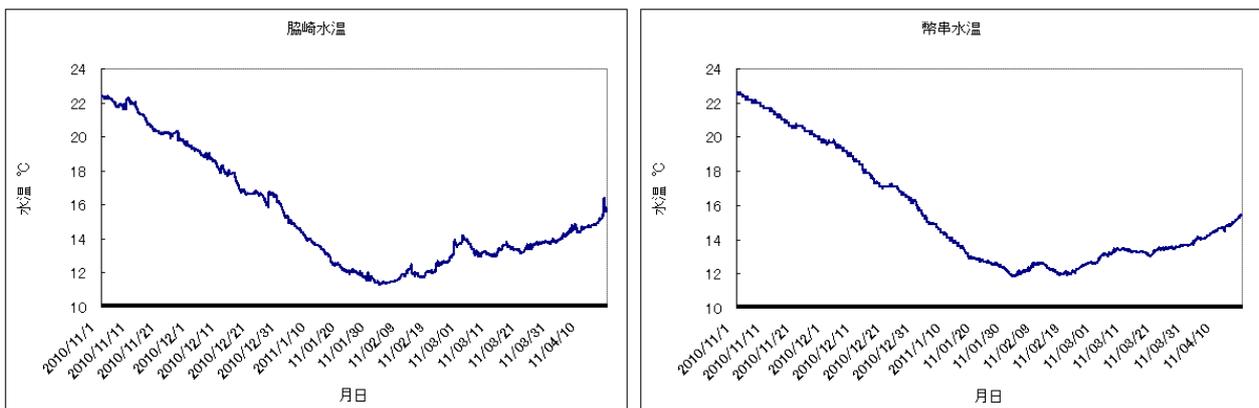
【結果及び考察】

1 シスト休眠解除に関する調査

(1) 底層水温モニタリング

長島周辺4カ所に設置されたデータロガーで得られた水温データのうち、2010年11月1日から2011年4月17日までの底上1 m水温の推移を図3-1～3-4に示す。なお、伊唐は調査途中から追加設置された地点であるため、2011年1月17日から測定が開始され、御所浦についてはデータロガーが途中から陸揚げされてしまっていたため、2011年1月17日以降は欠測となった。2011年八代海における冬期水温は2月1日頃、脇崎で11.3 ，幣串11.9 ，伊唐11.2 で最低になり、その後次第に上昇に転じていた。

この間の、データロガーを設置した海域の底層水温の維持期間を表1に示す。



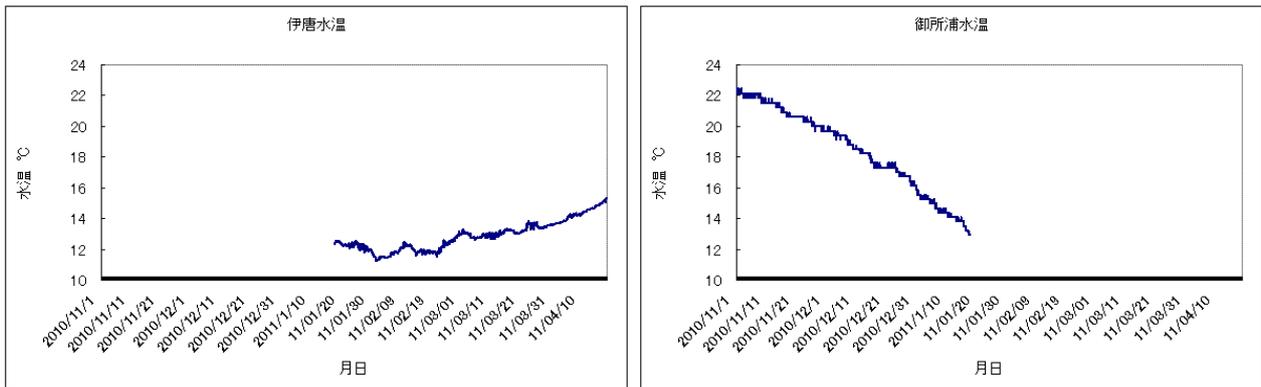


図3-1~4 各海域の底層水温の推移

データがそろっている脇崎と幣串では、水温 15 以下の期間は2,417~2,457時間, 14 以下では1,956~1,999時間, 13 以下では1,014~1,045時間, 12 以下では125~496時間であった。

表1 各海域の底層水温の維持期間

底層水温	脇崎	幣串	伊唐	御所浦
under 15°C	2,457	2,417	2,130<	313<
under 14°C	1,999	1,956	1,862<	102<
under 13°C	1,014	1,045	1,254<	9<
under 12°C	496	125	498	0<

単位:時間

※脇崎(1/18~4/17)は欠測のため、10mデータを代用

(2)シスト発芽能確認調査

ア 発芽水温の確認

*Chattonella*シストを含む海底泥を培養した結果、図4に示したような*Chattonella*の栄養細胞が確認された。尾部先端の尖り具合や頭部の扁平から*Chattonella antiqua*と推測されるが、精密な*C. antiqua*と*C. marina*の区別は行わず、*Chattonella*属としてカウントした。



図4 シストから発芽した*Chattonella*栄養細胞

発芽シスト推定密度を図5に示す。長島周辺4カ所のうち、長島西岸に位置する浜漕からのみ栄養細胞が確認され、18 で7.5MPN/湿泥g, 19 で2MPN/湿泥g, 22 で33MPN/湿泥gとなった。

イ 休眠解除条件

低温処理を施した発芽シスト推定密度を図6に示す。前述した水温別MPN試験と同様に浜漕では水温18 から発芽が確認された。発芽シスト推定密度は、22 における前回の33MPN/湿泥gから7.8MPN/湿泥gに、19 では2MPN/湿泥gが7.8MPN/湿泥gに、18 では7.5MPN/湿泥gに2MPN/湿泥gになり、前回試験に比べ19 以外はやや低下していた。

また、前回試験では発芽の見られなかった薄井でも19 区で発芽が見られ、その発芽シスト推定密度は、2MPN/湿泥gであった。

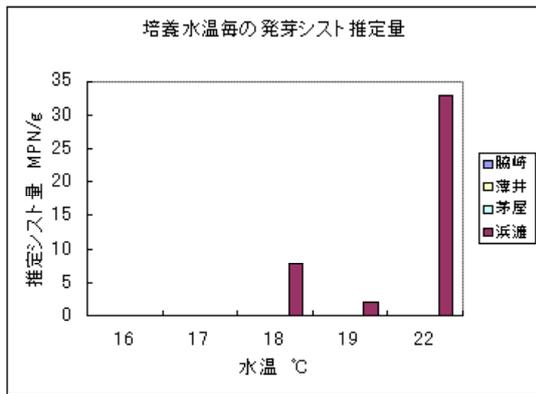


図5 培養水温毎の発芽シスト推定密度

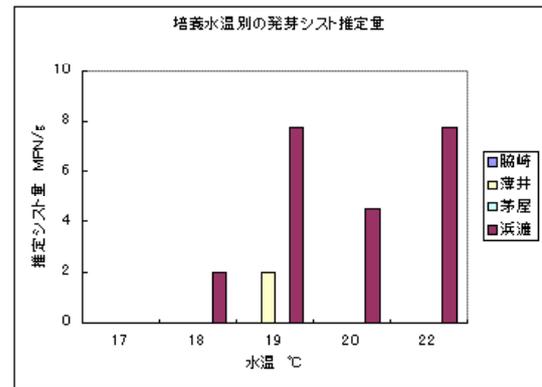


図6 低温処理後の発芽シスト推定密度

(3)シスト発芽細胞の早期確認

当所が実施した5月16日八代海赤潮調査及び5月26日水質連続調査事前調査の200倍濃縮試料からは *Chattonella* 栄養細胞は確認されなかった。その後、5月27日、東町漁協調査で伊唐，幣串，辰の鼻の0～10m柱状採水1000倍濃縮試料から *Chattonella* 栄養細胞が確認された。

今回、長島周辺海域から採取した海底泥を、八代海で *Chattonella* 赤潮が発生する時期以前、すなわち水温上昇期の水温を設定温度としてシスト発芽試験を行った。その結果、シストの発芽が見られた試験区では、水温16，17 では全く確認されず、18,19,22 で確認された。

板倉¹⁾も2010年に八代海から採取したシストを成熟処理した後、終点希釈法により発芽温度を確認したところ、17.5 から栄養細胞を確認している。これらのことから、八代海で発生する *Chattonella* のシスト発芽開始水温は17.5～18 前後と推定される。これは、八代海における5月上旬頃の底層水温に当たる。瀬戸内海における *Chattonella* のシスト密度と赤潮発生との関係については、いくつか考察されているが、今井²⁾、板倉³⁾、今井ら⁴⁾は春期のシストの密度とそれぞれの年の夏期の赤潮発生の関係は単純ではないとし、大山ら⁵⁾はシスト密度を同一定点でその年に出現する栄養細胞の最高細胞密度とに有意な正の相関が認められたとしている。八代海域において同様の検討は、これまでシストに関しての知見が少なかったこともあり、シスト現存密度と赤潮発生との相関は論じられてこなかったが、中長期予測のためには今後考察していくことが重要である。また、赤潮予察には、発芽してくる栄養細胞を早めに捉えることが必要であるが、2011年は5月27日の東町漁協調査で初認された。このときの底層水温は19 で、今回の試験で推定された発芽水温18 を超えており、発芽は始まっていたと推測される。

なお、休眠解除確認のために低温処理を施したが、薄井で新たにシスト発芽が確認されたもののMPN法で定めた22 では確認できず、浜漣でもシスト推定密度が増加していないことから、低温処理の効果は明らかにできなかった。また、浜漣における底層水温の維持期間が把握されていなかったこともあり、休眠解除に必要な水温条件を満たしていたかどうかの検討はできなかった。このことから、採泥場所と水温測定場所は少なくとも同一海域に合わせておく必要があると考える。

2 赤潮予察につながる水質連続測定

調査実施日を表2に示す。

当初、本調査は6～8月までの調査期間であったが、8月末になってから *Chattonella* 栄養細胞

表2 水質連続調査実施日

月	調査実施日	回数
6	1,2,3,4,6,8,10,13,15,16,17,18,20,22,24,28,29,30	18
7	1,2,4,6,8,11,13,14,15,16,17,18,20,22,25,27,29,30,31	19
8	1,3,5,8,10,12,17,19,22,24,26,28,29,30	14
9	16	1
		52

胞数の増加傾向が見られたため、9月に1回調査を追加し、合計52回の調査を実施した。

プランクトン組成の結果を図7に示す。6月下旬に珪藻類（スケルトネマ主体）が増殖し、7月上旬以降、8月上旬まで、珪藻類（キートセラス主体）が優占した。8月中旬頃に、珪藻類は減少したが、8月下旬にかけて、やや増殖が認められた。この間、有害プランクトンはほとんど確認されず、8月中旬に珪藻が減少した時期にも増えることはなかった。

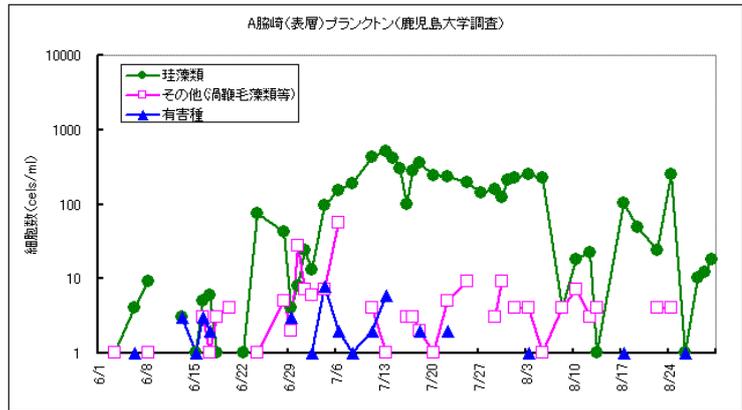


図7 プランクトン組成の推移（脇崎，表層）

調査3定点の表層水温，塩分の推移を図8 - 1 ~ 2 に示す。水温は，脇崎では7月上旬から中旬にかけて，10日間ほどで約6℃近く急上昇するなど大きく上昇・下降を繰り返しながら上昇していたが，これに対し御所浦では同時期3℃ほどで常に変動幅は小さかった。また，塩分も6月中旬から7月中旬にかけて，たびたび急低下しているが，その変動パターンは脇崎と薄井で類似していたが，御所浦で2地区が低下している時期にも低下しないなど海域特性が異なっていた。

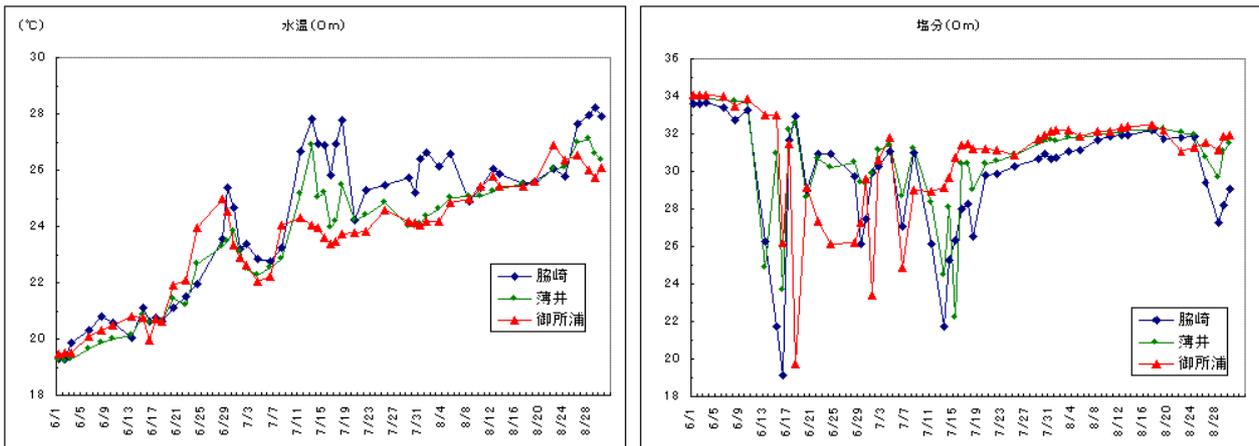


図8-1~2 表層水温，塩分の推移（脇崎，薄井，御所浦）

脇崎における水深別の変動を図9に示す。水温上昇の過程で表層と底層の水温差がほとんどなくなる時期が何度かあるが，これらは大潮時や台風通過により水温成層が崩壊して鉛直循環が起きたものと推測される。

栄養塩と降水量の推移を図10に示す。表層の栄養塩の変動は，特にDINは降水量の変動とよく一致する。また，7月中旬～8月上旬のほぼ降水のない時期も，表層ではわずかずつ上昇しているが，この時期は図9に示したように台風が襲来し，成層崩壊が起こっている。以上のことから，栄養塩の供給には八代海では梅雨期には陸水，梅雨明け後は鉛直混合の影響が大きいと推測される。

従来の赤潮調査は，発生時期を中心に月3回程度実施してきた。今回，1～2日毎の頻度で調査を実施したところ，水温上昇期には頻りに成層が崩壊し，鉛直循環していることが明らかにされた。鉛直循環は，赤潮生物が急激に成長していくきっかけの一つとして考えられており⁶⁾，今後，これらのデータを集積・解析していくことで有害赤潮生物の増殖との関係を明らかにできる可能性がある。

0。

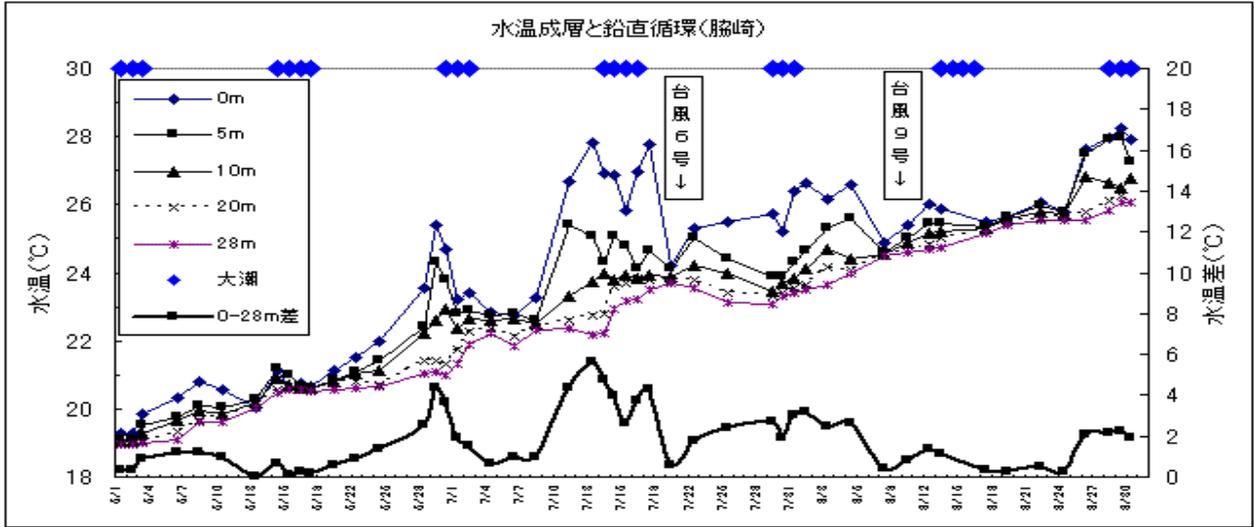


図9 水温成層と鉛直循環

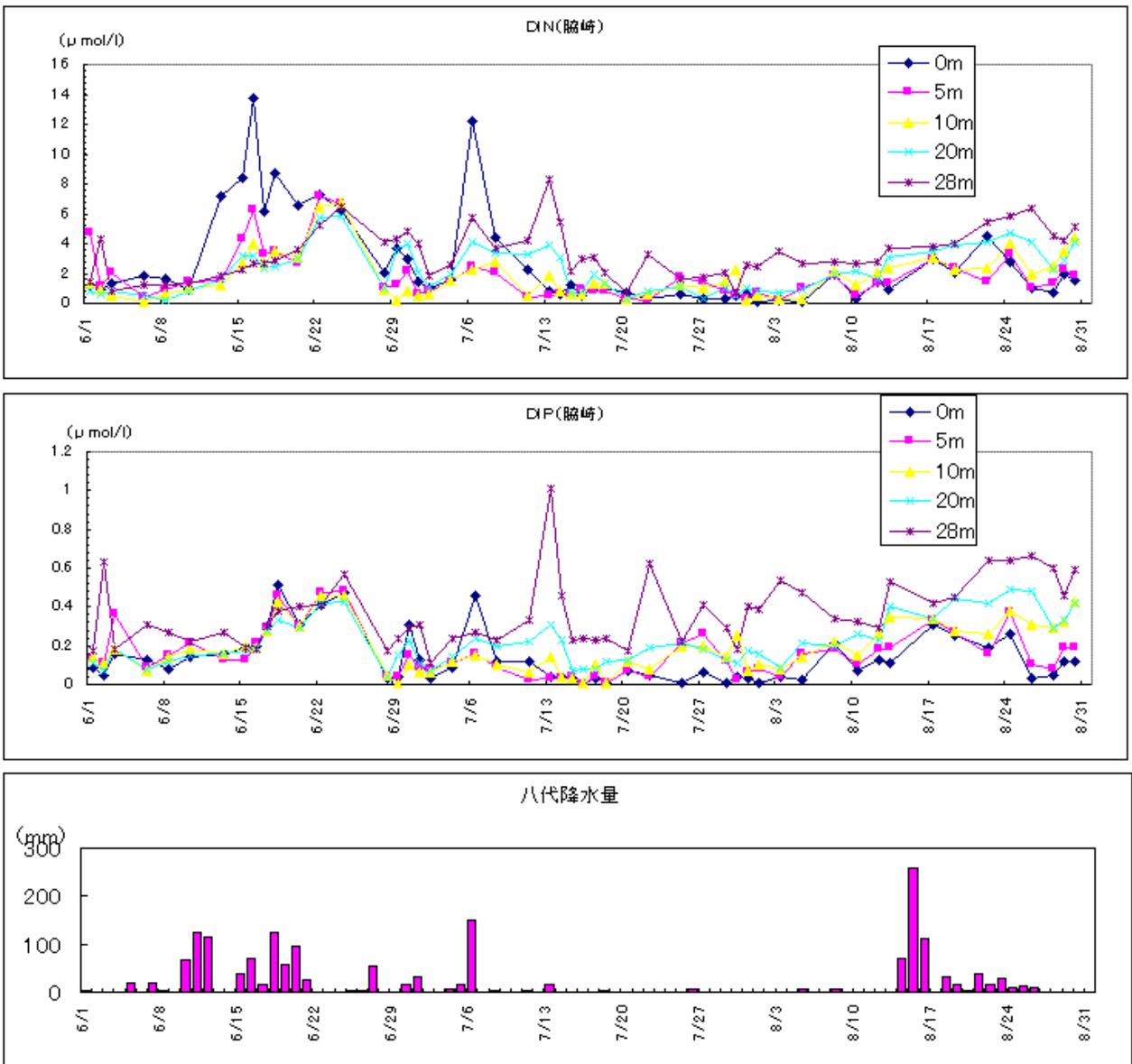


図10 八代海のDIN,DIP,降水量の推移(脇崎)

3 プリ暴露試験

(1) 餌止めプリの *Chattonella antiqua* 赤潮に対する影響

A プリの行動観察

赤潮に暴露されたプリの状況を表3に示す。約400cells/mlの細胞密度に暴露直後、数尾の遊泳が緩慢となり、タンク底面に動かなくなったが、時間とともに回復した。その1時間後、細胞密度を1,000~1,175cells/mlにあげると、再度数尾遊泳が落ち、タンク底面に動かなくなることもあったが、試験開始から4時間後の試験終了時点までいずれの区もへい死個体や著しい状態の変化はみられなかった。なお、この間に遊泳が緩慢となった個体は、タグの識別が困難なため、どの試験区の個体であるかの確認はできなかった。暴露試験中の溶存酸素濃度は、5.32~8.48mg/L、水温は22.4~24.7 で推移した。

表3 赤潮暴露に対する魚体の状況及び環境（1回目）

時刻	魚体状況等	水温	DO
10:00	試験開始 432cells/mL	22.4	8.48
	すぐに、動きが止まる		
10:07	ゆっくり泳ぎ出すが、1尾はとまったまま		8.38
10:17	さらに1尾の動きが止まる	22.4	7.79
10:29	3尾が水槽の底で動きを止める		
10:35	全てが回遊し出す		
11:00	シヤトネラ追加 1,000cells/ml	22.5	6.66
11:40	再追加 1,175cells/ml	22.6	5.61
12:00	5尾が水槽の底で動きを止める	22.6	5.67
	水温を昇温設定(→24°C)		
12:15	1尾が暴れ、泳ぎが速くなる	22.9	5.72
12:45	全尾の泳ぎが速い	23.6	7.97
13:40	シヤトネラ計数 1,062cells/ml	24.7	6.15
14:00	試験終了 へい死なし	24.7	5.32

I 血液性状等

(A) 肥満度

肥満度は次式により算出し

た。

$$F = W / L^3 \times 10^3$$

非暴露区の肥満度を図11に示

す。餌止め期間0日の平均13.9

2に対し、5日で14.12、14日で

14.80にやや増加した後、30日

で13.55に低下したが、いずれも餌止め期間0日との有意差はなかった。

(イ) ヘマトクリット値

餌止め日数による試験区毎のヘマトクリット値を図12に示す。

非暴露区では餌止め期間0日のヘマトクリット値の平均は41%、それ以外の餌止め区は平均46%以上と0日よりも高くなり、5日区では平均51%を少し有意 (P<0.05) に高くなっていった。暴露区0日は非暴露とほぼ同じ平均41%を示し、5日及び30日で平均46%を少しやや高め傾向はあるものの、有意な差はなかった。0日以外は同じ餌止め期間の非暴露区に比べて、やや低くなる傾向にあった。

(ウ) 血中トリグリセリド濃度

餌止め日数による試験区毎の血中トリグリセリド(以下血中TG)濃度を図13に示す。

非暴露区は餌止め期間0日と5日が血中TG濃度の平均129~147mg/Lであったのに対し、14日及び30日ではそれぞれ230、260mg/Lと有意 (P<0.05) に数値が高くなっていった。

一方、暴露区間は餌止め期間に差は認められず115~137mg/Lの範囲内であった。このため14日及び30日は同じ餌止め期間の非暴露区に比べ低くなっていった。

(エ) 血中乳酸量

餌止め日数による試験区毎の血中乳酸量を図14に示す。

血中乳酸量は非暴露区で餌止め期間0日以外は高くなっているように見えるが、使用した血清が溶血やゼリー化で少なくなり分析できなかったサンプルが多く、十分な比較ができなかった。

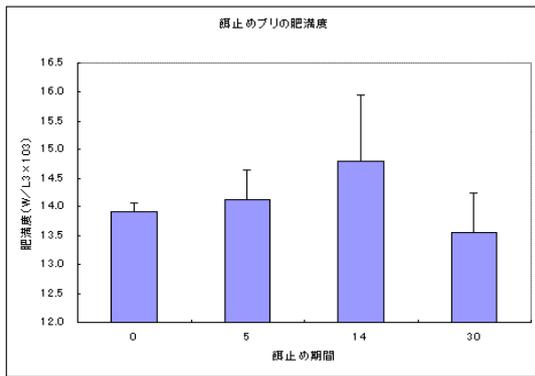


図11 肥満度

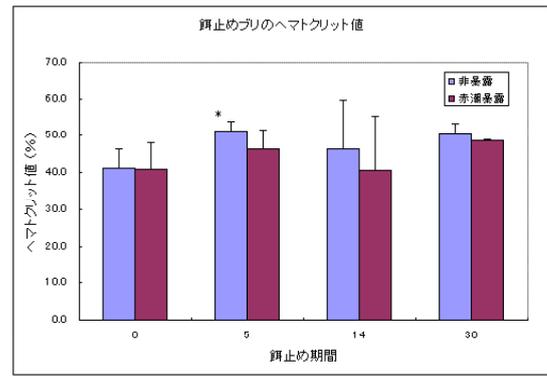


図12 ヘマトクリット値

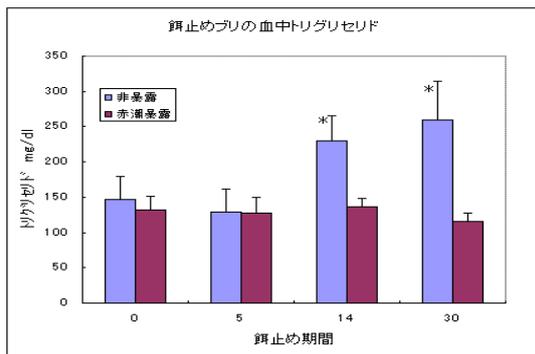


図13 血中トリグリセリド濃度

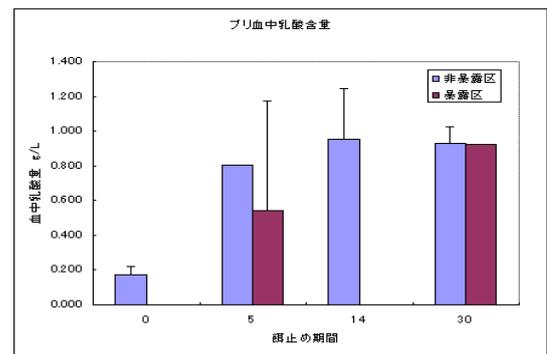


図14 血中乳酸量

ウヘい死機構の推定

光学顕微鏡の比較に大きな差は認められなかった。

走査型電子顕微鏡の観察結果は、暴露区と非暴露区のいずれの試験区でも二次鰓弁や鰓弁上皮細胞に肥大が見られたが、両者の差は明瞭ではなかった。麻酔薬として用いたフェノキシエタノールが鰓の細胞を刺激し、上皮細胞の肥大化を招いたものと思われ、今後の観察に対しては麻酔薬は使用しないなど留意して行う必要がある。

今回の赤潮暴露試験では、いずれの試験区もウヘい死は確認されず、従って餌止めの効果も把握できなかった。*Chattonella antiqua*が自然環境下で赤潮化した場合、細胞密度100cells/ml以下の低密度でも養殖魚がウヘい死することが知られている。今回試験した細胞密度は、はるかに高い細胞密度であったにも関わらずウヘい死することがなかったことから、培養により赤潮生物自体が弱毒化していた可能性が考えられる。また、試験に使用した*C. antiqua*の培養温度が24であったのに対し、暴露試験では試験に供したブリの飼育温度20からの水温ダメージを配慮し、暴露時は22で実施した。このため、*C. antiqua*細胞自体は-2の水温低下をうけることになり、この影響により活性が低下したことも弱毒化した原因の一つと考えられた。

その上で、餌止めによる魚体の体質の変化から赤潮に対する耐性について、考察した。

試験に用いたブリの肥満度は、餌止め期間による著しい減少傾向は見られず、餌止めの影響はさほど大きくなかったものと思われ、1ヶ月程度以内であれば、魚体として生命維持には問題ないと推測される。

ヘマトクリット値は餌止め0日では、非暴露区と暴露区ではほぼ同じ値を示し、木村ら⁷⁾がモジャ

コを使い赤潮暴露と非暴露を生化学的に比較した試験でも、ヘマトクリット値には差が認められなかった。今回の試験では、さらに餌止め期間による違いも比較したが、餌止め期間5日以降は高めで推移していた。ヘマトクリット値は、酸素運搬能の指標となるもので、高ければ効率よく体内に酸素を循環することができる。餌止めによりヘマトクリット値が高まるのであれば、赤潮暴露を原因とする鰓機能低下による窒息に対し、酸素運搬能を補い直前まで餌を与えている場合に比べ耐性を持つことができると考えられる。

血中TG濃度は餌止め期間の長い方が高い値を示し、いわゆる高TG血症となっていた⁸⁾。高TG血症の原因の一つに飢餓があり、今回餌止め期間14日以降で高くなっていったのは、魚体が飢餓に対応し脂肪組織から肝臓を経てエネルギーとして過剰にTGが血中に放出されたためと思われる。

餌止めの効果については、これまで給餌時と安静時の酸素消費量の違いから、餌止め期間についても同様の効果があるのではと考えられていたが、松山ら⁹⁾(未発表)は4日間の絶食では単位体重当たりの酸素消費量には変化が認められなかったとしている。今回の試験では、餌止めによりいくつかの飢餓対応と思われる魚体の変化が認められた。餌止めを行ったブリが赤潮に対して耐性があるとすれば、このような飢餓対応による生体の変化がなにかし赤潮に対して有利に働いていることも考えられる。飢餓対応は全ての変化が同時期に起こるわけではなく、たとえば絶食によりエネルギー源としてまず肝臓グリコーゲンが使われ、次いで蓄積脂質、体組織蛋白質というように順次変化が現れる。何日間餌止めをすれば効果があるかは、飢餓対応の内何が赤潮に対して耐性を発現しているかにより明らかにできると思われ、ヘマトクリット値では餌止め期間5日で変化が見られていることなど効果ある餌止め期間としての一つの目安になると思われる。

(2) *Chattonella antiqua*赤潮がブリに与える影響

A ブリの行動観察

赤潮に暴露されたブリの状況を表4に示す。暴露開始直前の細胞密度は2,200cells/mlであった。暴露5分後、数秒間の狂奔遊泳が始まった。狂奔遊泳しない間は、鰓蓋の開閉運動が通常よりも速くなっていた。約15分後には

遊泳が緩慢になり、横転が始まった。約25分後には、体色が白化し、横転、痙攣を繰り返した後、約30分後鰓蓋の開閉運動が停止し、へい死が確認された。その間、対照区の魚体には変化は現れなかった。

試験開始時の水温は暴露区で23.5℃、対照区で23.9℃、溶存酸素濃度は、暴露区5.70mg/L、対照区4.40mg/L。試験終了時の暴露区の水温は23.2℃、溶存酸素濃度は4.89mg/Lだった。

表4 赤潮暴露に対する魚体の状況及び環境(2回目)

時刻	魚体状況	WT	DO
9:45	Chattonella培養液添加, 暴露試験開始 細胞数確認 2,200cells/ml	23.6	5.42
9:50	1尾狂奔遊泳(10s) 鰓蓋開閉運動速くなる		
9:53	3尾狂奔遊泳短時間		
9:57	1尾狂奔		
9:59	2尾水槽底で遊泳運動低下 鰓蓋のクリーニング運動 3尾の運動低下		
10:01	1尾斜め上向きに姿勢異常 横転		
10:02	3尾狂奔遊泳		
10:04	2尾横転		
10:05	1尾完全横転	23.3	4.85
10:07	1尾体色が白化, 鰓蓋開閉運動も発作的にある程度に回数低下		
10:08	1尾激しく狂奔遊泳		
10:10	2尾の体色が白化, 横転, (丸いれんし, 時折激しく丸いれん		
10:11	3尾全て横転, うち1尾吐血		
10:12	1尾が激しく狂奔遊泳, 別の1尾がへい死		
10:14	1尾へい死	23.2	4.89
10:16	残り1尾が丸いれん		
10:17	へい死		

イ 血液性状等

(ア) 肥満度

肥満度は次式により算出した。

$$F = W / L^3 \times 10^3$$

試験区毎の肥満度を図15に示す。

暴露区は 15.0 ± 0.46 ，対照区は 14.9 ± 0.23 で両者に有意な差は認められなかった。

(イ) ヘマトクリット値

試験区毎のヘマトクリット値を図16に示す。

暴露区は 39.2 ± 0.52 ，対照区は 47.8 ± 1.56 で，暴露区の方が有意に低くなっていた($p < 0.01$)。

(ウ) 血液 pH

試験区毎の血液 pH を図17に示す。暴露区は 6.84 ± 0.25 ，対照区は 7.63 ± 0.06 で，暴露区の方が有意に低くなっていた($p < 0.05$)。

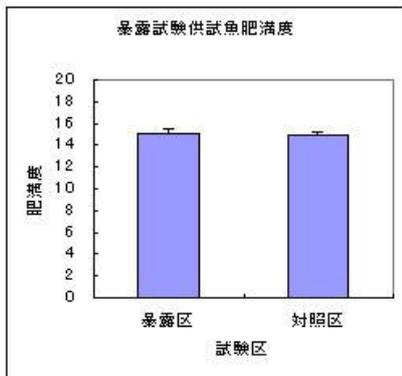


図15 肥満度

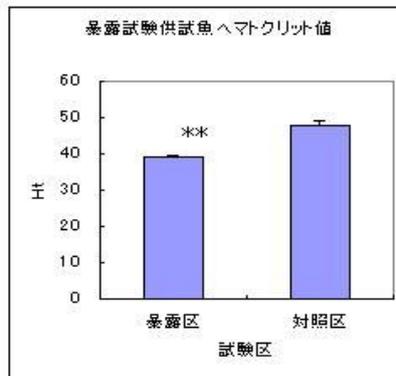


図16 ヘマトクリット値

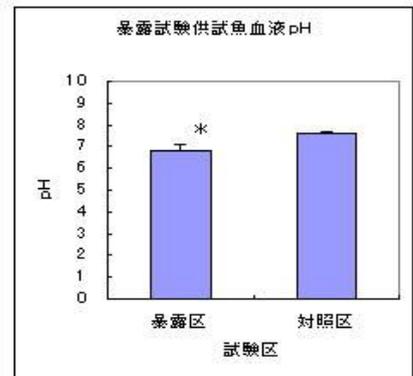


図17 血液 pH

ウ 鰓形状

光学顕微鏡による鰓の画像を図18-1～2に示す。両試験区とも明らかな組織の異常は認めらず，粘液もともに鰓弁間でその存在が認められ，明確な違いは確認されなかった。



図18-1 暴露区鰓弁



図18-2 対照区鰓弁

走査型電子顕微鏡による鰓の画像を図19-1A～3A及び1B～3Bに示す。鰓弁上皮細胞には肥大や粘液

細胞放出痕に違いは認められなかったが、暴露区では二次鰓弁の小出鰓動脈側前面に上皮細胞の破損とその細胞片が二次鰓弁前面に付着したり、隙間に入り込んでいる状態が観察された。さらに、二次鰓弁の上皮細胞は基底から剥離していわゆる浮腫になるとともに、毛細血管が拡張して基底表面の凹凸が顕著になっていた。その断面では、毛細血管内に赤血球が充満している状態が観察された。

以上のように、*Chattonella antiqua*が接触した二次鰓弁前面が、*Chattonella*細胞が持つ活性酸素等有害物質の影響により何らかの作用を受けて上皮細胞が剥離し、その剥離片が二次鰓弁間に詰まった結果、酸素を含んだ海水の二次鰓弁間の通過及びガス交換が困難になり、酸素摂取量が平常時に比べ低下して魚体の要求する酸素要求量に満たず窒息死に至ったものと思われる。

また、二次鰓弁組織の内部は充血状態になって血液の流動速度を低下させるとともに、血漿の滲出により上皮細胞と毛細血管との間隔が広がってガス交換を妨げたことも酸素摂取能の低下を招く一因となると推測される。

血液性状では、へい死したブリのヘマトクリット値及び血液pHが非暴露区に比べて有意に低かった。これらは赤潮暴露に際し、ブリが激しく苦悶したことで産生された乳酸の影響により血液が酸性に傾いたと思われ、酸性に傾いた血液はボーア効果を招いてガス交換率を低下させるので、さらにへい死を促した可能性も考えられる。

*Chattonella*に暴露された魚の走査電子顕微鏡による観察はこれまでも様々な機関で実施されているが、木村ら⁷⁾は暴露したブリが、浸漬時間が長くなるにつれて入鰓及び出鰓動脈側の一次鰓弁上皮細胞表面が膨化し、隆起していく傾向を観察している。また、小野らは¹⁰⁾小出、小入鰓動脈側面の表層に粘液細胞が脱落し空胞になっていると報告している。今回の観察で得られた症状は、二次鰓弁前面の上皮細胞剥離といったこれらとは異なるものもあり一様でない。*Chattonella*による魚類へい死機構については、未だ結論を得るに至っていないが、いずれもへい死の原因を窒息と考えていることでは一致している。鰓は、魚体の中でも外界に接している軟弱な組織であることから、物理的、化学的要因により容易に変性を受けるとされている¹¹⁾。赤潮細胞の持つ毒力や細胞密度でも生じる症状に違いが出る可能性も考えられ、今後もさらに知見を集積することが必要である。

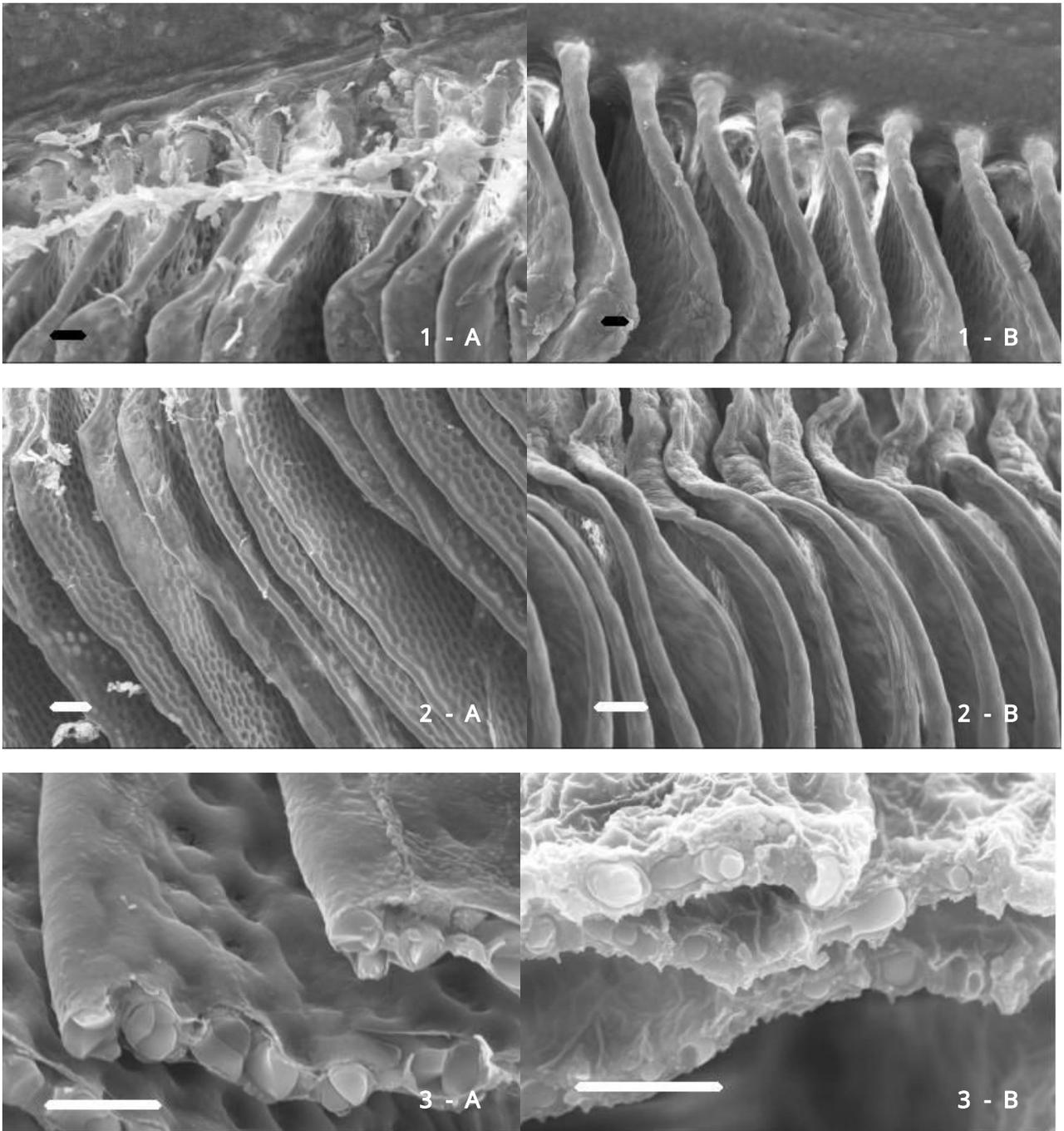


図19 プリ鰓の走査電子顕微鏡画像

- 1-A 暴露区二次鰓弁前面 1-B 対照区二次鰓弁前面 (scalebar=10 μ m)
 2-A 暴露区二次鰓弁 2-B 対照区二次鰓弁 (scalebar=10 μ m)
 3-A 暴露区二次鰓弁断面 3-B 対照区二次鰓弁断面 (scalebar=10 μ m)

文 献

- 1)板倉茂. 2011,2010年の八代海における有害赤潮ラフィド藻*Chattonella*属シストの分布, 第3回シャトネラ等赤潮対策推進協議会資料.
- 2)今井一郎. 有害赤潮ラフィド藻*Chattonella*のシストに関する生理生態学的研究, 南西海区水産研究所研究報告, 1990;(23).

- 3)板倉茂・今井一郎・伊藤克彦．東部瀬戸内海域の底泥中における有害赤潮鞭毛藻*Chattonella*(Raphidophyceae)のシストの分布，日水誌，1991;57(6);1079-1088.
- 4)今井一郎・板倉茂・大内晟．北部広島湾に置ける*Chattonella*赤潮の発生と海底泥中のシストの挙動，日水誌，1993;59(1);1-6.
- 5)大山憲一・松岡聡・本田恵二・吉松定昭．播磨灘南西部における*Chattonella*(Raphidophyceae)のシスト密度と赤潮発生との関係，香赤潮研報，2006;(5);11-21.
- 6)今井一郎．ラフィド藻赤潮の発生機構と予知，水産研究叢書，2000;48;29-70.
- 7)木村正雄・延東真．鰓の病理組織学的検査，赤潮対策技術開発試験報告書 7-(1)魚介類へい死防止技術開発試験(B)，1983;42-48pp.
- 8)菅原二三男．マクマリー・生物有機化学 ．生化学編，丸善，2002
- 9)松山幸彦．ブリ幼魚に対する餌止め(絶食)の効果について，第4回シャトネラ等赤潮対策推進協議会資料，2011
- 10)小野知足・吉松定昭．赤潮対策技術開発試験 魚介類のへい死防止に関する技術開発試験，香水試事報，1982
- 11)An Atlas of Fish Histology(Katsumi Aida, Makoto Endo, Takashi Hibiya, Toyoji Kaneko, Sadao Kiyohara, Jun Kobara, Mikio Oguri, Reynaldo Paitno, Hideo Sato, Carlos Strusmann, Yuzuru Suzuki, Juro Yamada, 1995), Kodansha International, 66-71

鹿児島海藻パーク推進事業 -

徳永成光，久保満，塩先尊志

【目的】

磯焼け現象により藻場が消失した本県沿岸において，各種環境条件に応じた藻場回復技術の開発とその普及，磯焼け診断等を行う。

【方法】

1 藻場回復主幹研究

(1) 核藻場型藻場造成試験

核藻場型藻場造成の手法を確立させるため，南さつま市笠沙町において，核藻場型藻場造成地周辺の藻場形成状況調査を実施するとともに，崎ノ山地区に設置されている核藻場ブロックの機能を復活させるための試験を平成22年から引き続き実施した。

平成22年度の試験において，核藻場ブロック上面の小型藻類や二枚貝等の付着物の除去により藻体数が増加し，平成23年6月には付着物を除去した試験区のみフタエモク等が繁茂した（図1）ことから，基質面の付着物除去は核藻場ブロックの機能復活に有効であると考えられたため，平成23年6月に5基の藻礁上の付着物を先端がへら状になった金槌やワイヤーブラシを使用してコンクリート面が露出するまで除去し（図2），その後ホンダワラ類幼体の着生状況を観察した。なお，藻礁上に生残していたホンダワラ類成体は母藻とするために残したが，母藻となるホンダワラ類が少なかった藻礁2基については，周辺の天然藻場域の母藻1kg程度をオープンスポアバック方法で設置して藻礁への種苗添加を実施した（図3）。

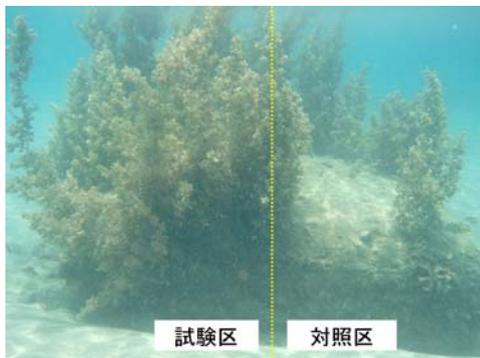


図1 平成22年度試験結果（H23年6月下旬）



図2 付着物を除去した状況



図3 母藻設置状況

母藻は，藻礁上面にロープで固定した化繊網に取り付けて設置。

(2) 中層網型藻場造成試験

指宿市岩本地区（図4）は、砂地に小礫や大礫が多く露出する海域で、ガンガゼが広い範囲に大量に見られガンガゼの食害が藻場形成阻害要因となっている。当海域では、藻場回復活動が継続実施されてきたが、藻場形成阻害要因を排除するためのガンガゼの除去は、平成17年度から鹿児島水産高校が主に実施し、近年では藻場保全会でも定期的にガンガゼ除去を実施している。海域へのホンダワラ類（ヤツマタモクやマメタワラ）の種苗添加については、指宿地区藻場保全会が中層網型藻場造成技術によって実施してきた。当地においては、継続的な藻場回復活動によって藻場が広範囲に回復してきており、回復した藻場の面積測定を実施した。面積の測定は、船外機船で藻場（概ね海藻被度が50%を超える密生以上）の辺縁をトレースするように航行し、携帯型GPSで藻場辺縁の緯度経度を記録して算出した。

また、藻場造成によるガンガゼの付加価値向上効果を把握するため、10月に水産高校とともに藻場域と磯焼け域のウニ類分布密度とガンガゼの身入り率を調査した。ヤツマタモクやマメタワラが繁茂している中層網型藻場造成実施場所を藻場域、ウニ除去未実施でガンガゼが多く海藻が少ない場所を磯焼け域とし、両区域それぞれにおいて、ガンガゼの分布密度、ホンダワラ類の分布密度およびガンガゼの身入り率（体重に対する可食部の割合）を調査した。

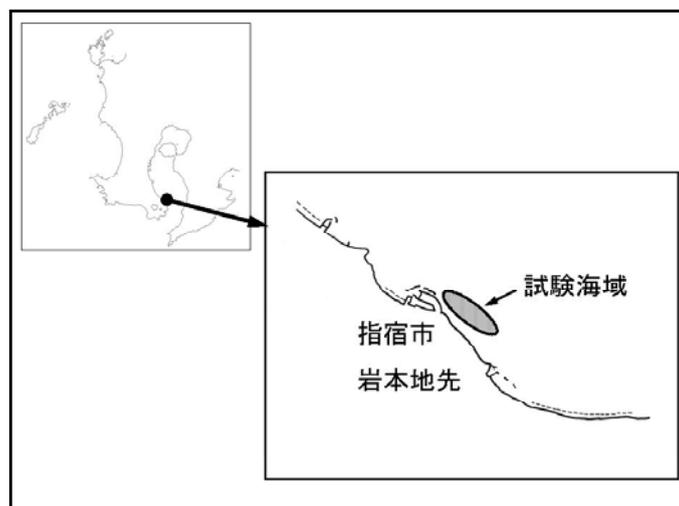


図4 指宿市岩本地区 試験地位置図

2 磯焼け診断調査・藻場回復指導

外海域に面し藻場の減少が継続しているいちき串木野市羽島地区の藻場分布調査を実施した。調査は6月上旬に実施し、土川漁港から荒川河口の沿岸をシュノーケリングにより観察し、現状把握と藻場形成阻害要因を調査した。

3 ヒジキ種苗量産試験

近年、ヒジキの増養殖技術の確立に対するニーズが高まり、県内外の各地域においてヒジキ養殖の検討がなされるとともに、一部の地域では本養殖が開始されている。

養殖の安定生産を図るためには、安定的に種苗が確保出来る人工種苗が必要となるため、ヒジキ人工種苗の量産技術の開発に着手した。

種苗生産の方法としては、中国で実施されている布地のシートにヒジキ幼胚を播種し海面で10センチ程度の養殖用種苗サイズまで育成するという種苗生産方法で実施したが、詳細な方法がわからないことから、本年は種苗培養シートにより種苗生産を実施し、種苗量産技術確立のための課題を探ることとした。

本年度は、耐久性があり生長の良い培養基質の選定、種苗生産に適する母藻や幼胚の条件、高水温期前からの海上育成の可否などを中心に検討した。



図5 種苗培養シート

耐久性があり生長の良い培養基質の選定については、中国方式を参考に布地のシートを用いて試験を実施した。(図5)材質としては、木綿など天然繊維は分解しやすく耐久性が低いため、化学繊維であるポリエステル繊維製の布地を使用した。ポリエステル製帆布の薄手と厚手の2種類と、幅25mm厚さ1mmのテープ状の布地(エステルテープとして販売されている。)の計3種類を長さ200cm幅45cmのシートに仕立てられたものを使用し、耐久性等を比較した。

種苗生産に適する母藻や幼胚の条件については、幼胚採集時に母藻藻体の状態(枯死した部分の有無の観察等)や幼胚に混じる異物等の状態を観察して検討した。

高水温期前からの海上育成の可否については、幼胚を着生させた種苗培養シートを8~9月の高水温期前の6月から沖出しし、生長状況を観察して高水温の影響や種苗育成中の管理について検討した。

【結果】

1 藻場回復主幹研究

(1) 核藻場型藻場造成試験

小浦地区から崎ノ山地区の藻場形成状況は、例年並みで前年とほぼ同様の状況であった(図6)。

核藻場ブロックの機能を復活させるための試験については、平成23年4月に藻礁1基あたり平均63株のホンダワラ類が着生していたが、付着物除去後8ヶ月経過した平成24年2月末には藻礁1基あたり平均2,062株の幼体が着生しており、藻体数の大幅な増加が確認された(図7,表1)。ホンダワラ類着生藻体数が増加したことから、核藻場ブロック基質面の付着生物除去は核藻場機能を復活させることに有効であることが示された。なお、2月末の調査時において、核藻場ブロック上に着生したホンダワラ類幼体数の74%に魚類による食害痕が見られ、食害を受けたためか幼体の平均藻体長は31.5mmと小さかった。核藻場ブロック上の藻体数は増加したものの、食害の影響が懸念される。

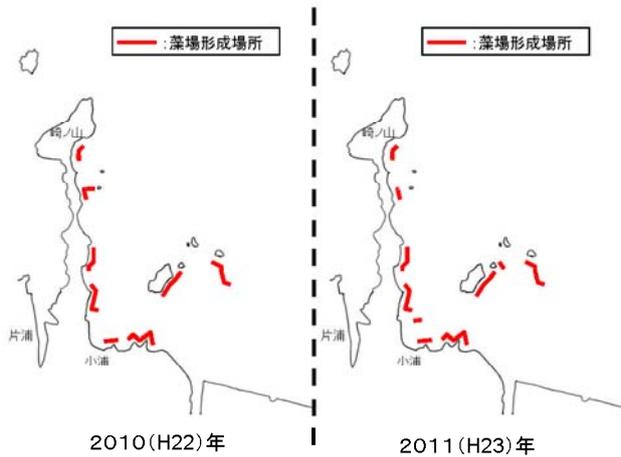


図6 藻場形成状況

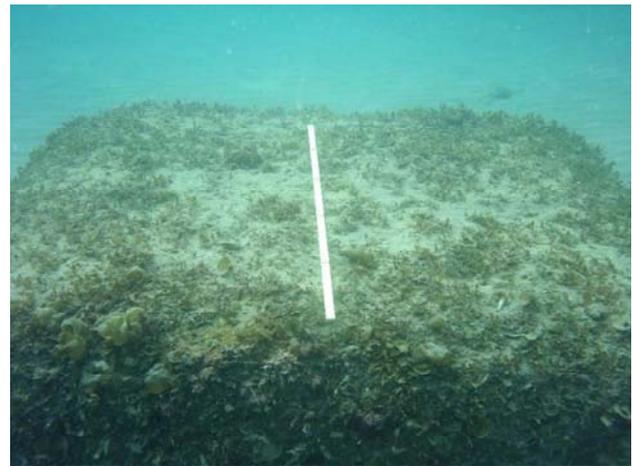


図7 平成24年2月末の状況
(黒く見える部分がホダワラ類の幼体)

表1 藻礁上のホンダワラ類藻体数の推移

	H23.4.7	H24.2.29	備 考
藻礁1	2	1,273	藻体数が少なく小型であったため母藻を添加
藻礁2	5	1,682	藻礁横にホダワラ類が繁茂した転石があり、母藻添加せず
藻礁3	98	3,534	藻体数が多く、母藻添加せず
藻礁4	42	1,803	小型の藻体が多かったため、母藻を添加
藻礁5	169	2,022	藻体数が多く、母藻添加せず
平均値	63	2,063	

(2) 中層網型藻場造成試験

指宿市岩本地先における藻場は、昭和53年度の藻場調査では点生域から密生域の藻場面積合計で約37haが確認されていたが、平成12年頃には藻場が消失した状態にまで衰退、その後の継続的な藻場回復の取り組みによって、平成23年5月の調査では、藻場面積(密生域)が約9.9haに回復していることが確認された。

藻場域と磯焼け域のウニ類生息密度とホンダワラ類の分布密度は、ウニ類の生息密度が藻場域で0.7個体/m²、磯焼け域は7.2個体/m²、ホンダワラ類分布密度が藻場域で216株/m²、磯焼け域が0株/m²と大きな差が見られた。

ガンガゼの身入り率については、藻場域で10.7%、磯焼け域が8.7%と若干ではあるが藻場域が高かった。ガンガゼは、ムラサキウニ等よりも行動範囲が広く、礫上のフジツボなども摂食するため、ウニの餌となる海藻が少ない磯焼け域でもある程度の餌を摂食しており、藻場域の身入り率と大きな差がなかったと考えられた(表1)。

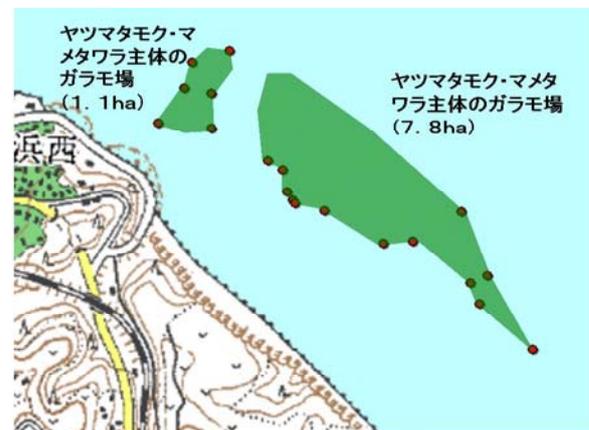


図8 平成23年の藻場形成状況

表1 ウニ類とホンダワラ類の分布状況

	藻場域	磯焼け域
ウニ類の分布密度 (個体/m ²)	ガンガゼ 0.5	ガンガゼ 6.1
	ムササギ 0.1	ムササギ 0.1
	ラッパウニ 0.1	ラッパウニ 1.0
	合計 0.7	合計 7.2
ホンダワラ類の分布密度 (株/m ²)	216	0
ガンガゼの身入り率 (%) (可食部/体重 × 100)	10.7	8.7

2 磯焼け診断調査・藻場回復指導

いちき串木野市羽島地区においては、全域的に、波の影響を受ける水深1m以浅には海藻の分布が見られるものの、それ以深はムラサキウニやナガウニが多く分布する磯焼け状態の海域が多い状況であった(図9)。

各地区の藻場分布状況は以下のとおりであった(図10)。



波の影響を受ける水深1m以浅に海藻が分布

1m以深にはウニが多く分布

図9 沿岸の状況



図10 沿岸の状況

- (1) 土川港から羽島崎神社前
フタエモク、トサカモク、マクサ等の小規模群落は有るが、藻場は見られない。
- (2) 羽島崎神社前から白浜公民館 付近
イソモク、キレバモク、マジリモクを主な構成種とする藻場が形成されていた。
- (3) 白浜公民館付近から荒川河口
マクサ等の小規模群落は有るが、藻場は見られない。
- (4) 沖ノ島
フタエモク、マクサ等の小規模群落は有るが、藻場は見られない。

ヒジキについては、羽島漁港付近から白浜地区に群落が見られるものの、人為的に刈り取られたか、または魚類の食害を受けたと思われ、藻体は短い状態であった。(図11)土川港から羽島神社においては、ごく僅かに分布するものの、魚類によると思われる食害の影響でかなり短く、成熟した藻体が見られないことから、近年は種苗供給が不足している状態が継続していると判断された。



図11 ヒジキ群落

当海域では、広い範囲でウニが多く、魚類ではメジナ、ニザダイ、イスズミ等も確認されるなど、植食性動物が多く分布していた。浅所のフタエモクやトサカモクなどのホンダワラ類やミゾオゴノリなどの紅藻類などには、随所で魚類によると思われる食害痕が見られることから、当海域ではウニや魚類による食害が藻場形成の阻害要因になっている

可能性が高いと判断された。また、ヒジキについては食害に加え、種苗供給量の不足も藻場形成阻害要因になっていると考えられた。

3 ヒジキ種苗量産試験

(1) 種苗培養基質の選定

培養シート清掃や種苗採取時に、金属製のヘラで付着物や種苗を刮ぎとる作業を月に1回程度実施していたところ、帆布は所々ほつれが生じたがエステルテープはほつれが少なかった。エステルテープは布地の厚みが1ミリと帆布よりかなり厚く丈夫であり、耐久性が高いことが示された。

価格は、帆布が薄手6,500円/枚、厚手7,000円/枚であるのに対し、エステルテープは4,500円/枚と安価であった。

ポリエステル帆布(厚手,薄手),エステルテープの3種類の布地について比較したところ、ヒジキ幼胚の着生状況やヒジキの生長差については、特に差が見られなかったが、高い耐久性があるうえに低価格であることから3種の中ではエステルテープが種苗培養基質として適していると考えられた。

(2) 種苗生産に適する母藻や幼胚の条件

母藻については、表面が剥がれていたり、一部が枯死分解して溶解したような母藻が混じると、幼胚を採集した際の上澄み液が濁る傾向が見られた。顕微鏡で観察すると、幼胚とともに母藻藻体の破片などの異物が多く混じるとともに、異物に幼胚が付着している状況が見られた(図12)。幼胚が基質へ付着する仮根部分が異物に付着していることから、異物が多いと培養シートへの着生に悪影響を及ぼす可能性が考えられるため、なるべく傷んだ部分や付着物の少ない

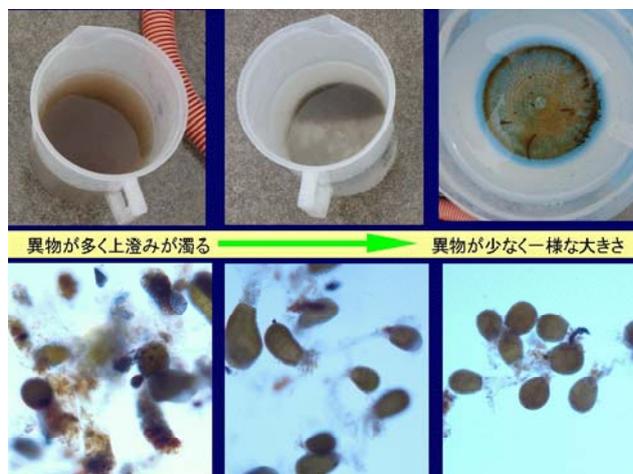


図12 採集したヒジキ幼胚の状態

母藻が異物を出さず種苗生産に適すると考えられた。

幼胚については、母藻の生殖器床から落下した当日の新しい幼胚と落下後水槽の底で3日間経過した幼胚をそれぞれシート布地へ播種し、その後の状況等を比較観察したところ、落下後3日の幼胚はシートからの流失が多かった。顕微鏡で幼胚を観察すると、落下当日の幼胚は大きさが一様で色はあめ色をしているが、水槽の底で数日経過した幼胚は、大きさがまばらで、異物に付着したり黒ずんで枯死したと思われる幼胚が混じっていた。

これらから、母藻から落下した幼胚は、速やかに採集して基質に播種する必要があると考えられた。

(3) 高水温期前からの海上育成の可否

陸上水槽内で幼胚を着生させた種苗培養シートを6月下旬に水産技術開発センター前の海上に設置し、海上育成を開始した。7月下旬から9月中旬は年間で一番水温が高い時期で、水温28℃を超える日も見られたが(図13)、ヒジキ幼体が枯死するようなことはなく、高水温期前からの海上育成が可能であることが確認された。

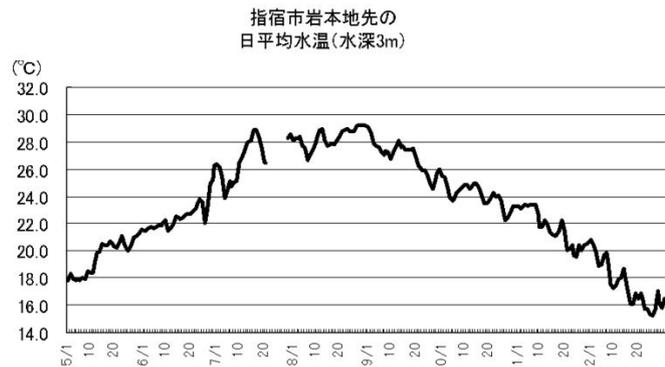


図13 種苗育成海域の水温

(4) 種苗育成中の管理

種苗培養シートにはフジツボ類や小型二枚貝、ゴカイ類、ヨコエビ類など、多種類の付着生物やアオサ類や付着珪藻などの付着藻類の着生が見られ、ヒジキ幼体を覆うような状況も見られたため、付着物の除去を実施した。

ゴカイ類、ヨコエビ類などは淡水に弱く、5分程度の淡水浴でほとんどを除去できたが、ある程度成長したフジツボやカキ等は淡水浴だけでは除去できなかったため、金属製のヘラで除去した。また、12月以降、サメハダコケムシの着生が見られたが、淡水浴では除去出来なかった。

1ヶ月間洗浄しなかった培養シートにはフジツボ等が付着し、シート裏面全面を覆うように着生してシートが変形し、重量も重くなった。1.5ヶ月間洗浄しなかったシートでは更に付着物量が多くなり、ヒジキ幼体の減少がみられた。

月3～4回の定期的な淡水浴と洗浄(家庭用散水ノズル等での水洗い)を実施したシートにはフジツボ等の付着生物が比較的少なかったことから、付着生物の増加を防止するためには定期的な淡水浴と洗浄が必要であると考えられた。

(5) 種苗の採取

平成24年1月に種苗培養シートから種苗を採取したところ、シート1枚から得られた種苗(藻体長10cm以上)は1,800本程度であり、養殖用種苗として養殖ロープに5cm間隔で3本ずつ挟み込む場合、種苗培養シート1枚から養殖ロープ30m程度の種苗が得られる結果となった。

鹿児島海藻パーク推進事業 - (藻場環境モニタリング調査事業)

塩先尊志，徳永成光，久保満

【目的】

これまで藻場や磯焼けの現状把握や磯焼けの継続原因，各環境における藻場回復技術の開発を行ってきた。

本事業では，それらの知見を活かし，地域の活動組織が環境・生態系保全活動に取り組む中で必要となる定期的なモニタリング調査を行い，藻場を維持，回復するための活動を支援する。

【方法】

定期モニタリング調査

指宿地区藻場保全会，山川地区藻場保全会が実施する藻場造成場所において，ライン調査によるモニタリング調査及び藻場造成技術指導や日常モニタリング技術指導等を行った。

調査回数

2回（平成23年度における藻場の繁茂期1回および衰退期1回）

調査場所

指宿地区藻場保全会

指宿周辺（指宿北，指宿南），指宿岩本周辺（岩本沖）

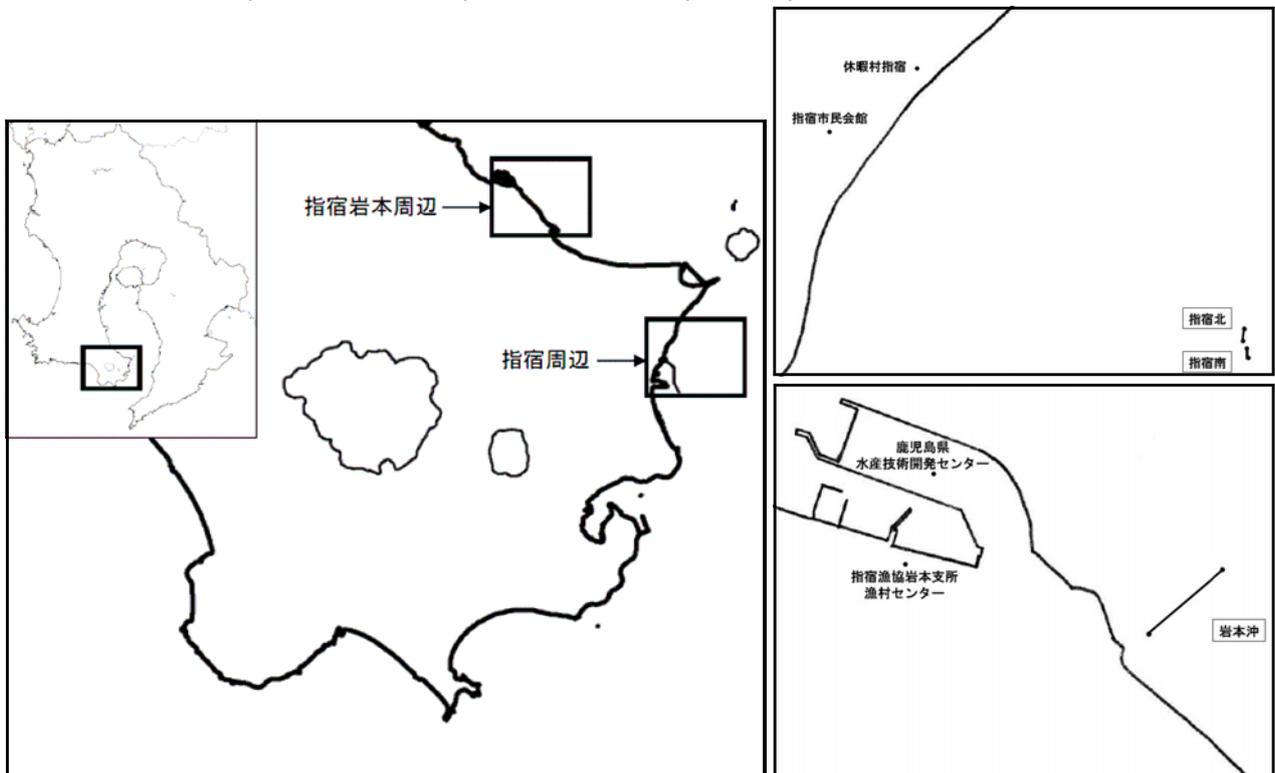


図1 指宿地区藻場保全会 定期モニタリング位置図

図2 上：指宿周辺，指宿岩本周辺

山川地区藻場保全会

山川港周辺（外港東，牧場下），浜児ヶ水周辺（竹山下，浜児ヶ水沖）

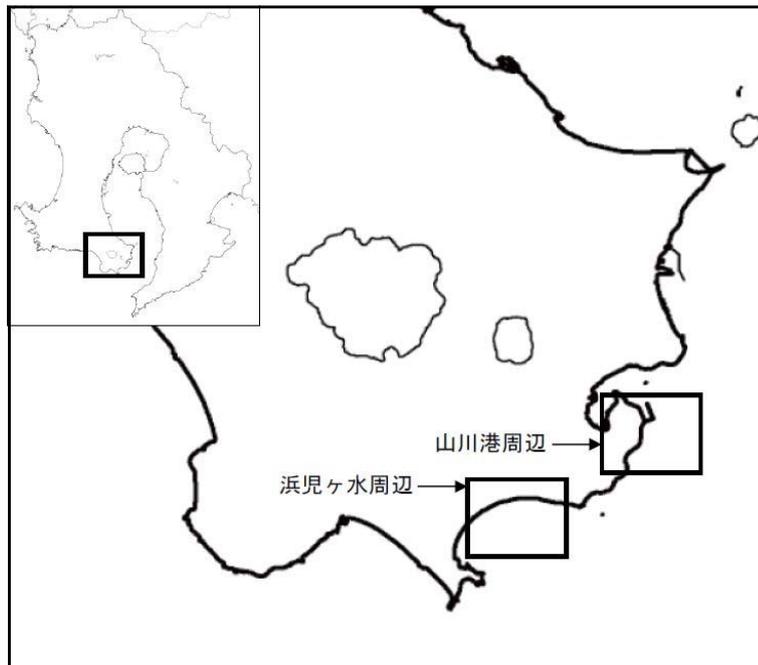


図3 山川地区藻場保全会 定期モニタリング位置図

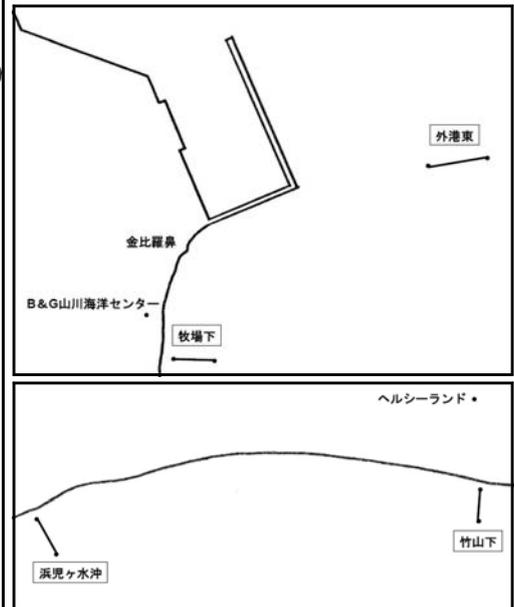


図4 上：山川港周辺
下：浜児ヶ水周辺

調査内容

藻場保全会が設定した調査ライン(始点を0 mとする)において、潜水によるライントランセクト法（以下ライン調査）により下記項目の調査を行った。

（調査項目等）

- (1) 水温
- (2) 底質
- (3) 海藻草類被度・種類
- (4) 植食性魚類の食痕の有無
- (5) 浮泥の堆積状況
- (6) ウニ類、小型巻貝密度
- (7) 各調査ポイントの状況写真

調査時期

指宿地区藻場保全会

指 宿 周 辺 - 第 1 回：平成23年5月31日，平成23年6月20日

第 2 回：平成23年11月8日

指宿岩本周辺 - 第 1 回：平成23年6月9日，第 2 回：平成23年10月6日

山川地区藻場保全会

山 川 港 周 辺 - 第 1 回：平成23年5月23日，第 2 回：平成24年1月10日

浜児ヶ水周辺 - 第 1 回：平成23年6月22日，第 2 回：平成24年1月11日

藻場の維持，回復手法の指導

県内における環境・生態系保全活動活動グループが藻場を維持，回復するための活動を行っている。自主的な藻場造成を取組む上で知見不足であるため，その活動において，藻場造成技術やモニタリング手法等の指導・助言を行い支援する。

【結 果】

定期モニタリング調査

指宿地区藻場保全会

1 指宿周辺

1) 指宿北（図2参照）

(1) 平成23年5月31日調査

ライン長は34 mで調査水深は2.3 m～3.8 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（コナフキモク，ヒジキ，マジリモク，マメタワラ，ウミウチワ，フクロノリ，ワカメ），緑藻（ナガミル），紅藻（カバノリ，マクサ，無節石灰藻）であった。14 m～31 mの範囲にマジリモクを主体とする藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

ガンガゼは小型個体が多く，平成22年のウニ除去後に新規加入したものと考えられる。



写真1 マジリモク主体のガラモ場（左：21 m 付近，右：24 m 付近）

(2) 平成23年11月8日調査

ライン長は34 mで調査水深は2.3 m～3.8 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（ホンダワラ類幼体），紅藻（マクサ，小型紅藻類，無節石灰藻）であった。藻場の形成は見られなかった。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

ホンダワラ類幼体は始点及び終点を除く全ての箇所を確認できた。ガンガゼやナガウニ，マガキガイなどの食害動物は広い範囲で見られた。



写真2 フジツボなどの付着生物に覆われた礫（左：20 m 付近，右：25 m 付近）

2) 指宿南（図2 参照）

(1) 平成23年6月20日調査

ライン長は29 mで調査水深は3.1 m～4.4 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（コナフキモク，コブクロモク，マジリモク，ヤツマタモク，ウミウチワ，フクロノリ，ヤハズ類），緑藻（ナガミル），紅藻（小型紅藻類，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。9 m～13 mの範囲にコナフキモク，コブクロモク，マジリモク等による藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

ガンガゼは20 m付近に多く，マガキガイは11 m付近に多く見られた。全体的に礫上はフジツボなどの付着生物に覆われていた。ホンダワラ類は枯死流失して，藻体が短くなったものが見られた。

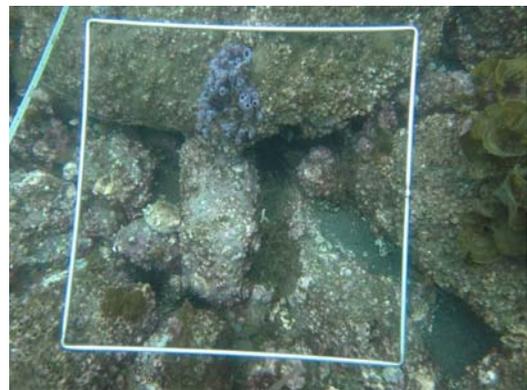


写真3 左：コナフキモク，コブクロモク，マジリモクなどによって形成されたガラモ場（11 m 付近），右：礫の隙間にガンガゼが生息（20 m 付近）

(2) 平成23年11月8日調査

ライン長は29 mで調査水深は3.1 m～4.4 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（ホンダワラ類幼体），紅藻（小型紅藻類，無節石灰藻）であった。藻場の形成は見られなかった。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

20 m～25 mはサンゴが多く分布していた。礫上にはマガキガイが多かった。

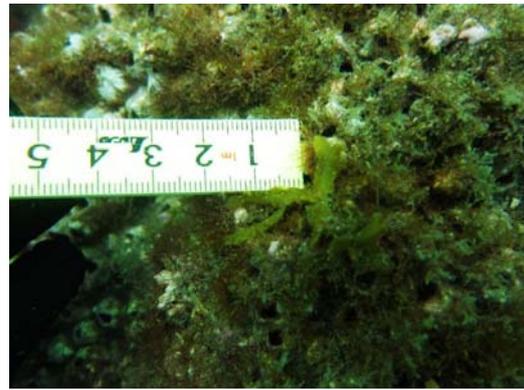
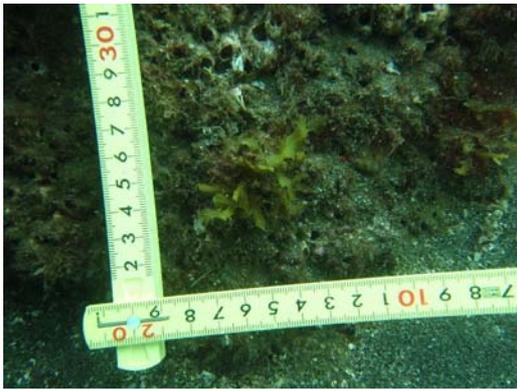


写真4 確認されたホンダワラ類の幼体（左：15 m 付近，右：20 m 付近）

2 岩本周辺（図2 参照）

1) 平成23年6月9日調査

ライン長は251 mで調査水深は0.4 m～3.4 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（マメタワラ，ヤツタモク，アミジグサ，ウミウチワ，フクリンアミジ，ヘラヤハズ，ワカメ），緑藻（スリコギズタ），紅藻（オゴノリ，マクサ，有節石灰藻，無節石灰藻），海草（アマモ，コアマモ）であった。153 m～163 mにはコアマモ主体の藻場が形成され，171 m～248 mにはマメタワラ主体の藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかったが，150 m付近では多かった。

魚の食害と思われる短い藻体が広く見られた。ウニ類の数は少なかったが，始点から100 m 付近にマガキガイが多く見られる場所があった。



写真5 左上：有節石灰藻が目立つ（始点付近），右上：ヤツタモク主体のガラモ場（80 m 付近），
左下：アマモが点生するコアマモ場（155 m 付近），右下：中層網（217 m 付近）

2) 平成23年10月6日調査

ライン長は251 mで調査水深は0.4 m~3.4 m(潮位換算後)であった。

ライン上の出現種は褐藻(マメタワラ, ヤツマタモク, アミジグサ, フクリンアミジ, ヘラヤハズ), 紅藻(有節石灰藻, 無節石灰藻), 海草(コアマモ)であった。55 m~75 m及び200 m~239 mにはヤツマタモク主体の藻場が形成され, 144 m~155 mにはコアマモ主体の藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

0 m~100 mでマガキガイが多数見られる場所があった。コアマモ葉上に約2 mmの巻き貝が多かった。魚類と思われる食害が広く見られた。



写真6 左上: ホンダワラ類は見られない(始点付近), 右上: ヤツマタモクが藻場を形成(70 m 付近), 左下: コアマモ場(155 m 付近), 右下: 周辺の礫にはヤツマタモクが繁茂(218 m 付近)

山川地区藻場保全会

1 山川港周辺

1) 外港東(図4 参照)

(1) 平成23年5月23日調査

ライン長は150 mで調査水深は2.5 m~5.0 m(潮位換算後)であった。

ライン上の出現種は褐藻(コナフキモク, トサカモク, マジリモク, ウミウチワ, フクロノリ, ワカメ, ヤハズ類), 緑藻(ナガミル), 紅藻(カバノリ, 小型紅藻類, 無節石灰藻)であった。20 m~50 m及び135 m付近の広い範囲で, コナフキモク, トサカモク, マジリモクなどによって藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

全体的にウニ類は少なかったが, マガキガイが多かった。



写真7 コナフキモク，トサカモク主体の藻場（左：20 m 付近，右：135 m 付近）

(2) 平成24年1月10日調査

ライン長は150 mで調査水深は2.5 m～5.0 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（ホンダワラ類幼体，フクロノリ，ヘラヤハズ，ワカメ），紅藻（オバクサ，カバノリ，タンバノリ，ミゾオゴノリ，小型紅藻類，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。藻場の形成は見られなかった。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

30 m～40 mは海藻が見られず，磯焼け状態であった。始点から55 m付近にホンダワラ類幼体が多かった。

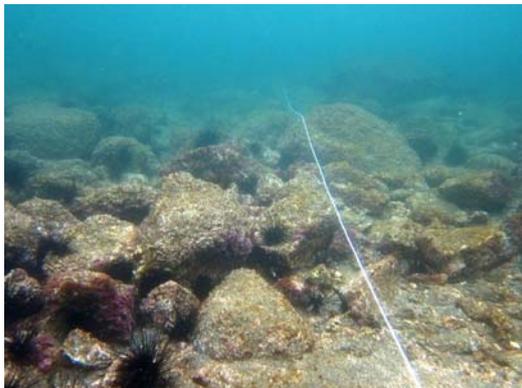


写真8 左：ガンガゼが多く磯焼け状態（30 m 付近），右：ホンダワラ類幼体（110 m 付近）

2) 牧場下（図4 参照）

(1) 平成23年5月23日調査

ライン長は135 m，調査水深は-0.8 m～1.2 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（イソモク，コナフキモク，ヒジキ，その他ホンダワラ類，ウミウチワ，カバノリ，ヘラヤハズ，ワカメ），緑藻（ナガミル，ミル），紅藻（マクサ，ムカデノリ，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。32 m～45 m付近にイソモク主体の藻場が形成され，125 m～130 m付近にコナフキモクなどによって構成される藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

32 m付近にマガキガイが多かった。



写真9 左：イソモク主体の藻場（32 m 付近），右：コナフキモク主体の藻場（130 m 付近）

(2) 平成24年1月10日調査

ライン長は135 mで調査水深は-0.8 m～1.2 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（イソモク，ウミトラノオ，ヒジキ，ホンダワラ類幼体，ウミウチワ，フクロノリ，フクリンアミジ，ヘラヤハズ），緑藻（アオサ，センナリズタ，スリコギズタ），紅藻（コメノリ，ムカデノリ，マクサ，有節石灰藻，無節石灰藻，その他紅藻類）であった。藻場の形成は見られなかった。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

平成23年2月～5月に繁茂していたイソモク主体の藻場が消失していた。25 m～75 mにムラサキウニが多かった。



写真10 左：ムラサキウニ（32 m 付近），右：ホンダワラ類幼体（118 m 付近）

2 浜兎ヶ水周辺

1) 竹山下（図4 参照）

(1) 平成23年6月22日調査

ライン長は100 mで調査水深は1.2 m～5.1 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（コナフキモク，トサカモク，マジリモク），緑藻（ミル），紅藻（小型紅藻類，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。52 m～80 m付近にマジリモク主体の藻場が形成され，60 m～90 m付近にコナフキモク，トサカモク，マジリモクなどで構成される藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に少なかった。

始点から浅い方へ磯焼けが広がっていた。岩盤と砂の隙間にウニ類が多く，特に5 m，37 m 付近が多かった。

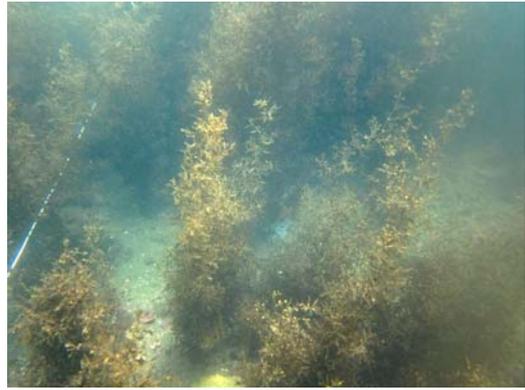
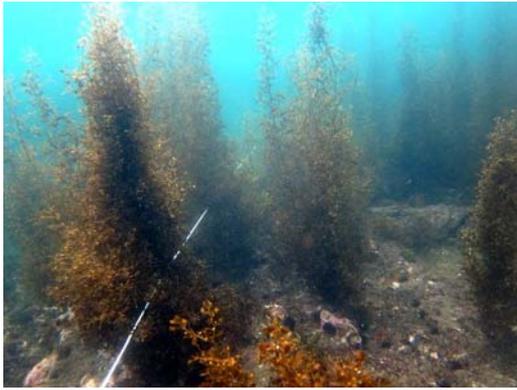


写真1 1 マヅリモク主体の藻場（左：37 m 付近，右：80 m 付近）

(2) 平成24年1月11日調査

ライン長は100 mで調査水深は1.2 m～5.1 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（ホンダワラ類幼体），緑藻（シワヤハズ，フクリンアミジ），紅藻（小型紅藻類，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。藻場の形成は見られなかった。

浮泥堆積物は全体的に少なかったが，砂が堆積している場所が見られた。

岩盤と砂の隙間にウニ類が多く，特に5 m～20 m，45 m～50 m付近に多かった。



写真1 2 左：岩盤上に無節石灰藻が目立つ（35 m 付近），
右：ホンダワラ類幼体（75 m 付近）

2) 浜児ヶ水（図4参照）

(1) 平成23年6月22日調査

ライン長は162 mで調査水深は1.7 m～5.4 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（マヅリモク），緑藻（フクリンアミジ），紅藻（小型紅藻類，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。0 m～10 m，25 m～35 m，55 m～72 m付近にマヅリモクによって藻場が形成されていた。

浮泥堆積物は全体的に多かった。



写真13 マジリモクによって形成されるガラモ場（左：7 m 付近，右：72 m 付近）

(2) 平成24年1月11日調査

ライン長は162 mで調査水深は1.7 m～5.4 m（潮位換算後）であった。

ライン上の出現種は褐藻（マジリモク），緑藻（フクリンアミジ，フクロノリ），紅藻（小型紅藻類，有節石灰藻，無節石灰藻）であった。藻場の形成は見られなかった。

浮泥堆積物は全体的に多かった。

135 m付近の岩盤にガンガゼが多かった。

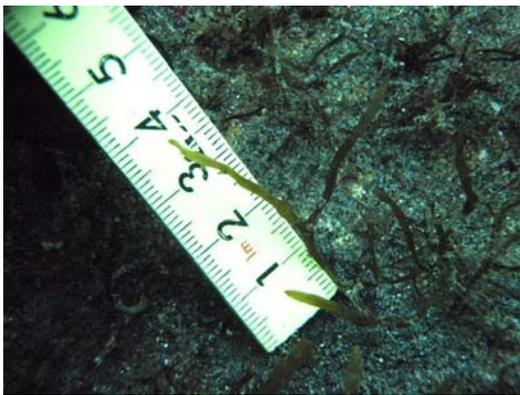


写真14 左：ホンダワラ類幼体（15 m 付近）

右：岩盤にガンガゼが高密度で分布（125 m 付近）

藻場の維持，回復手法の指導

1 山川地区藻場保全会によるアマモマット設置の指導

平成23年9月17日，体験学習を兼ね地元の小学生や教師等の参加のもと，山川町漁協の水揚場でアマモマットを製作し，浜児ヶ水港の砂浜沖に設置した。

設置場所は，大潮時に干出せず，底質が泥の場所を選定するよう指導した。

2 高山地区藻場保全会による母藻設置の効果調査を指導

高山地区藻場保全会が約40個のスポアバックによる母藻設置を行ったが，平成23年12月12日の効果調査で確認できたホンダワラの幼体は1株であった。

3 いちき串木野市藻場造成グループの藻場造成研修会

平成24年1月18日，同グループを対象に，藻場造成手法の技術研修会を実施した。

4 垂水地区藻場保全会の藻場造成活動指導

・平成23年7月13日，モニタリング調査を指導

調査範囲は戸柱神社から鹿屋港北で，消波ブロックの沖側にはヒジキ・ヤツマタモク・コナフキモク・フタエモクが見られた。また，垂水南漁港の北には多年生アマモのパッチを確認した。

・平成23年12月13日，アマモマット設置後の追跡調査を指導

藻場保全会は約40枚のアマモマット（約70 cm × 約100 cm）を設置していたが，発芽が全く見られないアマモマットもあり，マット内の土は黒く，還元層ができていた。さらに土とマットには隙間があり，発芽した芽がマットから外に出る事ができず，枯れてしまったと考えられる。

川内原子力発電所温排水影響調査事業

田原義雄, 中村章彦, 東剛志, 石田博文, 富安正藏

【目的】

昭和57年度からの継続調査で、川内原子力発電所から排出される温排水が周辺海域に与える影響を調査する。

【方法】

調査の日程、項目は下記のとおりである。調査項目は、水温・塩分、流況、海生生物「海藻類、潮間帯生物(動物)」, 主要魚類及び漁業実態調査で、調査定点、方法とも前年と全て同じである。

平成23年度温排水影響調査一覧

調査項目	調査の内容	平成23年度実施時期		
		春季	夏季	冬季
1 水温・塩分	(1)水平分布		平成23年7月29日	平成24年2月6日
	(2)鉛直分布		平成23年7月29日	平成24年2月6日
2 流況	(1)25時間調査		平成23年7月29～30日	平成24年2月6～7日
	(2)15日間調査		平成23年7月28 ～8月12日	平成24年2月4～19日
3 海生生物	(1)海藻類	平成23年5月25日, 27～28日		
	(2)潮間帯生物	平成23年5月25日, 27～28日		
4 主要魚類 及び 漁業実態	(1)イワシ類(シラス) バッチ網	平成23年1月～12月(周年)		
	(2)マダイ,チダイ	平成23年4月～12月		

【結果】

温排水の拡散範囲は、過去と同様、放水口周辺に限られており、また、流況や周辺海域の海藻類、潮間帯生物(動物)、主要魚類及び漁業実態についても、おおむね過去の調査結果の変動の範囲内であった。なお、詳細な結果については、平成23年7月27日(第1回)、平成23年11月25日(第2回)に開催された鹿児島県海域モニタリング技術委員会に提出した調査結果報告書及び『平成23年度温排水影響調査報告書』に記載したとおりである。

内水面漁業振興対策総合研究 -
(内水面魚病総合対策事業：魚介類の異常へい死)

西 広海・田原義雄・柳 宗悦・村瀬拓也

【目的】

県内の湖沼河川で発生する魚介類の異常へい死事故についての対し，魚病診断等により原因究明とその対策についての指導を行う。

【結果】

今年度は3件の相談があり，魚病診断等を行ったが，いずれも原因不明であった。

表 1 異常へい死事故の原因調査結果

発生年月日	依 頼 項 目	調査結果
H23.04.05	出水干拓東工区の用水路でのフナへい死事故の原因調査	原因不明
H23.05.01	始良市別府川でのボラへい死事故の原因調査	原因不明
H23.05.20	伊佐市白木川でのコイ等へい死事故の原因調査	原因不明

内水面漁業総合対策研究 -
(内水面増殖技術開発事業：天降川におけるアユ生態調査)

久保満，徳永成光，塩先尊志

【目的】

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の資源の維持増大と持続的利用を図るために，河川等における増殖に関する生態を調査する。

【方法】

1 水質調査

鹿児島湾奥に注ぐ天降川において，河口から約4 km～9 kmの流域に4定点（ST.1～4，図1）を設定し，定期的に水質を分析した。

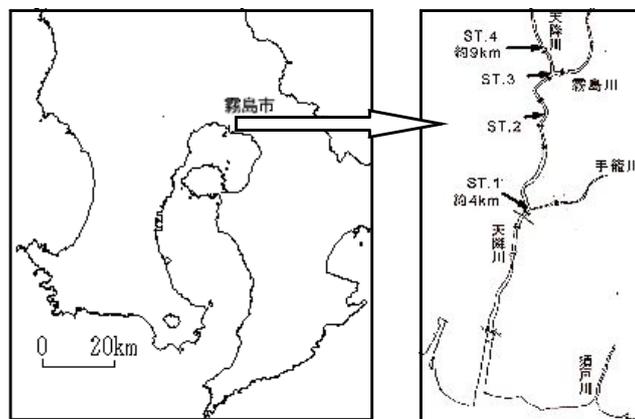


図1 調査河川の概要

2 成熟状況調査

成熟調査は，天降川で9月上旬から12月下旬にかけて月2回，1回当たり約20尾の親アユを購入し，生殖腺熟度指数（以後，GSI）を調べた。また他河川の成熟状況と比較するため，米ノ津川，川内川についても同様の調査を行った。

3 碎波帯における仔魚分布調査

11月上旬から3月下旬にかけて約2週間日おきに，天降川河口域の碎波帯（水深約0.5～1.5m）において，ソリネット（口径：縦20 cm×横50 cm，全長：140 cm，網目：475 μm）及びサーフネット（間口高さ1m×幅4m，網目：1mm）を用い，日中の干潮時に6ライン（1ライン50 m）で仔魚の分布調査を実施した。

（図2，写真1）

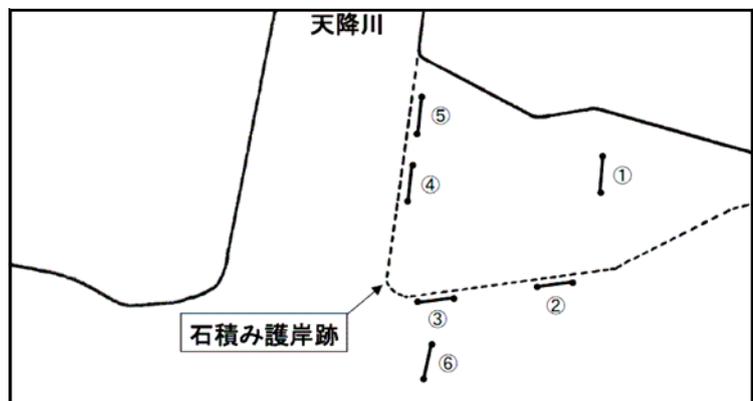


図2 天降川河口における調査地点（数字はライン番号）

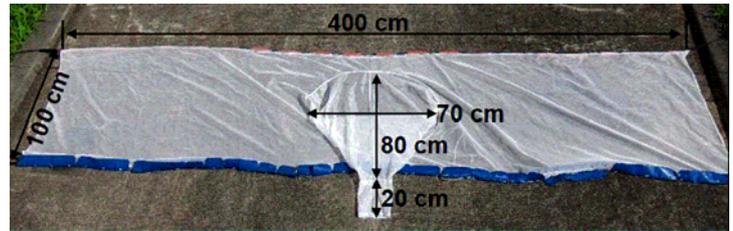
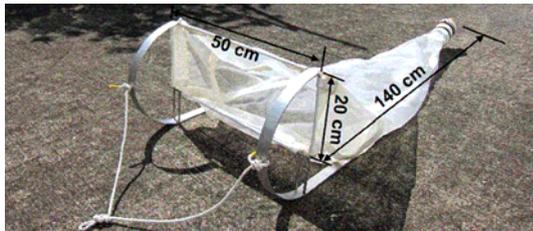


写真1 仔魚分布調査に使用した採捕ネット（左：ソリネット，右：サーフネット）

4 遡上稚アユ（孵化時期）調査

天降川の稚アユ採捕漁(エゴ漁)によって採捕されたアユを，平成22年3月から概ね10日おきに測定，また耳石日周輪から孵化日を推定した。

【結果及び考察】

1 水質調査

水産用水基準でみると、pHは全測定検体で基準超過しており、全窒素は一部検体で基準超過していたが、その他の項目では基準値以下であった。（表1）

表1 水質測定結果

年度	pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	全窒素 (mg/L)			全リン (mg/L)
				硝酸態窒素	亜硝酸態窒素	アンモニア態窒素	
23	7.9 - 8.2	0.8 - 1.9	0.4 - 8.2	0.21 - 1.10	0 - 0.03	0.01 - 0.12	0.02 - 0.06
基準	6.7 - 7.5	繁殖 \leq 2, 成長 \leq 3	河川 \leq 25		河川 \leq 1		河川 \leq 0.1

2 成熟状況調査

天降川のアユのGSIを見ると，雄は9月中旬から，雌は10月上旬から高くなり始め，雄雌共に11月上旬にピークとなった。例年とほぼ同じであるが，高い数値が12月中旬まで続いたことから，平成23年度は例年より産卵期が長かったと考える。（図3）また，GSIと体長（尾叉長），体重別に比較した結果を図4，5に示した。雄雌共に体長（尾叉長）が大きい程成熟が進んでいるというわけではなく，計測した最小個体（雄：124 mm，雌：110 mm）でも成熟が進んでいることが確認された。体重でも同様に計測した最小個体（雄：20 g，雌：13 g）でも成熟が進んでいることが確認された。

次に，米ノ津川，川内川，天降川の3河川でアユのGSIを比較した。米ノ津川及び川内川は9月下旬，天降川は10月上旬から高くなり始めていた。（図6）

採捕されたアユの測定結果を河川別に見ると，米ノ津川は15～24 cmの範囲でモードは20 cm，川内川は19～27 cmの範囲でモード21 cm，天降川は11～22 cmの範囲でモード19cmであった。（図7）

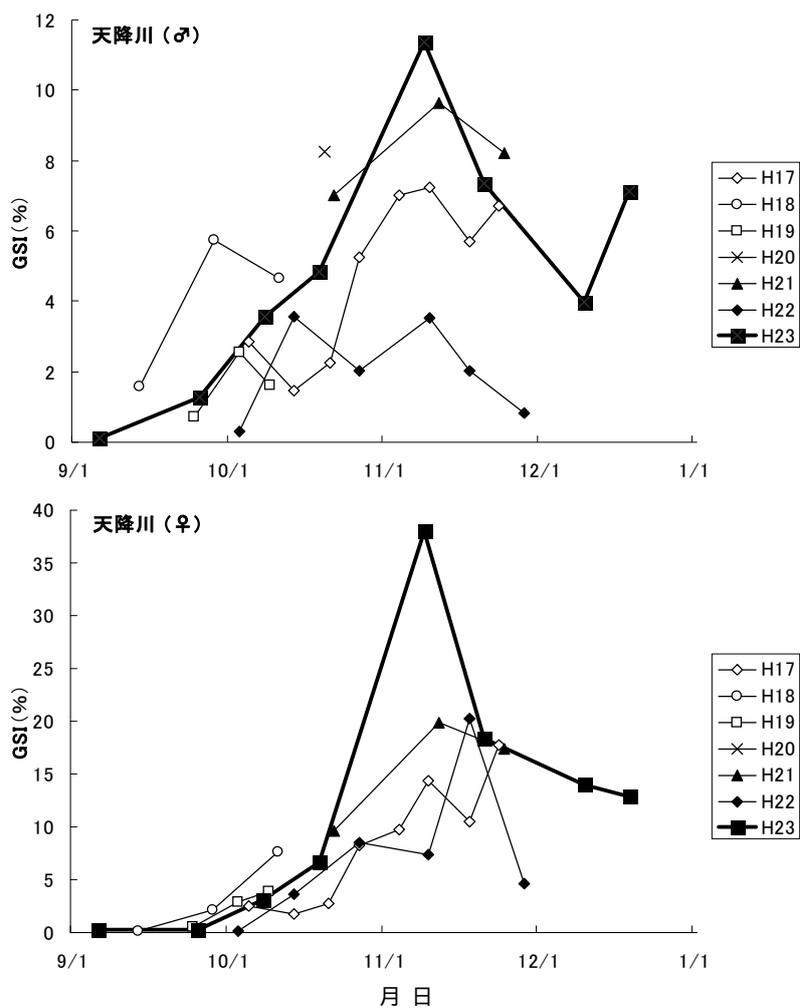


図3 天降川における年度別GSI経月変化(上:雄,下:雌)

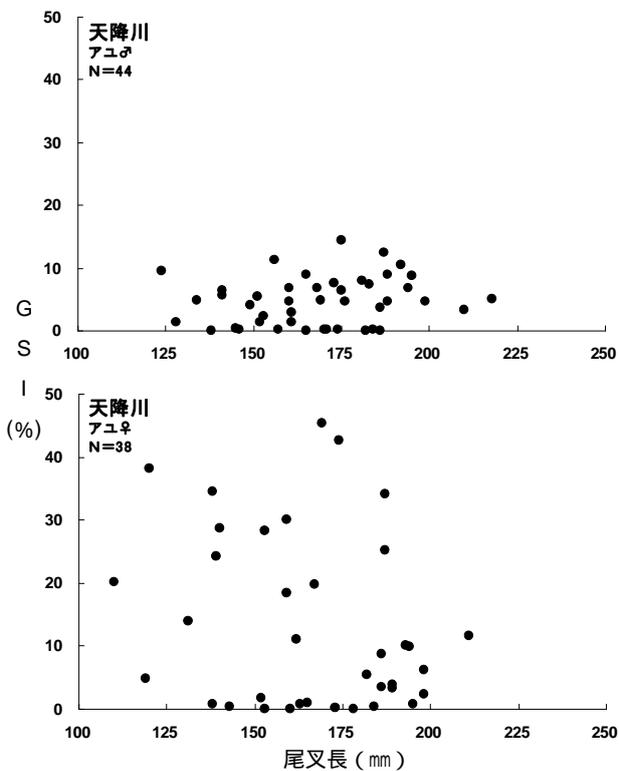


図4 体長(尾叉長)とGSIの関係

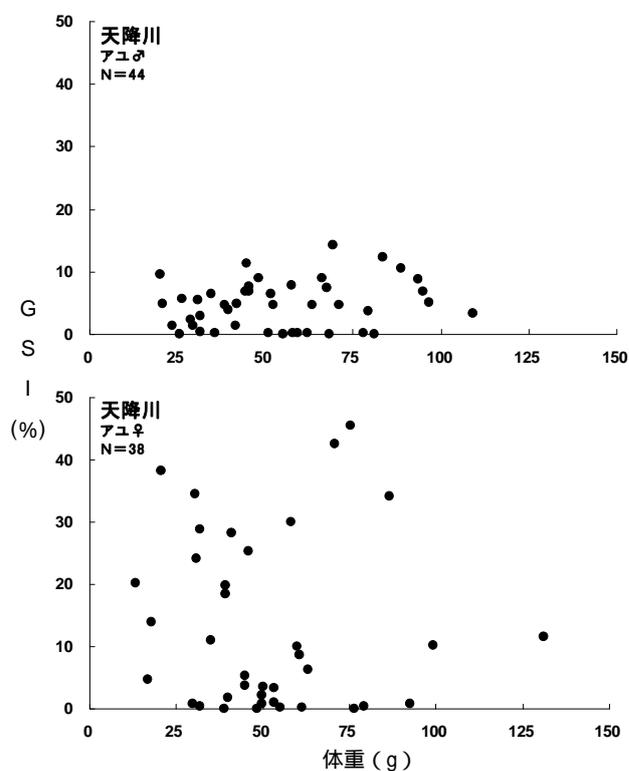


図5 体重とGSIの関係

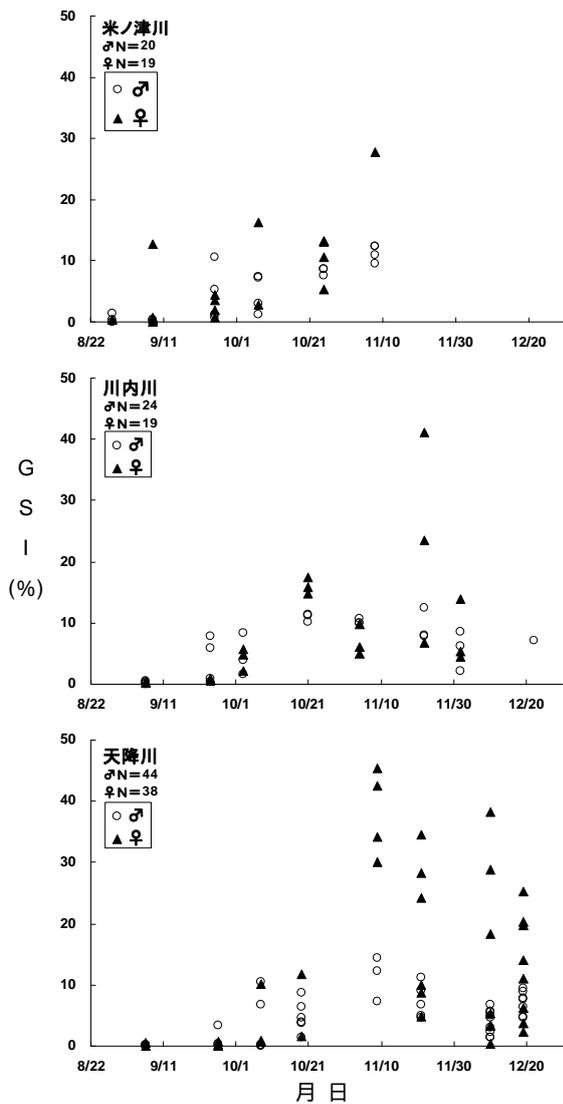


図6 河川別GSI月経変化

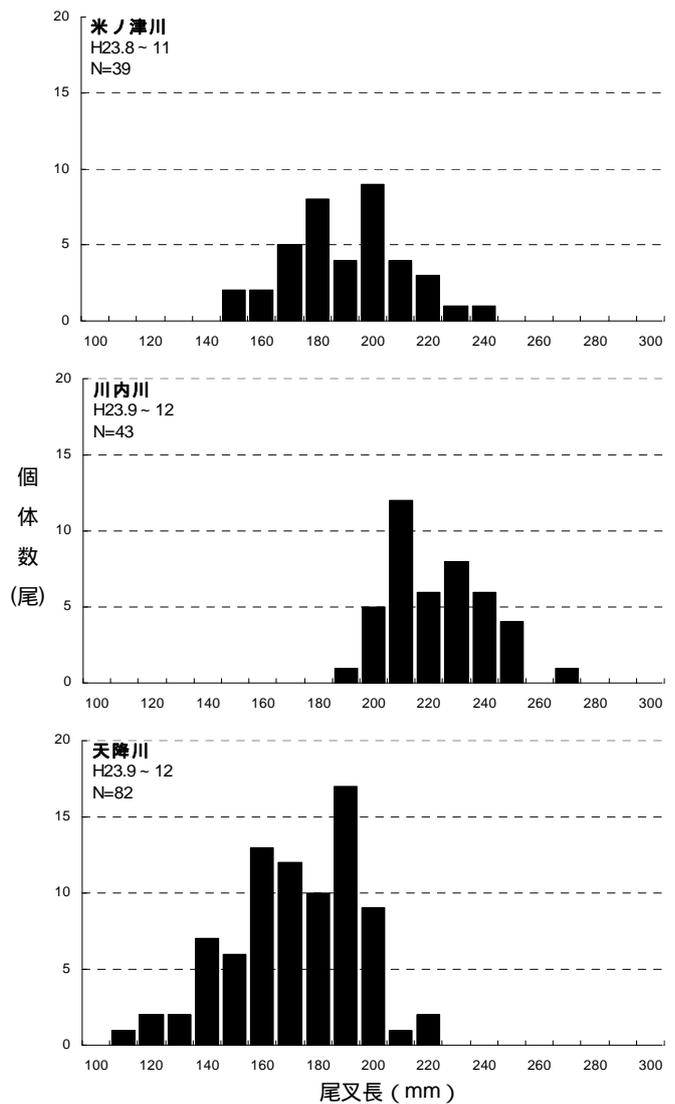


図7 河川別産卵親魚体長組成

3 砕波帯における仔魚分布調査

調査点別の1操業当たりの採捕尾数は、平成24年1月20日に最高で324尾（ライン ①），平成24年2月20日には沖側の水深の深い場所で240尾（ライン ②）が採捕された。（図8）

調査日別の採捕尾数を昨年度と比較すると、平成22年度は11月～12月にかけて多く採捕されていたが、平成23年度は1月～2月にかけて多く採捕された。また、採捕された仔魚の体長組成を比較すると、平成22年度は20 mm以下の小型魚が多く採捕されたのに対し、平成23年度では20 mm以上の大型魚も多く採捕された。（図9，図10）

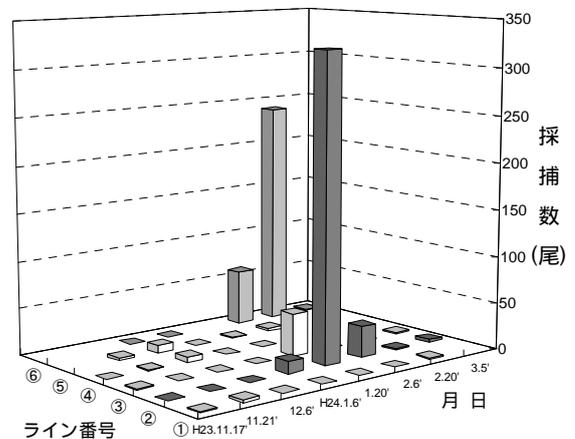


図8 砕波帯での仔魚採捕数

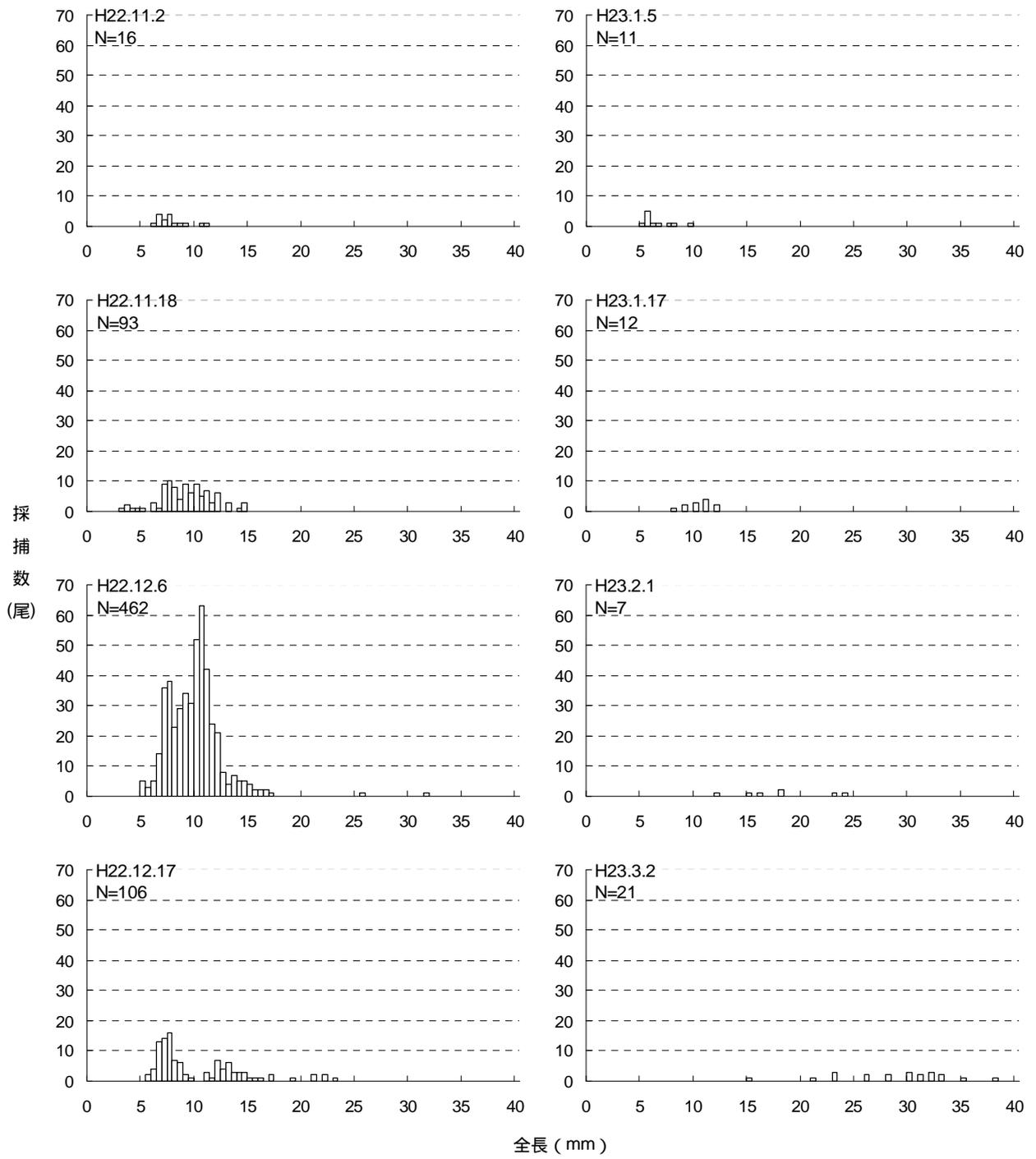


図9 平成22年度砕波帯採捕仔魚調査における日別体長組成

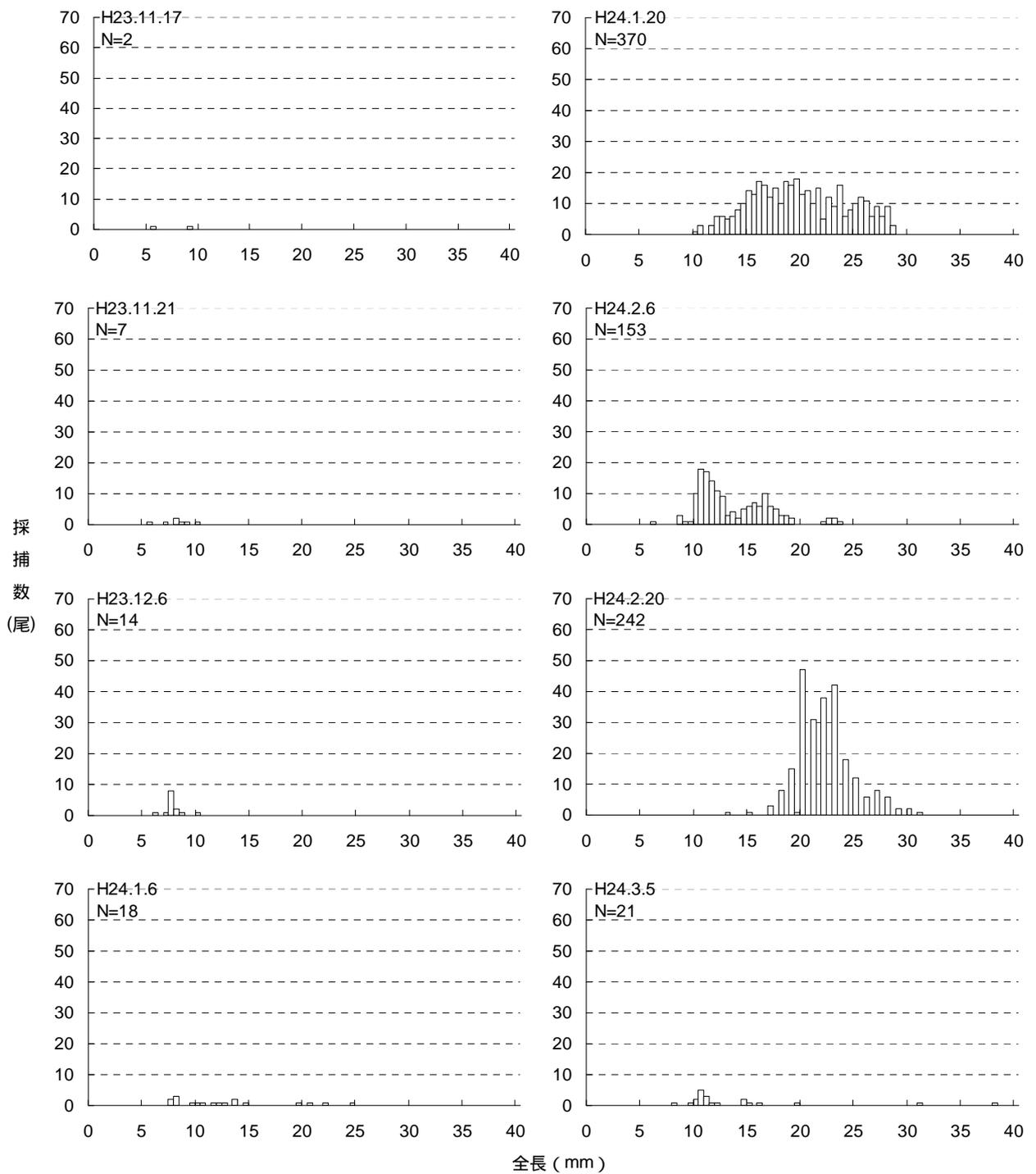


図10 平成23年度碎波帯採捕仔魚調査における日別体長組成

4 遡上稚アユ（孵化時期）

平成23年の稚アユ採捕状況については、3月の採捕当初が低調に推移したが、3月末から本格化した。4月に入ると1採捕場で平均20～30 kg/日の採捕となり、多い日では100 kg/日と好調で採捕期間満了を待たず終漁とした漁協もあった。

採捕稚アユのサイズは中流域で、3月中旬に全長：平均86.6mm、体重：平均5.9 g(2～9 g)、4月上旬に全長：平均90.2 mm、体重：平均5.9 g(3～9 g)、4月中旬に全長：平均87.6 mm、体重：平均4.9 g(2～9 g)であった。

採捕稚アユの耳石日周輪紋数（写真2）から産卵時期を推定したところ、3月17日に採捕した36個体は10月:3 %（上旬:0 %、下旬:3 %）、11月:33 %（上旬:3 %、下旬:30 %）、12月:56 %（上旬:31 %、下旬:25 %）、1月:8 %（上旬:8 %、下旬:0 %）、4月5日に採捕した46個体は、11月:4 %（上旬:2 %、下旬:2 %）、12月:65 %（上旬:28 %、下旬:37 %）、1月:31 %（上旬:24 %、下旬:7 %）、4月19日に採捕した52個体は10月:2 %（上旬:2 %、下旬:0 %）、11月:2 %（上旬:0 %、下旬:0 %）、12月:35 %（上旬:2 %、下旬:33 %）、1月:44 %（上旬:17 %、下旬:27 %）、2月:17 %（上旬:15 %、下旬:2 %）であり、3月17日、4月5日は12月、4月19日は1月の産卵時期が主体であり、平成23年度に遡上した稚アユは平成22年12月中旬をピークに産卵された個体であったと推定された。（図11）

平成22年度の成熟状況調査では雌雄共に10月上旬頃から成熟が進み、11月中旬～下旬にGSIのピークを迎えたことから、産卵は11月下旬頃であったと推定した。（図12）この結果と今年度の稚アユの耳石から推定した産卵時期推定結果を比較すると、産卵時期のピークが合致しないことから、さらにデータを積み重ねて精査する必要があると考える。

今後、砕波帯における稚仔魚採捕データを積み重ねるとともに、気温、水温との関係やGSIの変化等から稚アユ遡上時期の予測につなげたい。

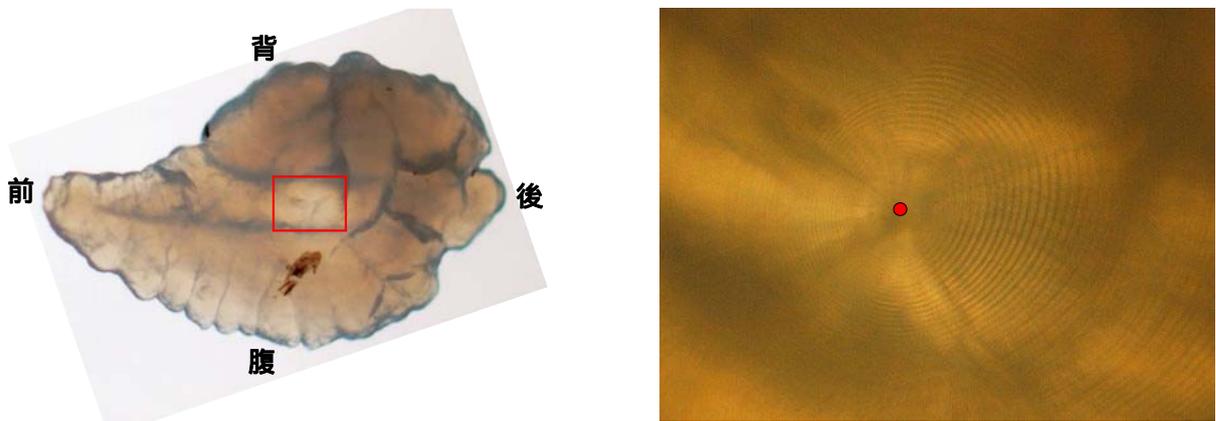


写真2 採捕稚アユの耳石

上：稚アユの右側の扁平石，下：赤い四角部分の拡大写真，赤点は輪紋の中心

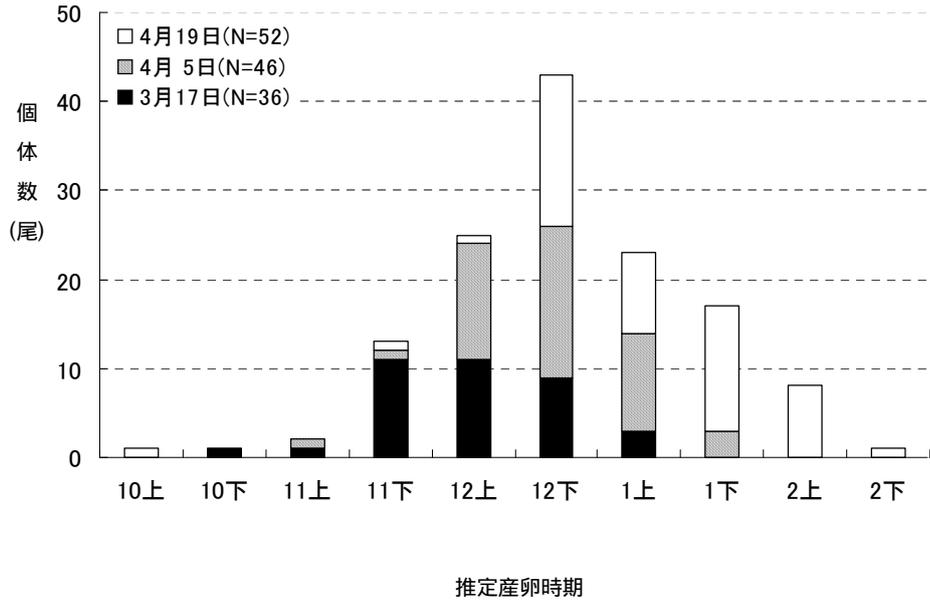


図 1 1 耳石日周輪紋数から推定した産卵日

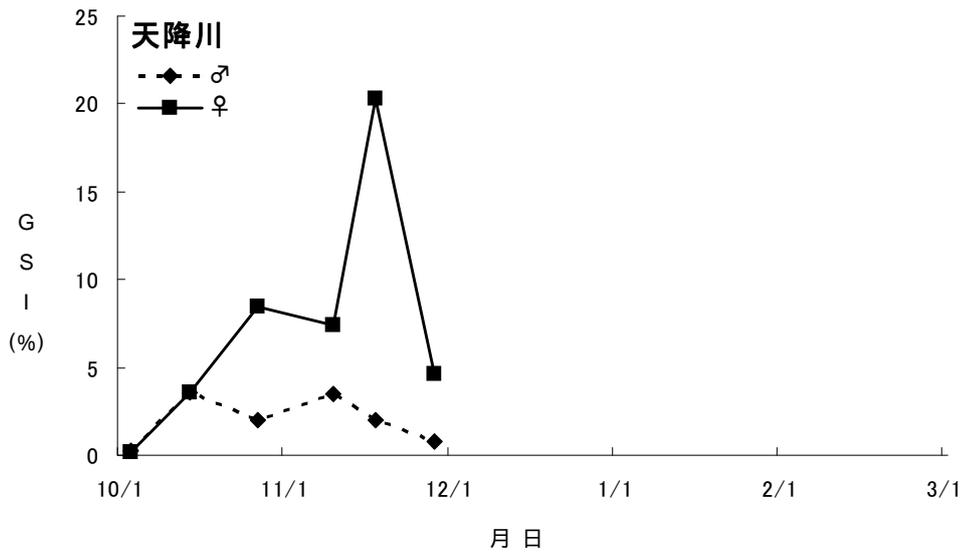


図 1 2 平成22年度の天降川におけるGSI経月変化

奄美等水産資源利用開発推進事業 (沿岸域資源利用開発調査 - 藻場造成試験)

久保 満・徳永成光・塩先尊志

【目的】

奄美海域においてホンダワラ藻場(ガラモ場)の造成手法を開発し、奄美群島の水産資源増殖に資する。

【方法】

調査地は、内湾性藻場を瀬戸内町白浜、宇検村佐念としリーフ性藻場を奄美市笠利町佐仁、用とした(図1)。



図1 試験地

* 内湾性藻場：波当たりの弱い内湾に形成される藻場

底質は人頭大の石が混じる砂地で、リーフ性藻場に比べ構成種は少なく、主にマジリモクで構成される場所が多く見られる。主に3～4月にかけて成熟して幼胚放出が行われる。

* リーフ性藻場：リーフ内に形成される藻場

底質はサンゴ由来の岩盤で、薄く砂(有孔虫やその死骸等が由来)が被っている。キレバモク、チュラシマモクなど8～10種で藻場が構成され、7～9月に成熟して幼胚放出が行われる。藻体は周年確認できるが、毎年伸長し藻場を形成するとは限らない。

1 モニタリング調査

1) 環境調査

データロガー(オンセット社製小型防水式自動計測器：ティドビッド)を調査地及びその周辺に設置し1時間ごとの水温測定を行った。

2) 天然藻場調査

試験地において、ホンダワラ類の着生密度、藻体長の調査・測定を行った。

2 小規模藻場造成試験

1) 内湾性藻場(核藻場型造成試験*1)

(1) 瀬戸内町白浜

a 階段藻礁

平成17年4月に設置した階段状基質(図2, 基質面の高さ - 最上段1段目: 48 cm, 2段目: 30 cm, 3段目: 18 cm, 4段目: 12 cm, 5段目: 6 cm, 6段目: 6 cm, 以下, 階段藻礁と呼ぶ)2基及び周辺に設置した山石, 岸の礫場に生育するマジリモクの藻体長, 着生密度を測定した。

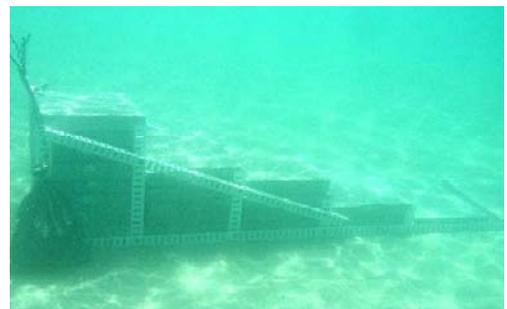


図2 階段藻礁全景

*1 核藻場：藻場を維持するに足る種苗(孢子や幼胚等)を供給できる最小単位の海藻群落

b ロープへの幼胚着生試験

白浜では、係留ロープ等にマジリモクが着生し、毎年のように繁茂する状況が観察されている。ロープに人為的に幼胚を着生させロープ上に藻体を繁茂させることが出来れば、軽量で容易に移設可能であり埋没しにくい核藻場造成が可能となる。また、母藻として他の場所へ容易に移設・展開することも可能となることから、ロープを着生基質とした藻場造成手法について試験を実施した。平成23年3月に基質とするロープと母藻を設置し(図3),その後、幼胚着生状況の経過観察(藻体長,着生密度等の測定)を行った。



図3 ロープ設置と母藻の付いた山石

(2) 宇検村佐念

a 階段藻礁

白浜における階段藻礁による核藻場造成を実証するため、平成21年度から階段藻礁2基を設置し、母藻としたマジリモクの着生状況や生長状況の経過観察を引き続き行った。

また、昨年につき、階段藻礁に設置した食害防除カゴ内外に、当地の岸の水深1m未満の礫場に生育するキレバモクが着生した礫を設置し、藻体の経過観察(藻体長,着生密度等の測定)を行った(図4)。



図4 カゴを設置した階段藻礁(岸側)

b 幼胚添加状況調査

岸の水深1m未満の礫場にキレバモクが生育することから、平成23年3月にコンクリート製プレートを設置し、幼胚着生の有無を確認するため経過観察を行った(図5)。



図5 コンクリート製プレート(礫場)

c 食害対策試験

これまでの食害防除カゴ試験により、魚類による食害が確認されたことから、食害対策試験として、平成23年11月にマジリモクの幼胚が着生したプレートを設置(土台となるブロックの上に幼胚プレートを固定したものを縦6個×横4個の24個を配置)し、一部はその周囲に衝立式の網などを設置した試験区を設け、経過観察を行った(図6)。



図6 幼胚着生プレートと衝立式の網

2) リーフ性藻場

(1) 奄美市笠利町佐仁

a 食害調査

平成22年度にブロック上の藻体を食害防除カゴで覆い、食害確認調査を実施したところ、カゴ内の藻体のみ伸長したことから藻場形成に食害が影響していることが示された。佐仁では1年おきに藻場が形成されるが、平成23年は藻場形成年と見込まれることから、藻場非形成年との比較を行うため、前年に引き続き、平成22年9月に設置した食害調査カゴ内外の藻体長について経過観察を行った(図7)。



図7 食害防除カゴ(丸型)

b 幼胚添加状況調査

藻場において個体数を維持する方法としては、母藻からの幼胚添加による新規加入と付着器からの発芽による栄養繁殖がある。藻場の形成年(H23年は藻体が短いながらも藻場を形成)における幼胚添加による新規加入の有無を確認するため、藻体成熟期前の平成23年6月に、海底面の付着物を除去した区と除去しない区(対照区)を各4区設け、比較試験を行った(図8)。

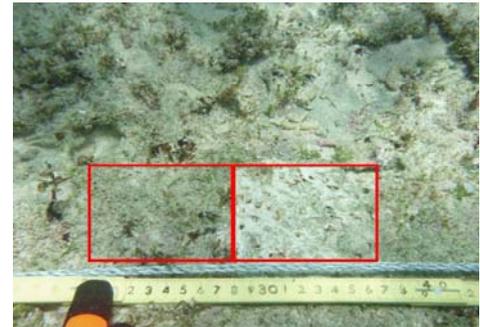


図8 試験区(右側)と対照区(左側)

【結果及び考察】

1 モニタリング調査

1) 環境調査

これまで、藻場形成と水温・水質との関係について検討したが、明確な関係は見いだされていない。

佐仁地区では1年おきに藻場が形成されるが、藻場形成年となった平成23年の藻体伸長期の水温(図9)についても、近年の変動の範囲内で推移していた。

藻場形成と環境要因との関係については、今後、日照、降水量等他の要因と合わせて検証していきたい。(図9)。

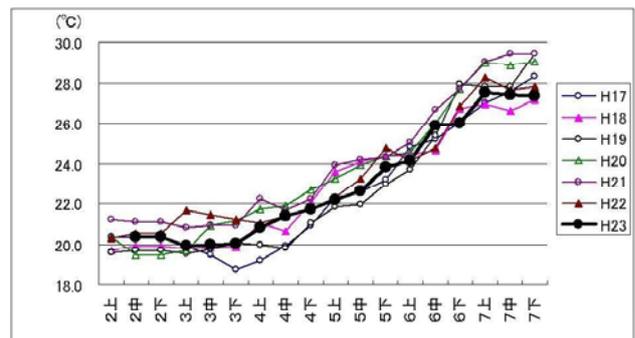


図9 H23年の日平均水温の推移

(○:藻場形成年, ●:藻場非形成年)

2) 天然藻場調査

(1) 内湾性藻場

白浜

岸の礫場では、平成14年度を最後にガラモ場の形成が確認されていなかったが、平成20年度に母藻添加(マジリモクを基質ごと移設)、平成21年度に礫を裏返す方法で付着基質面を更新したところ、平成22年から藻場の回復が見られ、4月には藻体長平均148.4cmのマジリモク藻場が形成された(図10)。

また、核藻場となる階段藻礁周辺に設置した山石にも藻体長平均222.8cmのマジリモクの繁茂

が見られた。(図11)。



図10 礫場に形成されたマジリモク藻場



図11 階段藻礁および周辺の山石に繁茂したマジリモク

佐 念

岸の水深 1 m 未満の礫場では、平成22年4月に藻体長30 cmまでのキレバモクが帯状に藻場を形成し、平成22年 7 月には幼芽が確認された。しかし、平成23年 3 月に藻体長 4 cm、4 月に 7 cm 程度と伸長せず、平成23年度は藻場が形成されなかった。

(2) リーフ性藻場

笠利町佐仁・用における平成12年以降のガラモ場形成状況を表 1 に示す。

平成23年度は、佐仁で最大藻体長13.0 cm、用では最大藻体長21.0 cmと、藻体は小型であったが、藻場が形成された。

表 1 佐仁・用における藻場形成状況

(: 藻場形成年 , - : 非形成年)

年度	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
佐仁	-		-		-		-		-		-	
用		-	-	-	-	-	-		-	-	-	

なお、佐仁においては隔年で藻場が形成されてきたが、平成21年、23年は藻体長が短く藻場非形成年との差が小さくなっていることから、今後の推移に留意する必要がある(図12)。

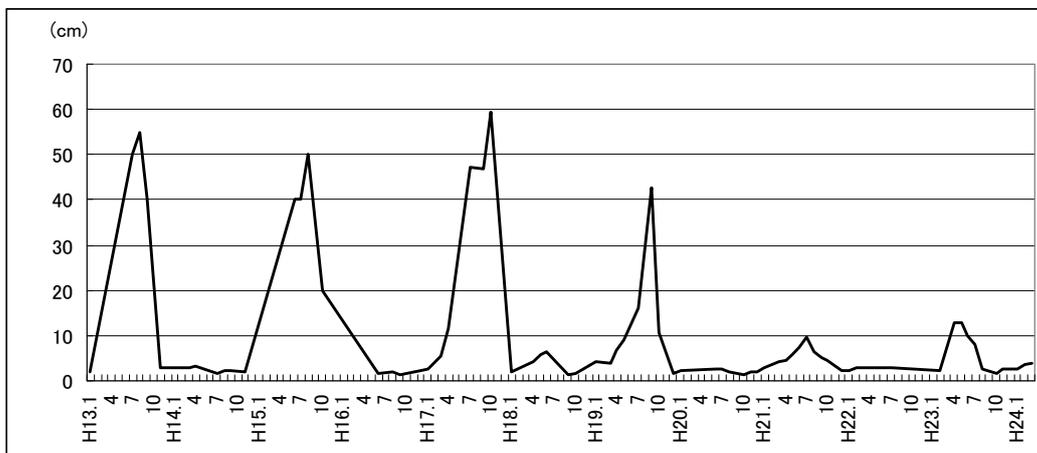


図12 佐仁における藻体長の推移

2 小規模藻場造成試験

1) 内湾性藻場（核藻場型造成試験）

(1) 瀬戸内町白浜

a 階段藻礁

平成23年4月中旬，階段藻礁上には藻体長平均243.5cmのマジリモクが繁茂，周辺に設置した山石にも藻体長平均222.8cmのマジリモクが繁茂し，階段藻礁が核藻場として継続的に機能していることが確認された。

なお，階段藻礁は砂地に設置されていることから，藻礁への砂の堆積や藻礁の埋没が見られ，海底に近い5～6段目の部分は砂に埋没し，着生していた藻体もほとんどが消失して藻礁としての機能を失った状況となった（図13）。

また，平成24年3月の階段藻礁1～4段の平均藻体長は4cmに満たないが，前年3月には90cmを超えており，平成24年3月時点では例年より伸長していない状況となっていた。

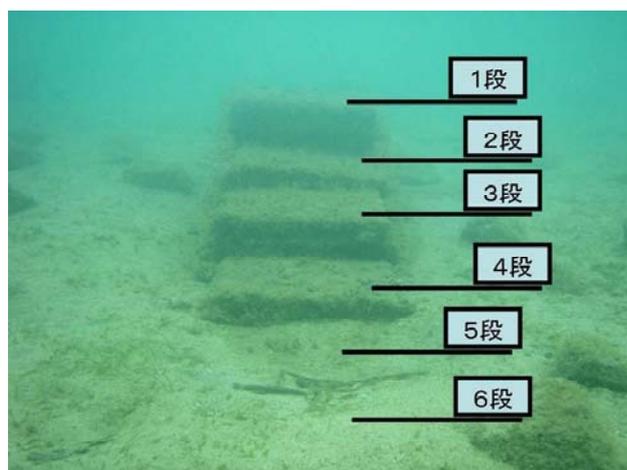


図13 埋没した階段藻礁5～6段目の状況

（H24年3月）

b ロープを用いた幼胚着生試験

ロープ上の幼体着生密度は5～35株/100cm²，平均14.0株/100cm²であった。

ロープの両端に固定用として設置したサンドバックは8～14株/100cm²，平均11.0株/100cm²の幼体着生密度であり，階段藻礁の最高着生密度は12.0株/100cm²であったことから，ロープはサンドバックや階段藻礁と同程度の幼胚着生密度が得られることが示された（図14～15）。

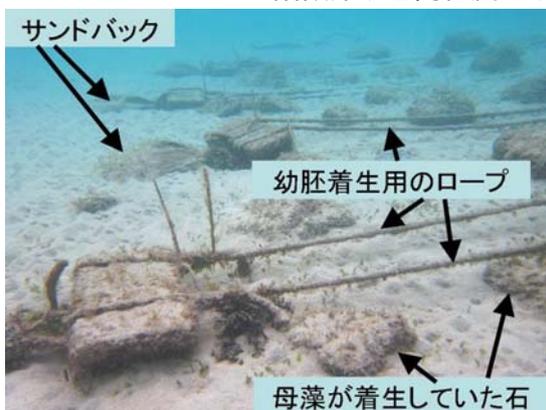


図14 ロープ設置状況



図15 ロープ上の幼体着生状況

(2) 宇検村佐念

a 階段藻礁

階段藻礁については，昨年同様，岸側では藻体はほとんど見られず，沖側では藻体は見られるが伸長しなかった。また，沖側は食害痕が見られ，魚類による食害が確認された。

食害防除カゴ内外に設置した礫上のキレバモクについては，カゴ内では平成23年4～5月には平均藻体長が20 cm以上に伸長したが，カゴ外では4～5月に平均藻体長が3cm以下と伸長してい

ない状況であった(図16)。

平成23年秋以降については、平成24年3月まで大きな伸長が見られなかったが、3月上旬のカゴ内における最大藻体長は17 cmと昨年同期の平均18cmと同程度であった。しかし、平均では4 cmと昨年よりかなり小型の藻体が多い結果となった。大きく伸長できた藻体が少なかった原因については不明であり、今後検証する必要がある。

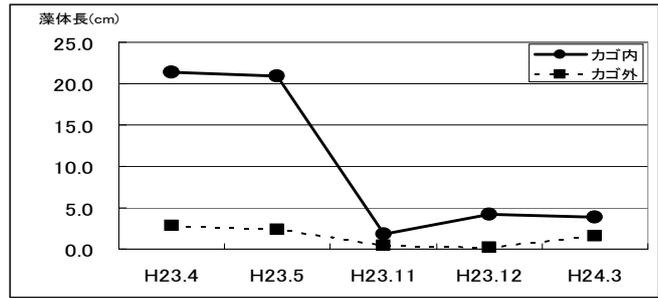


図16 カゴ内外のキレバモク藻体長推移

一方、カゴ外は平均2 cmと前年と同程度であり、前年同様に、カゴ外では魚類による食害を受けて伸長出来ないと考えられた。

b 幼胚添加状況調査

平成23年は、磯場のキレバモク平均藻体長が5 cm未満と伸長せず、藻場らしい景観が見られなかったが、5月には生殖器床が見られ成熟していることが確認された(図17)。平成24年3月には磯場に設置していたコンクリート製プレート上に平均藻体長3.8cm、着生密度14本/100cm²のキレバモク幼体が着生していた(図18)。

これらより、キレバモクは短い藻体でも成熟して生殖器床を形成し、周囲に幼胚を供給することが明らかとなった。



図17 キレバモク生殖器床



図18 コンクリートプレートに着生したキレバモク幼体

c 食害対策試験

平成24年3月現在、設置していたマジリモク幼体の平均藻体長は22~54 mmであった。白浜の通常年であれば3月には藻体長が50cmを超えるが、これと比較するとかなり小さい状況であった。

食害防止対策として衝立式の網などを設置した試験区と食害対策を行わなかった対照区に大きな差は見られず、全体的に食害痕が散見される状況であり(図19)、今後も経過観察を実施していく。

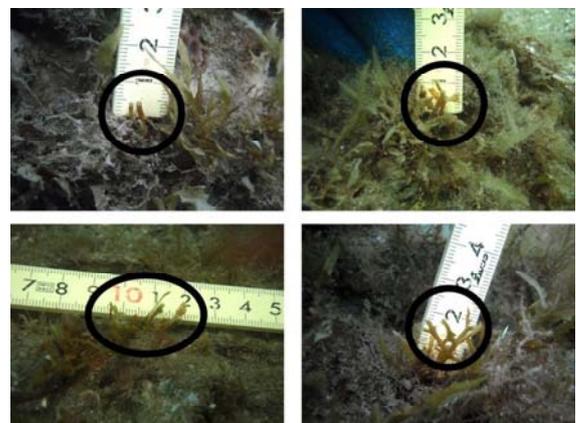


図19 マジリモクに見られた食害痕
(枝や葉に切り取られた様な痕がある)

2) リーフ性藻場

(1) 奄美市笠利町佐仁

a 食害調査

食害防除カゴ外の最大藻体長は、平成23年4～5月が13cmで、藻体が短いながらも藻場の景観を呈していたものの、その後徐々に短くなって10月には2.2cmとなった。

食害防除カゴ内の最大藻体長は、4月の20cmから10月の115cmへと伸長し、8月には繁茂した藻体でカゴ内が満たされた状態となった(図20～21)。その後、カゴ内の藻体は枯死流失し、平成24年2～3月には6センチ程度となり、4センチ程度のカゴ外との差が小さくなった。

平成23年は藻場形成年となることが見込

まれ、食害防除カゴ内はもちろんカゴ外も藻体が伸長することが予想されたが、最大藻体長は13cmと小型で、藻体長が40cmを超えていた平成19年以前の藻場形成年とは状況が異なった。

前年と同様に、カゴによる食害防除によってカゴ内の藻体がカゴ外よりも大きく伸長したことから、当地における藻場形成阻害要因のひとつが食害であるということが再確認された。



図20 食害調査カゴ設置状況とカゴ内部の状況(8月)

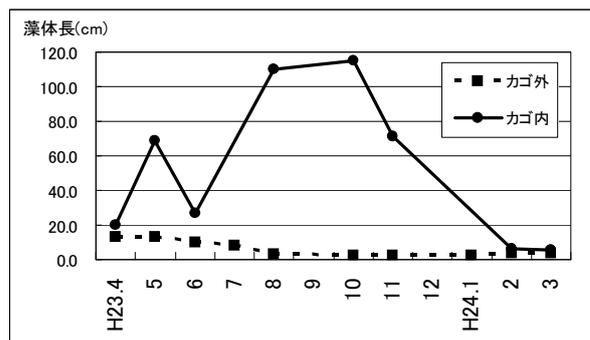


図21 食害調査カゴ内外の最大藻体長推移

b 幼胚添加状況調査

平成24年3月現在、海底面の付着物を除去した4区のうち1区に藻体を確認された(図22)。

これについては、海底面の穴や窪みに着生していたホンダワラ類の付着器が完全に除去されず、残った付着器から発芽した可能性も考えられるため、幼胚添加による新規加入があったと判断することは困難であるが、経過観察を実施していくとともに試験方法についても検討する必要がある。



図22 付着物除去区に見られた藻体
(平成24年3月、白丸内に数株が着生)