

長崎県における磯焼け対策ガイドライン (平成 30 年度改訂版)



平成 30 年 8 月

長崎県水産部

挨拶（まえがき）

長崎県沿岸では温暖化の影響により、藻場を取り巻く環境はこの20年近くの間大きく変化し、アラメ・カジメ類の葉状部欠損現象やヒジキの生育不良現象など、これまでみられなかった大型褐藻類の衰退現象が発生し、磯焼けの拡大が深刻化しています。このような環境変化のなかで、衰退した藻場を回復させるには、藻場の変化の実態や消失した原因を明らかにし、状況に応じた対策を講じる必要があります。

長崎県水産部では、磯焼け対策に関する調査・研究の成果を、「長崎県における磯焼け対策ガイドライン」として平成24年度に取りまとめ、温暖化対応の新たな手引きとして、その普及に努めてまいりました。

平成28年度には、県内の藻場を10年間で2,000ヘクタール回復させることを目標とした「長崎県藻場回復ビジョン」を策定し、漁業者自らが地先の藻場を管理する「藻場見守り隊」が結成されるなど地域と行政が一体となって目標の達成を目指しています。

このように、藻場の維持・回復は本県の重要課題であり、県内各地では漁業協同組合を中心に藻場回復の取り組みが積極的に行われています。しかし、ガイドラインを作成してから6年が経過していることから、新たな藻場造成に関する知見や皆さんの活動成果も着実に増えてきているため、これを機に最新の情報を掲載したガイドラインの改訂版を作成しました。

本冊子が、「藻場見守り隊」活動などに大いに活用され、これまで以上に藻場の回復に役立てられることを期待しています。今後も皆さんとともに磯焼け対策を進めていくために、さらなる成果や知見をガイドラインにより紹介させていただきますので、引き続き、ご協力をお願い申し上げます。

平成30年8月

長崎県水産部長 坂本 清一

はじめに

磯焼けは、気象海況の異変、植食性動物の食害、人間活動など変動する様々な要因が複雑に影響して引き起こされており、消失した藻場を直ちに回復させることは容易ではありません。水産庁では、平成18年に、磯焼け対策を行う漁業者の技術的サポートを目的に、「磯焼け対策ガイドライン」を策定し、平成28年には新たな知見を取り入れるなど、改訂版が公表され、全国各地で活用されているところです。

長崎県では、さらにより効率的な磯焼け対策を進めるために本県の海域特性に合わせた県独自の「長崎県における磯焼け対策ガイドライン」を平成24年度に策定し藻場の回復に取り組んできましたが、6年が経過し、温暖化の環境変化に応じた藻場造成に関する新たな知見や皆さんの活動成果事例が蓄積されてきましたので、この度、ガイドラインの改訂を行いました。

本冊子は、第1～4章と資料集からなり、現場での藻場造成活動が円滑に進められるように、造成作業の手順に沿った構成に再編しております。第1章では藻場造成を行う前の準備作業から実施後のモニタリングまでの全体の流れについて整理しています。第2章では藻場造成の実践にあたりその参考となる県内各地で皆さんが取り組まれた“活動成果事例”と水産試験場による“実証試験”の最新情報について整理しています。第3章では藻場造成の共通作業である“海藻の種の供給”と“植食性動物対策”についての様々な方法（要素技術）を整理しています。第4章では資料集と併せて、増殖対象種の選定や食害対策に必要な海藻および植食性動物の種類、分布、生態的特徴を基礎資料として取りまとめました。これらに加えて、コラムの充実を図り、藻場造成に関する具体的な技術や知見について、できるだけ詳しく解説しています。さらに、本冊子と水産庁の「磯焼け対策ガイドライン」（改訂版）および本県の平成24年度版の「長崎県における磯焼け対策ガイドライン」を併せて活用していただくことで、藻場造成に関する見識が一層深まるものと考えております。

藻場造成に関する知見は、いまだ十分とは言えません。温暖化の継続等により藻場および藻場を取り巻く環境はさらに変化していくことが予測されます。そのため、モニタリングの継続と環境変化に応じた藻場造成技術の改良・開発を引続き行っていく必要があります。藻場の衰退や磯焼けが拡大するなか、本ガイドラインの活用によって、皆さんの活動がより効率的に進められることを期待しております。

目次

第1章 藻場造成の準備

1-1 藻場造成を行う前の作業手順	1
(1) 藻場回復計画の作成	2
(2) 藻場の実態把握と回復阻害要因の特定(推定)	2
(3) “藻場の類型化”に基づく造成する藻場の種類と増殖対象種の選定	4
(4) 藻場造成の作業内容(要素技術)の選択と実施体制づくり	7
(5) 藻場の管理方法の検討および管理体制づくり	7
1-2 藻場造成の実施と効果の検証(実施と検証)	8
(1) 藻場回復計画の進捗状況の把握	8
(2) 効果の把握と課題の整理	8

第2章 環境変化に応じた藻場造成の取り組み事例

2-1 水産試験場による“藻場の類型化”に基づいた藻場造成試験	10
(1) 西海市大瀬戸町地先における“春藻場”造成試験(2008~2010年)	11
(2) 長崎市南越町地先における“四季藻場”造成試験(2008~2010年)	15
(3) 西海市大島町および北松浦郡小値賀町地先における“春藻場”大規模造成実証事業(2011~2015年)	18
2-2 県内各地における藻場造成の活動成果事例	29
(1) 壱岐市郷ノ浦町大島地先におけるアラメ“核藻場”造成後の効果調査(2007~2010年)	29
(2) 長崎市三重地先における“春藻場”造成(2008~2009年)	35
(3) 長崎市高浜地先における“春藻場”造成(2010~2012年)	37
(4) 五島市久賀島地先における“春藻場”造成(2011~2013年)	39
(5) 佐世保市浅子地先における“春藻場”造成(2013~2015年)	40
(6) 諫早市江の浦地先におけるクロメ、ヒジキの増殖(2014~2016年)	42
(7) 佐世保市北九十九島地先における“春藻場”造成(2015~2016年)	44
2-3 民間企業の提案した藻礁例(藻場回復新技術導入実践事業)	47
(1) 多孔質の着定基質を用いたヒジキの増殖(日本リーフ株式会社)(2015~2017年)	47
(2) 着脱式鋳物基質を活用した藻場の拡大(中山製網所九州営業所)(2015~2016年)	48

第3章 藻場造成に関する要素技術

3-1 海藻の種の供給、種苗や母藻の移植・設置	50
(1) 海藻の種の供給	50
【コラム 3-1-1】新長崎漁港内における流れ藻調査	(70)
(2) 種苗・藻体の移植	51

3-2 植食性動物対策	52
(1) ウニ対策	52
【コラム 3-2-1】ウニフェンス（ハードル）の製作と設置	(72)
(2) 魚対策	53
【コラム 3-2-2】新長崎漁港内における雑魚籠によるアイゴ漁獲試験 ..	(73)
【コラム 3-2-3】新上五島町地先における植食性魚類の駆除装置の開発 ..	(75)
【コラム 3-2-4】アイゴを対象とした刺網漁具の検討	(76)
【コラム 3-2-5】ノトイスズミを対象とした刺網漁具の検討	(78)
【コラム 3-2-6】小値賀町稗崎地先における刺網による植食性魚類の駆除	(80)
【コラム 3-2-7】西海市大島地先の定置網漁獲調査	(81)
【コラム 3-2-8】植食性魚類の有効利用	(83)

第4章 藻場造成における基礎資料

4-1 長崎県沿岸における温暖化の影響による藻場の変化	55
(1) 藻場の変化	55
(2) 大型褐藻類の分布変化	55
【コラム 4-1-1】1978年と2007・2008年の比較による県内15箇所の大 型褐藻類の分布変化	(86)
【コラム 4-1-2】2001～2017年における長崎市樺島・野母地先の藻場の 変化	(89)
【コラム 4-1-3】2013年夏の高水温によるアラメ・カジメ類への影響 ..	(95)
4-2 魚類の食害による大型褐藻類の衰退現象	56
(1) 魚類の嗜好性による影響	56
(2) 食害を受けた場合の海藻の回復力の違いによる生残への影響 ..	56
(3) 食害による海藻の種（生殖細胞）の供給量（再生産）への影響 ..	57
【コラム 4-2-1】アラメ・カジメ類の葉状部欠損現象	(97)
【コラム 4-2-2】ヒジキの生育不良現象	(99)
4-3 長崎県沿岸でみられる海藻	59
(1) コンブ類（コンブ目）	59
(2) ホンダワラ類（ヒバマタ目）	61
(3) 主要な小型海藻類	63
4-4 長崎県沿岸でみられる植食性動物	64
(1) ウニ類	64
(2) 植食性魚類	64
【コラム 4-4-1】植食性魚類の摂食痕の特徴	(101)
【コラム 4-4-2】植食性魚類の摂食選択性	(104)
(3) その他植食性動物	65
4-5 “海藻バンク”の整備状況	65

資料集	107
1. 長崎県沿岸で見られる主な海藻	108
(1) 大型褐藻類：コンブ類（コンブ目）	108
(2) 大型褐藻類：ホンダワラ類（ヒバマタ目）	110
(3) 小型海藻類	116
2. 長崎県沿岸で見られる主な植食性動物	119
(1) 魚類	119
(2) ウニ類	121
(3) 貝類	123
索引	126

— コラム一覧 —

【コラム 3-1-1】 新長崎漁港内における流れ藻調査	70
【コラム 3-2-1】 ウニフェンス（ハードル）の製作と設置	72
【コラム 3-2-2】 新長崎漁港内における雑魚籠によるアイゴ漁獲試験	73
【コラム 3-2-3】 新上五島町地先における植食性魚類の駆除装置の開発	75
【コラム 3-2-4】 アイゴを対象とした刺網漁具の検討	76
【コラム 3-2-5】 ノトイスズミを対象とした刺網漁具の検討	78
【コラム 3-2-6】 小値賀町稗崎地先における刺網による植食性魚類の駆除	80
【コラム 3-2-7】 西海市大島地先における定置網漁獲調査	81
【コラム 3-2-8】 植食性魚類の有効利用	83
【コラム 4-1-1】 1978年と2007・2008年の比較による県内15箇所の大型褐藻類の分布変化	86
【コラム 4-1-2】 2001～2017年における長崎市樺島・野母地先の藻場の変化	89
【コラム 4-1-3】 2013年夏の高水温によるアラメ・カジメ類への影響	95
【コラム 4-2-1】 アラメ・カジメ類の葉状部欠損現象	97
【コラム 4-2-2】 ヒジキの生育不良現象	99
【コラム 4-4-1】 植食性魚類の摂食痕の特徴	101
【コラム 4-4-2】 植食性魚類の摂食選択性	104

第1章 藻場造成の準備

近年の温暖化の影響により、藻場の回復阻害要因として、これまで問題にならなかった植食性魚類の食害が顕在化し、藻場の形成時期や構成種が大きく変化しています。これは、水温の上昇^{1~3)}により魚の摂食活動が長期化および活発化し、魚の摂食圧が以前より強くなったため、海藻の生産量と魚の摂食圧のバランスが崩れたことが原因と考えられます。このため、魚の食害に対して耐性の弱い種類が衰退・消失し、耐性の強い種類が優占する植生の変化が起きています。

本県の藻場の主構成種であるアラメ・カジメ類では、魚の食害が顕在化したことにより、県内の多くの場所では網囲い等により魚の食害から防護しないと残存できなくなっています。一方、県北部海域を主体に食害が比較的弱い場所では、これまでと同様に網囲い無しにアラメ・カジメ類を増やせる地域もあります。

長崎県は南北に長い海岸線と大小様々な諸島、入り江、湾など複雑な沿岸地形を有し、九州北西岸を北上する対馬暖流の影響を受け、藻場を取り巻く環境は海区や地域で、あるいは局所的に異なり、温暖化による影響も一様ではありません。

このため、藻場造成を計画する場合、漁場ごとに藻場の実態を把握し、これまでの磯焼け対策と同様に藻場の回復阻害要因を特定（推定）し、その要因を排除する対策を検討する必要があります。藻場造成は、人為的に海藻群落の更新過程を早めることですが、変動する様々な環境要因の影響を受けるため、計画通りに機械的に進めることは困難です。長期的な藻場の回復計画と目標を立て、進捗状況を検証しながら作業の修正を繰り返し、目標達成に向けた取り組みを継続していくことが必要です。

1-1 藻場造成を行う前の作業手順

藻場造成を計画する際には、いつ、どこで、だれが、どのように行っていくのか計画書を作成し、効率的に確実に成果が得られるよう、万全の体制を整えて取り組む必要があります。

キーワード1 藻場造成の準備：作業手順

- (1) 藻場回復計画の作成
- (2) 藻場の実態把握と回復阻害要因の特定（推定）
- (3) “藻場の類型化”に基づく造成する藻場の種類と増殖対象種の選定
- (4) 藻場造成の作業内容（要素技術）の選択と実施体制づくり
- (5) 藻場の管理方法の検討および管理体制づくり

(1) 藻場回復計画の作成

① 藻場回復ビジョンに基づく地域の藻場回復計画における位置付け

藻場の回復や管理は地域全体の問題であり、平成28年度から地域毎に藻場回復計画の策定が始まり、漁業協同組合を基本単位として結成された“藻場見守り隊”の活動が進められているところです。そのため、藻場造成を考える場合には、地域の藻場回復計画に基づいて行う必要があります。

② 藻場造成の具体的な取り組み内容の検討

地域の藻場回復計画における位置付けが決まれば、次に、いつ、どこで、どのような活動を実施し、その評価をどのように行うのか、具体的な藻場造成の取り組み内容を決めます。

キーワード2 藻場造成の準備：取り組み内容

- 計画と目標：年次計画と長期計画、各々の達成目標
- 作業体制：構成員、リーダー、連絡網等の作業をスムーズに行う体制づくり
- 作業内容（要素技術）：地元の実状に応じた藻場造成に必要な方法の選択
- 効果の把握と活動評価：モニタリング方法、報告会や検討会等の開催

(2) 藻場の実態把握と回復阻害要因の特定（推定）

海藻の分布や生育状況、ウニ・巻貝の生息密度や魚の食害の発生状況等、藻場造成を計画する漁場および周辺域の現状がどのような状態にあるのかを把握し、藻場の回復阻害要因が何かを特定（推定）する必要があります。

① 藻場の実態把握

温暖化の影響による漁場環境の変化により、藻場の現状および変化の実態を把握し（第4章4-1、p.55～）、造成する“藻場の種類”と“増殖対象種”を選定する際の判断資料とします。

⇒ “藻場の類型化”に基づく造成する藻場の種類と増殖対象種の選定（第1章1-1、p.4～）

また、市や町によっては、藻場調査を実施し、“漁場台帳”等の藻場に関する調査報告書等の資料が整備されている場合がありますので、ご確認下さい。

キーワード3 藻場造成の準備：調査内容

- 海藻の分布：出現種、被度、分布水深、生育状況、食害の発生状況等
- 植食性動物の分布：生息状況、出現種、漁獲・混獲状況、分布情報等
- 漁場環境の把握：底質、水深、沿岸・海底地形、汚れ（堆積物）、濁り等
- 情報収集：文献、報告書等の資料や聞き取り情報等

キーワード4 温暖化：藻場の変化

コラム4へ

- 4-1-1 1978年と2007・2008年の比較による県内15箇所の大型褐藻類の分布変化 p.86
- 4-1-2 2001～2017年における長崎市樺島・野母地先の藻場の変化 . . . p.89
- 4-1-3 2013年夏の高水温によるアラメ・カジメ類への影響 p.95

キーワード5 温暖化：大型褐藻類の異常現象

コラム4へ

- 4-2-1 アラメ・カジメ類の葉状部欠損現象 p.97
- 4-2-2 ヒジキの生育不良現象 p.99

② 藻場の回復阻害要因の特定（推定）

- ◆磯焼け対策は、磯焼けの発生および継続要因（藻場の回復阻害要因）を排除することが基本ですが、⁴⁾ これまで報告されている藻場の回復阻害要因は、天候や海況の変化、植食性動物の食害、栄養塩の欠乏、公害など様々で、複合的な場合や地域による違いもみられ、⁴⁾ 全てを特定することは困難です。
- ◆そのため、主因を明らかにし、その対策から取り組むことが効率的と言えます。 主因を特定する場合、通常は調査資料等の状況証拠から推定される主因の“仮説”を立て、実証試験により仮説が正しかったか否かを確認します。 立証できなければ仮説が間違っていたことになり、主因は別にあることとなります。
- ◆長崎県における磯焼けの発生および継続要因は、キーワード6のとおりです。 磯焼けは発生後に問題化するため、発生要因を特定することは難しく、情報も少ないことから、本県沿岸でみられる磯焼けの発生原因はほとんどわかっていないのが現状です。 しかし、継続要因は現状を調べることである程度特定することは可能です。 これまでの調査から、本県各地の磯焼けの多くは強い波浪や魚の食害等による何らかの藻場の破壊がきっかけとなり、続いて起こる植食性動物の食害や海藻の種の供給不足などが加わって起こっているものと考えられます。⁵⁾
- ◆ここでは、共通した藻場の回復阻害要因である、ウニ・巻貝の食害、魚の食害、漁場環境についての特定方法を記します。

キーワード6 長崎県における磯焼けの発生または継続要因

- 植食性動物の食害（ウニ・巻貝、魚）
- 台風等による藻場の破壊
- 高水温の影響によるアラメ・カジメ類の流出

○ ウニ・巻貝の食害

- ・潜水調査や箱メガネ等で、ウニ・巻貝の生息密度を把握します。
- ・適正な生息密度は、藻場が維持されている漁場の調査結果から、100g/m²⁶⁾等が目安とされ、ムラサキウニ1個体が20gとすると、5個体/m²となります。

○ 魚の食害

- ・魚の食害の影響を調べるには、海藻を移植し、その後の生残状況を観察することや、食害防護用の網等を海藻に被せる試験区と網等を被せない対照区を設け、海藻の生育状況を比較することで確認できます。試験区と対照区で生育状況に差がなければ魚の食害以外に原因があると判断されます。
- ・原因種の特定には、海藻に残された摂食痕（コラム4-4-1、p.101）、消化管内容物調査、ビデオやカメラ（インターバルカメラ等）による撮影等の方法があります。

○ 漁場環境

- ・台風や時化、高水温等の異常現象による海藻への影響は、その発生前と発生後の海藻の生育状況を比較することで確認できます。そのためには、常日頃から藻場の状況を把握しておく必要があります。
- ・光不足、高水温、栄養不足、浮泥の堆積等については、継続的な調査や計測、および分析機器が必要となり、実施にあたっては十分な検討が必要です。調査の詳細については、“改訂磯焼け対策ガイドライン（水産庁2015）”を参考にして下さい。
- ・水質基準について、水産生物の保護のため自然水域環境の有機物（COD、BOD）、全窒素、全リン、溶存酸素（DO）、水素イオン濃度（pH）、懸濁物質（SS）等、“水産用水基準”として取りまとめられていますので参考にして下さい。⁷⁾

（3）“藻場の類型化”に基づく造成する藻場の種類と増殖対象種の選定

① 藻場の類型化

温暖化の影響により、藻場の形成時期や構成種に変化がみられるため、藻場がどのような状態にあるのか把握し、藻場の変化の状況に応じた対策を講じる必要があります。

藻場の状態をタイプ分けしたのが“藻場の類型化”です。これは、魚等の植食性動物の食害（食圧）の程度から、藻場の形成時期の違いにより、“四季藻場”、⁸⁾ “春藻場”、⁸⁾ “磯焼け”に大別し、藻場の構成種類の違いにより、アラメやカジメ、クロメ等からなる“アラメ・カジメ場”、ホンダワラ類からなる“ガラモ場”、ワカメやアントクメからなる“ワカメ場”および“アントクメ場”、これらの“混成藻場”に小別し、それぞれの藻場の代表的な海藻種を整理したものが“藻場の類型表”

表 1-1 長崎県沿岸における藻場の類型表

項目	形成時期別区分	項目	構成種別区分	主要構成種	
				グループ分け	種類
A	四季藻場	A-1	アラメ・カジメ場	多年生コンブ類	アラメ、カジメ、クロメ等
		A-2	混成藻場	A-1,A-3のグループ	A-1,A-3の種類
		A-3	ガラモ場	多年生ホンダワラ類	ヤナギモク、ジョロモク、マメタワラ、ヤツマタモク、ノコギリモク、ヨレモク、トゲモク、イソモク、エンドウモク、ウスバノコギリモク等
B	春藻場	B-1	ガラモ場	多年生ホンダワラ類(南方系種)	キレバモク、ツクシモク、マジリモク、ヒイラギモク、ウスバモク等
				多年生ホンダワラ類	マメタワラ、ヤツマタモク、イソモク、エンドウモク、ウミトラノオ等
				1年生ホンダワラ類	アカモク、シダモク
		B-2	ワカメ場	1年生コンブ類	ワカメ
		B-3	アントクメ場	1年生コンブ類(南方系種)	アントクメ
		B-4	混成藻場	B-1～3のグループ	B-1～3の種類
C	磯焼け	C-1		小型海藻類(コンブ類、ホンダワラ類以外の海藻)	サンゴモ類(無節・有節) ミル類、アミジグサ類(ハリアミジグサ、シワヤハズ、ヘラヤハズ、ウミウチワ等)、カヤモノリ類(フクロノリ等)、テングサ類(マクサ、オバクサ等)、ムカデノリ類、ソゾ類等

です(表 1-1)。

② 四季藻場と春藻場

藻場は季節的な消長により現存量が変動しますが、アラメ・カジメ場で代表されるように周年形成される藻場を“四季藻場”、春～初夏にのみ藻場が形成され、晩夏～冬には外観上海藻の生育がみられず、磯焼けの景観を示す藻場を“春藻場”として区別しています(図 1-1、1-2)。

◆四季藻場

- 従来からみられる藻場で、多年生コンブ類からなるアラメ・カジメ場、多年生ホンダワラ類からなるガラモ場、これらの混成藻場に区別されます(表 1-1)。
- アラメ・カジメ場は、構成種からアラメからなるアラメ場、カジメからなるカジメ場、クロメからなるクロメ場などに区別されることもあります。
- 多年生コンブ類では、アラメ、カジメ、クロメ、ツルアラメの4種がみられます(表 4-4: 第4章 4-3、p. 59)。
- 多年生ホンダワラ類では、ヤナギモク、ジョロモク、マメタワラ、ヤツマタモク、ノコギリモク、ヨレモク等の20種以上がみられます(表 4-5: 第4章 4-3、p. 59)。

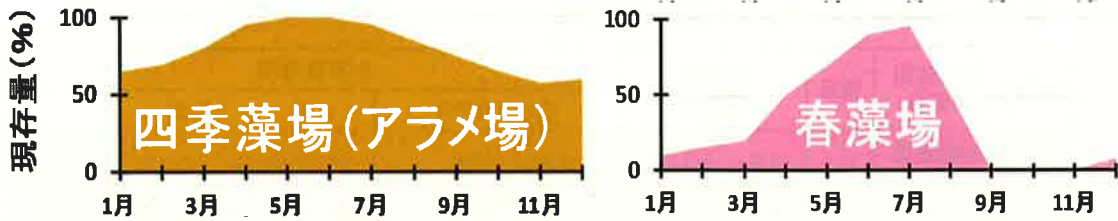


図1-1 四季藻場と春藻場の海藻現存量の消長模式図

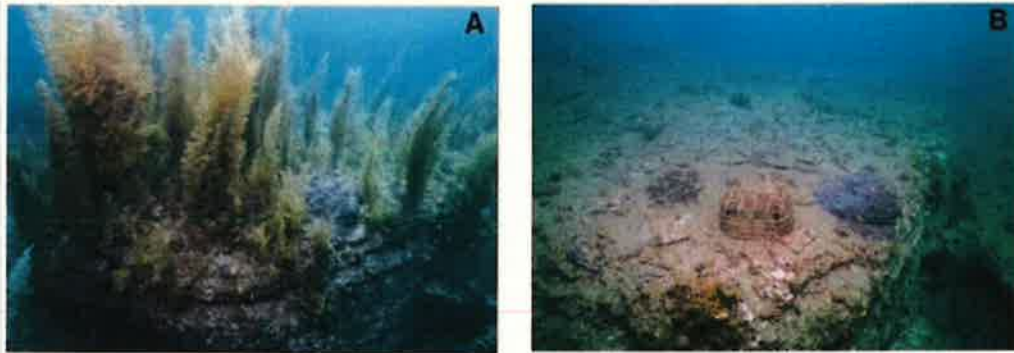


図1-2 春藻場の景観（同一岩盤上の初夏：Aと秋：B）

- “四季藻場”は、周年海藻が分布していることから、魚の食害は比較的少なく、あるいは魚の食害が強くても海藻の現存量が多いため藻体あたりに受ける魚の食害が弱い環境下にあると考えられます。

◆春藻場

- “春藻場”は、温暖化の影響により魚の食害が強い環境下で形成される藻場で、多年生および1年生ホンダワラ類からなるガラモ場、1年生コンブ類からなるワカメ場、アントクメ場、これらの混成藻場に区別されます（表1-1）。
 - 構成種は、多年生のホンダワラ類と、1年生のホンダワラ類およびコンブ類からなります（表1-1）。
 - 多年生ホンダワラ類では、南方系ホンダワラ類（キレバモク、ツクシモク、マジリモク等）と“四季藻場”を構成する一部の種類（マメタラワ、ヤツマタモク、エンドウモク、イソモク等）です。
 - 1年生コンブ類では、ワカメ、アントクメ等です（第4章4-3、p. 60）。
 - 1年生のホンダワラ類では、アカモクが代表的な種です（第4章4-3、p. 62）。
- このように、“四季藻場”や“春藻場”を構成する大型褐藻類は、“四季藻場”では従来からみられた“在来種”のなかで、ワカメやアカモク等の1年生種を除いた種類となり、“春藻場”では、これまであまりみられなかった南方系ホンダワラ類を主体に、在来種のマメタラワやヤツマタモク等の多年生種とワカメ、アカモク等の1年生種が含まれます。特に、“マメタラワ”や“ヤツマタモク”等は生育状況

によって、“四季藻場”と“春藻場”の両方の構成種になり(表1-1)、これらの種類の特徴は、根(付着器)のみとなっても生育環境が整えば、再生できることです(第4章4-2、p.56へ)。

③ 増殖対象種の選定

増殖対象種は、表1-1に示す“四季藻場”と“春藻場”の主要構成種の種類が該当しますが、環境条件や魚の食害の程度の違いにより、漁場によって生育する海藻種が異なる場合があります。そのため、漁場毎に、現在の環境変化に適した種類(増殖対象種)が何かを見極める必要があります。

そこで、以前と現在の海藻の分布状況を比較して、海藻の種類を3タイプに分けます。

- 1) 現在みられなくなった“消失種”
- 2) 以前と変わらない“維持種”
- 3) 新しくみられる“新出種”

増殖対象種には“維持種”や“新出種”を用います。“維持種”と“新出種”は、現在の漁場環境で生育していることから、その漁場の環境変化に適した種類と考えられます。なお、過去の資料がない場合には、藻場造成を行う漁場やその周辺において、現在の海藻の分布状況を調査して生育している海藻種を増殖対象種選定の参考にします。

(4) 藻場造成の作業内容(要素技術)の選択と実施体制づくり

① 作業内容の検討(要素技術の選択)

藻場造成の一般的な作業は、ウニ駆除と母藻設置ですが、駆除や設置には様々な方法(“要素技術”)があり、それぞれ長所と短所があります。活動組織の規模や地域の環境特性に応じて、現場に対応した“要素技術”を選ぶ必要があります(第3章、p.50へ)。

② 実施体制の整備

藻場造成を計画的、効率的に行うには、組織をまとめるリーダーの存在や連絡体制の整備などが求められ、活動をマネジメントする組織づくりと運営する体制づくりが必要になります。

(5) 藻場の管理方法の検討および管理体制づくり

① 造成藻場の維持・管理の体制づくり(藻場見守り隊活動)

造成した藻場を維持し、継続的に利用するためには常日頃から藻場の状態を把握する必要があります。ウニの増加や時化等による藻場の破壊等の異変をいち早く察知するため、藻場の監視体制や対策を協議する体制づくりが必要です。

1-2 藻場造成の実施と効果の検証（実施と検証）

藻場造成の準備が整えば、いよいよ造成作業の実施ですが、実施において計画どおりの進捗かどうか、モニタリングにより目標値の達成状況を評価し、目標達成に向けて計画や作業内容の修正を行っていく必要があります。

キーワード7 藻場造成活動の評価

- (1) 藻場回復計画の進捗状況の把握：作業の点検と修正
- (2) 効果の把握と課題の整理：藻場回復計画、作業内容、目標値等の修正

(1) 藻場回復計画の進捗状況の把握

藻場回復の作業計画に基づいて、ウニ駆除や母藻設置の回数、駆除量や設置量等が予定通りに実施できているのか適宜進捗状況を把握しながら進めていく必要があります。

しかし、作業を進める中で、様々な問題が発生することが想定されます。例えば「ウニ駆除が思うように進まない」、「十分量の母藻が確保できない」、「台風等で設置したウニフェンスや母藻が消失した」等、作業を進めながら直面する問題の解決に向け、当初の計画や方法を修正していく必要があります。

そのため、予め計画段階で想定される問題への対処方法や不測の事態に備えた対応も十分検討しておく必要があります。

(2) 効果の把握と課題の整理

ウニ駆除や母藻設置等の作業が完了しましたが、これで藻場回復活動が完了した訳ではありません。これらの大変な作業を行った結果、成果があったのか否か、計画や目標値に対する達成度はどうであったのかを評価する必要があります。

これは、長期計画に基づき、これまでの作業が無駄にならないように、成果と課題を整理し、課題を改善することで、次のあるいは次年度以降の取り組みの成果に繋げるものです。

例えば、海藻の増殖では、目標値に達することができなかった場合、どこに問題があっ



図1-3 母藻設置効果を確認するための観察用の基質（カキ殻）およびその表面に着生したアカモク幼体（矢印）

観察用基質：用いたカキ殻は予め穴を空けておき、母藻設置用の錘として用いた土嚢上に結束バンドで固定したもの

たのかを明らかにし、作業内容を修正していくことです。海藻を増殖する場合、まず、母藻の設置により、海藻の種（生殖細胞）が供給されて確実に着生していることが最も重要なことです。そのため、ホンダワラ類では基質に着生すればその直後から肉眼視することは可能なので、母藻の設置場所に、取り上げて観察できるような基質を予め設置しておくことも1つの方法でしょう（図1-3）。藻場造成作業の1つ1つの課題について、問題が発生した場合、原因究明に繋がるような対策を検討しておく必要があり、“試験区”と“対照区”の設定は、原因を明らかにする上で最も重要かつ基本的な方法です。

次に母藻設置の評価事例を示しますので、参考にしてください。

母藻設置効果の評価事例

- 母藻の種類：増殖対象種として適正であったのか？
- 母藻の成熟状態：設置時の成熟状態に問題はなかったのか？
- 母藻の設置量：適切な母藻の量であったのか？
- 母藻の設置期間：種の供給できる健全な状態がどれくらいの期間保持できたのか（設置方法の問題、台風等の時化による流出はなかったか等）？
- 種の供給：目的の場所（基質）に十分量の種が供給（着生）できたのか？
- 種の着生後の幼体の生育：成長、生残、食害の発生状況など生育状況を把握し、異常が発生した場合の原因究明につながる観察（調査）ができたのか？

参考資料

- 1) 福岡海洋気象台 (2016) : 九州・山口県の気象変動監視レポート 2016.
- 2) 桐山 (2009) : 長崎県沿岸の近年における大型褐藻群落の衰退現象に関する研究, 長崎県総合水産試験場研究報告, **35**, 15-78.
- 3) 前川 (2012) : 女島付近における海面水温について (ノート), 長崎県総合水産試験場研究報告, **38**, 11-13.
- 4) 水産庁 (2015) : 改訂磯焼け対策ガイドライン.
- 5) 四井 (1999) : 九州沿岸における藻場修復, 水産学シリーズ 120 磯焼けの機構と藻場修復 (谷口編), 恒星社厚生閣, pp.111-120.
- 6) 四井・前迫 (1993) : 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復試験, 水産増殖, **41**, 67-70.
- 7) 社団法人日本水産資源保護協会 (2013) : 水産用水基準第7版 (2012年版).
- 8) 吉村ら (2009) : 長崎市沿岸に広がる“春藻場”とは? -その実態と今後の課題について-, 月刊海洋, **41**, 629-636.

対象種としたキレバモクとマメタワラの他に、春藻場構成種の1種である1年生のアカモクと四季藻場構成種の1種のノコギリモクを用い(図2-3)、スポアバックにより設置し、増殖対象種としての有効性および四季藻場造成の可能性を調べました。

【結果】ウニ・巻貝の駆除は、母藻設置に合わせ5月から行い目標値の100 g/m²以下とした後、10、11月、翌年1、2月と継続的に行い、2年目の夏までは目標値を維持しました(図2-4)。しかし、生息密度は駆除しきれなかったものや周辺からの侵入に加え、毎年、夏～秋の当歳ウニの加入による増加がみられました。

次に水深別の海藻の分布状況を図2-5に示します。試験開始の2008年5月では、大型褐藻類はほとんどみられず、フクロノリが優占していました。5～7月の母藻設置後、8月にはホンダワラ類の幼体が確認され、幼体数は徐々に増加して翌年2月に最多となり、その後は徐々に減少しました。藻長は2～3月から急速に伸長し、アカモクでは5月まで、キレバモクとマメタワラでは7月まで成長がみられ、試験開始の翌年春～夏にはアカモクを主体とするホンダワラ類の繁茂がみられました。9月にはホンダワラ類は全て枯死・流出し、外観上の分布はみられなくなり、11月になると幼体が目に付き始め、翌年の1～2月には生育数の増加や藻長の伸長がみられました。

2010年5月では、ホンダワラ類の成長は昨年より悪く、アカモクでは成熟が確認されたものの被度は昨年の濃生から点生へと減少しました。キレバモクやマメタワラ等では、7月に浅場で枯死・流失したのがみられましたが、被度は昨年の点

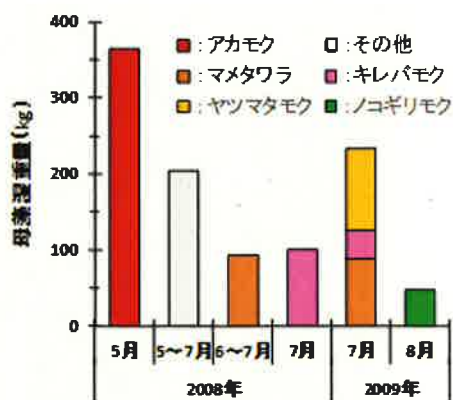


図2-3 母藻の設置状況

その他：キレバモク等の南方系ホンダワラ類を主体とする流れ藻

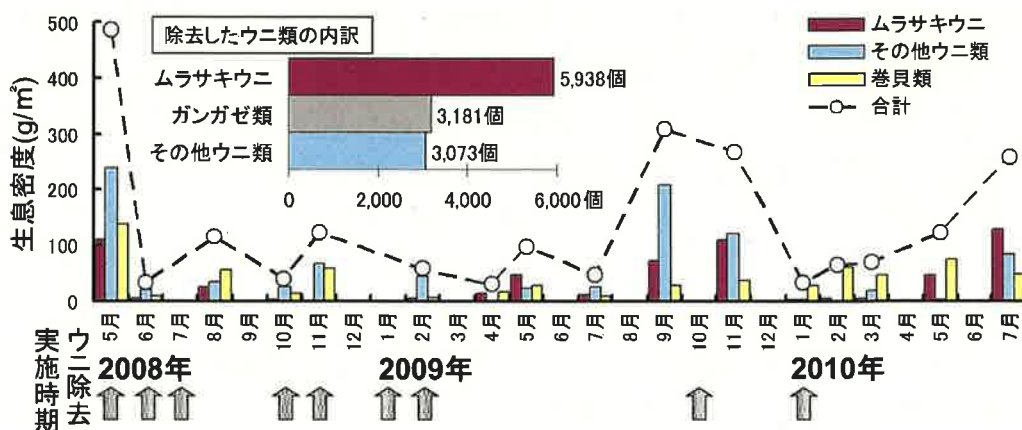


図2-4 ウニ・巻貝の除去と生息密度 (g/m²) の変化



図 2-5 春藻場造成試験区における海藻の水深別分布状況

生から疎生～密生へと増加がみられました。

【考察】 今回の試験では、“藻場の類型化”に基づき、魚の食害が非常に強い漁場でも、ウニ・巻貝を低密度に管理し、維持・新出種のキレバモク、マメタワラを増殖対象種として用いることで、“春藻場”を造成することができました。これら増殖対象種は他の海藻と同様に魚に食害されますが、魚の食害防護網や駆除等の食害対策なしに増やすことができました。しかし、魚を駆除すれば、少なくとも魚の摂食量分の海藻が残ることになり、魚の駆除量と比例して海藻の残存量が増えることが推測されるので、分布する海藻が受ける食害が分散され、種（生殖細胞）の供給量の増加に繋がります。そのため、春藻場造成では、魚対策を合わせて行うことで、藻場造成の効率化がさらに図られるものと考えられます。

増殖対象種について、今回の試験では、維持・新出種以外のアカモクとノコギリモクを用いました。アカモクでは、1年生のため、群落を維持するには毎年十分量の種（幼胚）を供給する必要があります。今回は、大量の母藻の設置により、翌年には高密度の群落を形成することができましたが、2年目以降は減少して群落は維持されませんでした。これは、試験漁場がアカモクの再生産に適した場所ではないことを示しています。大瀬戸町地先では大きなアカモク群落が形成されていますが、

試験区周辺には大きな群落の形成はみられません。アカモクは、春の流れ藻の主構成種で量も多く、母藻として非常に利用しやすい種類です。しかし、過去の知見等から漁場に定着できる種であるのか否かをよく検討した上で、アカモクを増殖対象種に選ぶ必要があります。

ノコギリモクは、四季藻場構成種の代表種ですが、母藻設置による増殖効果は確認できず、既往の報告¹⁻⁴⁾と同様に魚の食害から防護対策なしに増やすことは困難であることが再確認され、増殖対象種には不適であると判断されました。今後、“春藻場”から“四季藻場”への造成藻場のランクアップを図るには、夏～初冬の海藻の分布量を増やし、魚の食圧を低減させるなど新たな対策が求められます。

ウニ・巻貝の駆除については、複雑な海底地形で駆除が容易でない場合や近隣からの侵入に加え、当歳ウニの加入が毎年夏～秋にみられます。このため、周年を通じたウニ・巻貝の生息状況の把握と駆除による低密度管理が必要であり、“春藻場”の造成後も藻場を監視し、管理していく体制づくりが求められます。

参考資料

- 1) 桐山ら (2001) : V-2. 藻食性魚類に摂食され難い種を用いた移植試験 (藻類増殖開発研究事業), 長崎県総合水産試験場事業報告, 88-89.
- 2) 桐山ら (2002) : III. 魚類の食害を考慮したホンダワラ類の移植試験 (藻場に対する食害実態調査), 長崎県総合水産試験場事業報告, 88-91.
- 3) 桐山ら (2003) : III. 魚類の食害を考慮したホンダワラ類の移植試験 (藻場に対する食害実態調査), 長崎県総合水産試験場事業報告, 99-102.
- 4) 桐山ら (2004) : III. 暖海性大型褐藻類の分布調査 (藻場に対する食害実態調査), 長崎県総合水産試験場事業報告, 101-104.
- 5) 四井・前迫 (1993) : 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復試験, 水産増殖, 41, 67-70.

(2) 長崎市南越町地先における“四季藻場”造成試験 (2008~2010年)

【背景】南越町古里地先は、これまでの藻場調査から、ガラモ場主体のクロメが混在する四季藻場でしたが、¹⁾ 温暖化の影響により、ウニ・巻貝の食害に加え、魚の食害が顕在化し、クロメの消失や多種類みられたホンダワラ類の種類数が減少しました。その結果、ノコギリモクを主体とする四季藻場へと変化し、沿岸線に沿った浅場では、磯焼けが拡大しました (図 2-6)。一方、南方系のホンダワラ類とアントクメの疎らな分布が新たに確認されるようになりました。²⁾

【方法】このようにクロメや多種類のホンダワラ類からなる四季藻場からノコギリモク主体の四季藻場へと変化した漁場において、沿岸の浅場に広がる磯焼けを回復させるため、実態調査とこれまでの知見を整理し、表 2-3 の回復計画を立てました。

試験区は、沖側に形成されたノコギリモク主体のガラモ場 (約 2.6ha) に隣接する水深 3 m の岩盤～転石の磯

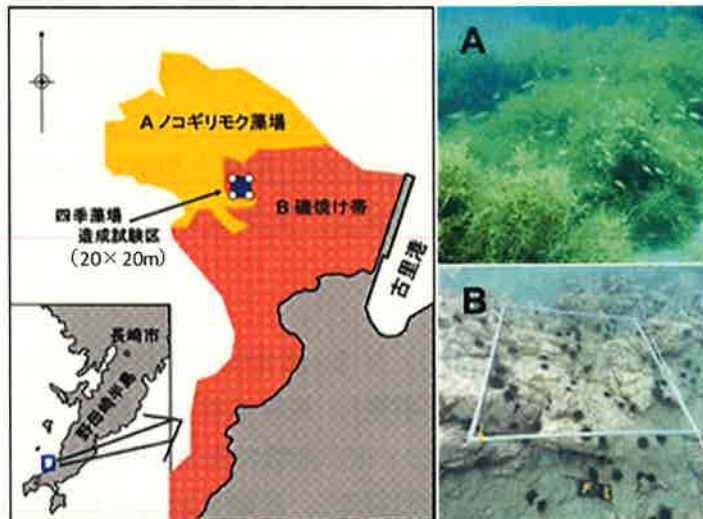


図 2-6 “四季藻場”造成試験区位置図および試験区周辺のノコギリモク藻場 (A) と磯焼け (B) の景観

焼け帯、400 m² (20×20m) 範囲としました (図 2-6)。試験は、野母崎三和漁業協同組合の協力により、長崎鶴洋高校と連携したウニ駆除と母藻設置を行いました。増殖対象種は表 2-3 に示す多種類 (維持・新出種) が考えられましたが、試験区周辺で十分量が容易に確保できるノコギリモク (維持種) としました。また、四季藻場の構成種のランクアップ (多様性) の可能性を調べるため試験的にクロメの増殖を試みました。

ノコギリモクは 2008 年に 70kg、2009 年に 50kg をスポアバックで設置するとともに母藻設置効果を調べるため、コンクリートブロックを設置し、着生したノコギ

表2-3 南越町地先における四季場造成試験実施計画

項目	内容
実施期間	2008年7月~2010年8月
実施場所	長崎市南越町古里地先の20×20mの400m ² の区域、水深2~4m、巨礫～転石
造成藻場	四季藻場(ガラモ場)
増殖対象種	適種:ノコギリモク、ヨレモク、ママタワラ、ヤツマタモク、アカモク、ワカメ(維持種)、キレバモク、アントクメ(新出種)、試験的な導入種:クロメ
藻場回復阻害要因の排除	①ウニ駆除(目標値 100g/m ²)、②魚の食害対策なし、③海藻の種の供給(母藻設置:スポアバック)

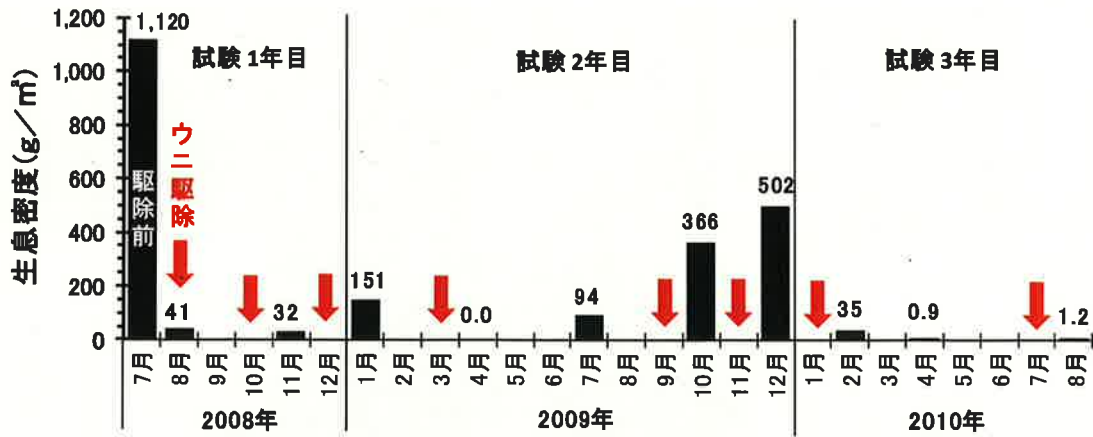


図2-7 四季藻場造成試験区内におけるウニの生息密度とウニ駆除の実施状況

リモク幼体の生育状況を観察しました。クロメは11月に母藻をスポアバックで、翌年10月には人工種苗を移植し、食害防護網を被せた試験区と被せない対照区を設けました。ウニ駆除は、 $100\text{g}/\text{m}^2$ 以下を目標³⁾とし、2009年8月からはウニの侵入を抑えるため、駆除範囲を試験区の北側と東側に5mずつ拡張しました。

【結果】 ウニの生息密度は、駆除前の2008年7月では、 $1,120\text{g}/\text{m}^2$ (32 個体/ m^2)と非常に多く、8月の徹底した駆除で $41\text{g}/\text{m}^2$ まで低下しました(図2-7)。その後、駆除の継続によりウニを低密度に維持しましたが、毎年秋～冬の間、当歳ウニの加入が多数みられ、一時的にウニの生息密度が増加しました。

次にコンクリートブロック上に着生したノコギリモク幼体の生育状況を図2-8に示します。母藻設置3ヶ月後の11月では、藻長数mmの幼体が多数確認されました。翌年の春～初夏にはウミウチワ等の小型海藻類に覆われましたが、7月では藻長2cm前後に、1年4ヶ月後の12月には6cm前後に、2年後の8月には20cm前後まで成長し、一部の藻体では生殖器床の形成が確認されました。

クロメは、母藻設置による幼体の発生は確認できず、移植したクロメ幼体は、網を被せた試験区では成長がみられ、網のない対照区では消失しました。

海藻の分布は、当初無節サンゴモ類に覆われた磯焼けでしたが、ウニ駆除を行った翌春の4月には、ノコギリモクの他に、ワカメ、アントクメ、ヨレモクの大型褐藻類やアミジグサ類、ウミウチワ、フクロノリ等の小型海藻類がみられ、ワカメでは疎生～濃生(疎生主体)、ホンダワラ類では極点生～点生(極点生主体)でした

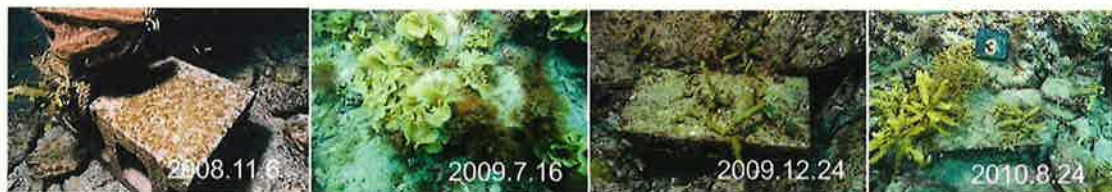


図2-8 コンクリートブロック上に着生したノコギリモク幼体の生育状況(2008～2010年)

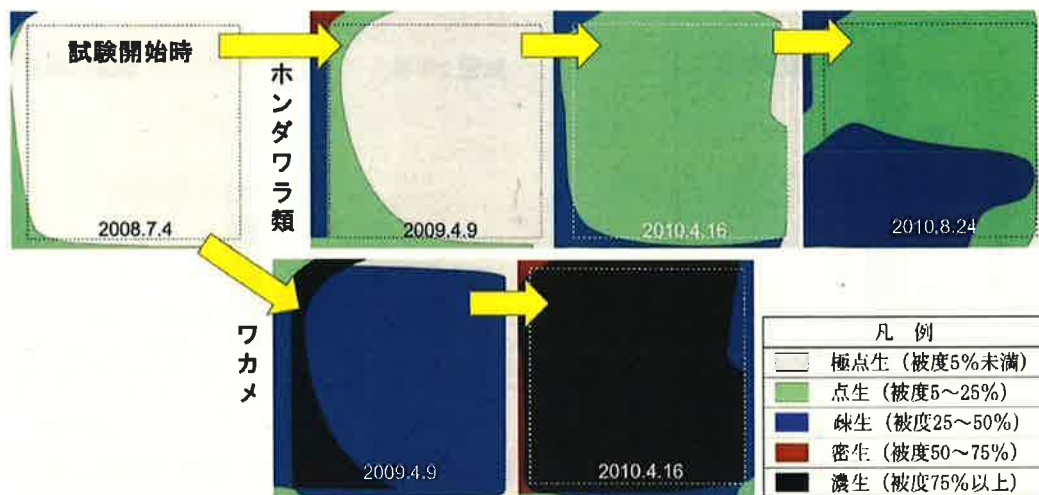


図2-9 四季藻場造成試験区（点線）内の大型褐藻類の被度変化

(図2-9)。試験開始3年目の2010年4月では、試験区内全域でワカメが繁茂して濃生に、ヨレモク、ノコギリモク主体のホンダワラ類では点生～疎生（点生主体）に、8月ではほぼノコギリモクのみとなり、当初の極点生から点生～疎生へと被度の増加がみられました。

【考察】 今回の四季藻場造成試験では、魚の食害が強い場所でも“藻場の類型化”に基づいて増殖対象種に選んだノコギリモクを増やすことができました。しかし、試験的に移植したクロメは魚の食害により消失し、四季藻場の造成においても魚の食害の程度に応じて増殖対象種を選ぶ必要があることが確認されました。魚の食害に対する耐性は、クロメよりノコギリモクが強く、また、種（生殖細胞）の供給を行っていないワカメやアントクメ、ヨレモク、マメタワラ等や小型海藻類が自然に増え、ウニ駆除の重要性が再確認されました。これら海藻種は増殖対象種として適していると考えられ、魚の食害に対する耐性はクロメより強く、ノコギリモクに次いで強い種類と考えられます。これら海藻種の増殖を試み、増殖対象種としての有効性を調べるとともに、海藻種の多様性や生育密度が増加することで魚の食害が分散され、クロメの増殖に繋がるのか否かを実証していくことが今後の課題です。

参考資料

- 1) 西川ら (1981) : 長崎県本土側沿岸域の藻場・干潟分布調査, 沿岸海域藻場調査九州西岸海域藻場・干潟分布調査報告 (西海区水産研究所), 113-161.
- 2) 桐山ら (2008) : 本邦南西水域の環境変化に対応した藻場の回復・拡大技術の高度化, 長崎県総合水産試験場事業報告, 117-118.
- 3) 四井・前迫 (1993) : 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復試験, 水産増殖, 41, 67-70.

(3) 西海市大島町および北松浦郡小値賀町地先における“春藻場”大規模造成実証事業 (2011～2015年)

本事業は、第2章2-1 (p.11～17) で示しました“藻場の類型化”に基づく藻場造成の実証試験の成果をもとに、長崎県水産部による磯焼け対策の補助事業の一環として、県内2地区にモデル地区を選定し、実用規模の“春藻場”の造成を実証するものです。これは、漁業者の皆さんが藻場造成の取り組みの主体となり、漁業協同組合、市町、水産業普及指導センター、水産試験場との連携によって実施するものです。

モデル地区には、西海市大島町地先と北松浦郡小値賀町地先を選定し (図2-1、2-10)、西海市大島町地先では5年間 (2011～2015年) で1.5ha、小値賀町地先では3年間 (2013～2015年) で1.0haの“春藻場”造成を行ったので、¹⁻⁵⁾ その結果について紹介します。

① 西海市大島地先における“春藻場”大規模造成実証事業 (2011～2015年)

【背景】大島町大島地先は、これまでの藻場調査等から、クロメ場やガラモ場の四季藻場が形成されていましたが、1989年 (平成元年) 頃から海藻の減少が目立ち始め、1993年 (平成5年) 頃には島内からクロメが消失しました。このため、モズク漁ができなくなったり、アワビの水揚げが激減するなど磯焼けの問題が深刻化しました。そこで、1995年 (平成7年) から藻場造成の取り組みが始まり、ウニ・巻貝の駆除とクロメの母藻設置および核藻場の造成等が行われてきましたが、魚の被害等によりクロメ場を回復させるには至りませんでした。

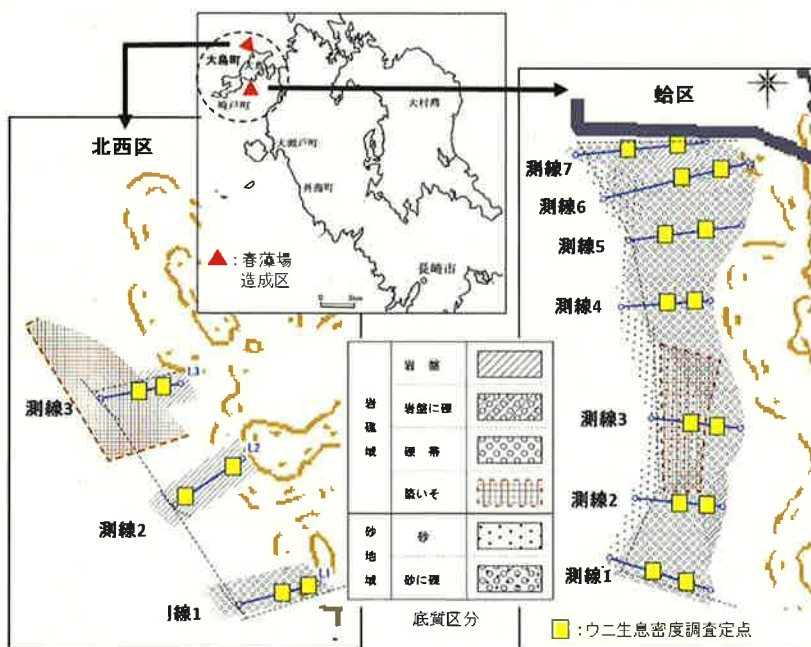


図2-10 大島町地先の“春藻場”造成漁場 (造成区: 黒色の点線) における底質および測線とウニ生息密度調査の設置場所

表2-4 大島町地先における“春藻場”大規模造成実証事業実施計画

項目	内容
実施期間	2011年5月～2016年3月
実施場所	蛤区: 西海市大島蛤地先の沿岸線200m×沖出し50mの水深0～0～5m、岩盤・転石・投石帯(1.0ha) 北西区: “ オオバエ地先の沿岸線100m×沖出し50mの水深0～5m、岩盤・転石・投石帯(0.5ha)
造成藻場	蛤区・北西区: 春藻場(ガラモク、ワカメ場)
増殖対象種	蛤区: キレバモク、コナフキモク、ヒイラギモク(新出種)、マメタワラ、イソモク、アカモク、ワカメ等(維持種) 北西区: キレバモク(新出種)、マメタワラ、イソモク、アカモク、ワカメ等(維持種)
藻場回復阻害要因の排除	①ウニ駆除(目標値 10個体/㎡以下)、②刺網による漁獲試験、③海藻の種の供給(母藻設置: スポアバック等)

た。⁶⁾ そのため、増殖対象種をこれまでの“クロメ”から“ホンダワラ類へ、造成する藻場を“四季藻場”から“春藻場”へと転換する新たな取り組みが進められていました。

【方法】 これまでの藻場造成活動や水産試験場による調査から、表2-4に示す“春藻場”の造成計画を立てました。造成場所は、最後まで四季藻場が維持されていた大島町大島南岸の蛤地先(蛤区: 沿岸線 200×50m)と地元の要望によるアワビの好漁場であった大島北西岸のオオバエ地先(北西区: 沿岸線 100×50m)の2箇所としました(図2-10)。

蛤区は南に向いた入り江で内湾性が強い場所です。磯焼けから貧海藻

帯で、低密度ながらワカメが漁場全体に、部分的にホンダワラ類の小群落がみられました(表2-5)。北西区では、外洋に面した波当たりの強い場所です。磯焼けが主体で、低密度ながらワカメが漁場全体でみられ、ホンダワラ類は蛤区に比べて非常に少なく、分布は疎らでした。

造成1年目は、蛤区では入江の南端から内湾方向に60×50mの範囲を、北西区では造成範囲の沿岸線中央部の30×50mの範囲をウニフェンスで仕切り(瀬切り方式⁷⁾)、2年目以降はウニの駆除状況に合わせて、ウニフェンスを移動させながら各々の造成区域を徐々に広げていきました。

造成作業は毎年、年間計画を立て、ウニ駆除(目標値: 10個体/㎡以下)と母藻の採取および設置の時期、量、方法等を決め、作業を進めながら進捗状況を確認し、試験場による定期的な効果調査結果と併せて、目標達成に向けた作業内容の改善に

表2-5 大島町地先の春藻場造成区における大型褐藻類の出現状況

造成区	海藻種	2011	2012	2013	2014	2015	2016
蛤区	アントクメ						△
	ワカメ	■	■	■	■	■	■
	アカモク	○	○	○	○	○	○
	イソモク	△	△	●	●	○	●
	ウスバモク	△					
	ウミトラノオ	△	△	●	●	●	●
	エンドウモク	△		△	△	△	
	キレバモク	●	●	●	●	■	●
	コナフキモク	●	●	■	■	△	△
	ツクシモク	△	△	△	△	△	△
	ヒイラギモク	●	●	■	■	■	■
	ヒジキ	△	△	△	△	●	△
	マジリモク	△	○	△	△	△	△
	マメタワラ	○	●	○	●	●	●
ヤツマタモク	△	△	△	△	○	△	
北西区	アントクメ	△	△	△	△	△	●
	ワカメ	■	■	■	■	■	■
	アカモク	○	○	△	○	●	●
	イソモク	△	△	○	●	●	●
	ウミトラノオ	△	△	△	△	●	△
	エンドウモク	△				△	△
	キレバモク	△	△	△	△	△	●
	コナフキモク			△	△		
	ツクシモク	△	△	△	△		
	ヒイラギモク			△	△		●
	ヒジキ	△	△	○	△	●	●
	マジリモク	△	△	△	△	△	△
	ヤツマタモク		△	△	△		
	マメタワラ	△	△	△	△	△	△

■: 全体に多い、●: 部分的に多い、○: 全体に疎ら、△: 少ない

表 2-6 大島町地先の春藻場造成区における母藻の設置状況

母藻設置					
場所	年	月	回数	湿重量	主な海藻種
蛤区	2011	7月	2回	33kg	キレバモク、マメタワラ、ヒイラギモク
	2012	6~7月	5回	300kg	アカモク、イソモク、マメタワラ、キレバモク、ヒイラギモク
	2013	4~7月	9回	700kg	ワカメ(メカブ)、アカモク、マメタワラ、キレバモク、ヒイラギモク
	2014	4~7月	8回	770kg	"
	2015	4~7月	6回	655kg	"
北西区	2011	-	-	-	-
	2012	5~7月	4回	109kg	アカモク、イソモク、マメタワラ、キレバモク
	2013	4~7月	9回	530kg	ワカメ(メカブ)、アカモク、マメタワラ、キレバモク、ヒイラギモク
	2014	4~7月	8回	1,351kg	"
	2015	4~7月	7回	751kg	"

努めました。母藻は、島内からの採取に加え、流れ藻や地元の養殖ワカメ（メカブ）を利用しました。母藻の設置は表 2-6 のとおりで、4×4m のロープで囲った方形枠を複数箇所造り、核藻場的役割を目的に枠内に集約的に行いました。設置方法は、2~4m ロープにネットに入れた母藻（スポアバック）を数個ずつ結び付けた延縄方式を基本とし、母藻が大量にある場合や魚の食害が軽微な場合は、母藻をネットに入れずに数個体ずつを一束にしたものを作りロープに結び付けました。また、ワカメ（メカブ）の設置は、両地区に造成された自然石を投石した築いそ帯（アワビ増殖礁）を主体に行いました。刺網により植食性魚類が漁獲できるかの予備試験を 2013 年 6~7 月と翌年 2~3 月に 3 回（蛤区：夏と冬の 2 回、北西区：夏の 1 回）行いましたが、容易に漁獲ができなかったため、ここでは漁獲試験は行ないませんでした。

効果調査は、観測定点（蛤区 7 点：測線 1~7、北西区 3 点：測線 1~3）を設け、岸から沖に向け 50~80m のロープを張り出し、ライントランセクトによる海藻の出現種と被度、岸側（水深 2m 前後）と沖側（水深 4~5m 前後）のウニの生息密度（個体数/m²）を調べ、事業終了翌年の 2016 年まで行いました。

【結果】 造成 1 年目（2011 年）では、事業開始が 7 月からであったため、両区とも作業はウニ駆除が主体で、蛤区のみ母藻設置を行いました（表 2-6）、実施場所では翌春に小型海藻類やホンダワラ類の増加が確認されました。2 年目以降は造成区域を徐々に拡張しながら、ウニ駆除と母藻設置を継続し、ワカメ、ホンダワラ類、小型海藻類の増加が徐々にみられました（図 2-11~13）。

蛤区：大型褐藻類の出現状況をみると（表 2-5）、当初（2011 年）、13 種類が確認され、造成漁場の全体に低密度ながらワカメが、次いで部分的にキレバモク、コナフキモク、ヒイラギモクがみられました。その後、造成漁場の全体ではワカメとヒイラギモクが、部分的にはアカモク、イソモク、ウミトラノオ、キレバモク、マメタワラが多くなり、大型褐藻類の増加がみられました。

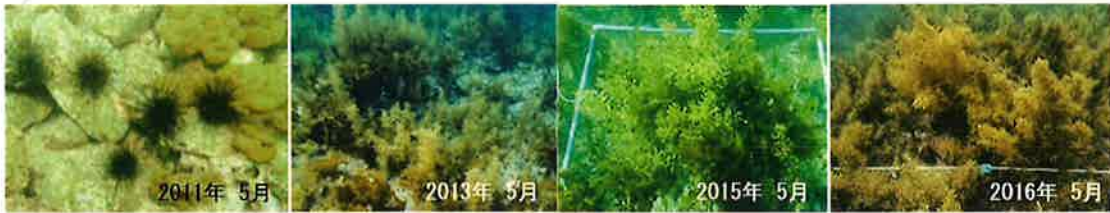


図 2-11 大島町蛤地区の春藻場造成漁場における海藻の分布状況



図 2-12 大島町北西区の春藻場造成漁場における海藻の分布状況

次に、ワカメ、ホンダワラ類、小型海藻類の被度変化をみると（図 2-13）、ワカメでは、当初（造成開始翌年の 2012 年 3 月）、点生～疎生帯（被度 5～50%）が漁場全体の 50%を、密生～濃生帯（50%以上）が 10%を、極点生帯（0～5%）と生育のみられない場所が 40%近くを占めていました。その後、被度は徐々に増加し、造成 4 年後（2015 年）には、点生～疎生帯が漁場全体の約 70%、密生～濃生帯が 30%となりました。しかし、造成 5 年後（2016 年）は、被度が低下し極点生帯が約 70%となりました。

ホンダワラ類では、当初（2011 年 5 月）、漁場全体の約 45%が極点生帯で、生育がみられない場所が約 30%、点生～疎生帯が約 25%でした。密生～濃生帯は、造成 1 年後（2012 年）に漁場全体の 5%程度ですが確認されるようになり、造成 3 年後（2014 年）では約 30%に増加しました。密生～濃生帯の割合はその後低下しましたが、点生～疎生帯は増加傾向にあり、造成 5 年後（2016 年）では造成漁場の 80%以上を占めるようになりました。

小型海藻類では、当初（2011 年 5 月）、点生～疎生帯が漁場全体の約 45%、極

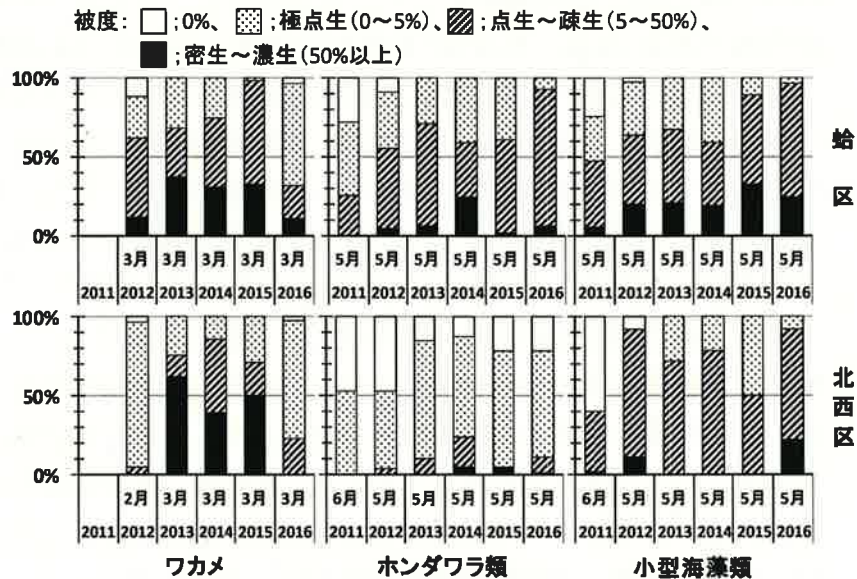


図 2-13 西海市大島町地先の造成区における海藻種別の被度変化

点生帯と生育のみられない場所が各々25%、密生～濃生帯が約5%でした。その後、被度は徐々に増加し、造成5年後（2016年）には、点生～疎生帯が約80%、密生～濃生帯が約20%となりました。

北西区：大型褐藻類の出現状況をみると（表2-5）、当初（2011年）、10種類が確認され、造成漁場の全体に低密度ながらワカメが、次いでアカモクが疎らにみられました。その後、アントクメ、アカモク、イソモク、キレバモク、ヒイラギモク、ヒジキが部分的に多くみられるようになり、大型褐藻類の増加がみられました。

ワカメ、ホンダワラ類、小型海藻類の被度変化をみると（図2-13）、ワカメでは、当初（造成開始翌年の2012年2月）、点生～疎生帯が漁場全体の95%を占めました。造成2年後（2013年）では、密生～濃生帯が60%と被度の増加がみられました。その後、造成4年目（2014年）、5年目（2015年）と密生～濃生帯は40%および50%と維持されましたが、造成6年目（2016年）では、被度の低下がみられ、密生～濃生帯はみられなくなり、点生～疎生帯が80%程度を占め造成漁場の主体となりました。

ホンダワラ類では、当初（2011年）、極点生帯が漁場全体の約45%、点生～疎生帯が25%、生育のみられない場所が約30%でした。密生～濃生帯は、造成2年目（2012年）に造成漁場の5%程度ですが確認されるようになり、造成4年目（2014年）では約30%に増加し、その後は5%以下に低下しました。しかし、点生～疎生帯は増加傾向がみられ、造成6年目（2016年）では漁場全体の80%以上を占め、密生～濃生帯が10%となりました。

小型海藻類では、当初（2011年）、点生～疎生帯が漁場全体の約45%、密生～濃生帯が約5%、極点生帯が約25%、生育のみられない場所が25%を占めていました。その後、被度は徐々に増加し、造成6年目（2016年）には、点生～疎生帯が80%近くに、密生～濃生帯が20%程度となりました。

ウニの生息密度（個体/m²）は、当初（2011年）、蛤区で平均14個体（6～35個体）、北西区で35個体（9～73個体）でした（表2-7）。その後、10個体/m²以下の

目標値に向けウニ駆除を継続し、造成5年後（2016年）に蛤区では7測線のうち5測線で、北西区では3測線のうち1測線で目標を達成できましたが、両造成区には、部分的にウニが高密

表2-7 大島町地先の春藻場造成区における5月のウニ生息密度（個体数/m²）

藻場造成区	年	測線1		測線2		測線3		測線4		測線5		測線6		測線7	
		岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側
蛤区	2011	15	14	7	9	11	8	14	15	17	15	35	9	14	6
	2012	5	1	4	3	4	1	11	13	6	11	38	25	9	1
	2013	13	1	10	0	1	1	10	9	6	6	31	7	12	1
	2014	12	6	8	1	5	1	8	1	8	1	19	3	3	0
	2015	0	0	21	1	2	2	11	1	4	0	17	2	1	2
	2016	8	3	12	7	5	0	7	1	3	2	16	1	0	0
北西区	2011	34	9	73	28	42	25								
	2012	56	16	5	16	51	23								
	2013	4	9	5	37	35	11								
	2014	6	8	20	53	28	11								
	2015	1	1	17	22	31	10								
	2016	4	0	31	28	15	8								

度で維持される場所が残る結果になりました。

【考察】 今回の5年間の実証事業では、ウニ駆除と母藻の設置効果により、春～初夏にかけてワカメ場と低密度ながらガラモ場が形成され、1ha規模の春藻場を造成することができました。しかし、内湾性の強い蛤区と外洋に面した北西区では、ガラモ場の形成に差がみられ、蛤区では点生～疎生（被度5～50%）が主体であったのに対し、北西区では極点生（0～5%）が主体で、波当たりの強い場所での有効な造成方法が課題として残りました。

北西区で増加した種として、アントクメ、ワカメ、アカモク、イソモク、ウミトラノオ、ヒジキ、キレバモク、ヒイラギモクが挙げられます。アントクメでは深場～浅場で、ウミトラノオ、ヒジキ、イソモクでは潮間帯～漸深帯上部の浅場でみられ、水深帯の違いにより増加する海藻種にも違いがみられました。これらの種は、波当たりの強い北西区における増殖適種と考えられ、深場、中間、浅場（潮間帯を含む）と異なる水深帯を意識した増殖適種の選定および造成方法を考慮していくことも必要でしょう。

また、ワカメについて、造成5年後（2016年）の3月に両区とも分布や被度の大きな減少がみられましたが、この年は県内各地でもワカメの発生や生育に異常が確認されており、原因として例年のない規模のエルニーニョ現象の発生による秋季の高水温の影響が指摘されています。⁸⁾

母藻の確保については、地元からの採取を主体に流れ藻を利用しましたが、地元にも母藻の供給可能な藻場が維持されていたことは春藻場造成が成功した大きな要因の1つです。そのため、母藻の供給源となる藻場を維持・管理することは、藻場造成を行う上で必要不可欠であり、今回の取り組みのなかでも、母藻の供給先となる漁場のウニ駆除を漁業者の皆さんと行い、その必要性を認識してもらいました。

母藻の設置については、造成漁場が広いため、ロープで方形枠をつくり、そこを核藻場として利用しました。これは、限られた母藻を集約的に設置することで、高密度の種（生殖細胞）が供給され、着生した海藻の生残率の向上に繋がると考えたからです。また、母藻設置効果を把握する上で、実施場所が明確となり、評価も容易に行えるメリットもあります。

ウニ駆除については、素潜りと潜水器により計画的に行いましたが、毎年夏～秋にかけて、当歳ウニの加入がみられ、加えて、複雑な海底地形や投石帯があり、ウニ駆除が計画どおり進まず、駆除しきれないウニが残存して目標の低密度に管理できない場所がみられました。このため、ウニ駆除を引き続き行っていく必要があります、事業の終了後も造成した藻場を維持・管理していくための体制づくりが求められます。

② 小値賀町地先における“春藻場”大規模造成実証事業（2013～2015年）

【背景】小値賀町は県内でも有数のアワビの生産地で、1988年では島内沿岸にはアラメ場やガラモ場の四季藻場が形成されていました。しかし、2000年にはアラメ場の減少が進み、2006年にはアラメはみられなくなり、ガラモ場も減少するとともに多種のホンダワラ類は、ノコギリモクとヨレモク主体に変化し、2009年にはこれら2種も消失して島内沿岸一帯は磯焼けへと変化しました。2010年には一部で南方系ホンダワラ類の分布が確認され、小型海藻類の分布と合わせて春～初夏にのみ海藻が繁茂する春藻場化した漁場へと変化しています。^{9,10)}

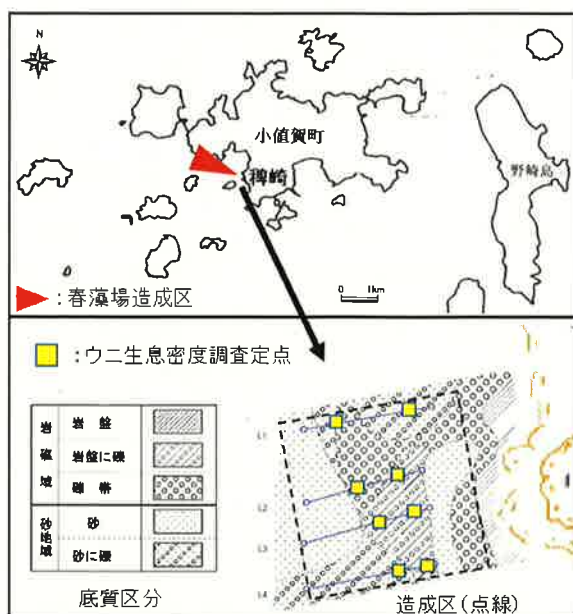


図 2-14 小値賀町地先の“春藻場”造成漁場における底質および測線とウニ生息密度調査の設置場所

【方法】このように四季藻場が消失して磯焼けとなった漁場で、藻場を回復させるため、これまでの知見と水産試験場の調査から、造成可能な藻場を“春藻場”と判

表2-8 小値賀町地先における“春藻場”大規模造成実証事業実施計画

項目	内容
実施期間	2013年5月～2016年3月
実施場所	北松浦郡小値賀町稗崎地先の100m×100mの水深1～3m、砂地にある岩盤・転石帯(1.0ha)
造成藻場	春藻場(ガラモ場、ワカメ場)
増殖対象種	適種: キレバモク・ウスバモク(新出種)、ウミトラノオ(維持種; 潮間帯の分布により、今回は不採用) 試験的導入種: マメタワラ、イソモク、ワカメ等(消失種)
藻場回復阻害要因の排除	①ウニ駆除(目標値 5～10個体/m ²)、②刺網による魚駆除、③海藻の種の供給(母藻設置: スポアバック等)

断し、造成計画を立てました(図 2-14、表 2-8)。造成場所は、最後まで四季藻場が維持されていた小値賀町稗崎地先とし、小値賀島南西に位置した比較的内湾性の強い場所で、底質は砂地に礫から岩盤帯がみられる場所です。大型褐藻類はほとんどみられない磯焼け帯で(表 2-9)、ここに100×100mの造成区域を設け、浅場から沖に向けて設置した2本のウニフェンスで造成

表 2-9 小値賀町地先の春藻場造成区における

大型褐藻類の出現状況

造成区	海藻種	2013	2014	2015	2016
稗崎区	ワカメ		△	△	△
	アカモク		△	△	
	イソモク		△	△	○
	ウスバモク		△	●	○
	ウミトラノオ	△	△	△	
	エンドウモク			△	
	キレバモク	△	○	●	○
	ツクシモク		△		
	マジリモク			△	△
	マメタワラ		△	○	△
	ヤツマタモク		△	△	△

●: 部分的に多い, ○全体に疎ら, △: 少ない

表 2-10 小値賀町地先の春藻場造成区における母藻の設置状況

場所	年	月	回数	母藻設置	
				湿重量	主な海藻種
神崎区	2013	5~7月	3回	127kg	ワカメ(メカブ)、イソモク、流れ藻(キレバモク、マメタワラ等)
	2014	4~8月	6回	490kg	ワカメ(メカブ)、流れ藻(アカモク、キレバモク、マメタワラ、ウスバモク、シダモク等)
	2015	4~8月	7回	330kg	ワカメ(メカブ)、流れ藻(キレバモク、マメタワラ、ウスバモク等)

区を仕切り、造成1年目(2013年)では造成区を3等分した中央部とし、2年目以降は造成区域を両側へ徐々に広げていきました。

造成作業は毎年、年間計画を立て、ウニ駆除(目標値:10個体/㎡以下)と母藻の採取および設置の時期、量、方法等を決め、作業を進めながら進捗状況を確認し、試験場の定期的な効果調査結果と併せて、目標達成に向けた課題の改善に努めました。母藻は、小値賀町島内に十分量が供給できる大型褐藻類の分布はほとんどみられないため、流れ藻と他地区から購入した養殖ワカメ(メカブ)を主に用いました。母藻の設置は表2-10のとおりで、4mロープにネットに入れた母藻を数個ずつ結び付けた延縄方式で行いました。なお、2013年と2014年の7月~翌年3月に実施した刺網による植食性魚類の漁獲試験については、コラム3-2-6(p.80)に記しましたので参考にしてください。

効果調査は、観測定点を4点(測線1~4)設け、浅場から深場へ向け100mのロープを張り出し、ライントランセクトによる海藻の出現種と被度、岸側(水深1m前後)と沖側(水深2m前後)のウニの生息密度(個体数/㎡)を調べ、事業終了翌年の2016年まで行いました(図2-14)。

【結果】造成1年目(2013年)では、春~初夏に漁場全体で小型海藻類を主体にホンダワラ類もわずかながら混成した海藻の繁茂がみられました。その後、ウニ駆除と母藻設置の継続により、2年目以降は、新たにワカメが、ホンダワラ類では分布域の拡大および被度の増加が、小型海藻類では被度の増加がそれぞれみられました(図2-15、2-16)。

大型褐藻類の出現状況を見ると(表2-9)、当初(2013年)確認されたのは、ウミトラノオとキレバモクのホンダワラ類2種のみで、造成漁場の全体でごくわずかにみられる程度でした。造成1年後(2014年)では、ワカメとホンダワラ類8種が確認され、造成漁場の全体で疎らながらキレバモクがみられるようになりました。



図 2-15 小値賀町地先の春藻場造成区における海藻の分布状況

造成2年後(2015年)では、ワカメとホンダワラ類9種が確認され、キレバモクとウスバモクでは部分的に多く、マメタワラでは疎らながら漁場全体で観察されるようになり、大型褐藻類の増加がみられました。造成3年後(2016年)では、出現種類数や生育数がやや減少しましたが、ワカメとホンダワラ類6種が確認され、イソモク、ウスバモク、キレバモクが疎らながら漁場全体で観察されました。

次にワカメ、ホンダワラ類、小型海藻類の被度変化をみると(図2-16)、ワカメでは、当初(2013年5月)、造成漁場に分布していませんでしたが、造成1年後(2014年)では、極点生(被度0~5%)ですが着生が確認され、その後も極点生で造成漁場の全体で5%程度ながら継続して見られました。しかし、3月に異常がなかったワカメは、5月にはいずれも茎のみとなり、図2-17のように茎の途中から引き裂かれたようになった茎とメカブが欠損したものが観察されました。このように茎のみになったワカメには、ノトイヌズミの摂食痕¹¹⁾と酷似した痕跡が観察されました。

ホンダワラ類では、当初(2013年)、造成漁場にはほとんどみられず、極点生帯(被度0~5%)が漁場全体の約35%でした。造成1年後(2014年)には、漁場全体の約50%が極点生帯に、約20%が点生~疎生帯(5~50%)になりました。造成2年後(2015年)では漁場全体でホンダワラ類が観察されるようになり、被度は点生~疎生帯が主体で漁場全体の約75%を占めました。造成3年後(2016年)では、被度は低下して極点生が主体となり、漁場全体の70%以上を占めました。

小型海藻類では、当初(2013年)、漁場全体でみられ、点生~疎生帯が90%近くを占めました。造成1年後(2014年)では、密生~濃生帯(50%以上)がみられるようになり、漁場全体の約30%を占めました。その後も増加し、密生~濃生帯は、造成2年後(2015年)、3年後(2016年)にはそれぞれ漁場全体の45%および70%

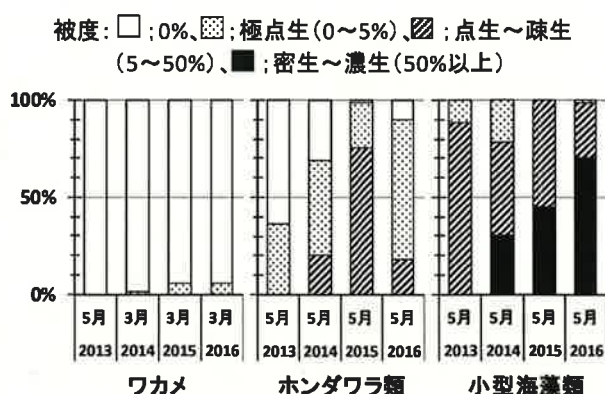


図2-16 小値賀町地先の春藻場造成区における海藻種別の被度変化



図2-17 小値賀町地先の春場造成区で観察された茎のみとなったワカメ(2014年5月)

となりました。

ウニの生息密度（個体/m²）は、当初（2013年）、各観測定点では平均14個体（7～25個体）でした（表2-11）。その後、10個体/m²以下の目標値に向けてウニ駆除を継続し、造成2年後

（2015年）以降はほぼ目標の生息密度が維持されました。しかし、毎年夏～秋に当歳のウニの加入がみられ、一時的にウニの生息密度が増加しました。

【考察】 今回の3年間の実証事業では、ウニ駆除と母藻設置の効果により、春～初夏にかけてキレバモクとウスバモクを主体とするホンダワラ類と小型海藻類が繁茂する1ha規模の春藻場を造成することができました。また、ワカメ、イソモク、マメタワラ、ヤツマタモク等では造成期間中に低密度ながら継続して観察され、増殖適種と考えられました。しかし、ワカメでは、毎年大量のメカブを投入し、その翌春には生育が確認されたにも関わらず、顕著な増加はみられませんでした。これは、メカブが形成される春にノトイヌズミに食害されるため、種（遊走子）の供給が阻害され再生産に影響を及ぼした可能性が高いと考えられます。このため、ノトイヌズミの食害の強い場所では、ワカメを増やす場合、メカブの形成時期だけでも刺網による駆除を行うなど、対策を講じる必要があります。

母藻の確保については、小値賀町島内から供給できる藻場がないため、流れ藻に依存しましたが、増殖対象種となる母藻を十分量、安定的に確保することは難しく、その対策が課題として残りました。このため、母藻の確保に問題がある場合には、管外からの供給体制を整備することは必要不可欠であり、加えて、限られた母藻を有効利用するため、人工種苗の生産や島内に母藻の供給基地を整備する等の取り組みが求められます。このような状況下で、小値賀町では、地元のアワビ種苗センターを活用したキレバモク等の種苗生産や2017年からは水産部の補助事業で漁港を利用した母藻の供給基地の造成等に着手しており、新たなモデルケースとして、今後の成果が期待されるところです。

ウニの低密度管理については、素潜りと潜水器作業による駆除により、およそ目標の10個体/m²が維持されました。これは、造成漁場は隣接する漁場と砂地で隔てられ、外部からのウニの移入が妨げられること、礫や岩盤帯は単純な構造でウニ駆除が容易であること等、地形的な特徴がウニの密度管理に有効的に働いていると考えられます。このため、藻場造成を効率的に行うには、ウニの低密度管理を見据えた造成漁場の選定を行うことも必要かつ重要なことでしょう。一方、毎年夏～秋にかけて当歳ウニの加入がみられるため、ウニ駆除を継続することは春藻場を維持・管理していく上で必要であり、造成後の藻場の管理体制づくりが求められます。

表2-11 小値賀町地先の春藻場造成区における5月の観測定点別ウニの生息密度（個体数/m²）

藻場造成区	年	測線1		測線2		測線3		測線4	
		岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側	岸側	沖側
稗崎区	2013	7	25	8	18	11	20	8	17
	2014	11	4	3	25	13	8	14	10
	2015	3	8	4	16	6	3	2	6
	2016	8	13	11	11	8	4	3	8

参考資料

- 1) 桐山ら (2012) : 磯焼け対策モデル地区対策事業, 長崎県総合水産試験場事業報告, 70-71.
- 2) 桐山ら (2013) : 磯焼け対策モデル地区対策事業, 長崎県総合水産試験場事業報告, 73-74.
- 3) 桐山ら (2014) : 藻場回復技術実証推進事業, 長崎県総合水産試験場事業報告, 73-74.
- 4) 桐山ら (2015) : 藻場回復技術実証推進事業, 長崎県総合水産試験場事業報告, 68-69.
- 5) 高田ら (2016) : V. 藻場回復等総合対策事業で造成した春藻場の経過観察 (環境変化に対応した藻類増養殖基盤技術開発), 長崎県総合水産試験場事業報告, 59-60.
- 6) 山下 (2018) : 藻場の再生を目指して (講演要旨), 魚礁だより, 39, 4-6.
- 7) 水産庁 (2015) : 改訂磯焼け対策ガイドライン.
- 8) 桐山ら (2018) : 2015年度漁期にみられた長崎県沿岸におけるワカメ生育不良, 長崎県総合水産試験場研究報告, 43, 1-7.
- 9) 戸澤・渡邊 (2012) : 長崎県小値賀町におけるアワビ資源の減少について, 特集アワビ類の資源管理・増殖に関する新たな研究展開, 日本水産学会誌, 78, 1202-1204.
- 10) Kiyomoto et al. (2013) : Decrease of abalone resources with disappearance of macroalgal beds around the Ojika islands, Nagasaki, southwestern, Journal of Shellfish Research, 32, 51-58.
- 11) 桐山ら (2001) : 藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕, 水産増殖, 49, 431-438.

2-2 県内各地における藻場造成の活動成果事例

長崎県各地で、2002～2016年の間に取り組まれてきました皆さんの藻場造成活動において、主な成果事例について紹介します（図2-1、表2-12）。

表2-12 長崎県各地の藻場回復活動の成果事例一覧表

実施期間	場所(地先)	造成藻場	取り組み内容
2002～2003年	壱岐市郷ノ浦町大島	四季藻場	アラメ核藻場造成(追跡調査2007～2010年)
2008～2009年	長崎市三重	春藻場	ウニ駆除、母藻設置、痩せウニの移植
2010～2012年	長崎市高浜	春藻場	ウニ駆除
2011～2013年	五島市久賀町久賀島	春藻場	ウニ駆除
2013～2015年	佐世保市浅子町浅子	春藻場	ウニ駆除、母藻設置、クロメ種苗移植、刺網
2014～2016年	諫早市飯盛町江の浦	四季藻場	クロメ人工採苗・移植、ヒジキ天然採苗・移植
2015～2016年	佐世保市北九十九島		
	-佐世保市鹿町丑ヶ島/長串	春藻場/四季藻場	ウニ駆除/ウニ駆除、魚ドーム
	-佐世保市小佐々町千鳥島	春藻場	ウニ駆除、母藻設置

(1) 壱岐市郷ノ浦町大島地先におけるアラメ“核藻場”造成後の効果調査(2007～2010年)

キーワード：核藻場、アラメ、四季藻場

【背景】壱岐市郷ノ浦町地先では、1998年秋に発生したアラメ・カジメ類の葉状部欠損現象(コラム4-2-1, p.97)により広範囲に渡り藻場が衰退・消失したため、その回復を目的に2002～2003年度に同町大島珊瑚崎地先(図2-18)で、アラメの種(遊走子)を供給するため“核藻場”造成が郷ノ浦町により実施されました。藻礁9基には魚の食害防護用の網籠が設置され、その中にアラメ種糸を巻き付けた脱着式の基質が取り付けられ、設置3年目の2005年からアラメ幼体が核藻場周辺で確認されるようになりました(図2-19)。¹⁾

【方法】核藻場周辺にみられるようになったアラメの分布状況を把握するため、



図2-18 核藻場造成位置図



図2-19 核藻場(藻礁)および周辺のアラメの分布

2007年7月～2010年12月の間、核藻場を基点に沖側に向けて距離の異なる3観察定点 No.1～3 (No.1: 基点から9m、水深8m、No.2: 基点から18m、水深10m、No.3: 基点から44m、水深10m) を設け、宍岐栽培センターの協力により調査を行いました。観測定点では1×1m 枠を置き、枠内のアラメの生育数、最大藻長、被度を調べました。

なお、核藻場周辺では天然のアラメ、カジメ、クロメの種

(遊走子) が供給される可能性があり、これらの幼体の区別は困難なため、ここでは“アラメ”として示します。

【結果】 核藻場周辺の3観測定点におけるアラメの生育数と最大藻長の変化を図2-20に示します。生育数は核藻場造成5年目の2007年7月では、核藻場(基点)から9m地点のNo.1で36個体/m²と最も多く、次いで18m地点のNo.2で23個体、44m地点のNo.3で18個体/m²が確認され、No.1とNo.3では笹状の幼体が、No.2では側葉が形成された幼体が主体でした。最大藻長は、No.2で42cmと各観測定点の中最大で、次いでNo.1の28cm、No.3の21cmの順でした。その後、6～8年目の2008～2010年にかけて生育数と最大藻長は冬～夏の成長と秋～冬の衰退を繰り返しながら、核藻場周辺のアラメは消失することなく維持されました。

造成7年目の2009年と8年目の2010年には冬～春にNo.2とNo.3で笹状のものが急増し、No.3では8年目の2010年に最多の332本/m²が確認されました。一方、二叉分枝したものは、0～6個体の範囲で変動し、8年目の2010年ではNo.1の5個体を除けば、No.2とNo.3では消失しました。最大藻長は、生育数と同様に冬～春

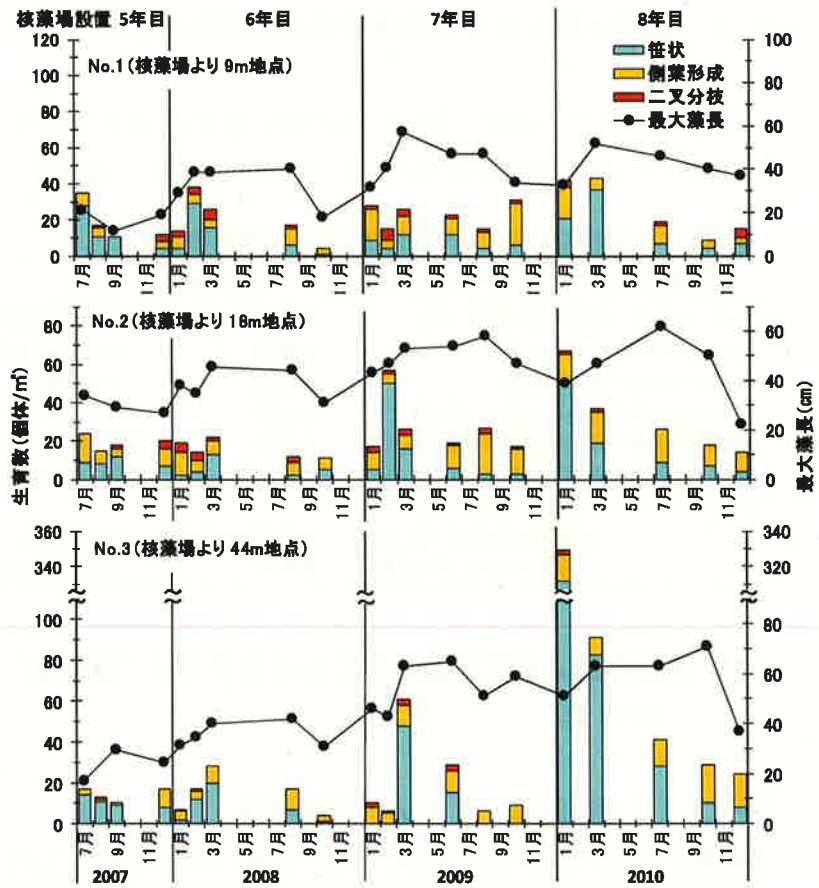
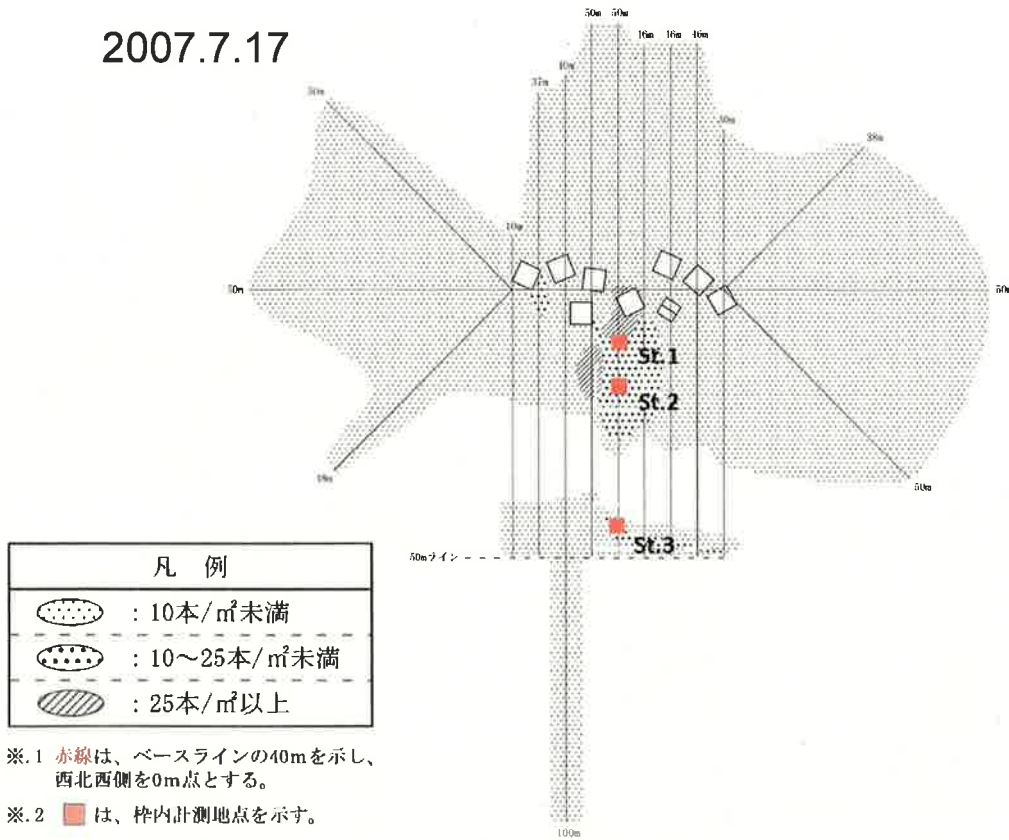


図2-20 核藻場周辺の観察定点 (No. 1～3) におけるアラメの生育状況

2007.7.17



2008.8.8

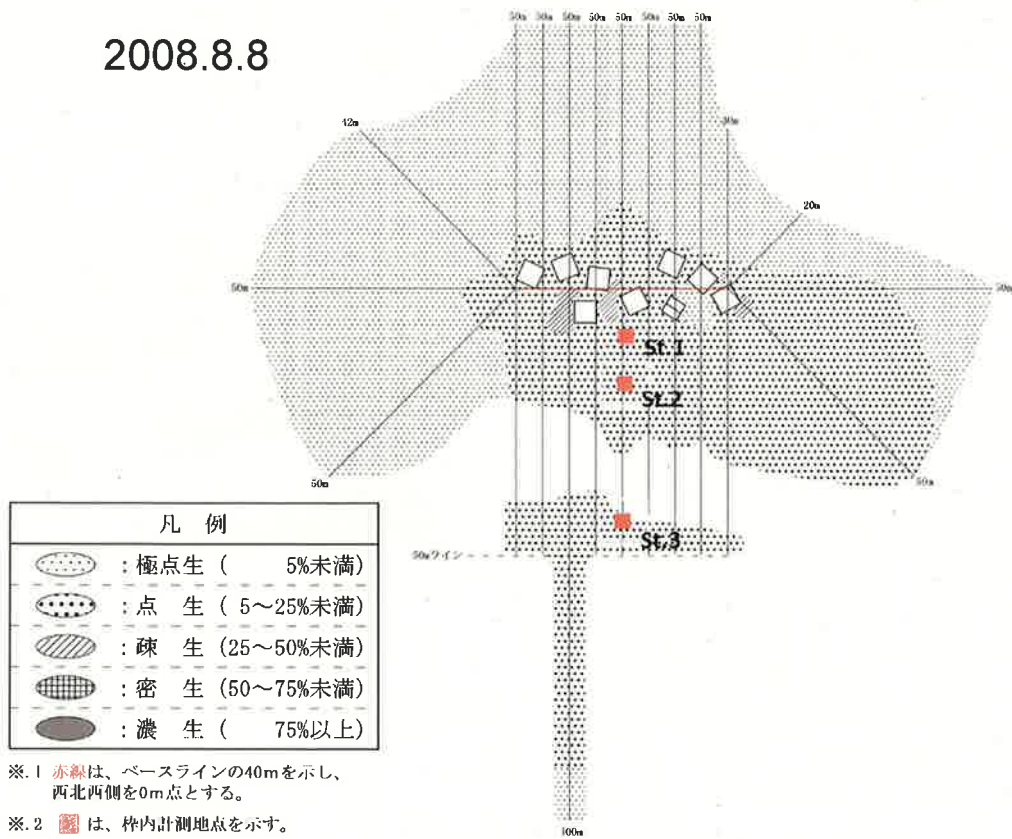
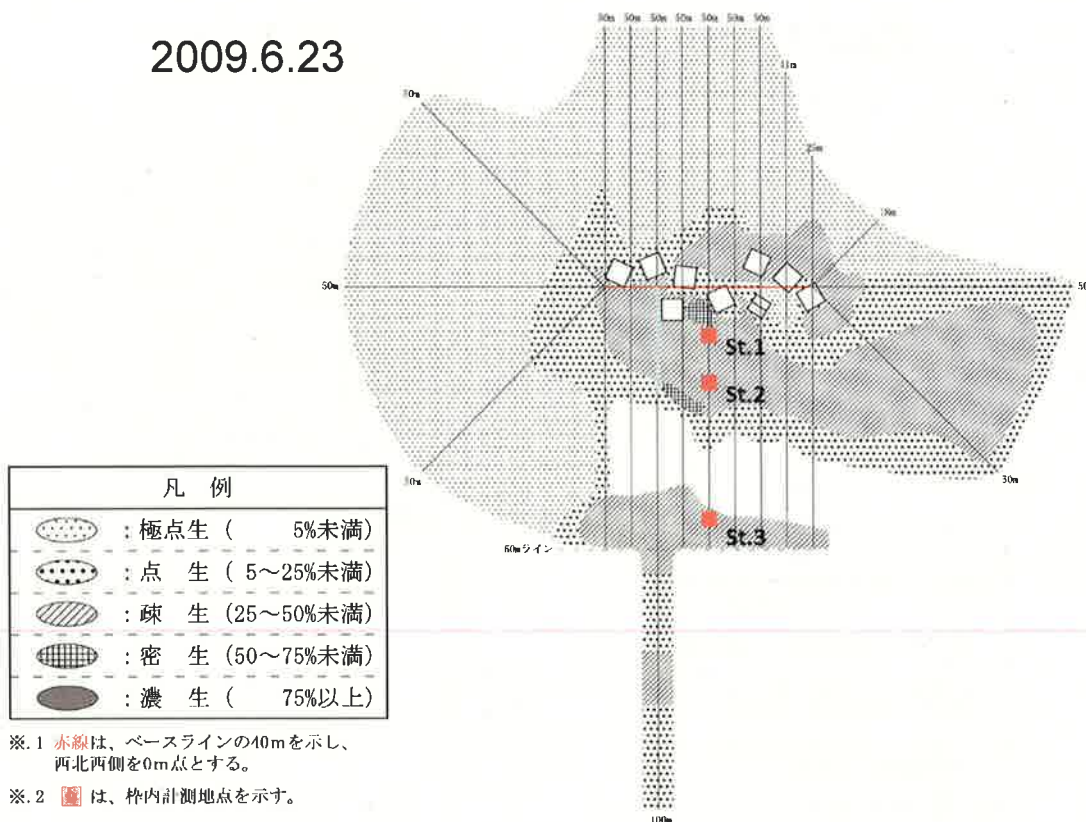


図 2-21 造成 5、6 年後の核藻場周辺のアラメの分布

2009.6.23



2010.7.21

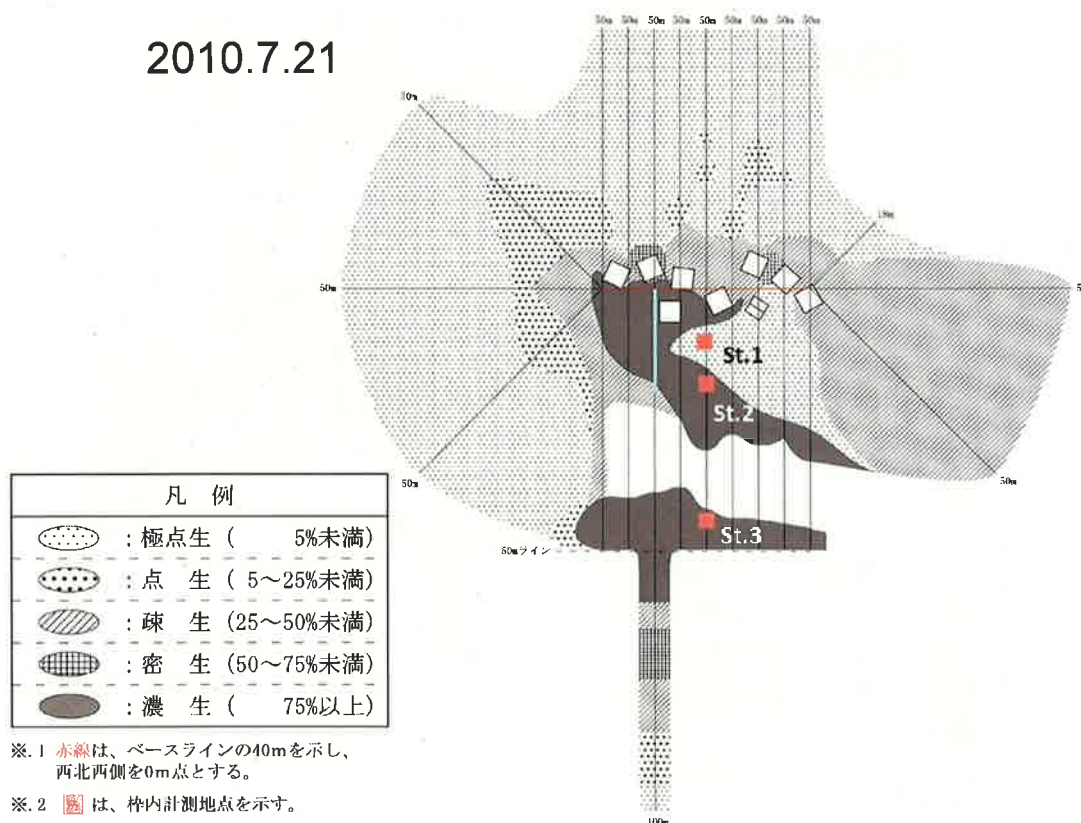


図 2-22 造成 7、8 年後の核藻場周辺のアラムの分布

に伸長し、夏～秋にかけて魚の食害により短くなる傾向がみられ、特に8年目の2010年の秋～冬では60～80cmあったものが、30～40cmと半分の長さになりました。

核藻場造成から5～8年目のアラメの被度別分布を図2-21、2-22に示しました。5年目(2007年7月):アラメは約40mの範囲に配列された核藻場を中心に50m四方に極点生に分布し、核藻場中央部から南西方向に約30×15mの範囲で点生～疎生帯がみられました。

6年目(2008年8月):点生域が東南東方向へ40m近く、北東方向へ5m前後拡大し、核藻場から約30×80m範囲が点生帯になりました。また、核藻場から南西方向に40～80m地点でも昨年の極点生から点生へと被度が増加しました。

7年目(2009年6月):30×80mの点生帯の半数近くが疎生帯となり、ごく一部では密生帯も確認されました。また、核藻場から南西方向に40～80m地点でも疎生帯が確認され、特に核藻場から40m離れた地点では、核藻場と平行に約10×50mの範囲で疎生となりました。

8年目(2010年7月):30×80mの範囲では疎生帯が主体で、濃生帯がこの範囲の南西方向と核藻場から南西方向に40m地点で核藻場に平行して約10×50mの範囲で見られるようになりました。

このように、アラメは核藻場を基点に、8年間でおおよそ50～80mの範囲に分布域が拡大し、被度は点生が主体ながらアラメ群落が形成されました。

【考察】 壱岐市郷ノ浦町地先では、1998年秋にアラメ・カジメ類の葉状部欠損現象(コラム4-2-1、p. 97)が発生し、同町大島珊瑚崎地先を含む広範囲でアラメ・カジメ場が消失し、翌年には、一部の地域を除いてサンゴモ類主体の磯焼けへと変化しました。²⁾ このため2002～2003年にアラメ場の回復を目的に核藻場が設置され、3年目の2005年からアラメ幼体はその周辺に確認されるようになりました。²⁾ アラメは1～2歳で成熟することから、³⁾ 2002年に移植された幼体は順調に成長すれば2003～2004年には成熟して、翌春の2004～2005年には幼体が見られるようになるため、核藻場周辺で2005年から確認された幼体は、核藻場からの種の供給により増加した可能性が高いと考えられました。その後、2007～2010年の観察で、個体数は毎年秋～冬の魚の食害の発生による減少と各年級群の幼体の加入による増加を繰り返しながら、徐々に増加しました。また、二又に分かれたアラメ成体が見られ、これら次世代の加入群による種の供給も再生産に寄与したと思われます。

2007年には郷ノ浦町地先のアラメ場が以前のように回復しているとの漁業者からの情報が寄せられました。このことは、本調査結果と合わせてみると、郷ノ浦町地先では、1998～1999年にアラメ・カジメ類が広域に渡り消失した後、自然回復するのに6～9年を要したこととなります。珊瑚崎地先では、アラメ・カジメ類の消失2年後の2000年からノコギリモクが増え始め、大型褐藻類が徐々に回復

に向かったものと考えられます。今回の回復には、まず、ノコギリモクが増え始めた後にアラムの増加がみられ、消失したアラムを回復させるにはノコギリモクを併せて増やすことも重要な方法であるかもしれません。

一方、2002年3月に郷ノ浦町の事業で、大島南東岸の珊瑚崎地区と大島東岸の千代ヶ瀬地区、および大島北岸の穴瀬地区にアラム幼体とノコギリモク、ヤツマタモク、フシスジモク等のホンダワラ類が着生した藻礁が設置されました。設置1ヶ月後の4月では、珊瑚崎と千代ヶ瀬地区では、藻礁上の海藻の分布に変化はみられませんでした。穴瀬地区ではノトイヌズミの食害により、藻長1~2mあったホンダワラ類が数cm~10cmに、アラム幼体も葉が欠損して短くなりました。設置9ヵ月後の12月では、全地区ともアラムとホンダワラ類はほとんど消失し、珊瑚崎地区では、アラムとノコギリモク、ヤツマタモク、フシスジモクが、千代ヶ瀬地区ではノコギリモクがごくわずか残り、穴瀬地区では、ノコギリモクとヤツマタモクがほぼ根（付着器）のみとなりました。このように、郷ノ浦町大島地先では、場所の違いで海藻の残存状況が大きく異なり、魚の食害の強弱の違いが海藻の残存状況に影響していると考えられました。

今回の“核藻場造成”では、その効果により種（遊走子）の供給が行われ、アラム場の回復に繋がったと考えられました。また、郷ノ浦町地先全体では、同時期にアラム場の回復情報があり、アラム・カジメ類が回復するような、例えば魚の生態に影響を及ぼすような要因や魚の食害を分散させる海藻類を含めた餌料生物の増加など、何らかの広域的な漁場環境の変化があったものと思われます。一方で、郷ノ浦町大島地先では場所による魚の食害の程度が明らかに異なり、各々の漁場環境と魚の食害の発生状況や海藻の生育や分布量との関係を調べるなど、アラム場を回復させる手掛かりとなるような情報の蓄積を行っていく必要があります。

最後に、今回の成功は、旧郷ノ浦町と壱岐栽培センター職員皆様の藻場回復に対する大変強い熱意があったからで、防護網の補修等の日々の地道な努力が重ねられてきたことにより“核藻場”が長年にわたり維持・管理されてきたことが背景にあります。

参考資料

- 1) 鈴木ら (2005) : 魚類の食害防止ネットを用いた核藻場造成実証試験, 平成18年度日本水産工学会学術講演会論文集, 39-42.
- 2) 桐山 (2009) : 壱岐市郷ノ浦町地先のアラム, カジメ藻場の変化, カジメ属の生態学と藻場造成 (能登谷編著), 恒星社厚生閣, pp.107-115.
- 3) 寺脇 (1993) : アラム、藻類の生活史集成 第2巻 褐藻・紅藻類 (堀編), 内田老鶴圃, pp.132-133.

(2) 長崎市三重地先における“春藻場”造成 (2008~2009年)

キーワード：春藻場、ウニ駆除、ウニフェンス、母藻設置、ウニの身入り改善

【背景】長崎市三重地先では、クロメや多種のホンダワラ類が分布し、ウニ、アワビ、サザエの好漁場が形成されていました。しかし、2004年頃から魚やウニの食害が顕在化し、以前形成されていた四季藻場が消失して磯焼けが拡大しました。このため、ウニの身入り悪化など磯根漁業への影響が深刻化しています（長崎新聞2012年10月10日）。また、キレバモクやアントクメ等の南方系種が新たにみられるようになり、形成される藻場は春藻場へと変化しています。そこで、2008年から新三重漁業協同組合の潜水部会会長の山下満明さんをリーダーとする磯焼け対策部会が発足し、¹⁾ 本格的な藻場回復の取り組みが始まりました。

【方法】事前調査²⁾から藻場の回復阻害要因として、高密度で分布するムラサキウニ（図2-23A）やガンガゼの食害、アイゴやノトリスズミの食害、母藻となる海藻の消失による種（生殖細胞）の供給不足と考えられました。そこで、まず、岸側から沖側へ2本のウニフェンスで仕切る瀬切り方式³⁾で藻場造成区（0.7ha）を設け、ウニ駆除とホンダワラ類の種（幼胚）の供給が行われました。幼胚の供給は、管内から採取したキレバモクやマメタワラ等を母藻とするオープンスポアバックの設置と孟宗竹や刺網等の網を用いた長さ20mの“流れ藻キャッチャー³⁾”2本の設置により行われました。²⁾ また、駆除した痩せウニの有効利用を図るため、身入り改善のための移植試験が行われました。

【結果】藻場造成地0.7ha内では、12月頃から海藻の幼体が目に付くようになり、翌年5月にはキレバモクやマメタワラ等のホンダワラ類や小型海藻類が成長して海底が見えないほどに繁茂し、ウニ駆除を行って

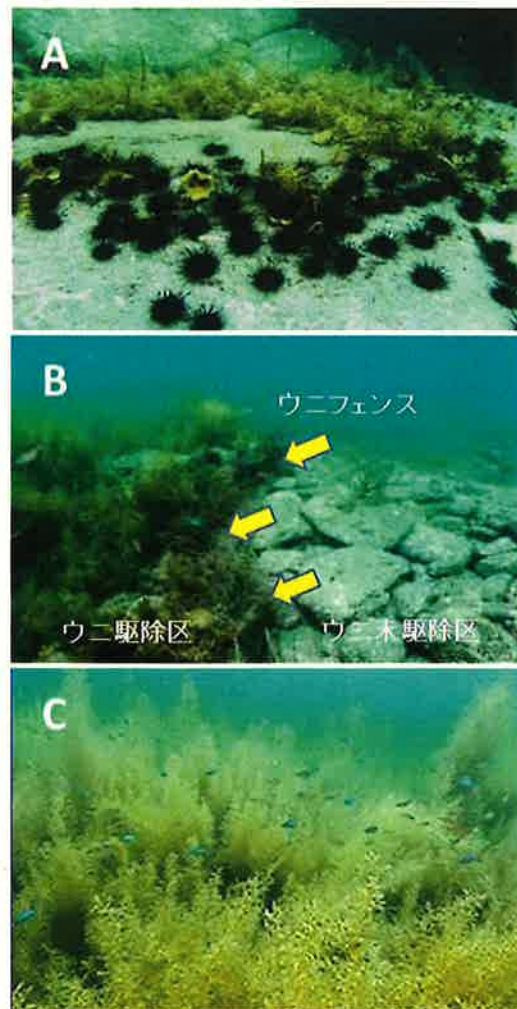


図2-23 三重地先における藻場回復の取り組み

A：磯焼けした漁場、B：ウニフェンスで仕切られたウニ駆除区とウニ未駆除区、C：造成された春藻場（2016年）

いないウニフェンスの外側とは明らかな違いがみられました(図2-23B,C)。“流れ藻キャッチャー”では、台風の影響等を考慮し、8月に回収されましたが、2ヶ月間の設置で、多くのホンダワラ類が網地に絡み付いているのが確認され、多量の種(幼胚)が供給されたと考えられます。このように、ウニ駆除とホンダワラ類の種の供給により、魚の食害が強く四季藻場が消失した場所でも“春藻場”が造成できることが示されました。その後、春藻場の造成面積が徐々に拡大され、0.7haであった藻場が2010年には1.1haになりました。

痩せウニの移植試験では、ウニ駆除を行った漁場では小型海藻類が増殖することが確認されたことから、小型海藻類が増えた場所へウニが移植されたところ、ウニの身入りが改善されることがわかりました。

【考察】藻場回復の取り組みについては、国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所との連携や(株)ベントスの南里海児さん等の“磯焼け対策のサポーター”による技術指導等により、事前調査による磯焼けの原因特定と対策が検討され、計画的な藻場造成が行われています。さらに、ホンダワラ類の種(幼胚)を供給する方法として、“流れ藻キャッチャー”を設置するなど、様々な方法が取り入れられ、地域の状況に応じた最適な手法が検討されています。これらの作業の結果として、ウニ駆除とホンダワラ類の種(幼胚)の供給を主体に行うことで、春藻場が造成できることが示されました。

痩せウニの移植試験では、小型海藻類の繁茂した漁場でも痩せウニの身入りが改善されたことから、小型海藻類はウニの餌として十分利用できることが示されました。このことから、藻場回復の取り組みにより、小型海藻類や春藻場を利用することで、ウニ漁業の生産が向上するようになり、藻場造成とウニ漁業が両立した漁場の管理体制が定着するようになりました。

今回の“磯焼け対策部会”の活動成果は、温暖化対応型の新たな磯焼け対策のモデルとなる県内でも先駆けた成功事例と言えるでしょう。この背景には、ウニ漁業が周年操業できる体制作りが構築されるなど、新三重漁業協同組合の多大なるご尽力とご指導があったからで、“磯焼け対策部会”と漁業協同組合との密接な連携が図られた結果です。現在、ムラサキウニの養殖試験やガンガゼの有効利用等の新たな取り組みについても積極的に進められており、今後のさらなる成果も期待されます。

参考資料

- 1) 吉村(2009):長崎市沿岸の藻場の異変と対策について、漁連だより, 171, 7-9.
- 2) 南里ら(2011):長崎県新三重地区における磯焼け対策, 水産工学, 48, 59-64.
- 3) 水産庁(2015):改訂磯焼け対策ガイドライン.

(3) 長崎市高浜地先における“春藻場”造成 (2010~2012年)

キーワード：春藻場、ウニ駆除、ウニの身入り改善

【背景】温暖化による環境変化等の影響で藻場が減少し、アワビ、サザエの漁獲量の減少やウニの身入りの悪化等がみられ、特に身入りの悪い痩せウニは漁獲対象にならず放置されたまま増加し、磯焼けの拡大を助長させる悪循環を引き起こしていました。また、地元では磯焼け対策が行われてきましたが、単発的で継続せず、十分な成果には繋がっていませんでした。そこで、2010年から高浜地区の青壮年部活動の一環として、若手4名を中心に磯焼け対策が始まりました(西日本新聞2013年3月13日)。

【方法】放置された大量のウニ(図2-24A)を効率的に駆除するため、自然の海底地形を利用し、ウニの侵入が困難な砂地で切り離された瀬(離れ瀬)を対象に、1つずつ徹底した駆除(素潜りによる獲り上げ)が行われました(図2-24B)。駆除面積は、1年目1,700㎡、2年目3,500㎡、3年目7,000㎡の3年間で延べ12,200㎡に及びました。また、作業時間は一日平均7時間に及び、3年間で80日程度行なわれ、駆除後の定期的な効果の検証を行いながら進められました。

【結果】ウニ駆除開始の翌春には、これまで無節サンゴモ類主体の磯焼け帯では、小型海藻類を主体に、ワカメやホンダワラ類の大型褐藻類の分布がみられ、被度は疎生~密生となりました。取り組み2年目の春には、ワカメ、キレバモク、マメタワラ、ウミトラノオ等の大型褐藻類が主体となり、小型海藻類の分布と併せ濃生となり、春藻場が形成されました(図2-24C)。このようにウニ駆除を行った磯焼け帯では、駆除1~2年で海藻の分布が増加し、3年間の取り組みで1.2haの“春藻場”が形成されました。このことで、ウニの身入りが改善されて(図2-25)、ウニの漁獲が促進されること

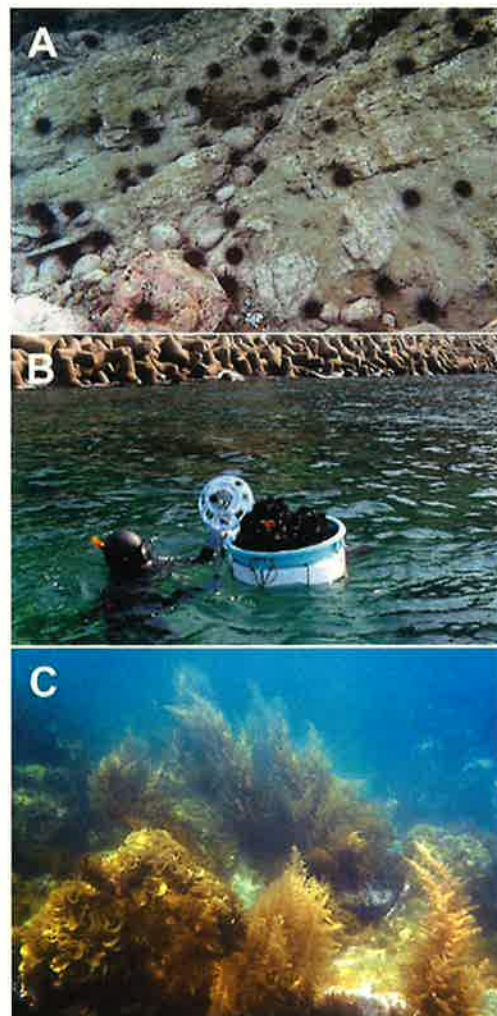


図2-24 高浜地先における藻場回復の取り組み
A: 磯焼けした漁場、B: ウニ駆除作業、C: ウニ駆除2年後の春の海藻の繁茂状況

により、ウニの低密度管理に繋がるようになり
ました。加えて、サザエ、アワビ、イセエビが
目につくようになり、今後の磯根資源の増加が
期待されています。

【考察】 今回の藻場の回復は、作業の検証を行
いながら徹底したウニ駆除が実施されたことに
加え、ウニが侵入し難い飛び瀬を選ぶなど場所
の選定も事前に検討されていることがポイント
です。また、青壮年部員若手4名を主体とする
活動でしたが、小人数での作業は、労力や範囲
が制限されるデメリットがありますが、意志の
疎通が図られ、小回りのきいた絞り込んだ作業
が行える等のメリットが大きかったと思います。
今回の成果が地元浸透していき、地域全体の
取り組みへと進展していくことが期待されます。

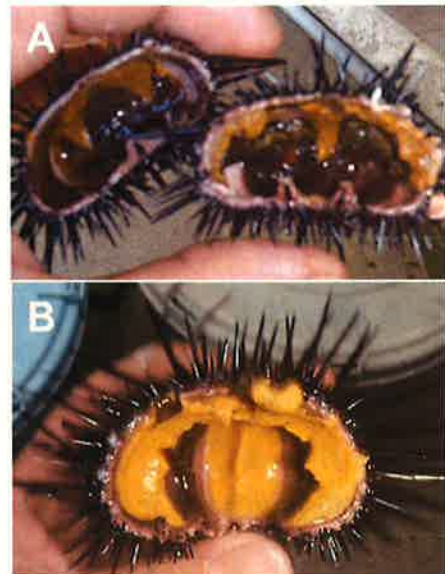


図2-25 ムラサキウニの身入り状況
A：藻場造成前の磯焼け漁場のウニ、
B：ウニ駆除実施翌春のウニ

(4) 五島市久賀島地先における“春藻場”造成 (2011~2013年)

キーワード：春藻場、ウニ駆除、ウニの身入り改善

【背景】久賀島地先では、クロメや多種のホンダワラ類が分布する四季藻場が形成されていましたが、2005年以降、四季藻場が衰退・消失して磯焼けが進行し、アワビ等の磯根資源が減少しています。そこで、2011年から海藻を増やして磯根資源の回復を図る取り組みが始まりました。

【方法】磯焼け帯に大量に分布するガンガゼ類やムラサキウニを素潜りにより潰す駆除が継続して行なわれました (図 2-26A)。

【結果】ウニ駆除を行った漁場では、駆除後2年目では小型海藻類が海底面を覆うほど増加し、一部ではホンダワラ類もみられるようになりました (図 2-26B,C)。このようなウニ駆除の継続により、3年間で久賀島北西部地先の玄海鼻~百合崎に至る 1.5ha の漁場では、以前の無節サンゴモ類主体の磯焼けから小型海藻類を主体に海藻が繁茂するようになりました。

このことで、ムラサキウニは身入りが改善され、ウニが漁獲されるようになり、ウニ漁業によるウニの低密度管理が図られるようになりました。また、海藻が増えた場所ではアワビ稚貝の放流が行われ、その後の成長が確認されており、今後のアワビ資源の増加が期待されています。

【考察】久賀島地先では、長崎県各地の藻場の変化と同様にクロメ等の四季藻場が消失して磯焼けへと変化しており、藻場の回復阻害要因として、ウニと魚の食害の影響が大きいと考えられています。このような漁場環境でもウニ駆除を行うことで、小型海藻類が容易に増えてムラサキウニの身入りが改善することが示されました。また、ウニ駆除効果で、ホンダワラ類がみられるようになり、今後、ウニ駆除と併せて母藻設置を行うことで、春藻場の造成に繋がることを期待されます。

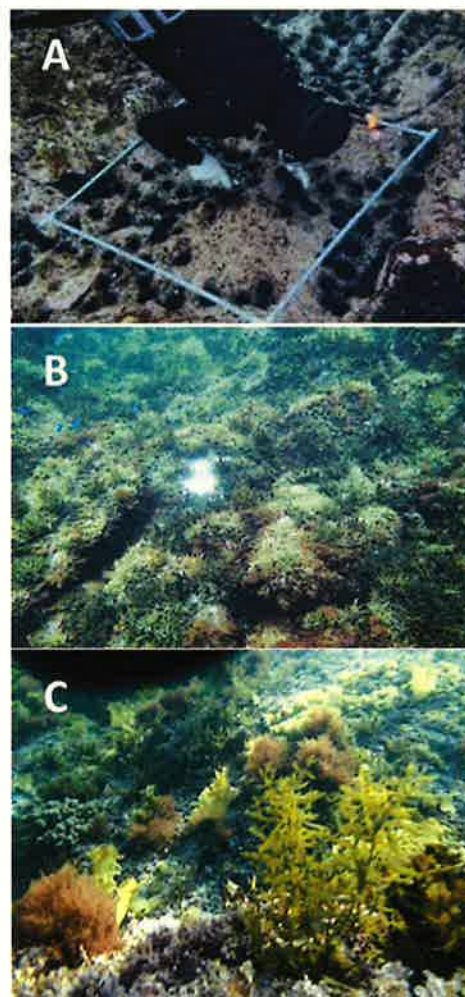


図2-26 久賀島地先における藻場回復の取り組み

A: 磯焼けした漁場およびウニ駆除作業、B、C: ウニ駆除2年後の海藻の繁茂状況、小型海藻の繁茂 (B)、大型褐藻類の出現 (C)

(5) 佐世保市浅子地先における“春藻場”造成 (2013~2015年)

キーワード：春藻場造成、ウニ駆除、母藻設置、魚対策（刺し網、食害防護網）

【背景】佐世保市浅子地先は、クロメや多種のホンダワラ類が繁茂するクロメ場やガラモ場（四季藻場）が形成されていましたが、1989年（平成元年）頃から藻場の衰退・消失が進み、魚の食害およびガンガゼ類や痩せウニ（ムラサキウニ）の増加により磯焼けが拡大し、ウニの漁獲量が減少しています。そこで、2013年9月に“藻場の保護区”を設けるなど磯焼け対策が始まり、2017年には採介藻漁業者を中心に“藻場見守り隊”を結成し、水産多面的機能発揮対策事業を利用した磯焼け対策が継続して行われています（第35回「全国豊かな海づくり大会」水産庁長官賞受賞、平成27年度「ながさき水産業大賞（長崎県知事賞）」受賞）。ここでは、2013~2015年に取り組まれた“春藻場造成”¹⁾について紹介します。

【方法】ウニフェンスを作成し（図2-27A）、沿岸線から沖に向けて2本のフェンスを設置（瀬切り方式²⁾）して、“藻場の保護区”が設けられました。保護区は、翌年2014年には沿岸線に沿って南と北の両側に、2015年には北側にそれぞれ拡大されました。

保護区では、ウニ駆除、アカモクとヒジキのスポアバックによる母藻設置、刺し網による魚駆除等が行われました。また、2015年1月に佐世保市水産センターから提供されたクロメ種系が試験的に移植されました。

ウニ駆除は、浅場では胴長着用や船上からの鉾突きで、水深3m以深では素潜りとスキューバ潜水で行われました。

クロメ種系の移植は、シェルナース（海洋建設株式会社）の筒を5本1組として並列に繋げたものを移植用基質とし、各々の筒上に種糸を結束バンドで固定して行われ、その上に食害防護用の網が覆い被せられました。

【結果】ウニ駆除と母藻設置、刺し網による積極的なアイゴの駆除（図2-27B）の効果により、保護区（約4,400㎡）には、アカモク、マメタ



図2-27 浅子地先における藻場回復の取り組み、A: ウニフェンス作成、B: 刺し網で漁獲されたアイゴ、C: 回復した藻場（2017）

ワラ、ヒジキ等のホンダワラ類やワカメが繁茂し、“春藻場”が形成されました(図2-27C)。クロメ種糸は、設置翌年の5月までは順調に成長し、藻長10cm程度になりましたが、その後、網の破損等による魚の食害防護機能の低下により、クロメは全て消失しました。

【考察】浅子地先では、高齢者が沖に出漁しなくても収入が得られるヒジキやワカメ等の有用海藻を増やそうと藻場の回復に対する意識が非常に高く、(株)ベントスの南里海児さんや水産土木建設技術センターの安藤亘さん等の“磯焼け対策のサポーター”を招いての技術指導の受講やクロメ種糸の移植用基質を独自に製作するなど、積極的な取り組みと創意工夫が行われ、佐世保市や県北水産業普及指導センターと連携しながら、藻場回復に向けた対策が計画的に実施されています。その結果、ウニ駆除と海藻の種の供給と刺網によるアイゴの駆除効果も加わり、“春藻場”造成の成功に繋がったものと考えられます。

また、クロメは食害防護網なしには増やすことはできませんでしたが、クロメより魚の食害に強いノコギリモクやヨレモク等を増殖対象種として用いるなど、四季藻場造成の可能性を検討することも今後の課題の1つであると考えられます。

今回の結果から、ヒジキやワカメの有用海藻類の増加に加え、“春藻場”の形成によりウニの身入りが改善され、採介藻漁業の振興に繋がることが期待されます。このことで、“藻場見守り隊”活動が益々活発化し、県内で先駆けた“自立した藻場の管理体制”の確立が望まれます。

参考資料

- 1) 今中 (2014) : 初めての藻場保全活動～佐世保市浅子地区活動組織の取り組み～, 水産開発, 117, 18-23.
- 2) 水産庁 (2015) : 改訂磯焼け対策ガイドライン.

(6) 諫早市江の浦地先におけるクロメ、ヒジキの増殖 (2014~2016年)

キーワード：クロメ種苗生産、ヒジキ天然採苗、ウニ駆除

【背景】江の浦地先では、クロメ場やガラモ場の四季藻場が形成されていましたが、近年は藻場が減少し、浅場ではアカモクやワカメが主体となり、藻場の形成時期が短くなる傾向にあります。そのため、2009年に“江の浦地区藻場を大切にする会”が発足し、積極的な磯焼け対策が行われています（平成29年度長崎県漁業協同組合連合会長賞 浜・地域の魅力を活かした漁村の活性部門受賞）。

【方法】県南水産業普及指導センターの指導により、クロメ種系の生産とヒジキの天然採苗が行われました。クロメでは、採苗後の種糸を港内の筏で中間育成し、翌春に成長した幼体(図2-28A)は、種糸を巻き付けた枠ごとセメント製ブロックの基質に固定して海底に設置されました。ヒジキでは、自然石を用いた天然採苗が行われ、着生が確認された基質はヒジキが少なくなった場所へ移設されました(図2-28B)。また、クロメの移植場所では、ウニ駆除が継続的に行われました。

【結果】クロメ種糸では、2014年320m(種糸5枠)、2015年3,000m(50枠)、2016年1,000m(51枠)の生産に成功し(図2-28A)、漁場へ移植されました。2014年に採苗し移植されたクロメは、2016年1月には成体となり、2015年に移植した種糸3,000mと合わせ、クロメ群落の形成が確認されました。

ヒジキでは、設置した自然石のうち、幼体の着生が確認されたのは、2015年70%、2016年78%で、図2-28Cのように多数の幼体が着生したものがああり、造成面積で見ると、それぞれ3.4㎡、11.7㎡で、ヒジキの着生場が造成されました。

【考察】地元の熱心な取り組みと県南水産業普及指導センターの指導により、クロメの種糸作りやヒジキの天然採苗の成功は県内でも例のない事例と言えます。特にクロメの種糸作りは、2016年に

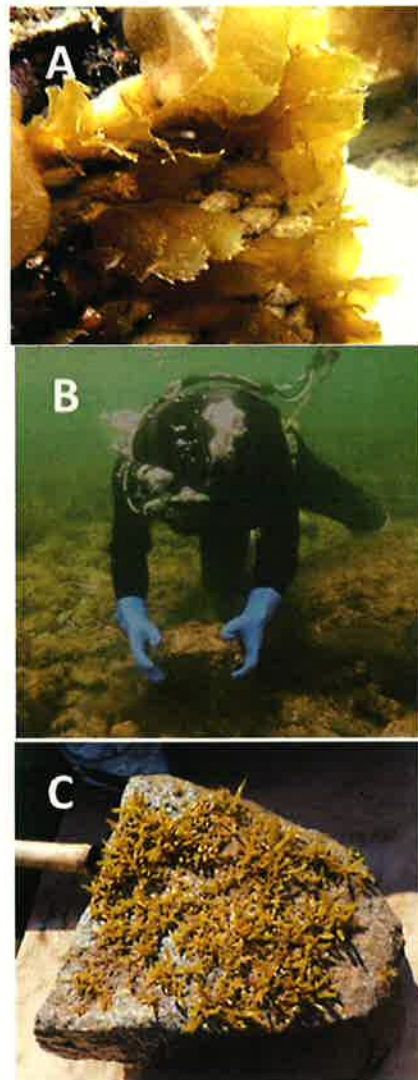


図 2-28 江の浦地先における藻場回復の取り組み

A: クロメ種糸、B: ヒジキ増殖用基質の設置作業、C: 天然採苗で増殖用基質上に着生したヒジキ幼体

は諫早市池下地区でも技術の導入が図られ、種糸 1,000m (種糸 25 枠) が生産され、地元への技術の定着が期待されます。ただ、技術の導入にあたっては、クロメでは秋～冬の間育成を行う場所や施設が必要であり、中間育成期間中の付着物を落とす洗浄作業など管理体制も整えておく必要があります。

ヒジキの天然採苗では、基質の安定と十分量の母藻が必要となり、波浪の影響など漁場に応じた基質の選定や設置方法の検討と母藻の成熟状態を確認して行う必要があります。基質への採苗は自然任せとなるので、全ての基質に均等に高密度で種を付けることは容易ではありませんが、母藻設置作業と比べ、母藻を採取して設置する作業や母藻となる群落を傷めることがないこと、クロメのように中間育成を行う手間が省けることなど、メリットもあります。天然採苗は海藻を増やす“要素技術”の1つで、ヒジキ以外の海藻にも利用できる方法です(第3章3-1、p.52参考)。

(7) 佐世保市北九十九島地先における“春藻場”造成 (2015~2016年)

キーワード：春藻場造成、ウニ駆除、母藻設置、魚対策（防護網：魚ドーム）

【背景】佐世保市北九十九島地区では、クロメやホンダワラ類が繁茂する藻場（四季藻場）が形成されていましたが、1989年（平成元年）頃からウニや魚の食害による藻場の衰退・消失が進行し、磯焼けがみられるようになりました。そこで、1996年から青壮年部が自主的にウニ駆除やウニフェンスの設置を行い、2002年から漁網で一定範囲を生簀型に囲んだ“魚ドーム”を考案して保護区を設定する等、磯焼け対策が積極的に行われてきました。さらに、2009年には磯焼け対策のさらなる充実を図るため“北九十九島地域活動組織”を立ち上げ、磯焼け対策の活動の強化が図られています（第36回全国豊かな海づくり大会水産庁長官賞受賞（2016）、¹⁾平成29年度「ながさき水産業大賞」特別賞（ながさき水産業大賞運営委員長賞）受賞、第20回全国青年漁業者交流会長崎県大会優良賞受賞（2017））。ここでは、2015~2016年に取り組まれた“春藻場”造成の活動成果について紹介します。

【方法】鹿町地区：保護区は、丑ヶ島北西岸と長串北西岸の2箇所に設定され、丑ヶ島地先では水深1m前後の浅場をウニフェンスで囲い、長串地先では水深0.6mに魚ドームが設置され、各保護区内のウニ駆除が継続的に行われました。

小佐々地区：保護区は、千鳥島東の瀬をウニフェンスで取り囲んで設定され、ウニ駆除とアカモクのスポアバックによる母藻設置および予め陰干しをして種（遊走子）が出やすいように処理したワカメ（メカブ）が投入されました。また、ウニ駆除では効率化を図るため、鉄筋棒の先端を十字型に加工した専用の道具が作られ（図2-29A）、ガンガゼ類の分布状況を把握した後に行われました。

【結果】鹿町地区：保護区では、いずれも

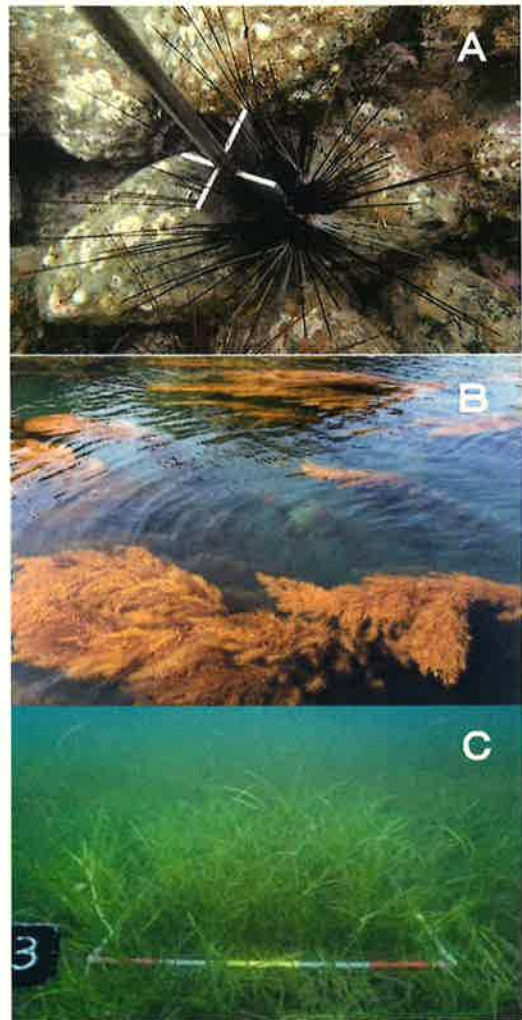


図 2-29 北九十九島地先における藻場回復の取り組み

A：ウニ駆除専用の道具、B：回復した藻場（2016）、C：造成されたアマモ場（2016）

ウニの生息密度が5個体/m²以下に維持され、ウニフェンスで囲った保護区では、翌春にはアカモクを主体に、マメタワラ、ヤツマタモク、ワカメが部分的に繁茂した春藻場1.0haが形成されました(表2-13、図2-29B)。魚ドームによる保護区では、ノコギリモクが繁茂し、当歳と推定される幼体も数個体ですが

表2-13 鹿町地区および小佐々地区の出現海藻種(2016)

海藻種	保護区	鹿町地区		小佐々地区
		丑ヶ島	長串	千鳥島東の瀬
ワカメ		○		○
アカモク		○		○
ウミトラノオ				○
ノコギリモク			○	
ヒジキ				○
マジリモク				○
マメタワラ		○		○
ヤツマタモク		○		○
ヨレモク				○

確認されています。なお、魚ドーム外の周辺域では、ノコギリモクの分布は確認されていません。

小佐々地区：保護区では、ウニの生息密度が5個体/m²以下に維持され、母藻設置効果と併せて、翌春には、アカモクとワカメを主体にヤツマタモク、マジリモクや潮間帯にはヒジキとウミトラノオもみられ(表2-13)、春藻場0.7haが形成されました。また、これまでみられなかった四季藻場構成種のヨレモクの分布も確認されています。

【考察】佐世保市鹿町および小佐々町地先における2007~2009年の水産試験場による両地区での藻場造成の効果調査^{2~4)}では、四季藻場が維持される指標となるノコギリモク(第4章4-1、p.55~56)の分布は鹿町地区では密生した群落が、小佐々地区では極点生ながら確認され、大型褐藻類の種類数も現在より多く、四季藻場が造成可能な場所がありました。しかし、現在ではノコギリモクの分布は、魚ドーム内のみとなり、2009年に比べ藻場の衰退は進んでいます。

このような厳しい漁場環境において、ウニを低密度で管理し、海藻の種(生殖細胞)を供給することで、魚の食害から海藻を防護しなくても、ワカメやアカモクなどを増やすことができ、魚の食害の強い場所でも“春藻場”の造成が可能であることが示されました。

また、小佐々地区では、魚の食害の強さの指標となるヒジキ(コラム4-2-2、p.99)の増加や四季藻場構成種のヨレモクの着生が確認されたこと、鹿町地区に比べ大型褐藻類の出現数と分布量が多いことから、春藻場の拡大や四季藻場形成の可能性が期待されます。

鹿町地区では、魚ドーム内ではノコギリモクが繁茂して再生産が確認されたことから、今後、四季藻場造成が可能となるような漁場環境の変化等に備え、母藻の供給基地として維持・拡大していくことは大切なことであり、ノコギリモク以外の海藻種を増やしていくことも必要です。

北九十九島地区では、藻場の保全に対する意識が非常に高く、活動組織としての

技術講習への参加や専門家を招いた潜水講習会の受講など、積極的な取り組みが継続して行われています。小学生を対象に行われている学習会では、アマモの移植や播種により、アマモ場 0.1ha が造成されるなどの成果もみられ（図 2-29C）、藻場の保全活動は青壮年部が主体で行われてきましたが、漁協女性部の協力も加わり地域ぐるみの取り組みへと広がりを見せ、今後の活動の充実とその成果が益々期待されます。

参考資料

- 1) 県北振興局 県北水産業普及指導センター（2016）：北九十九島地域活動組織の水産庁長官賞受賞について，水産開発，124，21-27.
- 2) 桐山ら（2008）：IV. 環境生態系保全活動支援調査・実証事業（新生海の森づくり総合対策事業），長崎県総合水産試験場事業報告，108-116.
- 3) 吉川ら（2009）：IV. 環境生態系保全活動支援調査・実証事業（新生海の森づくり総合対策事業），長崎県総合水産試験場事業報告，87-88.
- 4) 西村ら（2010）：III. 環境生態系保全活動支援事業への技術支援のための調査（新生海の森づくり総合対策事業），長崎県総合水産試験場事業報告，80-81.

2-3 民間企業の提案した藻礁例（藻場回復新技術導入実践事業）

本事業は、磯焼け対策における多様な藻場回復技術を見出して、県内各地に技術普及することで藻場回復の促進を図ることを目的に、民間事業者等が持つ藻場造成手法等の新しい藻場回復技術を広く公募し、採択された提案を県内各地で実践する新たな試みです。ここでは、優良な成果が得られた2事例について紹介します。

（1）多孔質の着定基質を用いたヒジキの増殖（日本リーフ株式会社）（2015～2017年）

キーワード：多孔質海藻着定基質（セラポラ基質）、ヒジキの増殖

【基質の特長】セラポラ基質（セラミックポーラスブロック）は、規格外の“いぶし瓦”を粉砕したリサイクル材を骨材に用い、天然繊維・鉄粉・セメントペーストで混ぜ合わせてポーラス状に製作されたもので、空隙のある凸凹の表面構造になっています（図2-30）。



図2-30 セラポラ基質（多孔質海藻着定基質）

【方法】南島原市南有馬町地先のヒジキが分布する砂礫帯と岩盤帯の2箇所において、2015年5月にセラポラ基質を各々5枚ずつ設置し、その後のヒジキの着生および生育状況が観察されました。なお、対照区には同じサイズのコンクリート製の基質が使用されました（図2-31A）。

【結果】セラポラ基質の設置3ヶ月後の8月には、ヒジキ幼体の着生が確認され、翌年5月には、セラポラ基質と対照区における基質1枚あたりのヒジキの平均本数は、砂礫帯で233本と0本、岩盤帯で299本と94本と明瞭な差がみられました。さらに、設置2年後の2017年5月では、砂礫帯で361本と0本（図2-31B）、岩盤帯で381本と131本と、ヒジキの生育数は増加し、セラポラ基質の設置によるヒジ



図2-31 南島原市南有馬町地先におけるセラポラ基質を用いたヒジキ増殖の取り組み
A：砂礫帯における基質の設置状況、B：基質設置2年後のヒジキの生育状況

キの増殖が図られました。

【考察】砂礫帯および岩盤帯に設置したセラポラ基質では、いずれもヒジキの着生が確認され、通常のコクリート基質に比べて着生数が多く、着定基質として優れていることがわかりました。特に砂礫帯では、コクリート基質にはヒジキの着生は全くみられず、本基質は砂礫帯におけるヒジキの増殖に有効な着定基質としての利用が期待されます。

多孔質の基質については、表面積が大きくなり海藻の種（生殖細胞）の着生量が多くなる一方、数年後には付着物に覆われ、多孔質の機能が低下することが指摘されています。¹⁾ 今回の取り組みでは、潮間帯および砂礫帯と言う特異な環境条件ですが、少なくとも2年間は多孔質の機能が維持されたと考えられます。 今後、造成されたヒジキ群落の変化や多孔質機能の保持期間に加え、漸深帯における他の大型褐藻類に対する着定基質としての有効性についても調べていく必要があります。

(2) 着脱式鋳物基質を活用した藻場の拡大（中山製網所九州営業所）（2015～2016年）

キーワード：海藻着定基質（鋳物、着脱式）、アラメ、ホンダワラ類の着生

【基質の特長】 鋳鉄を用いることで、複雑な粗い凸凹の表面性状が形成されます。円盤状の基質（図2-32）は1個あたり約10kgで、海底では自重により安定し、固定作業は必要とせず、簡単に取り扱うことができます。また、本基質は藻場増殖礁上への設置用に、取り外し可能な着脱式の基質として設計されています（図2-32）。

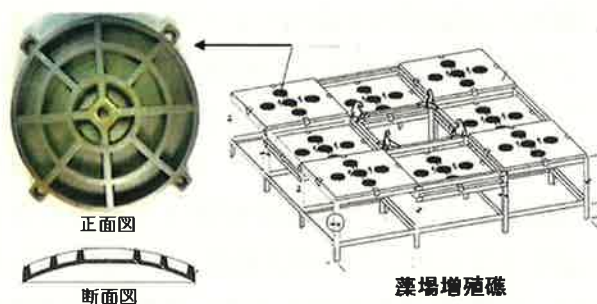


図2-32 鋳物海藻着定基質および藻場増殖礁
鋳物基質直径：32 cm、高さ7 cm、藻場増殖礁：6
×6×1m

【方法】 大型褐藻類の増殖を目的に、平戸市獅子地先のアラメ場に2015年11月とガラモ場に2016年4月にそれぞれ鋳物基質22基ずつを設置し、1年3ヶ月後および1年2ヶ月後の海藻の着生状況が観察されました。

【結果】 アラメ場およびガラモ場に設置された鋳物基質では、それぞれ1年以上経っても基質の消失、回転、破損等はみられず、全て設置当初の状態が維持されました。1基質あたりの幼体の平均着生数はアラメでは0.2個体（最小0個体～最多2個体）で、ホンダワラ類では2.8個体（0～9個体）が確認され、基質による幼体の着生数にはばらつきがみられました（図2-33）。また、2015年にアラメ場に設置し

た基質を藻場増殖礁（図2-32）に設置したところ、その後、アラムの順調な生育が確認されています。

【考察】 アラメ場およびガラモ場に設置された鋳物基質は、1年以上経っても全基質がほぼ設置時の状態で維持されたことから、安定性に優れ、固定作業も不必要で設置や移設が容易に行えることがわかりました。また、アラメやホンダワラ類の幼体の着生が確認され、着定基質としての有効性が示されました。海藻の着生数は1基あたり最多で、ア

ラメでは2個体、ホンダワラ類では9個体とホンダワラ類の採苗基質としての実用性が期待されます。アラメの着定基質としては、その表面構造の改良など、今後、効率的な採苗・育苗に向けた検討が求められます。

参考資料

- 1) 水産庁（2015）：改訂磯焼け対策ガイドライン。

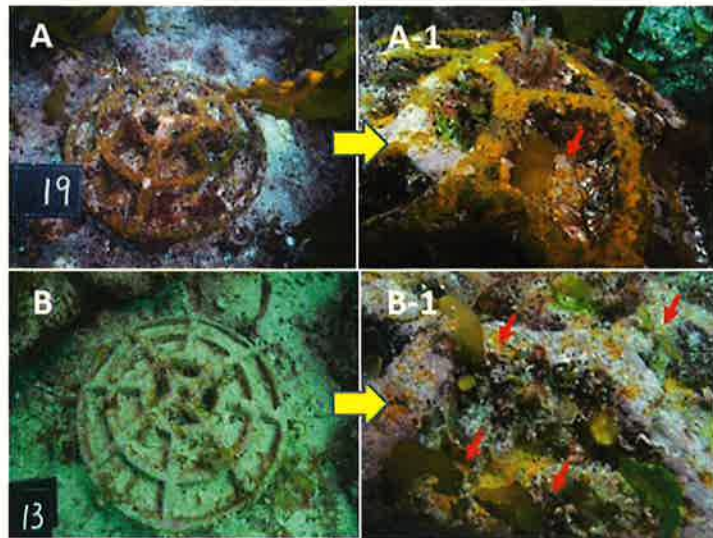


図2-33 平戸市獅子地先におけるアラメ場（A）およびガラモ場（B）に設置された鋳物海藻着定基質および設置1年後の基質上への海藻の着生状況（赤色矢印）
A-1：アラメ幼体（2016年11月）、B-1：ホンダワラ類幼体（2017年5月）

第3章 藻場造成に関する要素技術

藻場造成の実施にあたり、県内各地で一般的に行われています“海藻の種の供給”と“植食性動物の対策”について、各々の主な作業内容（要素技術）について紹介します。

キーワード8 藻場造成の要素技術

- 1 海藻の種の供給、種苗や母藻の移植・設置
 - (1) 海藻の種の供給：①母藻の採取、②母藻の設置
 - (2) 種苗・藻体の移植：①人工種苗、②天然の藻体、③天然採苗した種苗
- 2 植食性動物対策
 - (1) ウニ対策：駆除と侵入防止
 - (2) 魚対策：駆除と侵入防止

3-1 海藻の種の供給、種苗や母藻の移植・設置

増殖対象種が決まれば（第1章1-1、p.4）、次に増やす方法を検討します。成熟した海藻（“母藻”）を採取して海底に設置し、種（生殖細胞）の自然放出と自然着生を行うのが一般的な方法です。人工種苗の移植や天然で生育している海藻を石等の基質ごと移植する方法など海藻を増やす“要素技術”は様々な方法があるため、¹⁾ここでは一般的な方法について紹介します。

(1) 海藻の種の供給

①母藻の採取

◆母藻を採取する場合の流れを図3-1に示します。母藻をどれくらい、どこから、どのようにして採取（確保）するのかを決めます。

◆母藻の確保が困難な場合、管外からの入手や流れ藻の利用等が考えられます。

◆また、県の公共事業で県内各地の沿岸に整備されている“海藻バンク”の海藻を利用することもできます（第4章4-5、p.65 参考、問合せ先：長崎県水産部漁港漁場課）

◆管外からの海藻の採取には、漁業協同組合や地区の代表者等の協力を得る必要が

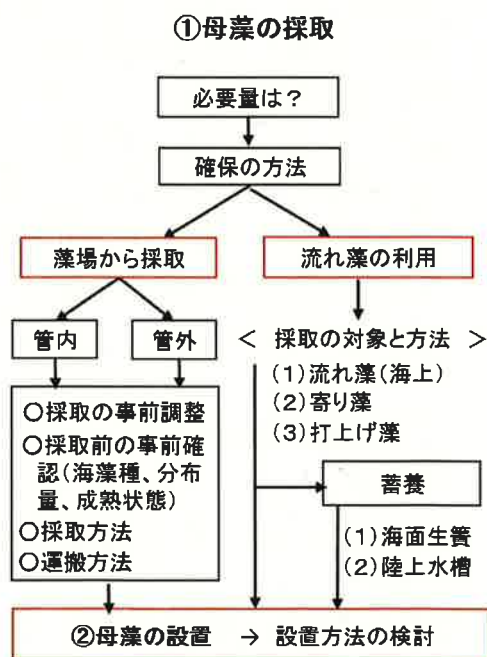


図3-1 母藻の採取の流れ

あり、事前の調整が求められます。

◆流れ藻を利用する場合、分布情報、構成種、成熟状態等を把握する必要があります（コラム 3-1-1、p. 70）。採取量が少ない場合や母藻設置作業の調整から、一旦、生簀で蓄養する等、流れ藻の受け入れ体制と母藻設置作業までの管理が必要になります。

◆増殖対象種となる海藻種については、確実に種（生殖細胞）を放出させる必要があります、予め成熟時期を把握しておく必要があります（第4章 4-3、p. 59~63）。

②母藻の設置

◆母藻設置の流れを図 3-2 に示します。海藻の種を供給する方法は色々ありますが、種を供給する範囲や密度について、広く薄く、あるいは局所的に高密度に行うなど、目的に応じた方法を選びます。

◆スポアバックによる母藻設置では、これまでの試験で、幼体が比較的多く着生した範囲として、カジメでは 10m 程度、²⁾ ホンダワラ類（ヨレモク、ヤツマタモク）では 5m 程度³⁾ の同心円内とされています。

◆母藻設置は、スポアバック方式が一般的ですが、効率性、コスト性、安定性、保持性（母藻の長期間維持）等を検討し、古材の有効利用や漁場環境に合わせた創意工夫が必要です。

◆流れ藻を捕える“流れ藻キャッチャー”は、流れ藻が集まる場所を事前に把握し、造成漁場に利用できるのかどうか検討しておく必要があります。

◆流れ藻キャッチャーは、流れ藻を効率的に捕えるためのトラップであり、ロープ、網、竹など材質や構造、設置方法（施設の片側 1 点の固定および両側 2 点の固定）は決まったものではありません。

（2）種苗・藻体の移植

①人工種苗

◆人工種苗では、種糸や基質に海藻が付着したものを利用するのが一般的であり、現場へ移植することになるので、漁場への設置方法を検討する必要があります。

◆種糸では岩や移植用の基質、藻礁に巻きつけることとなりますが、根（付着器）が成長して基質に固着する必要があるため、たるみがないように種糸を基質にし

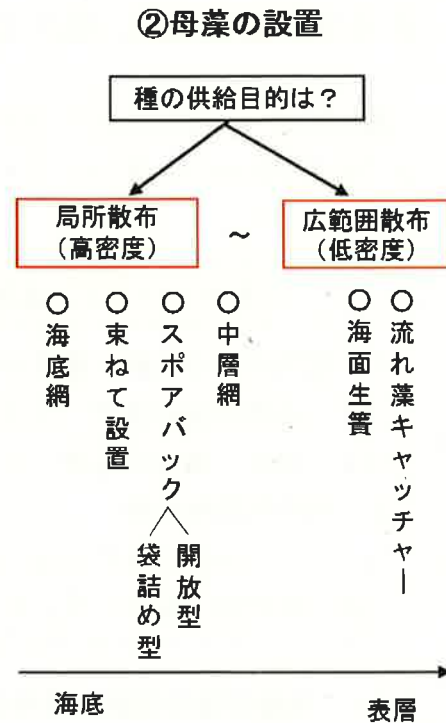


図 3-2 母藻設置の流れ

っかり巻き付けなくてはなりません。

- ◆プレート等の小型の基質では、水中ボンド等の接着剤の使用や岩盤にドリルで穴を空けてボルトを埋め込みナットで固定する等の方法があります。
- ◆人工種苗は、地元で種苗を生産することは可能ですが、培養施設が整備されていることや培養管理する体制が必要となります。
- ◆種苗を購入する場合には、必要とする海藻（増殖対象種）の成熟期の前に種類と必要量を注文することになるので、予め計画を立てておくことが求められます。海藻の成熟期については第4章4-3、p. 58～63を参考にして下さい。

②天然の藻体

- ◆石等の基質に付いた海藻を基質ごと採取して移植することになりますが、移植した基質が時化等で移動しないような設置の工夫や静穏域等の移植場所の検討が必要です（第2章2-2（6）江の浦地区のヒジキ天然採苗事例、p. 42参考）。

③天然採苗した種苗

- ◆母藻群落の直下～周辺に海藻の種を着生させる基質を設置し、自然放卵による採苗（天然採苗）を行います。海藻の着生を確認した後、基質を取り上げ、造成する場所へ移設します。
- ◆基質にはコンクリートブロックや自然石（第2章2-2、p. 42）等の取り扱いが容易なものが好ましく、一方、採苗や移設にあたり、基質の安定のためにある程度の重量が必要となり、基質の選定と設置方法の工夫が求められます。
- ◆採苗は、自然任せとなるため、基質に均一に種（生殖細胞）を付けることは容易ではありません。できるだけ母藻となる群落が十分にあり、設置した基質が安定する場所を選ぶ必要があります。
- ◆天然採苗では、基質の設置や移設に労力を要しますが、育苗する手間がかからないこと、母藻を採取しないので海藻群落を傷めないこと、採苗のやり直しができること等、メリットとデメリットとがあります。

3-2 植食性動物対策

ここでは、植食性動物のうち、最も共通して食害対策が必要となるウニと魚について示します。

（1）ウニ対策

① ウニ駆除（排除、除去）

- ◆素潜りやスキューバ潜水により、ハンマーや鉤で潰すのが一般的で、網袋による回収方法などもあります。¹⁾ 北九十九島地域活動組織考案のウニ駆除装置については第2章2-2、p. 44を参考にして下さい。
- ◆ウニを駆除する（潰す）場合、水槽内実験の結果では、ムラサキウニに1～2 cm

の穴を空けても殻が再生するので、しっかり潰す必要があります。

- ◆ウニ駆除は、水深の深い場所から浅い場所に移動しながら行うのが効率的とされています。¹⁾
- ◆ウニ駆除は、潜水作業が主体で装備や労力を要するため、小値賀町等でのボランティアダイバーや長崎市外海地区での長崎大学スキューバダイビングサークルの協力（長崎新聞 2017年6月19日、日経新聞 2017年6月21日）による新たな取り組みもみられます。
- ◆なお、ウニの生息密度は、1㎡あたり5～10個体以上の場所では、磯焼けが継続しているとされ、^{1,4)} 5～10個体/㎡以下がウニ駆除の目標数値として利用されています。

② ウニの侵入防止

- ◆ウニの侵入防止には、ウニフェンス（ウニハードル）が利用されます。
- ◆ウニフェンスには、刺網を筒状に巻いた“棒状タイプ”と、一枚網を立たせた“立網タイプ”（コラム3-2-1、p.72）があります。
- ◆いずれも、設置後は付着物による侵入防止効果の低下、時化等による破損や流出などが発生する可能性があり、定期的な管理が必要です。
- ◆一方、ウニフェンスの設置により作業範囲が明確になり、作業の効率化や駆除効果の把握が容易になる等の利点もあります。

（2）魚対策

①魚の駆除

◆アイゴ

刺網が一般的ですが、雑魚籠（コラム3-2-2、p.73）や魚類養殖生簀を改良した漁具（コラム3-2-3、p.75）により効率的に漁獲した事例があります。その他、養殖生簀にい集するアイゴを配合餌で誘き寄せ、敷網により効率的に漁獲することもできました。⁵⁾ いずれもアイゴがい集する場所を予め把握しておくこと、漁場環境に応じた漁具を設置していることなどが成功の鍵と言えるでしょう。

刺網漁具については、コラム3-2-4、p.76を参考にして下さい。また、定置網ではアイゴやノトイスズミが時に大量に混獲されるので、磯焼け対策を考慮した漁獲物の対処が望まれます。

◆ノトイスズミ

冬期に消波ブロックにい集する特性を利用し、壱岐市地先では消波ブロックにい集した大群を刺網で囲い込んで捕獲した事例が“改訂磯焼け対策ガイドライン（水産庁 2015）”に紹介されています。¹⁾ 刺網漁具についてはコラム3-2-5、p.78を参考にして下さい。

◆ブダイ

一般的に刺網で漁獲され、定置網ではほとんど漁獲されません(コラム 3-2-7、p.81)。和歌山県串本地域では、ブダイを専門に漁獲する延縄漁業があり、餌にはホンダワラ類が用いられています。¹⁾

②魚の侵入防止

- ◆侵入防止の方法には、網籠による小規模なものから網による一定範囲を囲ったもの、入り江等を網で仕切った大規模なものや海底に網を被せる“被覆ネット”¹⁾等があります。
- ◆これら施設の見合は、対象となる魚の種類と大きさを考えて決める必要がありますが、5 cm位の見合いが多いとされます。¹⁾
- ◆防護網の中には、隙間からの侵入や網目から、特に魚が小型サイズの時期に侵入し防護網の中で大きくなる場合が多々観察されており、完全に網で侵入を防ぐことは困難です。
- ◆魚の侵入に加え、付着物や破損等の定期的なメンテナンスが必要不可欠となり、規模が大きくなるほど、労力や経費は増え、耐久性や侵入防止効果も低下します。
- ◆網の設置時期は、周年の設置と限定した期間の設置が考えられます。限定した期間については、食害が顕著となる秋のみに設置するなど、目的、規模、予算等に応じた設置方法を検討する必要があります。

参考資料

- 1) 水産庁 (2015) : 改訂磯焼け対策ガイドライン.
- 2) 柳瀬ら (1983) : カジメ群落造成試験-I 母藻投入試験, 静岡県水産試験場事業報告, 146-148.
- 3) 前迫・四井 (1985) : ホンダワラ類2種の成熟母藻投入による幼胚の分散, 長崎県水産試験場事業報告, 322-336.
- 4) 四井・前迫 (1993) : 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復試験, 水産増殖, 41, 67-70.
- 5) 桐山ら (2006) : (1)防護技術開発(公設試連携プロジェクト研究), 長崎県総合水産試験場事業報告, 102.

第4章 藻場造成における基礎資料

4-1 長崎県沿岸における温暖化の影響による藻場の変化

(1) 藻場の変化

- 四季藻場の減少、春藻場・磯焼けの拡大
- アラメ、カジメ場の衰退・消失
- ガラモ場の構成種（ホンダワラ類）の変化と種類数の減少

⇒ 四季藻場と春藻場（第1章1-1、p.5参考）

⇒ 藻場の変化

- 大型褐藻類の分布変化（コラム4-1-1、p.86）
- 長崎市樺島・野母地先の藻場の変化（コラム4-1-2、p.89）
- 高水温によるアラメ・カジメ類への影響（コラム4-1-3、p.95）
- アラメ・カジメ類の葉状部欠損現象（コラム4-2-1、p.97）
- ヒジキの生育不良現象（コラム4-2-2、p.99）
- 植食性魚類の摂食選択性（コラム4-4-2、p.104）

(2) 大型褐藻類の分布変化

- 消失種、維持種、新出種の分類 ⇒ 増殖対象種の選定
- 衰退・消失傾向の強い種（消失種）⇒ 藻場の衰退・消失、磯焼けの指標
- 分布域の拡大傾向にある種（新出種）⇒ 増殖対象種の選定
- 藻場から磯焼けへの変化過程 ⇒ 藻場の類型化、造成可能な藻場の選定

◆消失種、維持種、新出種の分類

・大型褐藻類の分布の変化過程であり、各漁場で異なります。以前と現在の海藻の分布状況を比較し分類します（コラム4-1-1、p.86参考）。

◆衰退・消失傾向の強い種（消失種）

・アラメ・カジメ類、ヤナギモク、ジョロモク、ホンダワラ、フシスジモク、ヒジキなどが、まず最初に衰退・消失がみられるので、魚の食害による藻場の衰退が始まる“指標種”になります。

◆分布域の拡大傾向にある種（新出種）

・南方系ホンダワラ類、アントクメ

◆藻場から磯焼けへの変化過程

- 海藻が食害を受けた場合、再生できるか否かは、成長点が残っているのかどうかにかかってくる。
- 成長点は、アラメなどコンブ類では、茎と葉状部との移行部にあり（図4-1）、茎や根（付着器）のみとなった藻体は枯死し、種（遊走子）が放出されて次世代の幼体が成長して残らないと、再生することはできません。
- ホンダワラ類では、一般的に茎と主枝がみられ、摂食されて短くなっても再生することができますが、根（付着器）のみになると種類によっては、再生できるものとそうでないものがあります。¹⁾

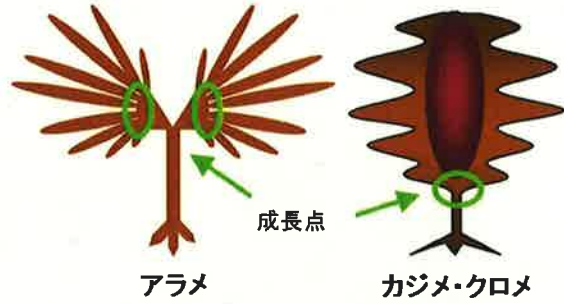


図4-1 アラメ、カジメ・クロメの成長点の位置



図4-2 ホンダワラ類の根（付着器）の種類

- 根のみとなっても再生できる種には、ヒジキ、イソモク、マメタワラ、ヤツマタモク、南方系ホンダワラ類等で、再生できない種は、ノコギリモク、ヨレモク、ヤナギモク等に区別されます。
- これらの違いは、前者では、共通して岩上に張り付いたような根の形状をした“纖維状”、“仮盤状”、“盤状”で、後者では、前者に比べて高く立ち上がった“円錐状”をしており（図4-2）、魚の食害を受け易い形状とも言えます。
- “盤状根”を持つホンダワラ類の種類の中でも、南方系ホンダワラ類では、夏の成熟後に主枝は全て枯死・流失して根のみとなり、すぐには新しい芽は成長せず、冬までほぼ根のみのまま過ごします。
- 一方、同じ“盤状根”を持つマメタワラ等では、成熟後に主枝は枯死・流出しますが、新しい主枝の成長がすでにみられ、食害がなければ根のみになることはありません。
- このように、ホンダワラ類では、種類によって根の形状や生活環が異なり、食害に対する耐性（回復力）は異なります。

（3）食害による海藻の種（生殖細胞）の供給量（再生産）への影響

- 魚の食害は真冬を除けば、ほぼ周年みられますが、特に秋に食害が顕著となる傾向にあります。
- 海藻が再生産するには、種（生殖細胞）が供給されなければなりません。成熟期に食害を受けると種の生産量が減少し、再生産への影響がみられます。

表4-2 ホンダワラ類の成熟時期

種名	海域	成熟時期											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
在来種													
アカモク	有明海 全域	→	→	→	→	→							
ホンダワラ	全域		→	→	→	→							
ジョロモク	全域			→	→	→	→						
ヨレモク (ヨレモク類) ^{※1}	全域			→	→	→	→						
ノコギリモク	奄岐 奄岐・全域				→	→	→	→					
トゲモク	全域				→	→	→	→					
エンドウモク	全域				→	→	→	→					
ヤツマタモク	全域				→	→	→	→					
マメタワラ	全域				→	→	→	→					
ヒジキ	全域				→	→	→	→					
ウミトラノオ	全域 有明海・大村湾の一部				→	→	→	→			→		
イソモク	全域					→	→	→					
ウスバノコギリモク	全域					→	→	→					
ヤナギモク	全域						→	→	→				
アキヨレモク	全域 大村湾							→	→	→	→	→	→
南方系種													
マジリモク	全域					→	→	→					
ツクシモク	全域						→	→					
コナフキモク	全域						→	→					
ヒイラギモク	全域						→	→					
キレバモク	全域						→	→	→				
ウスバモク	全域						→	→					

※1:ヨレモクに分類しているが、ヨレモクとは形態が異なると判断したもの

表4-3 コンブ類の成熟時期

種名	海域	成熟時期											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
多年生													
アラメ	全域									→	→	→	→
カジメ	全域									→	→	→	→
クロメ	全域									→	→	→	→
ツルアラメ	平戸・田平									→	→	→	→
1年生													
ワカメ	全域			→	→	→							
アントクメ	全域							→	→	→	→	→	→

- ホンダワラ類の成熟は、多くの種類が春～初夏に集中し（表4-2）、この時期は大型褐藻類や小型海藻類が繁茂して年間で海藻の現存量が最も多くなり、藻体あたりに受ける食害（食圧）は分散されて弱くなります。
- アラメ、カジメ類の成熟時期は秋～初冬で（表4-3）、この時期は春～初夏に比べて海藻の現存量は少なく、分布する海藻の主体は一部のホンダワラ類を除いてアラメ、カジメ類となり、藻体あたりに受ける食圧は春～初夏に比べて強くなり、

アラメ、カジメ類への食害が高くなることなど、毎年秋～初冬にかけて葉状部欠損現象が発生します（コラム4-2-1、p.97）。

- そのため、アラメ・カジメ類の種（遊走子）の供給量は大きく減少し、再生産に影響を及ぼします。

4-3 長崎県沿岸でみられる海藻

長崎県沿岸でこれまで確認された大型褐藻類は、コンブ類（コンブ目）が3科5属9種（表4-4）、ホンダワラ類（ヒバマタ目）が2科2属30種（表4-5）です。藻場造成で利用される主な海藻種の分布や生態については、資料集 p.108～118 を参考にして下さい。

(1) コンブ類（コンブ目）

① 多年生コンブ類

- ◆長崎県沿岸にはアラメ、カジメ、クロメ、ツルアラメの4種がみられます（表4-4）。

- ◆温暖化の影響により、1990年代後半以降、魚の食害の顕在化（コラム4-2-1、p.97）や2013年や2016年に、これまでみられなかった夏期の30℃を超える高水温の影響等により（コラム4-1-3、p.95）、アラメ・カジメ類の藻場の減少はさらに加速し、分布域は橘湾、有明海、五島の一部を除いて、平戸以北の限られた地域に縮小しています（図4-3）。

- ◆アラメの分布南限は、これまで西海市大島、崎戸、江ノ島、新上五島町有川を結ぶラインでしたが、現在は平戸市志々伎へと北上し、多年生コンブ類の主体はアラメからクロメへと変化しています。

- ◆ツルアラメの分布は、平戸市志々伎～田平地先に限られ、2013年の調査時点で

表4-4 長崎県沿岸でみられたコンブ類一覧

コンブ類(コンブ目)の分類			多 年 生	1 年 生
科	属	種		
コンブ	アラメ	アラメ	○	
		カジメ	○	
	ツルアラメ	クロメ	○	
		ツルアラメ	○	
チガイソ	アントクメ	アントクメ		○
	ワカメ	アオワカメ		○
		ヒロメ		○
		ワカメ		○
ツルモ	ツルモ	ツルモ		○

表4-5 長崎県沿岸でみられたホンダワラ類一覧

ホンダワラ類(ヒバマタ目)の分類			多 年 生	1 年 生
科	属	種		
ウガノモク	ジョロモク	ジョロモク	○	
ホンダワラ	ホンダワラ	アカモク		○
		アキヨレモク	○	
		イソモク	○	
		イトヨレモク	○	
		ウスバノコギリモク	○	
		ウスバモク ^{※1}	○	
		ウミトラノオ	○	
		エゾノネジモク	○	
		エンドウモク	○	
		キレバモク ^{※1}	○	
		コナフキモク ^{※1}	○	
		コブクロモク ^{※1}	○	
		シダモク	○	○
		タマハハキモク	○	
		ツクシモク ^{※1}	○	
		トゲモク	○	
		ナラサモ	○	
		ノコギリモク	○	
		ヒイラギモク ^{※1}	○	
		ヒジキ	○	
		フクレミモク ^{※1}	○	
		フシスジモク	○	
		ホンダワラ		○
		マジリモク ^{※1}	○	
		マメタワラ	○	
		ヤツマタモク	○	
		ヤナギモク	○	
		ヤバネモク ^{※1, ※2}	○	
		ヨレモク	○	

※1: 南方系ホンダワラ類、※2: 流れ藻のみ

は藻場が確認されています。

- ◆アラメ・カジメ類の成熟時期は、いずれも9～12月（盛期10～11月）で（表4-3）、成熟した個体の葉状部には、やや黒っぽい厚みを帯びた“子のう斑”が形成されます（図4-4）。壱岐、平戸、橘湾（江の浦）等では、8月中旬～下旬頃から成熟がみられるとの情報があり、成熟時期は地域や年による違いがあるので、母藻として利用する際には、必ず採取場所の成熟状態の確認を事前に行う必要があります。

②1年生コンブ類

- ◆長崎県沿岸には、ワカメ、アオワカメ、ヒロメ、アントクメ、ツルモの5種がみられます（表4-4）。
- ◆ワカメは県内各地で普通にみられましたが、長崎市樺島・野母地先のように（コラム4-1-2、p.89）、四季藻場が消失して磯焼けとなり、ワカメが消失した地区は少なくありません。
- ◆また、2015年の秋の高水温の影響で、天然ワカメや養殖ワカメの発生初期の異常が県内各地でみられ、ひどい場合には、「ワカメが生えてこない」、「収穫できない」等のこれまでみられなかった広域での異常現象が発生しています。²⁾
- ◆アオワカメは対馬、壱岐、ヒロメは対馬、壱岐、平戸の各々限られた地域で局所的にみられます。
- ◆なお、アオワカメでは1960年頃には、対馬鰐浦、五島若松瀬戸、壱岐、平戸瀬戸などで、³⁾ 2005年に平戸市度島、2008年に平戸市志々伎での分布が確認されていますが、近年は分布域が縮小しています。

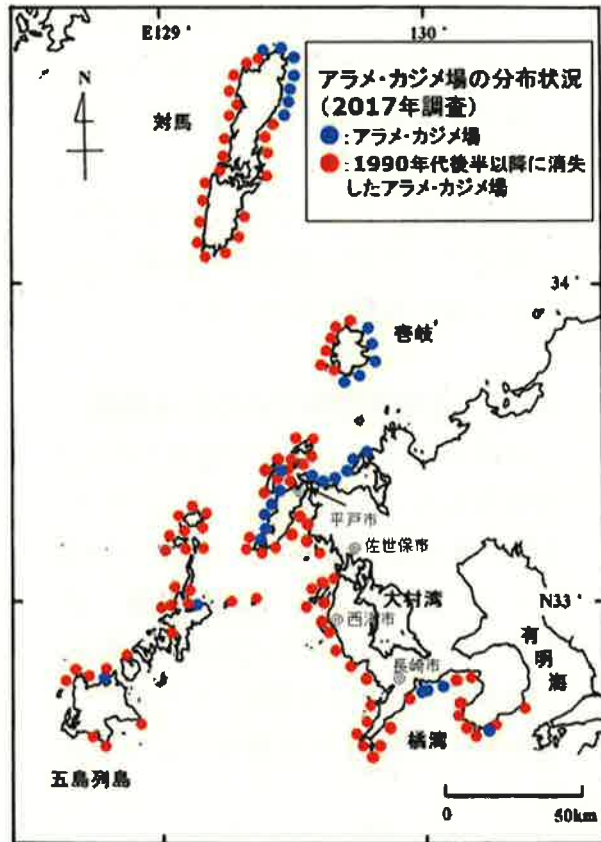


図4-3 アラメ・カジメ類の分布状況



図4-4 子のう斑が形成されたクロメ

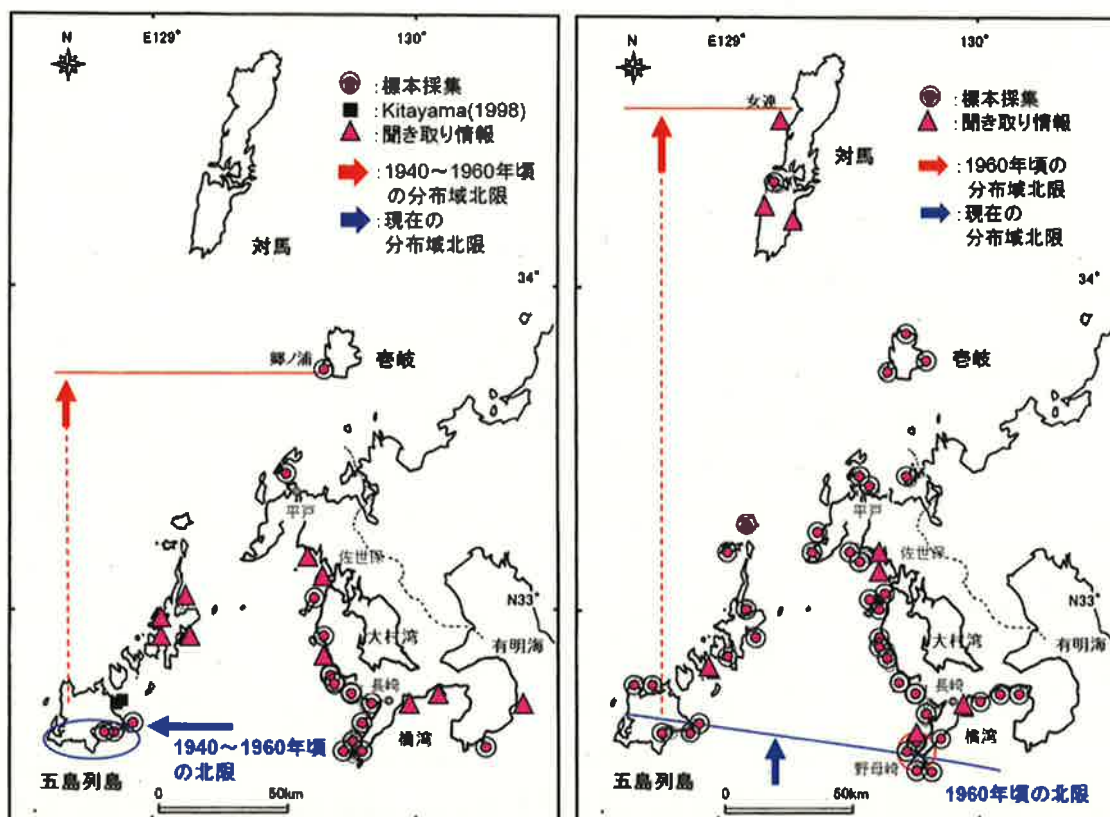


図 4-5 アントクメの分布状況(2017年現在)

図 4-6 南方系ホンダワラ類の分布状況
(2017年現在)

- ◆アントクメでは、1940～1960年頃の九州西岸域における分布域北限は、五島市富江と福江、熊本県富岡を結ぶラインと考えられていましたが、⁴⁾ 現在では壱岐市郷ノ浦に至る五島列島、^{4,5)} 長崎半島～西彼杵半島西岸、有明海灣口部、平戸の県内各地で見られます(図4-5)。
- ◆ツルモは、あまり馴染みのない種類ですが、コンブ類の仲間です。内湾や静穏域に分布し、石や貝殻上に生育し、直立した藻体は円柱状で数mにもなり、⁶⁾ 地方によっては食用とされます。⁷⁾ 春の流れ藻に混じって見られます。
- ◆成熟時期は、ワカメ、アオワカメ、ヒロメ、ツルモでは春で、アントクメでは夏～初秋です(表4-3)。ワカメでは茎の下部に“孢子葉(メカブ)”が、他の4種ではアラメ・カジメ類と同様に葉部に“子のう斑”が形成されます。
- ◆アントクメでは、茎や根(付着器)からも種(遊走子)を出すと考えられ、⁸⁾ 根は11月や12月まで残っている場合があります。

(2) ホンダワラ類(ヒバマタ目)

① 多年生ホンダワラ類

- ◆ノコギリモク、ヨレモク、マメタワラ、ヤツマタモク、ヤナギモク、ジョロモク等の27種が確認され、うち在来種が19種、南方系種が8種みられます(表4-5)。
- ◆在来種では、ヤナギモク、ジョロモク、フシスジモク等の数種では、これまで県内各地でみられましたが、現在は、橘湾や有明海湾口部を除き、平戸以北へと分布域の南限が北上しています(消失種)。
- ◆ヒジキは、これまで県内各地で普通にみられましたが、現在の分布は局所的となり、完全に消失した地域も少なくありません。
- ◆南方系種では、1960年頃に五島市福江と長崎市野母で、⁹⁾1980年頃に伊万里湾^{10,11)}での報告がありますが、その後の分布情報はなく、分布情報が多数寄せられるようになったのは1990年以降になってからです。⁴⁾現在では、対馬女連に至る県内各地で分布がみられ、分布域は以前の県南端域から県北部海域へと拡大しています(図4-6)。
- ◆南方系のうち、キレバモクが最も分布範囲が広く、県内各地でみられ、波浪、底質、水深など幅広い様々な環境条件下で分布がみられます。ツクシモクは、キレバモクに次いで、様々な環境条件下でみられます。ヒイラギモクは、西彼杵半島～長崎半島、五島市福江などの波当たりの比較的強い岩場の浅所に、マジリモクは県内各地の内湾の静穏域に、コナフキモクは、西彼杵半島～長崎半島、五島市福江などの浅所に、ウスバモクは、野母崎、小値賀、壱岐市郷ノ浦町大島地先での局所的に、フクレミモクとコブクロモクでは、分布がまれに確認される程度で、南方系種はいずれも小群落の形成や疎らな分布が多く、単一種のみでの大規模な群落の形成は確認されていません。
- ◆南方系種は形態的変異が大きく、形質のみで分類することが困難な場合が多く、遺伝的な情報を含めて分類が進められており、今後、DNA情報の解析技術の進歩に伴いこれまでの分類が変わる可能性があります。
- ◆すでに、南方系ホンダワラ類のなかで、同種異名とされたシマウラモクはマジリモクに、フタエモクはヒイラギモクにそれぞれ変名^{12~14)}されています。

②1年生ホンダワラ類

- ◆アカモク、シダモク、ホンダワラの3種がみられます(表4-5)。アカモクは、県内各地に広く分布し、西海市大瀬戸町松島や大島地先、有明海島原半島沿岸などアカモクのみでの大きな群落を形成します。シダモクは、対馬と有明海湾口部での分布を確認しているのみで、アカモクほど多くは分布していないと思われます。ホンダワラは、ジョロモクやヤナギモクと同様に分布域が縮小しており、橘湾や有明海湾口部を除いて、平戸以北に分布域が縮小しています(消失種)。

③成熟期

- ◆本県に分布するホンダワラ類の成熟期は、大きく分けて、“春成熟型”、“夏成熟

型”、“秋成熟型”があり、多くの種類が“春成熟型”です(表4-2)。

- ◆成熟した藻体には“生殖器床”(図4-7)が形成され、卵と精子が造られます。卵は成熟して生殖器巣から放出されると受精して発達を始め、仮根を伸ばします。卵(“幼胚”)は、やがて生殖器床の表面から離れ、岩等の基質に着生して発育を続け、発芽体、幼体、成体へととなります。

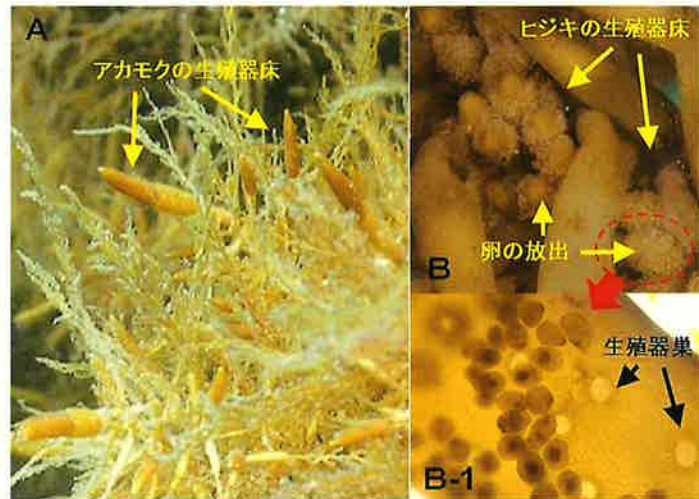


図4-7 アカモク(A)およびヒジキ(B)の生殖器床および放出されたヒジキの卵(B、B-1)

- ◆“夏成熟型”のものは、ノコギリモクやヤナギモクの在来種とキレバモク、ツクシモク等の南方系ホンダワラ類がみられます。厳密には、ノコギリモクやヤナギモクは7~9月前後まで、南方系ホンダワラ類は6~7月前後になります。
- ◆また、南方系ホンダワラ類でも種類によって成熟時期に違いがみられ、マジリモクが最も早く6月上旬頃~7月上・中旬まで、他の種類は7月~8月上・中旬までです(表4-2)。
- ◆ノコギリモクでは、壱岐市郷ノ浦町地先の5月頃に成熟する“春成熟型”のものや、アカモクでは、有明海沿岸で1月頃から成熟する“冬成熟型”と言えるものもあり、地域によって成熟時期に違いがみられる種があります。
- ◆“秋成熟型”では、アキヨレモクが挙げられます。アキヨレモクは県内各地の潮下線下近くの浅所に分布します。成熟期は8~11月頃で、大村湾では晩夏~翌年の1~2月までの長期間みられます。この他、ウミトラノオでは普通春に成熟しますが、大村湾と有明海灣口部では春と秋の年2回成熟するものが確認されています。^{15,16)}
- ◆成熟時期には、まとまった量の種(幼胚)の放出が数回に渡り、数日の間隔で見られ、同じ群落内であればある程度の同調性がみられます。^{17,18)}

(3) 主要な小型海藻類

- ◆小型海藻類は、コンブ類とホンダワラ類の大型褐藻類以外の海藻となりますが、緑藻類、褐藻類、紅藻類に分類され、非常に多くの種類がみられます。
- ◆代表的な種類は、緑藻類では、ヒトエグサ、アナアオサ、スジアオノリ等のアオ

- サ類 (アオサ目)、ミル、^{*1}ナガミル等のミル類 (ミル科) などが、
- ◆**褐藻類**では、アミジグサ、ハリアミジグサ、^{*1}サナダグサ、コモングサ、ヘラヤハズ、^{*1}シワヤハズ、^{*1}シマオオギ、ウミウチワ^{*2}等のアミジグサ類 (アミジグサ科)、フクロノリ、^{*2}カゴメノリ、カヤモノリ等のカヤモノリ類 (カヤモノリ科)、モズク、イシゲ等のナガマツモ類 (ナガマツモ目) などが、
 - ◆**紅藻類**では、マクサ、^{*2}オバクサ等のテングサ類 (テングサ科)、ムカデノリ、フダラク、ツルツル等のムカデノリ類 (ムカデノリ科)、ミリン、トサカノリ等のミリン科、イバラノリ、カギイバラノリ等のイバラノリ類 (イバラノリ科)、オゴノリ、ツルシラモ、シラモ等のオゴノリ科、エゴノリ、イギス等のイギス科、クロソゾ、^{*2}ミツデソゾ、コブソゾ等のソゾ類 (フジマツモ科) などがみられ、ノリ (ウシケノリ科) やサンゴモ類 (サンゴモ科) も含まれます。
 - ◆このうち、テングサ類やトサカノリなどは、増殖対象種として利用され、着生基質の整備や母藻投入などが全国各地で行われています。

※1、※2は、資料集、p.116、117を参考にして下さい。

4-4 長崎県沿岸でみられる植食性動物

長崎県沿岸でみられる植食性動物のなかで、これまで海藻の増養殖に多大な被害を及ぼした、ウニ、魚、その他動物について整理しました。なかでも藻場造成に係る重要種について、生態的特徴等を資料集 (p.119~124) に取りまとめましたので、参考にして下さい。

(1) ウニ類

藻場造成に係る主なウニ類は、ムラサキウニ、アカウニ、ガンガゼ、バフンウニ、タワシウニ、ナガウニなどが挙げられます。なお、ガンガゼの仲間にはアオスジガンガゼや未記載種も含まれており、¹⁹⁾ ナガウニでは4種以上に分類される可能性があるとしてされています。²⁰⁾

ウニ類は浮遊幼生期を経て、海底に着生するので、ウニ駆除を徹底的に行っても、他地区から幼体が供給されるため、定期的な漁場管理を行い、ウニ類の生息密度を管理する必要があります。

(2) 植食性魚類

長崎県沿岸に分布する海藻を食べる魚は様々です (表4-6)。これまでの調査から、アラメ・カジメ類やホンダワラ類の成体を良く食べるのは、アイゴ、ノトイスズミ、ブダイの3種です。²¹⁾ また、ノトイスズミでは、イスズミ、ミナミイスズミ、テンジクイサキの近縁種がみられます。²²⁾

◆ニザダイとメジナは、水槽内実験ではクロメ成体の葉の縁辺部をわずかに齧り取

表4-6 主な植食性魚類の標準和名と長崎県での呼び名(地方名)

分類		標準和名	地方名
スズキ目	スズキ亜目	タイ科	クロダイ
		タカノハダイ科	タカノハダイ
		イスズミ科	ノトイスズミ
	ベラ亜目	メジナ科	メジナ
		ブダイ科	ブダイ
		ニザダイ亜目	アイゴ
		ニザダイ科	ニザダイ
		チヌ、チン	
		キッコリ、キコリ	
		シチクレ、ヒッツ	
		クロ、クロイオ、クレイオ	
		オオガン	
		バリ、ヤノバリ、ヤジロ、アイ	
		サンノジ、ウシ	

るだけで、柔らかい海藻種、藻体の柔らかい部分、および幼体を主に食べるのではないかと考えられます。

- ◆カワハギ、ウマズラハギは、水槽内実験ではクロメ成体の葉の表面を齧り取り、小さな円形の穴を空ける程度でした。
- ◆クロダイは養殖のノリ²³⁾ やワカメ²⁴⁾ の食害種として知られています。
- ◆その他、ベラ、タカノハダイ、スズメダイ、フグなども植食性魚類とされていますが、²⁵⁾ これらは動物性餌料への依存度も高く、クロメ成体など大型の海藻を積極的に食べて海藻群落に被害を及ぼすものではないと考えられます。

(3) その他植食性動物

長崎県沿岸に分布する海藻を食べるウニや魚以外の動物には、貝類、ウミウシ類、甲殻類などが挙げられます。

- ◆貝類では、アラメ等の大型から珪藻等の微細な藻類まで食べるものは様々で、アワビ、サザエや磯焼け帯で普通にみられるギンタカハマ、オオコシダカガンガラ、コシダカガンガラ、ウラウズガイ等が挙げられます(資料集、p.123~124)。
- ◆ウミウシ類では、春先に潮間帯で良くみられる大型のアメフラシや養殖ワカメの食害種として知られるアマクサアメフラシ²⁶⁾ など、海藻の成体や幼体を食べ、時に大量発生して被害をもたらします。
- ◆甲殻類では、棲管巢の形成による天然ワカメの発生阻害²⁷⁾ やアラメ・カジメ類の葉と葉を引っ付けて棲管巢を形成して食害を引き起こすヨコエビ類の仲間、養殖ワカメの幼芽等を食害するニホンコツブムシ、²⁸⁾ ワカメ等の茎に寄生し藻体を流出させるコンブノネクイムシ²⁹⁾ など、種類が多く、大量発生して被害をもたらします。
- ◆その他、養殖ノリでは、カモ類による食害が問題になっています。^{30~32)}

4-5 “海藻バンク”の整備状況

長崎県では、“藻場の拡大” および近隣海域への“母藻の供給基地”としての利

第4章

4-5

用を図るため、公共事業により、藻場が形成されている水域に隣接して自然石および付け替えが可能な海藻プレートを取り付けた着底基質（藻場礁ブロック：図4-8）の設置を行う“海藻バンク”の整備を実施しています。

県内各地に平成6～26年度にかけて整備された73箇所の“海藻バンク”を表4-7および図4-9に示します。これらの“海藻バンク”は、整備された地先のみならず地域を越えた利用も可能です。母藻等の利用を検討される場合には、水産部漁港漁場課や県内各地の振興局水産課および普及指導センターへご相談下さい。

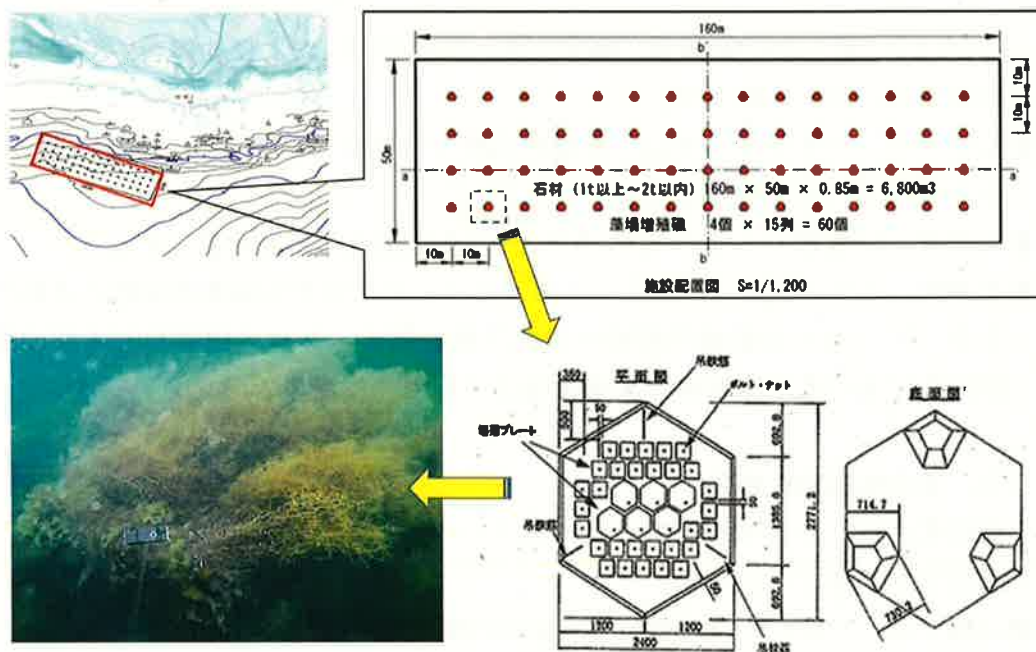


図4-8 海藻バンクの設置イメージ図

表4-7 長崎県沿岸において平成6～26年度の間には整備された海藻バンク一覧表

実施年度	番号	地先名	実施年度	番号	地先名	実施年度	番号	地先名
H6	1	生月町上裏地先	H14	26	大瀬戸町大瀬戸地先	H20	51	対馬市厳原町阿達地先
	2	小値賀町竹崎地先		27	西海町太田和地先		52	新上五島町祝言島地先
	3	上対馬町豊満濱口地先		28	壱岐市芦辺町芦辺浦地先		53	壱岐市芦辺地先
H7	4	有川町太田地先	H15	29	壱岐市芦辺町黒比壽地先	H21	54	対馬市上県町佐須奈地先
	5	野母崎町輝島地先		30	上五島町道土井地先		55	対馬市曇玉町錦川地先
	6	宇久町本飯郷厄神島地先		31	新島町目仲知地先		56	五島市久賀地先
H8	7	新島目町小串郷大浦地先	H16	32	対馬市峰町更地先	H22	57	新上五島町新島目地先
	8	平戸市主師豊坪地先		33	対馬市峰町西地先		58	壱岐市芦辺町箱崎地先
	9	福江市崎山地先		34	松浦市松浦地先		59	長崎市柿泊町白浜地先
H9	10	大瀬戸町福島郷立瀬地先	H17	35	平戸市田平地先	H23	60	長崎市大籠町大籠地先
	11	平戸市度島町平瀬地先		36	壱岐市北西地先		61	長崎市三重地先
	12	宇久町神浦郷小島地先		37	上対馬町西泊地先		62	西海市大島地先
H10	13	外海町神浦夏井地先	H18	38	上県町佐須奈地先	H24	63	松浦市壱島町城山地先
	14	平戸市根獅子町人津久地先		39	檜隈東地先(有喜)		64	長崎市網場地先
	15	芦辺町八幡浦左京屋地先		40	五島市奈留町地先		65	長崎市牧島地先
H11	16	美津島町尾崎地先	H19	41	雲仙市南串山町地先	H25	66	松浦市伊野利地先
	17	福江市南河原地先		42	小佐々町地先		67	西彼富之浦地先
	18	野母崎町輝島地先		43	勝本町天が原地先		68	琴海尾戸地先
H12	19	有川町小河原地先	H20	44	美津島町鴨居瀬地先	H26	69	茂木飯香浦地先
	20	新島目町赤波江地先		45	若松町三年ヶ浦地先		70	平戸市約山島地先
	21	郷ノ浦町塚地先		46	壱岐市郷ノ浦町地先		71	西海市大瀬戸地先
H13	22	平戸市獅子町竹ノ子島地先		47	対馬市上県町田ノ浜地先		72	長崎市宮崎地先
	23	曇玉町唐崎地先		48	五島市大浜地先		73	長崎市輝島地先
H14	24	厳原町豆殿地先		49	壱岐市石田地先			
	25	厳原町阿達地先		50	対馬市上対馬町茂木崎地先			

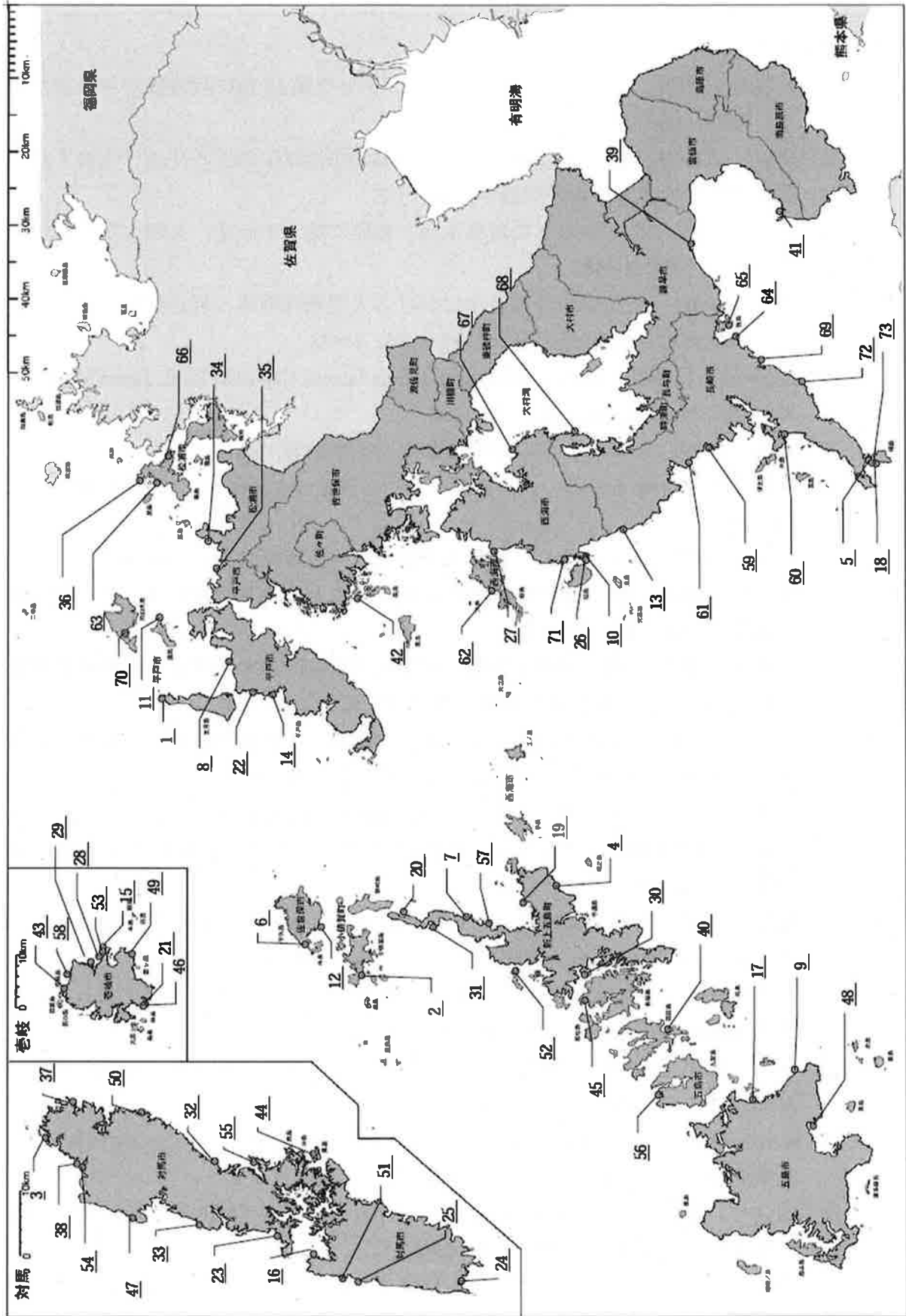


図4-9 長崎県沿岸において平成6～26年度の間に整備された海藻バンク位置図。1～73の番号は表4-7参照

参考資料

- 1) 八谷ら (2012) : 九州西岸に生育するホンダワラ属 13 種の付着器からの再生能力, 藻類, **60**, 41-45.
- 2) 桐山ら (2018) : 2015 年漁期にみられた長崎県沿岸におけるワカメ生育不良, 長崎県総合水産試験場研究報告, **43**, 1-7.
- 3) 右田 (1963) : アオワカメの培養生態と養殖に関する研究, 長崎大学水産学部研究報告, **15**, 24-48.
- 4) 桐山 (2009) : 長崎県沿岸の近年における大型褐藻群落の衰退現象に関する研究, 長崎県総合水産試験場研究報告, **35**, 15-78.
- 5) Kitayama (1998) : Brown Algae from Fukue Island, Nagasaki Pref., Japan Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo, **31**, 104-105.
- 6) 吉田 (1998) : つるも, 新日本海藻誌, 内田老鶴圃, pp. 347.
- 7) 大野 (2004) : 地方特産の食用海藻, 有用海藻誌 (大野編著), 内田老鶴圃, pp. 283-296.
- 8) 吉田 (1998) : あんとくめ, 新日本海藻誌, 内田老鶴圃, pp. 344-346.
- 9) 瀬川ら (1961) : 流れ藻の海藻学的研究-VI 九州西海域の流れ藻, 九州大学農学部学芸雑誌, **18**, 411-417.
- 10) 長崎県 (1980) : 第7章海生生物 松浦火力発電所計画に伊万里湾海域環境調査総合報告書, 長崎県総合水産試験場研究報告, VII, 20-24.
- 11) 西川ら (1981) : 長崎県本土側沿岸海域の藻場・干潟分布調査, 九州西岸海域藻場・干潟分布調査報告 (西海区水産研究所), 113-173.
- 12) 島袋ら (2012) : 日本産マジリモク *Sargassum carpophyllum* とシマウラモク *S. incanum* (褐藻綱・ヒバマタ目) の分類学的検討, 藻類 (藻類学会 36 回大会発表要旨), **60**, 83.
- 13) 島袋 (2015) : 日本産南方系ホンダワラ属 14 回目: ヒイラギモクとなった日本産 *Sargassum ilicifolium*, 海洋と生物, **37** (1), 82-86.
- 14) 島袋 (2015) : 日本産南方系ホンダワラ属 15 回目: ヒイラギモクとなった日本産 *Sargassum ilicifolium* (2), 海洋と生物, **37** (2), 117-181.
- 15) 栗原・飯間 (1999) : 長崎県南部におけるウミトラノオ個体群の成長と成熟, 藻類, **47**, 179-186.
- 16) 桐山ら (2015) : 有明海南有馬地先における春・秋成熟のウミトラノオ (短報), 長崎県総合水産試験場研究報告, **40**, 7-12.
- 17) 四井ら (1984) : 長崎県野母崎沿岸におけるホンダワラ類 8 種の成熟期, 長崎県総合水産試験場研究報告, **10**, 57-61.
- 18) 桐山ら (2012) : 長崎県沿岸でみられる南方系ホンダワラ類 7 種の培養条件下

- における卵放出, 長崎県総合水産試験場研究報告, **38**, 1-9.
- 19) 桑原ら (2008) : 国内のウニ焼けの現状、磯焼け対策シリーズ② 磯焼けを引き起こすウニ (藤田ら編), 成山堂書店, pp. 14-21.
 - 20) 平塚・上原 (2009) : 美ら島のナガウニに学ぶ, ウニ学 (本川編著), 東海大学出版会, pp. 319-338.
 - 21) 桐山ら (2001) : 藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕, 水産増殖, **49**, 431-438.
 - 22) 山口 (2006) : 長崎県に分布するイスズミ類, 磯焼け対策シリーズ① 海藻を食べる魚たち (藤田ら編), 成山堂書店, pp. 127-130.
 - 23) 草加 (2007) : クロダイによる養殖ノリの摂餌試験、岡山県水産試験場報告, **22**, 15-17.
 - 24) 桐山ら (2004) : III. 島原半島沿岸域の養殖ワカメにおける魚類の食害について (高水温対応型海藻増養殖技術開発研究事業), 長崎県総合水産試験場事業報告, 85-87.
 - 25) 藤田 (2006) : 植食性魚類は海藻・藻場とどのように関わってきたか, 磯焼け対策シリーズ① 海藻を食べる魚たち (藤田ら編), 成山堂書店, pp. 1-15.
 - 26) 斉藤・中村 (1961) : ワカメの害敵としてのアメフラシの生態に関する研究—I, 日本水産学会誌, **27**, 395-399.
 - 27) Irie (1955) : Tube-building Amphipods occurring at the “wakame” grounds of Shimabara, Nagasaki Prefecture, 長崎大学水産学部研究報告, **4**, 1-6.
 - 28) 岩手県水産技術センター (1994) : 養殖ワカメ病虫害写真集, 10.
 - 29) 岩手県水産技術センター (1994) : 養殖ワカメ病虫害写真集, 9.
 - 30) 伊藤 (2011) : ノリ養殖漁場に飛来したカモ類の消化管内容物, 大分県農林水産研究センター研究報告, **1**, 17-22.
 - 31) 兒玉ら (2014) : 有明海区河口域漁場におけるノリ葉体の消失原因について, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, **24**, 13-23.
 - 32) 武田ら (2016) : 三河湾のノリ養殖漁場周辺で越冬するカモ類の消化管内容物について, 愛知県水産試験場研究報告, **21**, 4-6.

