

## 【視察記】流れ藻シリーズ⑤ 磯焼けの現状と 藻場再生の取り組み事例

### ー 長崎県壱岐島における藻場再生実証試験より（Ⅱ）ー

一般社団法人マリンハビタット壱岐

代表理事 田山久倫

技術士（衛生工学・建設・環境）・甲種危険物取扱者

環境計画センター 会長代行 鍵谷 司

#### はじめに

『環境施設』第177号（2024.9）では、長崎県壱岐島において多機能性のリーフボール藻礁による藻場回復実証実験を行っており、その前編として我が国および長崎県・壱岐島における磯焼けの状況と藻場回復の取り組みについて紹介した。とくに、我が国の藻場面積は、この30年間で半減（16万ha）している。海水温の上昇が大きな要因であると指摘されており、今後も減少傾向が続くと懸念されている。

海水温の高い黒潮（暖流）が東シナ海を北上する壱岐島では磯焼けが激しく、漁獲量が激減している。壱岐市では、長崎県磯焼け対策ガイドラインを活用し、おもにウニや食植魚類の駆除を重点にして、藻礁の設置あるいは母藻供給体制を整備し、藻場の保護およびコンクリート藻礁による藻場造成などに取り組んでいる。なお、コンクリートは、アルカリ成分が溶出することから海藻の着床や生育に影響があると指摘されている。

ところで、一般社団法人マリンハビタット壱岐の代表理事・田山久倫氏は、リーフボール製造会社である（株）朝日テックと代理店・業務提携している、2021（令和3）年ごろから壱岐島において藻場回復実証試験を始めている。リーフボール藻礁（商標登録）とは、コンクリート製藻礁であるが、①アルカリ成分の中和剤混練、②海藻の栄養剤混練、③表面に光合成を促すフルボ酸鉄を塗布した機能性藻礁であり、フィールドにおいて海藻類の成長を促し、早期に藻場回復が期待される。

今回は、壱岐市の藻場回復に向けたこれまでの取り組みを簡潔に再掲するとともに、コンクリート藻礁による藻場回復の実態について紹介する。とくに、壱岐島で官民が協力して実証試験を行っている改善型のコンクリートプレート藻礁と多機能性を付与したリーフボール藻礁による藻場回復の実証試験結果を比較して紹介する。なお、ハビタット（habitat）とは、すみ場所、生息場所、生息環境などを意味する生物学概念。

#### 1. 壱岐島における磯焼け対策；藻場回復の取り組み

前号（第177号；2024.9）では、長崎県および壱岐島における磯焼けの現状と藻場回復の取り組みについて紹介した。とくに、長崎県では磯焼け対策ガイドラインを作成し、藻場回復に取り組んでいる。磯焼け対策の内容は、食害防止（ウニ、食植性魚類）やコンクリート藻礁設置による藻場造成など「対処療法」が軸となっている。壱岐市でも磯焼けや藻場喪失状況を勘案し、漁協などの協力の下で藻場回復に取り組んでおり、その概要を簡潔にまとめた。壱岐島では、セメント会社が開発した改良型のコンクリート藻礁（コンクリートプレート）による藻場回復の実証試験が行われているので紹介する<sup>1)、2)</sup>。

##### 1. 1 壱岐沿岸部における藻場回復の取り組み

長崎県では、藻場が減少し、磯根資源や魚類資源に悪影響を及ぼしていることから、2012（平成

24) 年に磯焼け対策ガイドラインを作成し、磯焼け防止と藻場回復に取り組んでいる。

以下に、長崎県磯焼け対策ガイドラインの基本的な考え方をまとめるとともに、壱岐島における取り組みについて整理した。

#### (1) 長崎県における藻場回復の取り組み<sup>2)</sup>

長崎県下の藻場面積の推移は、図1に示したように、1989(平成元)年には約13,300haであったが、約25年後の2013(平成25)年には約8,160haになり、約4割(5,200ha)が減少した。つまり、毎年200haが喪失し、水産業に大きな被害を及ぼした。同年度に県は、10年後の回復目標を定めた藻場回復ビジョンを策定し、藻場回復手法として、ソフト事業とハード事業の両面から総合的に取り組む方策を提示した。

①藻場の回復目標；1989(平成元)年当時の藻場の豊かさに回復することを最終目標とし、短期目標として毎年200haを回復し、今後10年で2,000haの藻場を回復する。

②目標達成に向けた取り組み；○「藻場見守り隊」の結成、○評価・検証を行う、○成果指標の設定・見直し、○地域間連携の強化、母藻供給体制の確立やウニの移植、等。

③地域藻場回復計画；漁業協同組合が中心となり、10年間および年度ごとの藻場回復計画を策定し、継続的に実践する。関係機関と連携して効率的な対策手法を選定する。

④市民団体や企業との連携；市民ダイバーによる

ウニ除去や、植食性魚類の漁獲を増やすため商品開発を推進するとともに、企業にも藻場回復への積極的な取り組みを促す。

⑤藻場回復の実施例；○壱岐市石田地区では、海水温上昇による藻場の消失後、自然石や藻場ブロックで増殖場を整備し、植食性魚類の駆除を行った結果、藻場が回復した。○長崎市新三重地区では、ガンガゼなどの駆除やウニフェンスの設置などにより、藻場の回復が見られ、ウニの品質改善と売上向上も実現した。

《今後の課題》夏季の平均海水温が過去30年間で2～3℃上昇し、クロメなどが生育する水温限界(28℃)日が長期間続くことが問題となっている。さらに、秋から冬にかけて海水温も上昇し、植食性魚類の活動期間が長引き、食害が増加している。現状では植食性魚類の除去が主要な対策であるが、十分な効果は確認できていない。

#### (2) 壱岐島における藻場回復の取り組み

壱岐島は、九州と対馬の間に位置した日本海に浮かぶ南北17km、東西15kmで総面積約139km<sup>2</sup>の長崎県の離島(図2)であり、現在の人口は約2万5千人である。黒潮(暖流)である対馬海流(図3)の影響を受け、比較的温暖な気候で、台風の影響もあまりない。

以下に壱岐市の藻場回復の取り組みをまとめた。

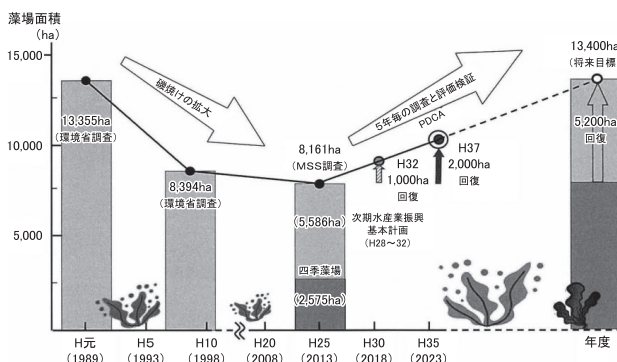


図1 最近の藻場回復面積の最終目標は5,200ha<sup>2)</sup>



図2 壱岐島の地図



図3 日本近海の表層海流（暖流と寒流）

### （3）藻場消失と回復の取り組み<sup>2)</sup>

長崎県壱岐島においても藻場喪失・消滅が進行しており、海面漁業に大きな影響を及ぼしている。とくに、2013（平成25）年夏以降は、高水温化や台風の影響で藻場の喪失が大きく、植食動物による被食期間が長かった。2016（平成28）年の高水温後にはカジメ類が消失した。とくに、カジメ類は、高水温だけでなく、食害によって母藻が消失すると、回復が難しい。

このように壱岐島沿岸部の藻場喪失・消失は、高水温と食害が主原因であることから、市では、図4に示したように、藻場回復のため母藻供給ネットワークを構築し、必要な母藻を速やかに供給できる体制を整えるとともに、植食性魚類の駆除と藻場保護に取り組んでいる。その内容は、長崎県の提示した「藻場回復ビジョン」に基づいてハー

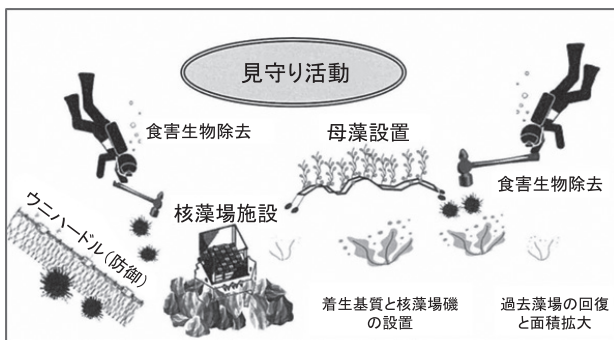


図4 磯焼け対策におけるハード事業とソフト事業の協調<sup>2)</sup>

ド対策とソフト対策が推進されている<sup>2)</sup>。

- 見回り活動；藻場見回り、食害生物の駆除、ウニフェンス設置など実施
- 食害生物の除去：イスズミやウニの駆除活動等
- 藻礁設置；着床基質と核藻場礁の設置

### 1. 2 コンクリート藻礁による藻場回復実験<sup>3)</sup>

壱岐市では、漁協やセメント会社の協力の下で、コンクリートプレート藻礁による藻場造成を2002（平成14）年ごろから試行してきた。従来の藻礁は単体のコンクリート構造物であるが、この藻礁は、コンクリート基盤に海藻の幼葉を取り付けたプレートを装着した複合型の改善藻礁である。さらに周囲を食害生物の侵入を防ぐ網で囲う構造である（写真1～写真3）。プレートは、実証試験中

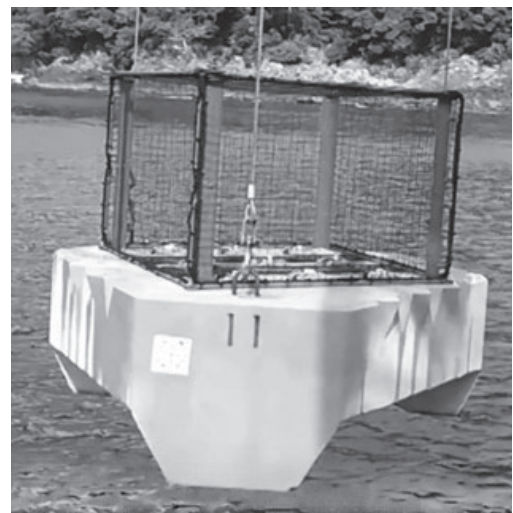


写真1 コンクリートプレート藻礁



写真2 プレートに装着された藻場増殖種



写真3 食害防止用網筐にセットされた海藻

でも海中で簡単に藻種の追加や取り換えが容易であるので、藻種の追加や変更および食害防止用の囲いの取り換え・補修も容易であることが大きな特徴と言える。なお、従来のコンクリート藻礁は、孢子や遊走子が着床しやすいように形状変更や溝付きなど改善されているが、表面が滑らかであることやアルカリ成分が微量に溶出するため着床や生育に影響があるとも指摘されている。

コンクリートプレート藻礁は、従来の藻礁と同様に、海藻の孢子の定着や生育および海藻の増殖に伴って海洋生物（小魚や甲殻類など）の生息環境の回復が確認されており、磯焼けの進行を食い止めるだけでなく、水産業の復活に大いに寄与できると期待できる。

#### 【コンクリートプレートの仕様事例<sup>3)、4)</sup>】

壱岐島で設置された藻礁の仕様を図5、写真や映像を参考にして記載する。

下記の準備したうえで、所定の海域に沈設してアラメの生育状況を観測した。

○設置場所；壱岐島海域の南側（郷ノ浦大島地区、図6）

○水深；4～7m

○コンクリート基盤の形状等；大きさ2.6m×2.6m×高さ0.9mの矩形コンクリート基盤に藻場増殖プレートを装着し、全体を網（ポリエチレン製；1.75m×1.75m×高さ1.2m）で囲う。

○藻場装着プレートは、アラメ類の種糸巻付プレー

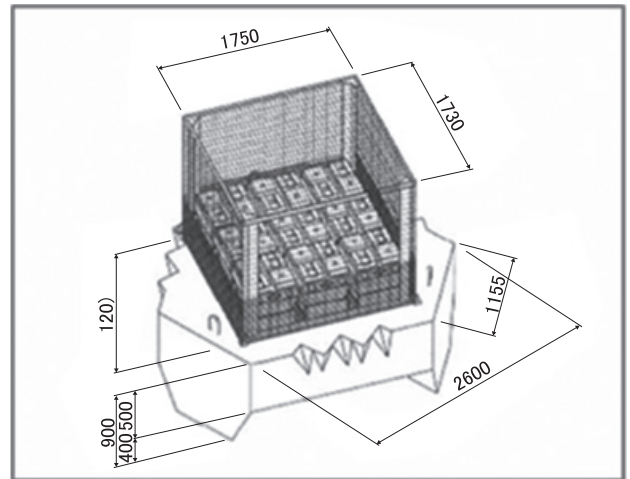


図5 ネット付きコンクリートプレートのイメージ

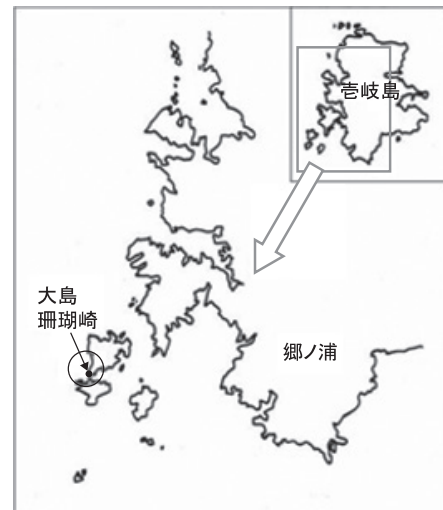


図6 各藻場実証試験（郷ノ浦大島地区）

トでは、大きさ10cm×25cm×(25～60)cmのコンクリート製の基板、オンドワラ類用は、20cm×20cm×(2.5×6.0)cmであり、材質は石炭灰、高炉スラグを混合した特殊モルタル製。これに藻場増殖用の幼体をセットし、18～36枚の基盤を装着する（写真2）。

○海藻増殖の中間育成；アラメの母藻を採取し、種糸に種付け後、発芽した種糸を増殖プレートに巻き付け、筏内で2ヵ月程度生育した後にコンクリートプレートに装着する（写真3）。

○食害防止用の網は、網目間隔は6cmで、大きさは1.75m×1.75m×高さ1.2mで、ポリエチレン製である。

【壱岐島での藻場回復取り組み事例<sup>5)、6)</sup>】

壱岐市石田地区沿岸では、平成25年夏季の海水温上昇によるカジメ類の大量流出が発生し、磯焼け状態となった。長崎県では、平成25～26年に同市石田地区（図6）の浅海域に幼稚魚の隠れ場や餌場となるよう自然石や藻場ブロックで構成された増殖場を整備した（図7）。さらに周辺海域では、平成26年から3年間、地元の漁協でアイゴやノトリスズミ等の植食性魚類の駆除を行った。

その結果、藻場礁に取り付けたカジメ類の種苗は順調に生育し、遊走子を放出できるまでになり、周辺海域ではカジメ類の回復傾向が見られるようになった。あわせて、増殖場周辺にはイサキ稚魚等の魚群が確認され、魚類資源の増殖が期待されている。また、沿岸域のヒジキ生産量も増加して

いる。なお、網罟が無い場合は、アラメは全滅した（写真4、写真5）。

○写真4；アラメ類の対策前と対策後の様子で、藻場周辺にカジメ類が回復している。

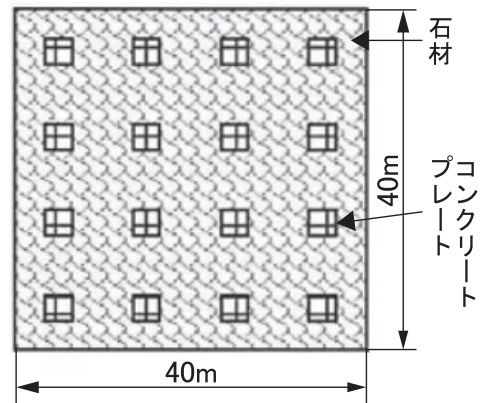
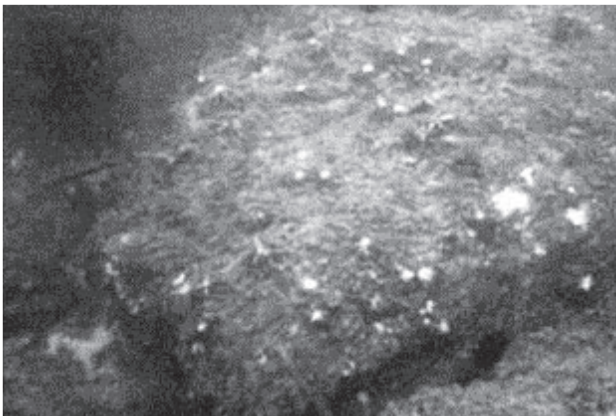


図7 藻場保護礁造成

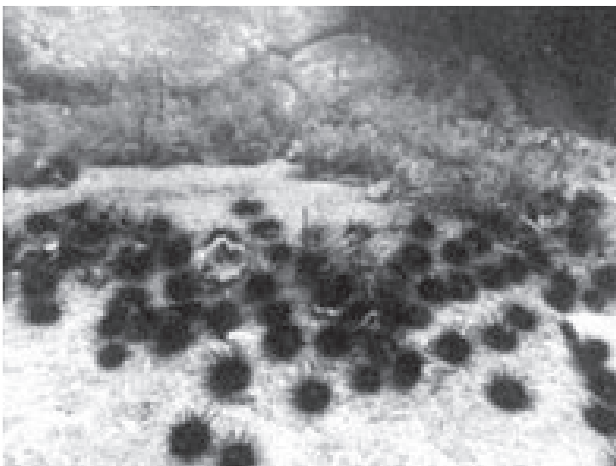


夏季高水温で流失したカジメ類（対策前）

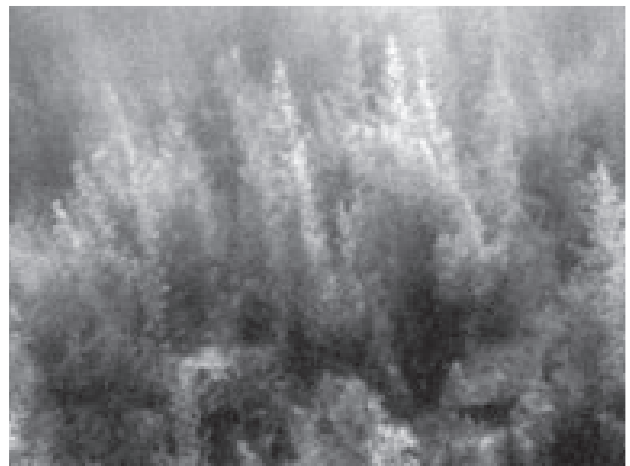


藻場礁周辺で回復したカジメ類（対策後）

写真4 アラメ類の対策前と対策後の様子



ウニが優先する藻場衰退状況（対策前）



回復したガラモ場（対策後）

写真5 藻場衰退状況と対策後の回復状況

○写真5；ウニによる食害の様子。回復したガラモ場にはウニは見当たらない。

### 【結果】

設置後3年3ヵ月の海中におけるアラメの成長の観察結果では、当初、取り付けたアラメの幼葉は、数十cmに成長するとともに、周囲には、各種のモク類が繁殖していた。モク類は、周囲からの孢子・遊走子が着床したものと考えられる<sup>3)</sup>。また、アラメの幼体も確認されているので、藻場は確実に回復の兆しがある。なお、従来のコンクリート藻礁では、対策区域外への孢子拡散が確認された事例は見当たらないので、この藻礁および実施方法は藻場回復に有効であると評価できる。

## 2. リーフボール藻礁による藻場回復実証試験

### 【プロローグ；田山氏の取り組み】

田山氏は、2021年の5月に大手清掃関連会社を退職後、ふるさとの壱岐島に何か貢献したいという思いのもとUターンを決意したのである。そこで偶然にも池田氏とリーフボールに出会った。そこからこの藻場造成事業に取り組むために同年9月に起業した。田山氏は「壱岐島には昔、藻場が広がっており、豊かな海からアワビ、サザエ、ウニなどの豊富な水産資源が獲れていた。また、カジメという海藻は壱岐島民にとっては食文化の一つであり、細かく刻んだカジメをみそ汁やごはんに乗せてとろみを楽しみながら食していた。その食文化も消失しようとしており、壱岐島民は非常に悲しんでいる。そのような状況を何とか克服したい」と熱く語っていた。

この状況を克服するために田山氏はリーフボールでのカジメの育成のデータを取りながら3年間モニタリングを続けている。写真18でもわかるように、既存のコンクリートブロックとリーフボールが入ったカゴに付着する海藻の量がかなり多いのが見てわかる。フルボ酸鉄の効果を長期にわたって実証しているのである。

## 2. 1 リーフボール藻礁による実証試験<sup>7)</sup>

機能性藻礁であるリーフボール藻礁は、①コンクリートのアルカリ剤を中和、②藻育成に必要な栄養塩（施肥）の供給、③光合成を促す溶解性鉄のフルボ酸鉄を被覆して溶解性鉄の供給、の3つの工夫を講じている（国際特許）。特に、溶解性鉄は、海藻の光合成に必須元素であり、海藻の生育速度が速くなることが期待できる。一方、コンクリート藻礁は、微量に溶出するアルカリ成分が、孢子や迷走子の着床阻害、表面における溶解鉄の不溶化などの要因になると考えられ、生育・繁茂は遅いことが予想される。フィールドにおいて生育環境の異なるコンクリート藻礁とリーフボール藻礁の着床、生育などを比較・評価することは難しいが、傾向を把握することは可能であろう。

### （1）アカモク復活プロジェクト

一般社団法人マリンナビタット壱岐代表理事・田山久倫氏が核となって、勝本町漁業組合の協力の下で朝日テックが開発した機能性藻礁（商品名：リーフボール藻礁）を西部沿岸部の勝浦漁港周辺に設置し、実証試験を実施している。

○背景：壱岐島で古くから広範囲に繁茂し、魚やイカの産卵場、成育場として機能していたアカモクが、海の砂漠化や磯焼けにより10年ほど前より消失した。アカモクはある地域では健康食品として食されており、年々需要は高まっている。

○目的：アカモクは春先に成熟を迎え、3～4mにまで背丈が成長する。アカモクを繁茂させることで、イカや魚の産卵場、稚魚の成育場などの生育環境を保全し、資源増、漁獲増へつなげる目的がある。また、海藻養殖としての資源増も期待できる。

○手法：成熟期のアカモクの母藻をリーフボール藻礁に装着し、種を着生させる。魚などの食害から防ぐため、あらかじめ用意した藻場造成区域（網囲いの中）で生育させておく。

### ①実証試験（図6、図7、写真6～写真8）

・実施場所：沈設場所…壱岐市勝本町沖勝本港

- 開始：2021（令和3）年4月11日
- リーフボール藻礁6基とイセエビ礁1基の計7基を沈設

## ②経過状況

- 経過時間 2ヵ月後（2021.7.15）（写真9、写真10）
- 経過時間 10ヵ月後：アカモクをはじめ、多数の藻類の着床が見られる（写真11）。



図7 リーフボール沈設場所

- 経過時間 11ヵ月後：アカモクが1mくらいまで成長（写真12）。
- 経過時間 12ヵ月後：アカモクが3～4mくらいまで成長し、多数の藻類が繁茂し、稚魚の住処となっている（写真13、写真14）。

## （2）カジメ（クロメ）復活プロジェクト

○背景：壱岐島で古くから広範囲に繁茂し、島民

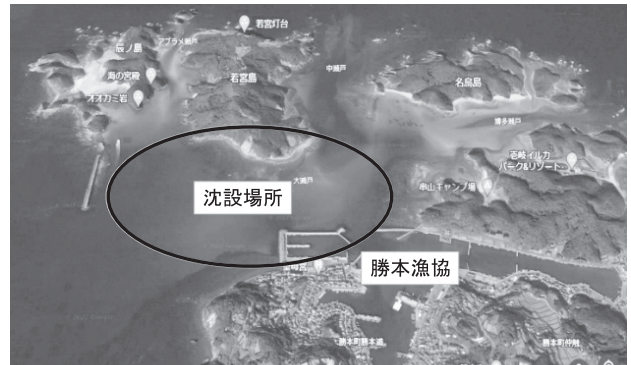


写真6 勝本漁港内の設置場所



写真7 船上に積み込まれたリーフボール



写真8 船上から海中へ吊り降ろし作業

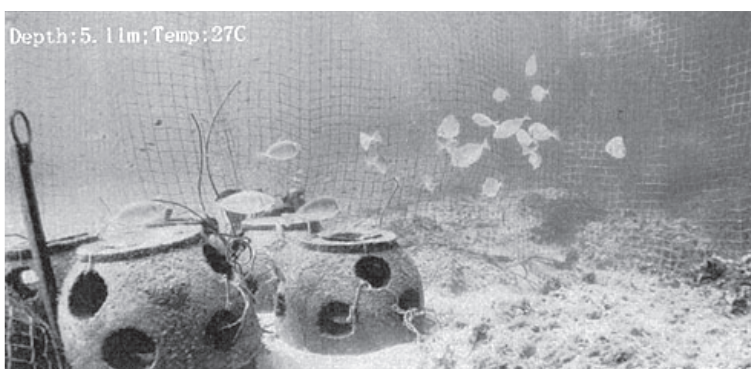


写真9 海底に設置されたリーフボール（2ヵ月）

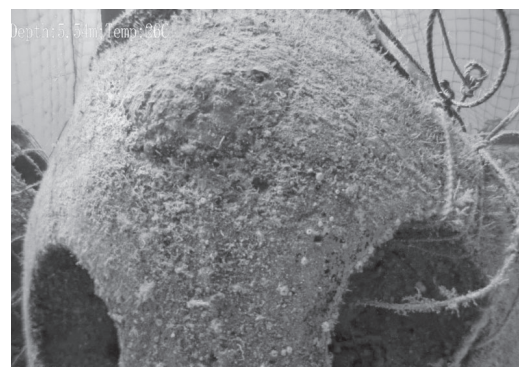


写真10 2ヵ月後の表面状況

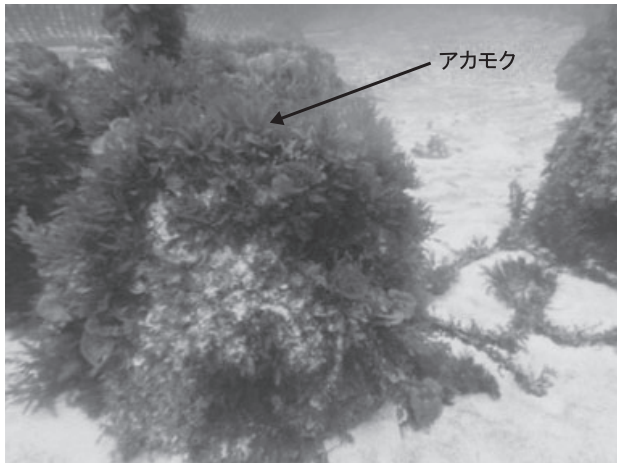


写真11 10ヵ月後には多数の藻類着床

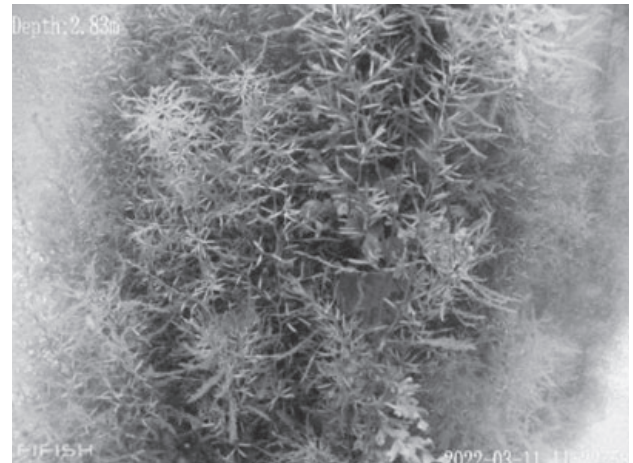


写真12 11ヵ月後には1mくらいまで成長

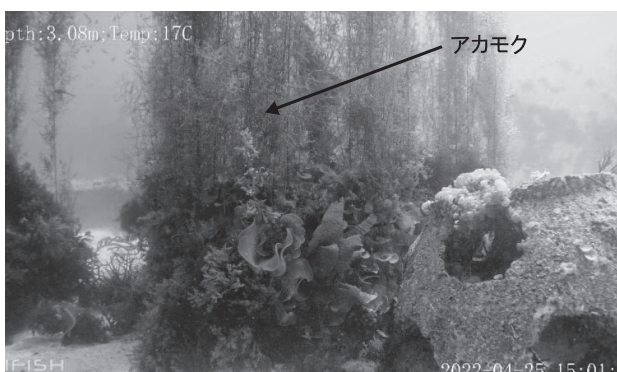


写真13 12ヵ月後には3～4mくらいまで成長



写真14 アカモク以外に多数の藻類が繁茂

に食されてきたカジメが2015年ごろを境に、高水温やさまざまな要因でほぼ全滅した。カジメはウニ、アワビ、サザエなど沿岸生物が好んで食す大型海藻であり、カジメの消失とともに、それら沿岸生物も激減、ウニの実入り不良などで沿岸漁業が衰退している。

○目的：カジメは秋口に成熟期を迎え、胞子を放出して繁茂する。しかし、胞子を出す母藻が島周辺海域で全滅状態のため、繁茂する可能性がほとんどない。このため、胞子を放出する母藻の確保を目的で活動を行っている。カジメの再生により、沿岸生物の餌場が造成され、沿岸漁業の復活を目的としている。

○手法：藻類生育育成剤（フルボ酸鉄など）を含んだリーフボール藻礁に、島外で生産しているカジメの種糸を巻き付けて生育を図る。魚、ウニ等の食圧から守るため、食害対策用カゴの中で育成させる。

#### ①実証試験（図7、写真15～写真17）

- ・実施場所：沈設場所…壱岐市勝本町勝本漁協港内
- ・開始：2022（令和4）年2月11日
- ・スモールリーフボール藻礁×4基にクロメの種糸を巻き付け、食害から防ぐためにコンテナカゴにネットを張り沈設（写真15～写真17）
- ・母藻：島外から仕入れたクロメの種糸をリーフボール基台に巻き付けて設置（写真15）

#### ②経過状況

- ・経過時間 3ヵ月後：クロメ種は順調に生育（写真16）
- ・経過時間 5ヵ月後：藻礁はクロメで覆われる（写真17）。

沈設してから約3～5ヵ月で急速に生育する。リーフボール基台には、光合成を促進する溶解性のフルボ酸鉄をはじめ、20種類以上の必須栄養源が詰め込まれている。成長過程で、常時、栄養供



写真15 クロメ種糸の巻き付け



写真16 3ヵ月後の様子

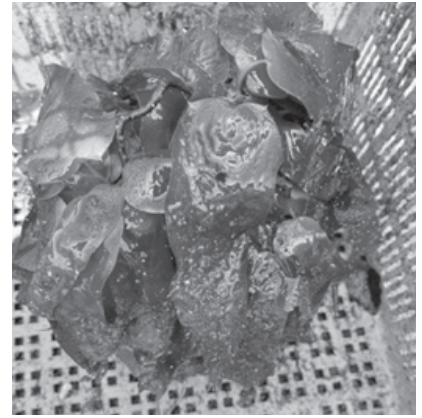


写真17 5ヵ月後には覆われる

給ができるため、外的要因や環境変化にほとんど影響を受けずに藻類が育成しやすいことを実証している。

## 2. 2 まとめ

長崎県では、磯焼けで喪失した藻場を回復するために、おもに食害防止および藻場造成を軸とした取り組みを行っている。壱岐島における取り組みを簡潔にまとめるとともに、藻場回復に核藻場地区を再生するためにセメント会社が開発したコンクリートプレートによる実証試験を行っている。この方式は、コンクリート基盤に藻場増殖用プレートを取り付けた複合型の藻礁で、周囲を食害から守るネットで囲う。プレートには、前もって孢子等から海藻の幼体を成長させ、これをプレートに装着後にコンクリート基盤に取り付けて所定の海中に沈設する方法である。3年3ヵ月後には、アラメが数十cmに成長するとともに、周辺には、さまざまなモク類が繁殖し、カジメの幼体も確認

できたと報告されている。

一方、沈設場所は異なるが、機能性のリーフボール藻礁は、同様に沈設前に海藻の種から孢子や遊走子を採取し、同様に幼体に生育させて藻礁に取り付けて沈設した結果、わずか5ヵ月でモズクは3～4mに成長し、アラメは数十cm以上に大きく生育した。また、他地域においても短期間にクロメの順調な生育が確認され、大きな成果が確認されている（写真18）、さらに2年2ヵ月後には、クロメが孢子を放出し芽生えを確認し、藻場拡大が始まっていた。

沈設場所が違うため、栄養塩を運ぶ潮流、海水温あるいは太陽光の強さに影響する透視度など生育環境に違いがあるので、一概に比較評価はできないが、栄養塩補給、アルカリ溶出防止、溶解性鉄供給の機能を備えたリーフボール礁の藻場回復能力はかなり大きいと判断できる。また、藻種は、前者はアラメ（コンブ科）であり、後者はクロメ（ワカメ科）であるが、比較的類似した種であり、



リーフボールに種系セット



沈設7ヵ月後



約1年1ヵ月後



約1年6ヵ月後

写真18 藻場増殖場にてリーフボール藻礁によるクロメの生育状況

比較には致命的な問題はなかろう。映像や画像を精査すると、リーフボール藻礁での生育は、コンクリートプレート藻礁と比較して数倍程度速いことが読み取れる。なお、形状が違うため背丈だけでは正確に判断できないので、設置初期と採取時の重量を比較すればより明確になり定量的に評価できると考える。

## おわりに

壱岐島で別々に実施されているコンクリート藻礁とリーフボール藻礁の生育状況を紹介した。設置場所が異なることは、海流、透明度、栄養塩供給、水温や深度も異なることになるので、厳密には比較することはできないが、おおよその傾向は把握できたものと考えられる。従来のコンクリート藻礁は、テトラ、六脚、箱型など単体あるいは

これらに溝や自然石やレンガを表面に張り付けるなど工夫されているが、いずれも単体藻礁であり、藻場回復の効果は明らかでない。

壱岐島の事例では、改善型のコンクリートプレート藻礁と機能性藻礁のリーフボールのフィールドにおける実証試験が実施されている。従来のコンクリート単体藻礁の効果がわからないこと、設置場所が違うので生育の環境条件が異なり、その優劣を判断することは難しいが、改良型の藻礁はいずれも藻場回復の効果はかなり高いと評価できる。特に、リーフボール藻礁での生育速度はかなり速く、他の地域でも大きな成果が報告されている。

今回は、長崎県壱岐島の藻場回復の実証試験をもとに、磯焼けが起こっていない海域の特徴から藻場回復に及ぼす海水温の影響および軽減方法などについて検討したい。

## 〈引用・参考資料〉

- 1) 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）、長崎県水産部（平成30年8月）
- 2) 浦賢二郎；報文 長崎県藻場回復ビジョンの概要と技術的課題、日本水産工学会誌「水産工学」、Vol.55、No.1、pp.77-82（2018.7）
- 3) 磯焼け対策；大阪住友セメントの海洋製品事業；映像及び各種世論
- 4) 鈴木裕明他3名；海藻着床プレートと食害防止ネットを用いた対馬市豆殿海域における核藻場造成について、日本水産工学会
- 5) 魚類の食害防止ネットを用いた核藻場造成実証実験について、日本水産工学会（平成18年度）
- 6) 鈴木裕明、坪田晃誠；藻場再生への挑戦－長崎県沿岸海域を中心とした海藻付きコンクリートブロックを用いた藻場造成の取組み；セメント協会機関誌「セメント・コンクリート」、No.744、2009.2
- 7) リーフボール藻礁・イセエビ礁実証実験経過報告書 実施場所：壱岐市勝本町沖・箱崎地区湾内 上村真珠養殖、令和6年8月6日、一般社団法人マリンハビタット壱岐 代表理事 田山久倫、協力：株式会社朝日テック・勝本町漁業協同組合・箱崎町漁業協同組合