# 5.藻場資源消滅防止技術の事例

## 5．１　摂食量を低減させる対策

投石によって築造される藻場マウンドや凹凸のある藻礁は、海域によって、凹凸にウニや小型巻貝などの植食動物が高密度に生息して、藻場が形成されないことがある。これは、狭い空間に摂食・被食の関係にあるものが共存していることに起因すると考えられ、両者を空間的に棲み分けられるように藻礁の形状を工夫することができれば、摂食圧を低減させ、藻場をつくることが可能であると考えられる。この棲み分けの考えで考案された施設として、ロープ式の海中林造成が挙げられる。この施設はロープに衝撃張力や擦れが生じるなど耐久性に課題がある。また、構造物での棲み分けの具体例として、磯焼け海域の消波ブロックなどで、波に影響を受ける上側に海藻が繁茂し、下側にウニが高密度で棲息することが知られている。

ここでは、耐久性に問題がなく、海藻とウニの棲み分けの場を創出することを目的として、ウニの這い上がり防止効果が期待できる柱状部をもつ藻礁を製作・設置し、実証試験を行った。

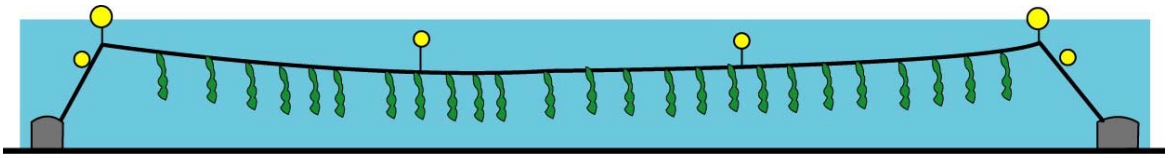


図 5-1　ロープ施設の増殖場（海中林造成）



図 5-2　消波ブロックに繁茂する海藻

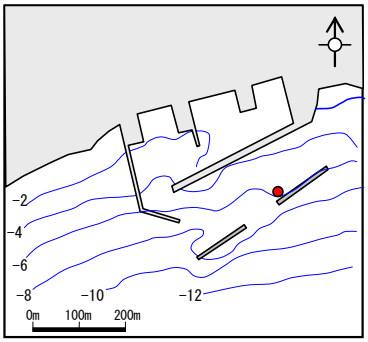
### （１）調査内容

藻礁の上部に海藻が着生し、海藻着生箇所までウニが這い上がって摂食することが困難となるように、柱状部をもつ実験藻礁（以下、柱状型藻礁）を試作した。技術のコンセプトは、以下のとおりである。

- 海藻の生長に必要な光量が確保できる。
- ウニの侵入口が少ない。
- 石材の嵩上げより経済的である。
- 柱状部の海藻が寄り藻となって下部のウニの餌になる。
- 海藻とウニとの共存を目指す。



図 5-3　柱状型実験礁




設置位置　赤丸



傾斜堤背後小段の景観（８月）



傾斜堤背後小段の景観（２月）

図 5-4　実験海域

柱状型藻礁を２基製作し、傾斜堤背後小段（石材マウンド，水深 D.L.-4m）に、2007 年７月と 11 月に設置した。設置場所の背後小段には、石材の隙間に平均 5.0 個/$m^2$（６月）の密度でウニが生息していた。初夏から夏季にかけてはアオサ類が繁茂するが、冬季は磯焼けの景観を呈していた。また、天然岩礁の同一水深で優占するコンブ類は生育していなかった。ウニが侵入できない籠内やブイで浮かべた直立ロープ上でコンブの幼芽が確認されることから、背後小段上では、ウニの摂食がコンブ場の形成阻害要因となっていると考えられた。

## （２）調査結果と考察

柱状型藻礁の設置完了１ヶ月後の 2007 年 12 月から 2009 年１月まで、海藻着生・生長、およびウニの侵入状況を潜水観察によりモニタリングした。結果は次のとおりである。

### １）ウニの柱状部への這い上がり

ウニ※の這い上がりの高さと水温の関係を図 5-5 に示した。水温約１０℃未満では、高さ 50cm 以上へ這い上がったウニは観察されなかった。一方、10℃以上では、高さ 50cm 以上の這い上がりが確認され、水温約 20℃では最大 130cm への這い上がりがみられた。

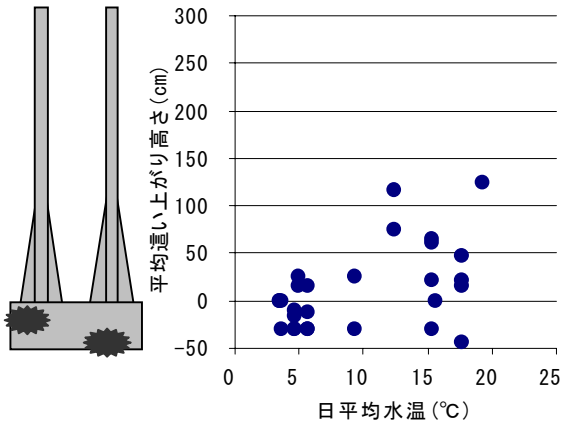



図 5-5　ウニの這い上がりの高さと水温の関係

ウニの這い上がりの高さと流速※※の関係を図 5-6 に示した。水温 10℃未満では、ウニは低流速（20cm／ｓ未満）でも高流速（20 ㎝／ｓ）でもウニの這い上がりはほとんどみられなかった。一方、水温 10℃以上では、低流速ではウニの這い上がりがみられたが、高流速ではほとんどみられなかった。

ウニの這い上がりの個数を水温別に図 5-7 に２例示す。水温５℃の場合、まったく這い上が

※ ここで示すウニは、エゾバフンウニとキタムラサキニの両種を含んでいる。
※※ ここでの流速とは、観測データ(バーストインターバル 1h、観測時間 10 分間、測定インターバル 0.5s)の日最大流速振幅値である。

りはみられなかった。本試験で最も高く這い上がりがみられた水温 20℃の場合、這い上がったのは柱状部全体で平均１個体未満と少なかった。また、この時、柱状部に生育するコンブには摂食痕はほとんどみられなかった。

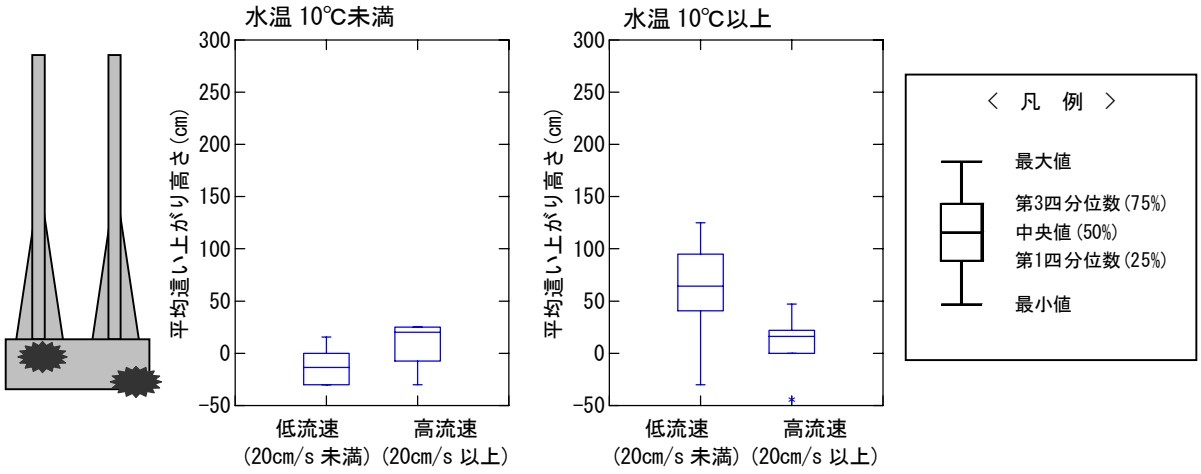



図 5-6　ウニの這い上がりと流速の関係

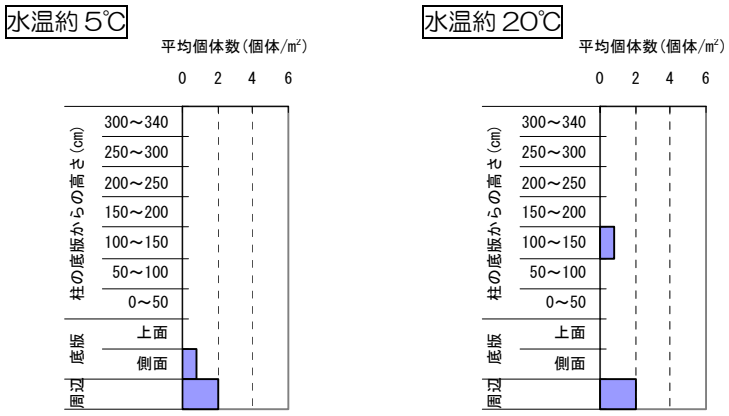
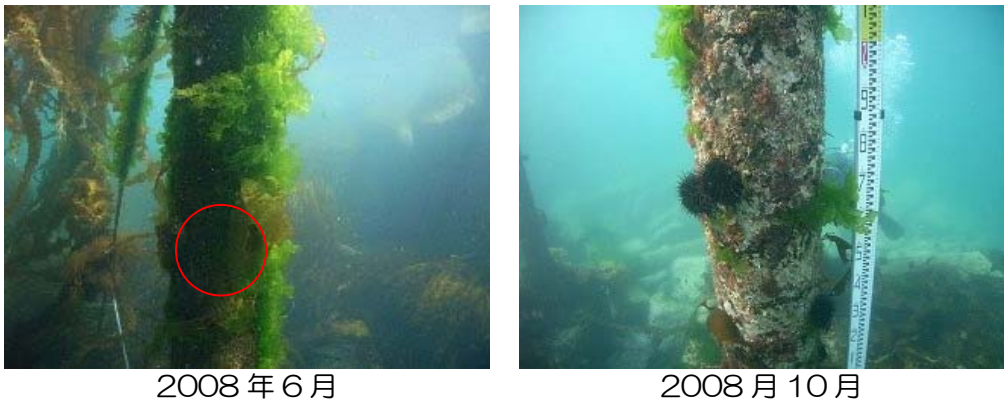



図 5-7　水温別のウニの這い上がり個数



2008 年 6 月　　2008 月 10 月

図 5-8　ウニの這い上がり状況

## 2）海藻の着生状況

柱状型藻礁の柱状部には、コンブやワカメが着生し、ウニに摂食されることなく順調に生長し、冬季には夏季に消失したワカメが再び着生し、コンブの幼芽が観察された。また、柱状型藻礁と隣接する傾斜堤の法面と比較してみると、柱状部では水深帯に関係なく、水面近くの上部から柱状部の基部まで一様に着生した。現存量は、柱状部の上部で多かった。

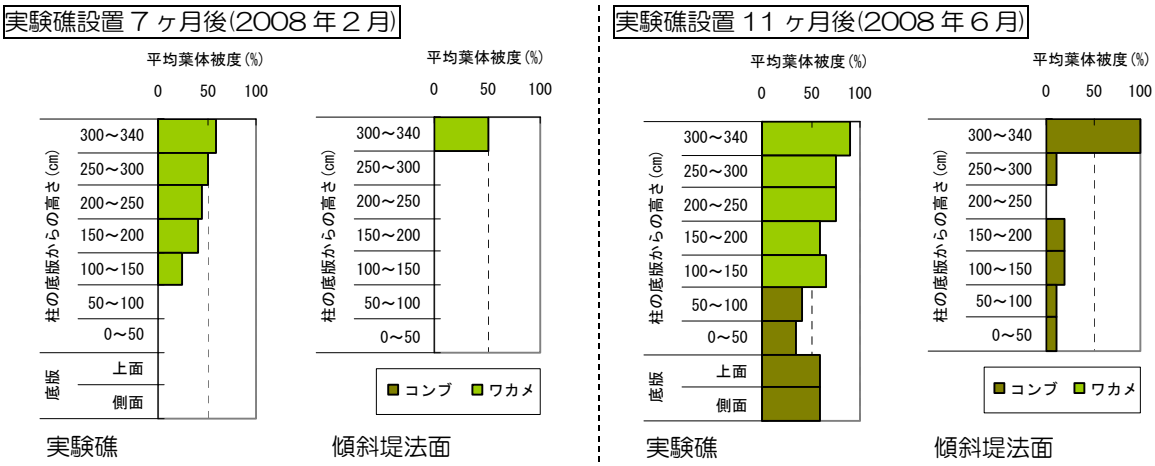



図 5-9　柱状型藻礁と傾斜堤における大型海藻の着生状況




図 5-10　柱状型藻礁（上部）の経時変化




左の写真は１年２ヵ月後に撤収した柱の表面。表面は付着珪藻に覆われ、大型海藻の幼芽も確認されている。一方、右の写真は底版の側面である。表面は無節サンゴモに覆われ大型海藻の幼芽は確認されなかった。

図 5-11　柱状型藻礁撤収時の柱の状況

ウニは水温が低い時期に活性が低下するので、藻場にとってあまり影響とはならないが、水温が高くなる春から秋までの時期に、ウニの活動範囲が広がり食害の影響は深刻なものとなる。本試験の結果、水温が高くなる時期においても柱状部にはウニの侵入は僅かであり、また、柱状部にコンブやワカメが繁茂することが明かとなった。したがって、柱状部をもつ藻礁は海藻とウニの棲み分けの場を創出することが示された。

### ３）整備コスト

背後小段と柱状型藻礁の海藻現存量から、海藻 1kg あたりの整備コストについて比較を行った。これから、海藻 1kg を増やすコストに対して、柱状部をもつ藻礁にした方が安いことが窺える。

| 項目 | 背後小段（石材マウンド） | 柱状型藻礁 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 整備面積 | 9 ㎡ | 9㎡ | |
| 海藻着生可能面積 | 9㎡（石材の敷設面積） | 底版の面積：9㎡<br>角柱（B=0.3m，h=3.4m）<br>角柱 1 本の表面積：<br>1.2*3.4=4.08 ㎡<br>計：9+（4.08*4 本）=25.32 ㎡ | |
| 大型海藻の着生本数 | 調査結果で背後小段でコンブとワカメが生育していた場所の平均着生本数 15 本/㎡ | 設置 3 ヵ月（2008.2）後の柱の高さ 0～3.4m の範囲に生育するコンブとワカメの平均着生本数より 74 本/㎡ | |
| 整備面積あたり大型海藻の現存量 | 48.6kg | 674.5kg | 既往知見より１本あたり<br>360g-wet と仮定 |
| 直接工事費 | 岸壁渡し+投入指示の場合<br>939,400 円<br>現場渡し投入指示のみの場合<br>139,400 円 | 1,345,000 円 | 直接工事費のみ<br>1t 石単価は 3,300 円/㎥<br>柱状型藻礁製作費<br>465,000 円/基<br>設置費：800,000 円<br>投入指示：80,000 円 |
| 海藻 1kg あたりの整備コスト | 岸壁渡し＋投入指示の場合<br>19,329 円/kg<br>現場渡し投入指示のみの場合<br>2,868 円/kg | 1,994 円/kg | |

（３）今後の課題

今回の調査から、空間的に海藻とウニの棲み分けを図れば、藻場が形成されることが明らかとなった。また、海藻とウニの棲み分けさせる構造としては、藻礁を柱状にする方法が有効であることが窺えた。ただし、柱状の場合は、柱の強度を確保するために太くしたり、鉄筋量を増やしたり、また、梁や筋交いを入れて補強することも必要となる。このため、柱状型でなくても、既存の並型魚礁のような構造も有効と思われる。

この他、浅海域で設置する場合には、付近を航行する船舶に配慮する必要がある。

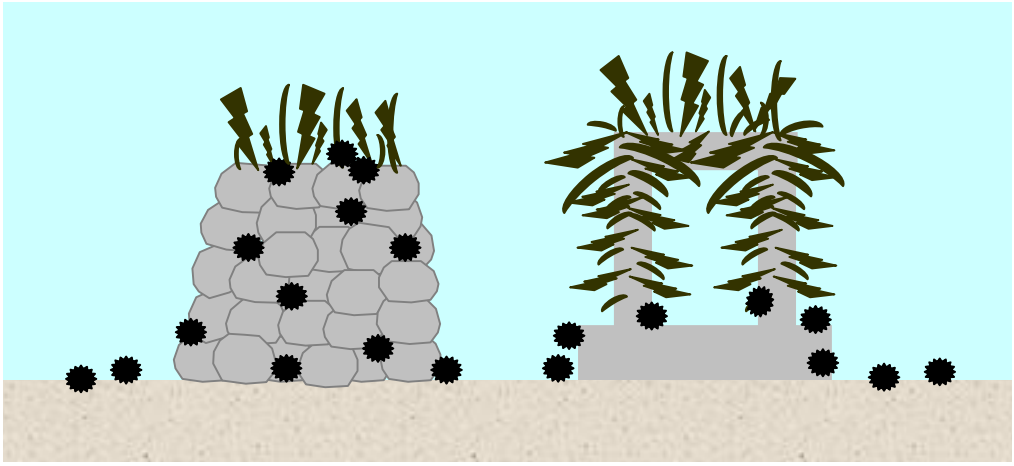


図 5-12　石材マウンドと柱状型藻礁での海藻着生イメージ

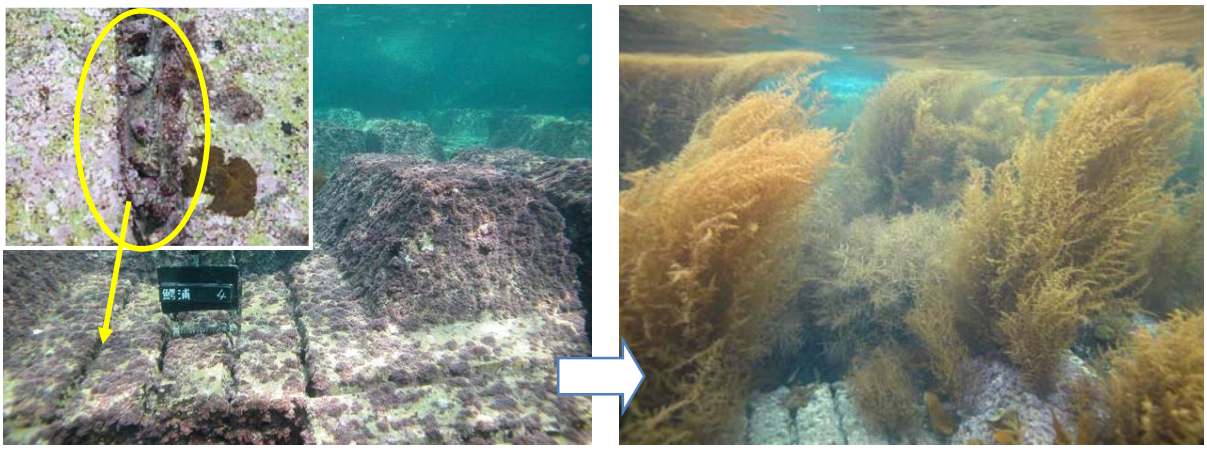
なお、柱状部にはウニの這い上がりは少なかったが、上部にはイガイやフジツボの固着がみられた。それらの幼生が浮遊する水深に柱状部がある場合、基質の競合を招く恐れがある。対策としてはタネが着生する前までに、付着動物をスクレーパーなどで除去しておく必要がある。



図 5-13　柱の上部に付着するイガイ類等

## 5．２海藻のタネを供給する対策

天然藻場等からの海藻のタネの供給が少ない場合、あるいは植食動物が高密度に生息する場合は、藻礁を設置しても藻場が形成されない。ここでは、植食動物の除去とともに積極的に海藻のタネを供給し、その場所の海藻の生産力を増強させる対策手法として、スポアバッグと流れ藻キャッチャーによる方法を紹介する。



施工後５年以上経過したコンクリートブロックとブロックの溝に生息する植食動物（左）にスポアバッグ設置した１年後（右）

図 5-14　スポアバッグにより形成された藻場

### （１）スポアバッグによる海藻のタネの供給

#### １）調査内容

ここでは、従来のようにタマネギ袋のような網の中に母藻を入れて海域に設置するタイプではなく、より自然に近い状態で設置することで、設置後も生長し、長期間にわたって海藻のタネが供給されるようにスポアバッグを工夫した。例えば、耐久性のあるロープやブイを用いることで、海藻の成熟時期に合わせ、初夏はホンダワラ類の母藻を、晩秋にはアラメ類の母藻を取り付けられること、中間の浮体に海藻のタネを着生させ、育った次世代からもタネが供給されるようにしたことである。



従来型（袋詰め）のスポアバッグ　　オープンスポアバッグ

図5-15　スポアバッグによる海藻のタネの供給

２）調査結果と考察

平成 19 年５月に、天然藻場から種類・水深・成熟度合いを考慮してホンダワラ類を採取し、これを母藻に用いたスポアバッグを藻礁ブロック（2.5m×2.5m）に設置した。３ ヵ月目に幼芽が確認され、その後、順調に生長して藻場が形成され、20 ヶ月後も維持されている。

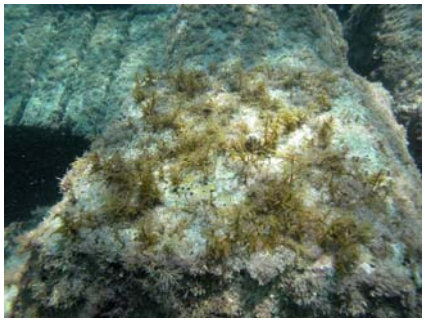
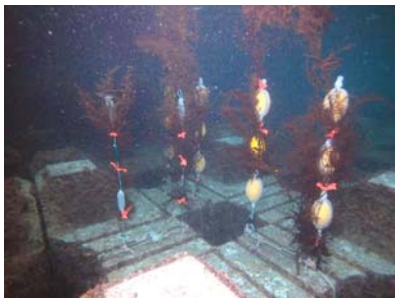


図 5-16　幼芽着生（3 ヶ月後）



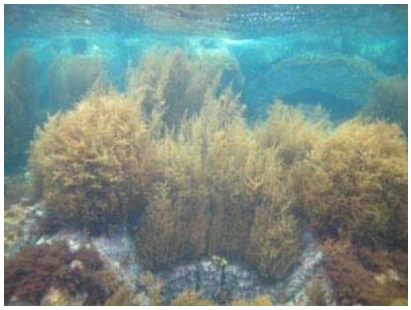
設置直後

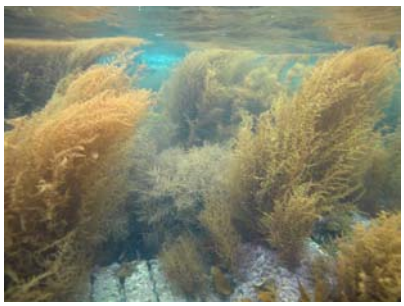


設置 3 ヵ月後



設置 8 ヶ月後



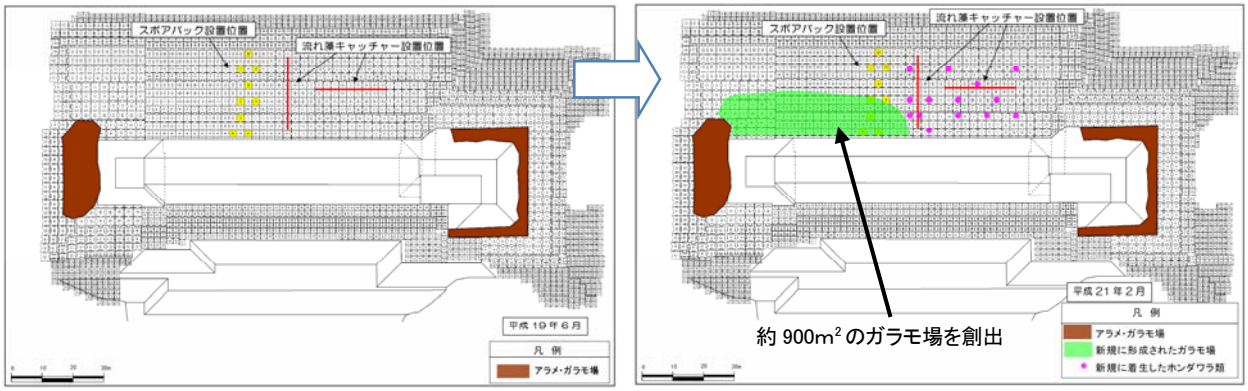


設置 12 ヵ月後



設置 20 ヶ月後

図 5-17　スポアバッグ設置後の経過




スポアバッグ設置箇所周辺から天然藻場にかけて、約 900 ㎡（スポアバック 1 セット当たり約 30 ㎡）のガラモ場が創出された。また、後述する流れ藻キャッチャーの設置箇所周辺では、ホンダワラ類の着生及び生育が確認された。

図5-18　スポアバッグ設置後の藻場分布の経時変化

着生個体数は、スポアバッグの設置数が多いほど着生個体数が多くなった。藻礁ブロックにスポアバッグを９セット設置した場合の着生状況を図 5-20 に示した。幼体の着生・生育はブロックの４つの突起部の天端や側面に多くみられた。

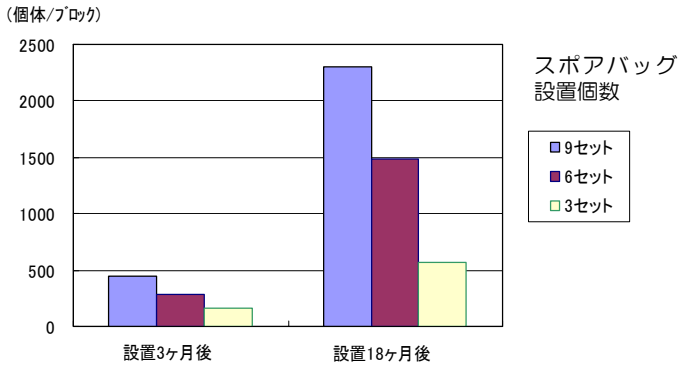
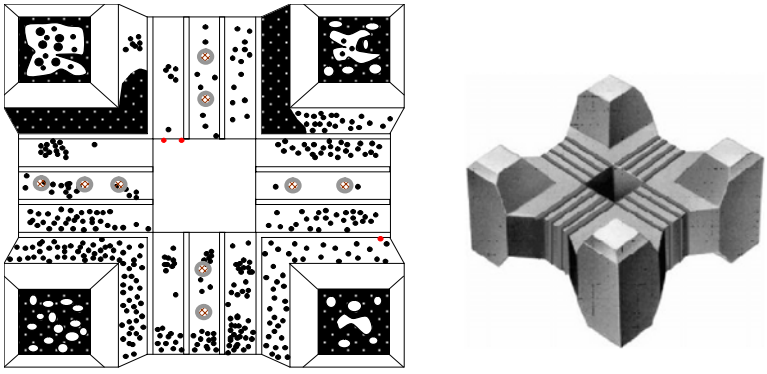



図 5-19　スポアバッグ設置数と着生個体数の関係



※黒い部分はホンダワラ類が着生した位置、赤い部分はアラメが着生した位置を示す。また、茶色の〇印はスポアバック設置位置を示す。

図 5-20　スポアバッグ設置後の大型海藻の着生位置

### ３）スポアバッグの仕様

長さ：大型・小型とも約１m
質量：大型(1.4 kg)・小型(0.15 kg)
フロート大型：0.62 kg×３個・小型：0.15 kg×３個
ロープ：大型（PP,φ14 ㎜)、小型（PP,φ６㎜)、
ネット：植毛シート（ピン長 3.5 ㎜）
母藻取付け本数：２株/個
費用：大型（15,000 円/基)、小型（5,000 円/基）
ただし、漁業資材等の再利用も可能である。

＊設置・作成イメージは、図 5-21 に示すとおりである。



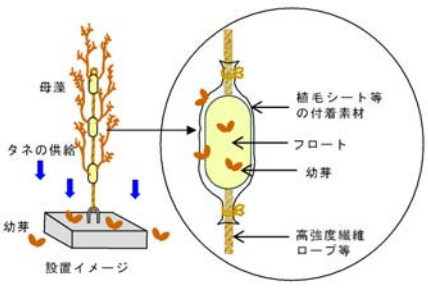



図 5-21　スポアバッグ設置・作成イメージ

### 4）設計・施工時の留意点

- 地点ごとに複数個を集中して設置する。
- 全体の配置は、藻場形成後の海藻のタネの拡散を考慮して決定する。
- 設置前にあらかじめ基質を刷新しておくと、海藻のタネの着底がよい。
- 設置場所の波あたりに応じて、ロープやワイヤーの太さを調整する。
- 台風等の接近時には、流失する恐れがあるので一時的な回収、あるいは流失しないように補強する。
- 藻礁に設置する場合はロープ等で固定する。岩礁の場合は建材ブロック等にロープで固定する。ただし、波浪で移動する恐れがある時は水中ボンドで建材ブロックを固定する。
- 母藻の浮力に応じて、フロートの浮力を調整する。
- フロートに植毛ネットを貼り付けておくと、そこに海藻のタネが着底・生長して次世代の母藻となることが期待できる。

## （2）流れ藻キャッチャーによる海藻のタネの供給

### 1）調査内容

流れ藻キャッチャーとは、ホンダワラ類の流れ藻を捕捉し、その下の基盤に海藻のタネを供給する装置である。ここでは、構造を単純にして、施設の設置・撤去が容易であるとともに経済性を考慮して、使わなくなった刺網を再利用した流れ藻キャッチャーを製作し、その効果を検証した結果を紹介する。設置場所は、図 5-18 を参照。

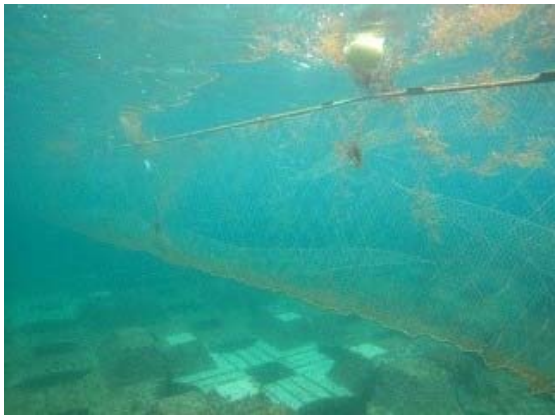


図 5-22　流れ藻キャッチャー(刺し網型)



図 5-23　捕捉した流れ藻(防波堤に垂直に設置)

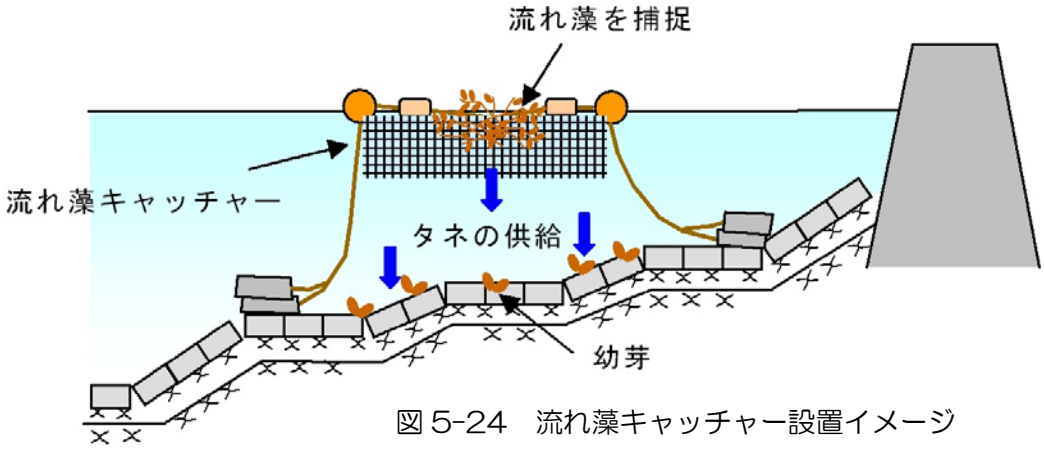
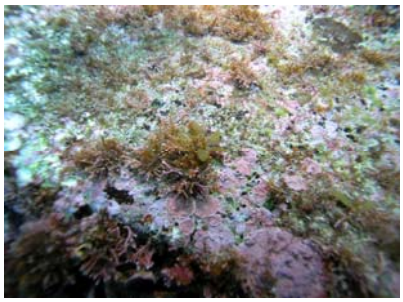



図 5-24　流れ藻キャッチャー設置イメージ

## 2）調査結果と考察

設置後、2 週間で 14kg の流れ藻を捕捉した。この量は、前述のスポアバッグに取り付ける母藻量に換算すると約 30 セット分に相当した。その後のモニタリングで、流れ藻キャッチャー周辺の基盤にはホンダワラ類の幼体の着生が確認された。幼体の着生範囲はスポアバッグ法に比べて広かったが、着生密度はスポアバッグより少なかった。従って、食圧が高い海域ではスポアバッグと併用することが望ましい。



イソモクの幼体



アカモクの幼体



ノコギリモクの幼体

図 5-25　流れ藻キャッチャー直下で確認されたホンダワラ類の幼芽

## 3）流れ藻キャッチャーの仕様

材質：刺網（他の網でも可）
寸法：幅 20m　高さ 1.2m
　　目合９節（固定ロープ 10m）
フロート浮力：2.1 ㎏×６個、10 ㎏×３個
質量：約７㎏（ロープ＋フロート＋網）
費用：約 30,000 円/基程度
ただし、漁業資材等の再利用も可能である。




図 5-26　流れ藻キャッチャー作成状況

## 4）設計・施工時の留意点

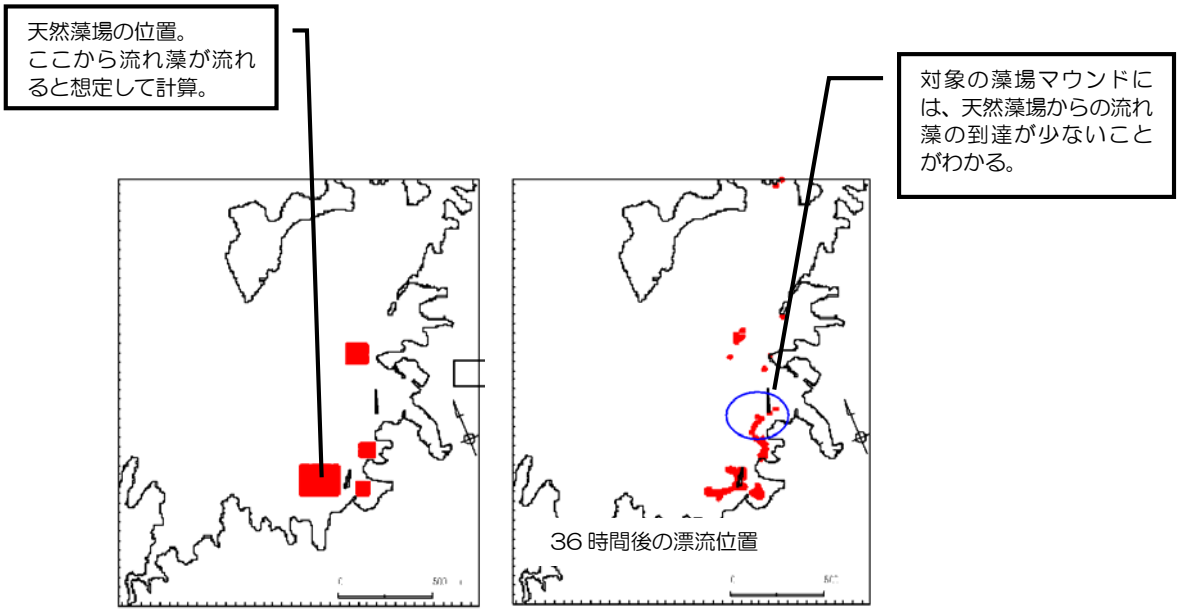
- 流れ藻の流れる方向に垂直になるように設置する。
- ロープだけでも流れ藻を捕捉可能であるが、網地等を取り付けた方が捕捉量が多くなる。
- 設置前にあらかじめ直下の基質を刷新しておくと、海藻のタネの着底がよい。
- 設置場所の波あたりに応じて、ロープやワイヤーの太さを調整する。
- 設置海域の一部占有するため、漁業操業に支障起きないように、漁業関係者の承諾を得ておく必要がある。

## 海藻のタネの供給の有無を把握する数値シミュレーション

藻場マウンドを築造する際には、事前に周辺に藻場が存在する海域であることや、かつてその場所に藻場が存在していたかを調べて計画を立案する。しかし、比較的好適な環境であっても、藻場が形成されないことがある。その原因として、海藻のタネの供給不足や競合種の優占、あるいは植食動物の高密度の生息が考えられる。海藻のタネの供給は、拡散範囲や必要量の情報が十分わかっていないが、ホンダワラ類のように流れ藻となって海藻のタネを拡散させる種については、流れ藻の供給範囲を数値シミュレーションすることで概ね把握することができるようになっている。

ある沖防波堤では、両端部に藻場があるものの前面のマウンド部には藻場がみられなかった。そこで流れ藻による海藻のタネの供給の有無を検証するため、潮流モデルを用いた流れ藻の漂流解析を行った。その結果、ホンダワラ類が成熟する春季の流れが微弱であるため、天然藻場からの流れ藻の供給は、一部が防波堤の端部に到達する程度で、極めて少ないことが明らかとなった。また、仮に南端部に着生できたとしても、流れが微弱であるため、そこを基点とする海藻のタネの拡散範囲は狭く、植食動物の摂餌の影響もあって藻場形成に至らないことが推察された。

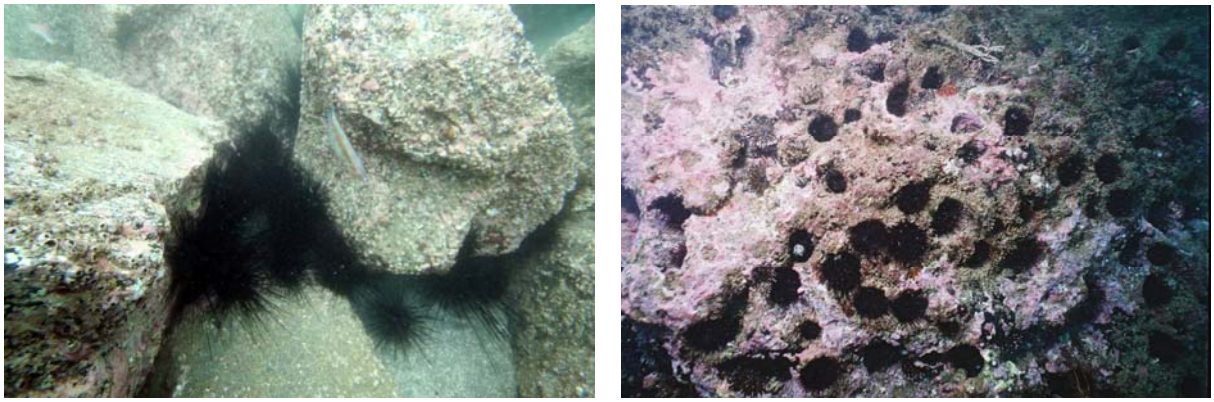
| 計算ケース | 風 | 投入時の流況 | 到達率（%） |
|---|---|---|---|
| 1 | 無風 | 北流最強時 | 0.2 |
| 2 | | 南流最強時 | 2.9 |
| 3 | 東風5m/s | 北流最強時 | 0 |
| 4 | | 南流最強時 | 0 |
| 5 | 西風5m/s | 北流最強時 | 2.7 |
| 6 | | 南流最強時 | 4.1 |




参考文献：渡邉浩二ら（2008）；流れ藻の潮流シミュレーション解析からみた藻場の不形成要因，第 63 回土木工学会学術講演会，375-376.

## ５．３ウニの棲み場所をつくらない石材・藻礁の配置

コンクリートブロックで囲んだ内側に石材を密に敷設する囲い礁は、自然石に餌料海藻とアワビ等の稚貝を高い密度で生息させることなどを目的に造成されるが、海域によっては、石の窪みや石材の隙間を好むウニの棲み場となり、高密度にウニが生息して、磯焼けの様相を呈することがある。そこで、敷設された石材を間引いたり、石材の隙間を間詰めしたりすることにより、ウニの生息密度を低下させることの可能性について調べてみた。



ウニの多くは、棘の間の吸盤状の管足を用いて岩陰や穴に生息しているが、ガンガゼ等は棘が長いため、大きな空間を必要とする。これらは、天敵にひっくり返されるのを避けるためである。また、ウニは、餌や外敵から避難のために棘を動かしてゆっくりと移動する。一般的に砂底の移動を苦手とするが、ガンガゼのように群れで素早く移動する種もある。ただし、そのような種も時化で砂が移動するようなときには岩の隙間に避難する。

図 5-27　高密度に生息するウニの様子

### （１）調査内容

石材を用いた増殖場を施工する場合を想定し、以下のコンセプトで石材を敷設した。

- 石材を分散させて配置することで、ウニの生息密度を低下させる（分散配置）。
- 石材の隙間に栗石を間詰めすることで、ウニの生息密度を低下させる（間詰め）。
- ウニの生息密度が下がることにより、海藻の着生を期待する。

既存増殖場に隣接する水深約 5m の砂底に、図 5-28 に示す 3 つの実験区（5m×7m）を約 5m 間隔で配置し、実験を行った。

3 実験区は、既存増殖場と同様の石材配置の通常区、通常区の石の間隙を栗石で間詰めした栗石区、石材をまばらに配置した分散区とした。

実験区に隣接する既存増殖場には、ガンガゼ、ムラサキウニ、ナガウニなどが高密度に生息していたことから、実験区において、ウニの分布状況を比較するため、実験区の設置時の６月(1 回目)、６月の移植後、個体数が安定してきた 10 月(2 回目)の計２回既存増殖場からウニを移植した。

1 回目は、近傍の既存増殖場に実験区と同面積の範囲を設定し、その範囲内のウニを各区に移植した。２回目は各区のウニの密度が同じ程度になるように、各区にウニを移植した。

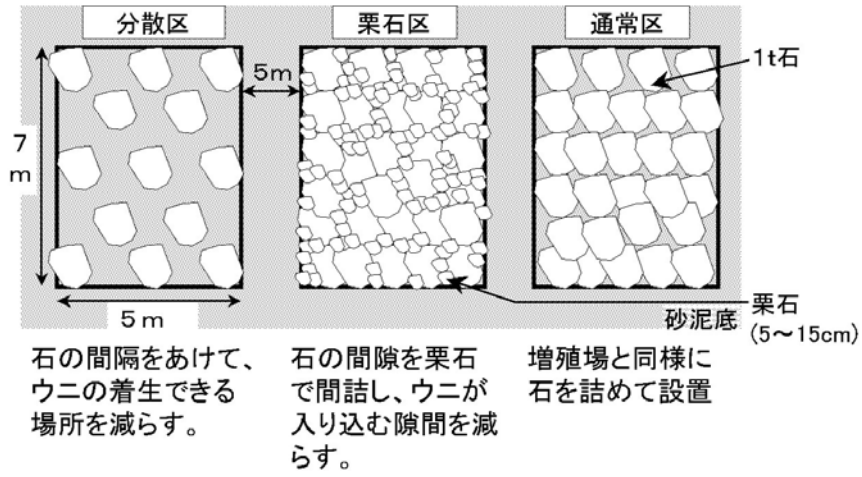



図 5-28　実験区の石材配置のコンセプト

（2）調査結果と考察

1）ウニの密度変化

ウニの密度経間変化を図 5-29 に示した。1 回目の移植後における密度の急な減少は、餌不足に起因した可能性があると考えられる。密度の推移をみると、分散区では 1 回目、2 回目ともに移植後の密度が通常区および栗石区に比べて低く推移した。分散区では、ウニは石と砂の境界付近や石表面の窪みに数個みられたのみで、ウニが生息できる空間が少ないと考えられた。通常区と栗石区では、蝟集するウニの種類が異なっていた。通常区では、既存増殖場と同様に 1t 石の隙間にガンガゼが多くみられた。一方、栗石区では、ガンガゼが少なく、予想に反して、ムラサキウニが多くみられた。これは、栗石が造り出す小さな窪みや起伏が、ムラサキウニが棲みやすい空間を創出したためと推察である。以上のことから、石材の分散配置は、ウニの棲み場として適していないことが窺える。

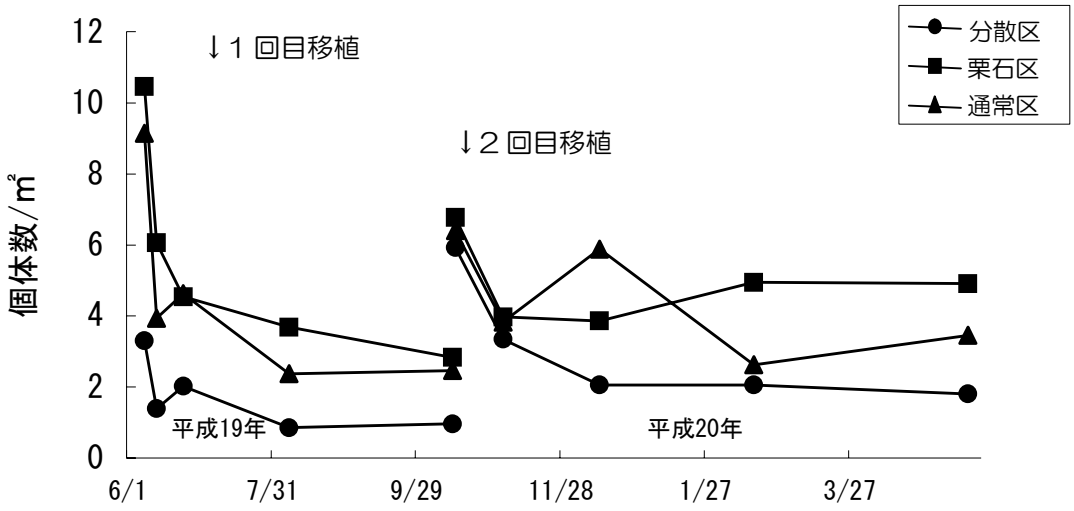



図 5-29　ウニの密度経時変化


分散区


栗石区


通常区

図 5-30　各実験区の状況

期間中に各実験区で海藻は、ほとんど確認されなかった。これは周辺に植食性魚類（ブダイ）が生息しており、それらにより幼芽が摂食されたものと思われる。分散区では５月にクロメの幼体を３個体確認したが、その後、全て消失しており、これも植食性魚類によるものと思われる。

ブダイの摂食については、ビデオ撮影で確認している。また、分散区において、石材 1 個を 1m×1m×1m 網で保護することにより、実験海域でクロメやホンダワラ類が生育することを確認している。



図 5-31　ブダイの摂食状況





図 5-32　分散区における網の保護の有無による海藻の繁茂状況の違い(平成 20 年 6 月)

## 2）石材配置の設計・施工等の留意点

- 石材間隔は、概ね 0.5～1m 程度離して設置する。
- 設置個数は、造成藻場面積に対し、石材の平均的な投影面積から必要個数を算出する。
- 石材の埋没が想定される場合、事前に砂層厚を測定することが望ましい。
- 基質の設置時期は海藻の成熟時期に行うことが望ましい。
- 設置箇所近傍に藻場が無い場合、母藻等の移植やスポアバッグ等により海藻のタネを添加することが望ましい。
- 設置海域において植食性魚類がみられる場合、状況に応じて食害防止籠等で保護する必要がある。

■ 海藻と基質を競合するカンザシゴカイ、フジツボ、付着性二枚貝などが出現した場合は、除去が必要である。

■ 幼体が着生するものの、その後の成長がみられない場合は、ウニ以外の小型巻貝等による食害や着生面の漂砂の影響を確認する必要がある。

## （3）今後の課題

### 1）埋没対策

石材の分散配置区では、石材が埋没した。埋没が起きたのは台風時期に著しく、その後にさらなる埋没がほとんどみられなかったことから、実験区での埋没は、台風の通過による波浪等の影響によって生じたものと思われた。このような埋没や沈下を防ぐために、通常、下側に石材を敷設し、その上に藻礁などを設置する。しかし、今回、明らかになったように、下側に敷設した石材はウニの生息空間となる可能性が高い。このような場合には、埋没・沈下防止用に開発されたブロックを利用することが望ましい。

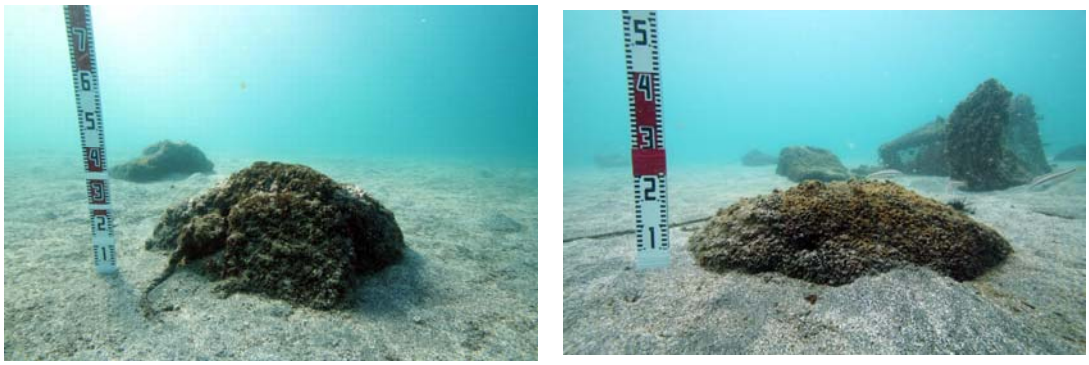
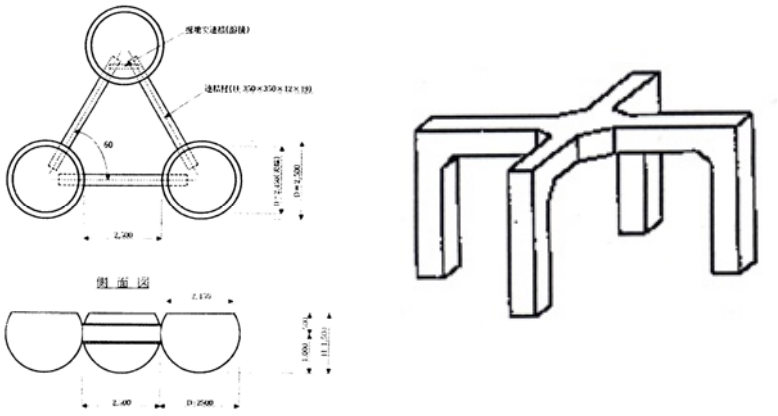


図 5-33　埋没した分散区の石材



半円球ブロック（MF21）　　十字礁

図 5-34　埋没防止対策ブロック

ここでは、鉄鋼製の簡易型埋没防止フレームを製作し、建材ブロックを用いて埋没防止の効果を検討した。その結果、フレーム上の建材ブロックの高さまでは埋没しないことがわかった。なお、建材ブロックのみを砂底に置いた場合、直ぐには埋没しないものの、ブロック表面の砂の堆積が簡易型のブロック上より多いことから、フレームにより基質面を嵩上げすることは漂砂等の堆積を減少させる効果もある。



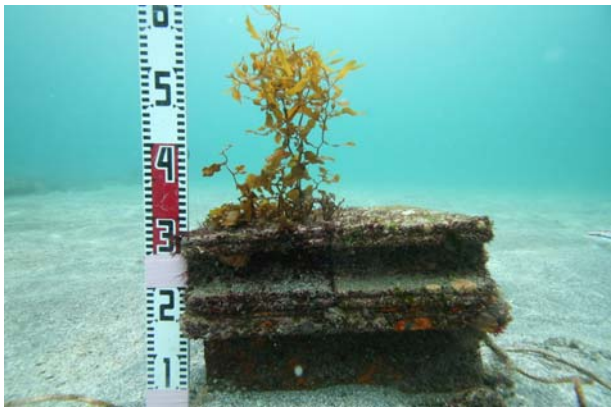
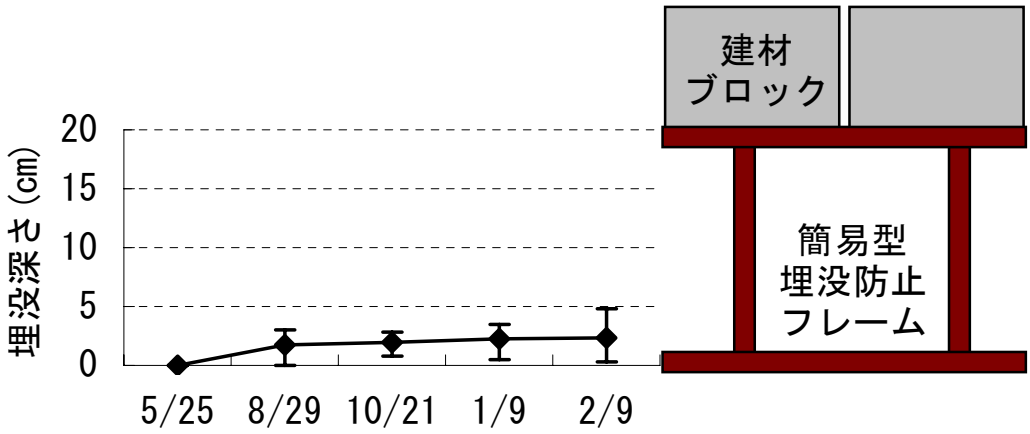


図 5-35　簡易型埋没防止フレームの外見とホンダワラ類の生育状況(平成 21 年 2 月)

【仕様】
- 簡易型埋没防止フレーム　3.2mm 厚、幅 200mmC 鋼 400mm2 本
  4.5mm 厚・幅 75mm 鉄板 400mm2 本
  4.5mm 厚・400mm×400mm 鉄板 1 枚
- 防錆塗装
- 建材ブロック 2 個
- 費用：16,300 円/基

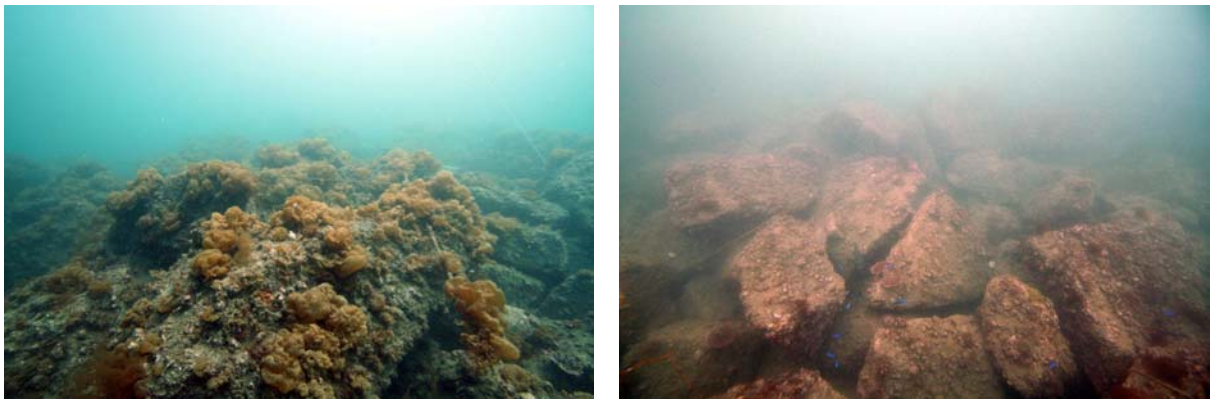



※「埋没深さ(cm)」は平均と最大・最小を示す。

図 5-36　簡易型埋没防止フレームの埋没深さの推移

## ５．４浮泥から幼体を守る対策

浮泥の堆積は、海藻のタネの着生ならびに幼芽の生長を阻害することが知られている。浮泥の発生源には、梅雨や台風等の降雨による河川等からの土砂の流入といった季節的なものと、養殖場の残餌や下水排水などといった定常的なものがある。一方、海藻の成熟時期は、ホンダワラ類であれば春から初夏、コンブ類は秋頃と季節的にわかっており、これらの成熟時期と梅雨や台風等といった浮泥の発生しやすい時期が重なると、海藻のタネが着生しづらいものと考えられる。そこで、これらの海藻の成熟時期と浮泥の発生時期を考慮して、ホンダワラ類の成熟時期に、天然藻場で幼体を育て、その後、移植することにより浮泥の影響を回避させる実験を行った。



梅雨入り前の晴天時（平成 20 年５月）　　梅雨中の降雨後（平成 20 年６月）

図 5-37　梅雨時期における景観の違い

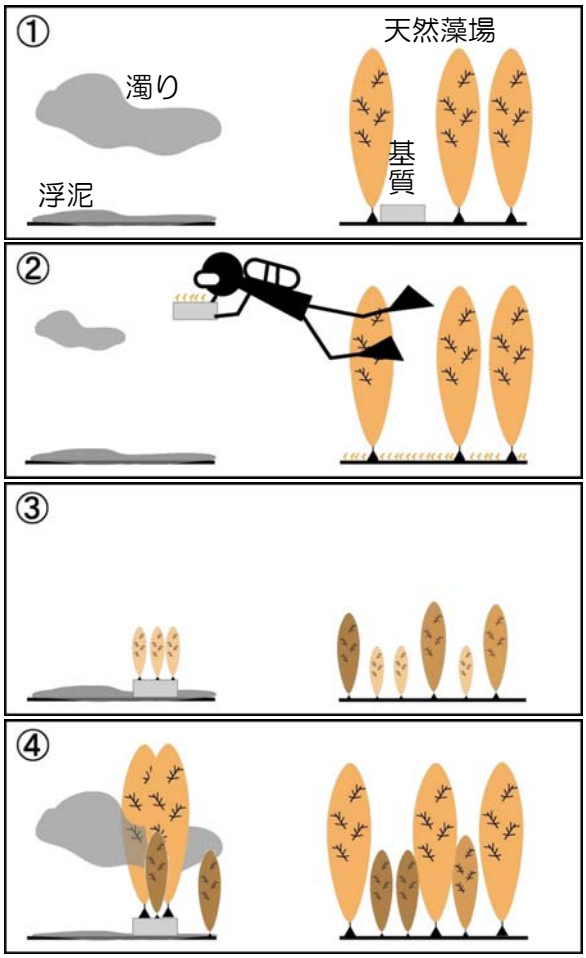
ここでは浮泥の影響を軽減するために、成熟期に天然藻場に基質を仮置きし、海藻のタネを着生させ、浮泥の影響が弱くなった時期、あるいは海藻が浮泥に対して耐性ができる程度に生長した時点で移設する技術を紹介する。

浮泥を回避させる技術の検討に先立ち、浮泥の対策としては、ジェットポンプ等による基質表面の洗浄、基質を反転させ新たな基質面を露出させるといった直接的な方法による浮泥の除去が考えられたため、ホンダワラ類の成熟時期である平成 19 年６月、この方法により浮泥を除去し、併せて、ホンダワラ類のスポアバッグを設置した。しかし、梅雨およびその後の台風の通過に伴う懸濁物質の流入とその後の静穏な条件により、浮泥が堆積し、６月に行った浮泥除去の効果は２ ヶ月程度でなくなり、ホンダワラ類の幼芽も確認できなかった。このことから、浮泥の対策にあたっては、浮泥が発生しやすい時期を回避させる必要があることがわかった。

### （１）調査内容

海藻の成熟時期に建材ブロックなどの基質を天然藻場内に仮置きし、幼芽が浮泥の堆積厚以上に生長して、浮泥の多い時期をやり過ごしてから移設することにより、海藻が幼体から成体へと生育することを期待した。基質には安価で設置が容易な建材ブロックや天然石を利用し、これらの基質を海底に静置する。波浪等の影響を受ける場所では水中ボンド等で基盤に固定する。

天然藻場へ基質を仮置きして採苗するため、刈り取りを行う母藻移植に比べて、天然藻場への影響が少ない。また、成体が増えることにより、海藻のタネの供給量が増え、幼体が基質に着生できる可能性が高くなることが期待できる。




①海藻の成熟時期に建材ブロックなどの基質を天然藻場に設置し、浮泥の多い時期が過ぎるまで仮置きする。

②浮泥が少なくなる時期であることを確認し、幼芽が浮泥の堆積厚以上に生長した時点で移設する。

③移設した幼体が生長する。

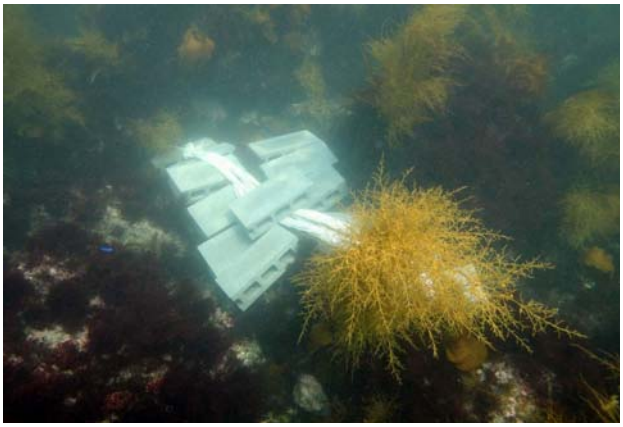
④再び浮泥の多い時期になっても、成体に生長していれば、浮泥に対してもある程度耐性がある。また、成体が増えて、海藻のタネの供給量が増えれば、幼芽の着生が期待できる。

図 5-38　浮泥の発生時期を回避させて幼芽を守る技術（イメージ）

（2）調査結果と考察

1）基質上でのホンダワラ類の生育状況

基質には市販の建材ブロックを用い、5 月天然藻場に基質を設置し、前年に影響を受けた台風時期やその後の秋雨時期が終わった 10 月に生長をモニタリングした後、投石増殖場へ移設し、その後、翌年 2 月まで観察を行った。移設先は、年間を通じて 1～3mm 程度の厚さの浮泥の堆積がみられる投石増殖場（1ｔ石）とした。なお、天然藻場では浮泥の堆積はみられなかった。天然藻場への基質の仮置き・回収作業および移設作業はダイバーが行った。



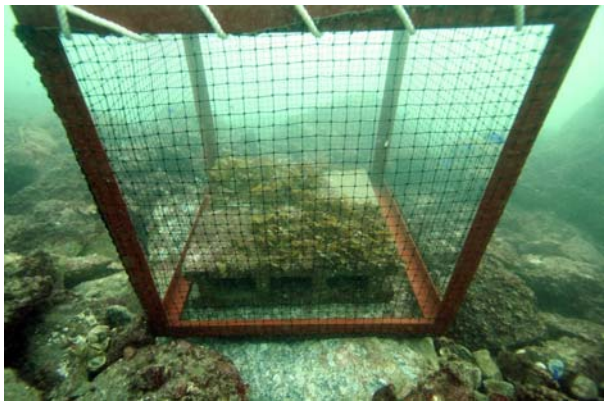
基質設置状況(平成 20 年 5 月)



基質上に着生したホンダワラ類の幼芽
(平成 20 年 10 月)

図 5-39　天然藻場内への基質の仮置き状況と基質に着生したホンダワラ類

10 月の回収時における基質上のホンダワラ類の被度は、5～70%であった。なお、基質には波浪により動いたと思われる形跡がみられ、基質の周囲にはウニや小型巻貝があまりみられなかった。



基質の設置状況(平成20年10月)




4ヶ月後(平成21年2月)

図 5-40　基質の設置直後と 4 ヶ月後の状況

天然群落に設置した基質を、10 月に増殖場へ移設した。設置時にブダイが観察されたことから、植食性魚類による食害防止のため、ホンダワラ類を網籠で保護した。

基質上のホンダワラ類は、10 月に 3cm 程度の体長が、2 月には 40cm 程度までに生長した。また、建材ブロック上には、設置期間を通して浮泥の堆積は 1mm 以下であった。なお、網で保護していなかった幼体は、摂食されたとみられ、残らなかった。

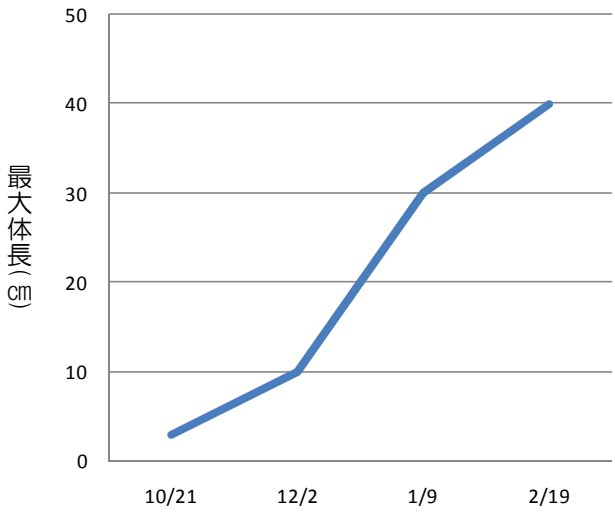



図 5-41　ホンダワラ類の体長の推移

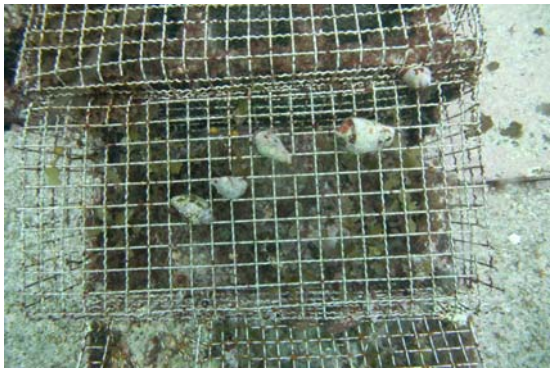
以上のことから、浮泥の多い海域では、天然藻場で幼芽を着生させて、浮泥の少ない時期に移設する方法が有効である。ただし、植食性魚類やウニが多い海域では、事前に網籠等での保護や駆除等の措置が必要である。

### 2）移設基質の設計・施工等の留意点

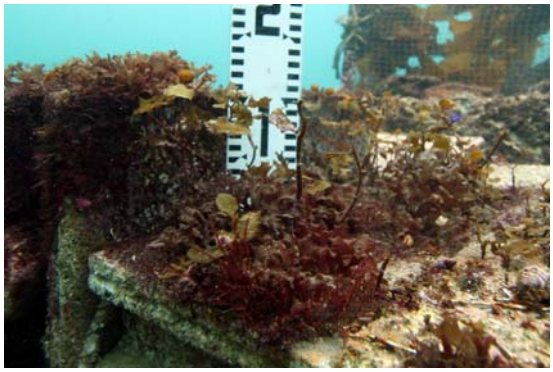
- ■ 対象とする海藻の成熟時期に、天然藻場に基質を仮置きする。
- ■ 基質は、周囲の海藻着生面の高さに合わせ、成熟した海藻の近くに、波浪で転倒しないよう設置する。
- ■ 幼芽を着生させる基質は、建材ブロックに限らず、石材でもよい。
- ■ 基質にロープ等を取り付けることにより、船上からの設置・回収ができ、作業の省力化が図れる。
- ■ 建材ブロック等の穴は、ウニ等の植食動物の棲み場となる可能性があるため、設置箇所の植食動物の分布状況を考慮し、穴を埋める工夫もしくは穴のない基質を用いる方がよい。
- ■ 天然藻場から施工海域までの輸送時は、藻体を乾燥させないようにする。
- ■ 仮置き時には、基質上と周囲の幼体の生育状況を比較し、基質上の幼体の生育が周囲のものより劣る場合、環境が悪い可能性があるため、良好な幼体が生育している場所へ移動させる。
- ■ 移設先の食害動物の状況は事前に把握し、植食性魚類・ウニ・小型巻貝等が特に多い海域では、状況に応じて駆除や網籠等で保護する必要がある。

## 金網を用いたホンダワラ類の基部の保護

「浮泥を回避して幼体を守る技術」では、ホンダワラ類を網籠で保護したケースを紹介した。対象海域では、春から夏季にかけては植食性魚類がみられなかったが、ホンダワラ類の幼体を移植した秋季以降、ブダイ等の植食性魚類が確認されたので、大きな網籠ではなく、高さ 10cm の金網（1 個 100 円程度）での保護を試みた。金網は水中ボンドで建材ブロックに固定した。

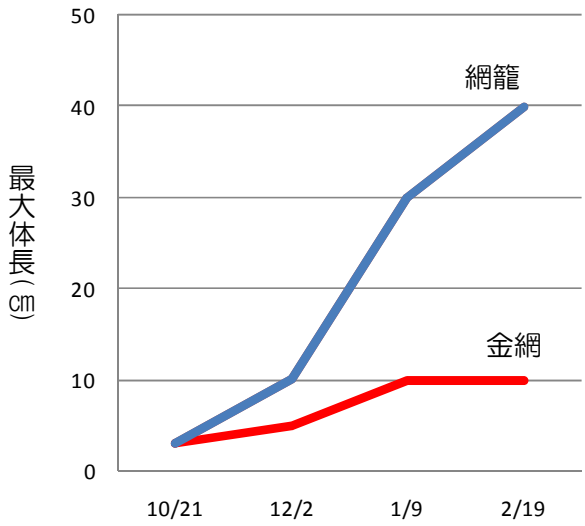


金網の取り付け状況



金網を取り外した状態

金網によるホンダワラ類の保護（平成 21 年 2 月）




網籠と金網で保護したホンダワラ類の体長の推移

上図に示すとおり、金網内のホンダワラ類は生育しているが、全長が 10cm 以上になることはなかった。その理由は、金網から出た枝がブダイ等に摂食されていたためである。ただし、金網によって、ホンダワラ類の生長点は保護されていた。従来のように藻体全部を保護する網に比べて、小型で波浪等による破損を受けにくい。ただし、今回は、金網の目合いが 1.5cm と細かなものであったので、網目が付着物等でふさがる可能性もあり、金網とのスレが発生する可能性もあることから、目合い等については留意が必要である。

# 6. 用語の解説

| | |
|---|---|
| 栄養塩 | ここでは水界の植物（海藻や植物プランクトン）が生育していくために取り込む栄養物質をさし、増殖の制限要因にもなる。溶存態の窒素、窒素、ケイ素のほか、鉄などの微量な成分も含めることがある。 |
| 核藻場 | 周辺に海藻の胞子・遊走子や幼胚を長期間にわたり拡散させるための核となる母藻群落のこと。天然の離れ岩や暗礁に残存する群落のほか、人工的に保護あるいは造成した小規模な藻場を指すことが多い。 |
| 嵩上げ | 海底に石やブロックなどを積み上げて高くすること。水深を浅くすることにより、受光量を増やしたり、波の動きによる海水流動を高めたりする。 |
| ガラモ場 | ホンダワラ類を主体とする藻場。 |
| 基　質 | 幼胚や胞子・遊走子が着生するための海底の岩や石、ブロックなど。 |
| 極　相 | 植物群落は周囲の環境と互いに影響し合いながら遷移していくが、その最終段階では群落と環境の間に一種の動的平衡状態が成立し、群落は安定して構造や組成が変化しないようになる。この状態を極相という。 |
| 子嚢斑 | コンブ類などで遊走子嚢が藻体の表面に密集して斑状となった部位のこと。 |
| 植食動物 | 植物を主な餌とする動物。ウニ、アワビ、アイゴなど。しかし、海藻や海草だけしか食べないわけではなく、動物も多少とも食べる。 |
| 人工海藻 | 天然の海藻や海草を模した樹脂製やゴム製の人工物。浮力を持ち、海底から立つ。有用魚介類の産卵場や稚魚の育成場所などに用いられることがある。 |
| 生殖器床 | ホンダワラ類などで、成熟した藻体に生じる棍棒状の構造。表面に無数に形成される小穴（生殖巣）に卵や精子のいずれか（稀に両方）が形成される。 |
| 遷　移 | 時ともにその場の環境に合った生物群集に移り変わっていくこと。 |
| 種　糸 | 海藻の幼体を生やしたクレモナ糸のこと。ブロックや幹縄などの基質に巻きつけて使用する。 |
| 被　度 | 面積当たりの対象生物の占有する投影面積。数値で表したり、５段階の階級で表したりする。 |
| 貧栄養 | 窒素やリンなどの栄養塩類の濃度が低い状態で、河川の流入が少ない外海域で起こりやすい。 |
| 浮　泥 | 動植物の遺骸や排泄・分泌物などのような有機物や無機物（鉱物質）の集塊で、海水中を浮遊したり、海底に沈殿したりする。浮泥には有機物を分解する（食べる）微生物も付着している。 |
| ベントス | 海底や海藻・海草類に固着して生活したり匍匐生活をするホヤ、巻貝、ウニ、ワレカラなど。底層中に潜りこんで生活をするゴカイ、二枚貝などをさす。 |
| 母　藻 | 胞子・遊走子や幼胚などのタネをだす成熟期の海藻。 |
| 幼　胚 | ホンダワラ類の受精卵が胚発生を開始した状態を指す。この状態で母藻の生殖器床から離れ、海底に落下して付着する。 |
| 流入負荷 | 陸域から河川を経由して内湾や湖沼に流れ込む物質量。 |

# 7．参考図書


【藻場の分布に関する文献】

- 環境省（1988-1992）：第４回自然環境保全基礎調査.
  （http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html）
- 水産庁（2006-2008）：全国藻場資源調査等推進事業報告書.
- 水産庁（2007）：磯焼け対策ガイドライン，（社）全国漁港漁場協会，207pp.
  （http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/sub79.html）

【調査方法に関する文献】

- （社）全国漁港漁場協会（2003）：藻場造成型漁港構造物調査設計ガイドライン，243pp.
- 国土交通省港湾局（監）（2003）：海の自然再生ハンドブック　第３巻　藻場編，ぎょうせい，95pp.
- （社）海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル-海洋生物編-（2006），219pp.

【水質に関する文献】

- （社）日本水産資源保護協会（2005）：水産用水基準，96pp.

【植食性魚類に関する文献】

- 山本保彦（編）（1997）：現代おさかな事典，エヌ・ティー・エス，1196pp.
- 中山恭彦・新井章吾（1999）：南伊豆・中木における藻食性魚類３種によるカジメの採食，藻類，47(2)，105-112.
- 静岡県・大分県・長崎県・西海区水産研究所（2005）：藻食性魚類の大型褐藻類に対する食害の実態解明　総括報告書　平成 13～16 年度.
  （http://snf.fra.affrc.go.jp/print/syokugai/syokugai.html）
- 藤田大介（訳）Horn，M.H.（著）（2005）：海産植食性魚類の生物学，（独）水産総合研究センター，114pp.
- Osako，K.・Hossain，M.A.・Kawashima，A.・Kuwahara，K.・Okamoto，A.・Nozaki，Y.・Tachibana，K.（2006）：Year-round gelation characteristic of bassy chub *Kyphosus lembus* meat．Fisheries Science，72(1)，173-178.
- 藤田大介・野田幹雄・桑原秀俊（編）（2006）：海藻を食べる魚たち，磯焼け対策シリーズ１，㈱成山堂書店，261pp.
- 水産庁（2007）：磯焼け対策ガイドライン，（社）全国漁港漁場協会，207pp.
  （http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/sub79.html）

【ウニに関する文献】


- 西村三郎（1972）：海洋における生物群集の構造・分布・維持，沼田真㈱，生態学研究シリーズ－3　海の生態学，築地書館㈱，188-295.
- 道津光生・太田雅隆・益原寛文（2002）：長崎県松島周辺の海藻植生に及ぼすガンガゼ類の食圧の影響について，海洋生物環境研究所研究報告　4，1-10.
- 三重県南勢志摩県民局農林水産商工部水産振興チーム（2004）：利用加工技術改良試験（ガンガゼの有効利用：簡易潜水器によるガンガゼ採捕の有効性の検討），水産業改良普及情報事例集，全国漁業協同組合連合会，平成 15 年度.
（http://www.fish-jfrca.jp/pdf/k15/063.pdf）
- 森勝義（編）（2005）：水産増養殖システム３　貝類・甲殻類・ウニ類・藻類，㈱恒星社厚生閣，396pp.
- 水産庁（2007）：磯焼け対策ガイドライン，（社）全国漁港漁場協会，207pp.
（http://snf.fra.affrc.go.jp/print/syokugai/syokugai.html）
- 藤田大介・町口祐二・桑原久実（編著）（2008）：磯焼けを起こすウニ－生態・利用から藻場回復まで－，磯焼け対策シリーズ２，㈱成山堂書店，296pp.

# 8. 引用文献・参考文献


1) 水産庁（2008）：図で見る　日本の水産，27pp.
（http://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/pr/pamph/pdf/zudemiru_08.pdf）
2) 農林水産省（2008）：農林水産省環境報告書 2008，51pp.
（http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/s_report/2008/index.html）
3) 水産庁（2008）：環境・生態系保全活動支援事業検討チーム資料.
4) 藤田大介（2001）：氷見市・高岡市沿岸の海藻と藻場，氷見漁業協同組合，66pp.
5) ＪＦ環境・生態系保全チーム（2008）：藻場・干潟の荒廃による沿岸水産資源の減少，里海通信 13，1.
6) 長谷川雅俊（2005）：カジメ藻場の磯焼けからの回復，水産工学 42(2)，165-169.
7) 海野幸雄（2009）：静岡県榛南海域における磯焼け対策について，（社）長崎県漁港漁場協会 水産開発 第 101 号，6-11.
8) 水産庁（2009）：藻場資源調査等推進委託事業（藻場資源の長期変遷調査）報告書.
9) 窪泰浩・松本悟・上村竜一（2000）：発電所港湾施設におけるウニの分布特性と資源増殖技術，電力土木 289，98-102.
10) 川俣茂・田中敏博・吉満敏・今吉雄二・新井雅之・名波敦（2007）：鹿児島県笠沙町沿岸における藻場の形成と砂の役割，平成 19 年度日本水産工学会学術講演会要旨集，83-86.
11) 寺脇利信・川崎保夫・本多正樹・山田貞夫・丸山康樹・五十嵐由雄（1991）：海中林造成技術の実証　第 2 報　三浦半島西部でのアラメおよびカジメの生態と生育特性，電力中央研究所報告研究報告 U91022，69pp.
12) マリノフォーラム２１（1999）：長柱型藻礁による広域藻場造成技術の開発委託事業報告書.
13) 綿貫啓・山本秀一（1987）：ツルアラメ幼体の入植に及ぼす基質表面形状の影響，水産増殖 35(2)，69-75.
14) 安藤亘・山本純道・池上真（1998）：海藻の着生に配慮した被覆ブロックの表面処理の効果，海洋開発論文集 Vol.14，53-57.
15) 川俣茂（2006）：ウニの磯焼け地帯に適用可能な「揺れる藻礁」ー必要性と可能性ー，第５回全国漁港漁場整備技術研究発表会講演集，29ー38.
16) 川俣茂（2007）：キタムラサキウニの優占する磯焼け地帯に適用可能な揺動式海藻着生装置の開発，水産工学 44(2)，127-138.
17) 川俣茂（2009）：ウニ・アワビと海藻を共存させる新技術，養殖 574，16-20.
18) 吉良道子・竹内廣中・吉野大仁（2002）：魚かすを用いた海域施肥実験（第１報），平成 14 年度水産工学会学術講演会講演論文集，75-78.

19) 牧田佳巳・山本潤（2007）：発酵魚かす投入による海域栄養塩の増加効果について，平成 19 年度水産工学会学術講演会講演論文集，65-68.
20) 寺脇利信（1988）：海中林造成技術の基礎的検討 第 2 報 カジメ幼体の入植と人工基盤の表面形状，電力中央研究所報告研究報告 U88037，26pp.
21) 国土交通省九州地方整備局別府港湾・空港整備事務所・三洋テクノマリン㈱（2006）：平成 17 年度佐伯港彦島地先環境調査報告書.
22) 高知新聞（2006）：9.10 付 朝刊記事.
http://www.kochinews.co.jp/0609/060910headline05.htm
23) 平田徹・坂本和弘・多田諭・横濱康繼（1990）：接着剤を用いたアラメ・カジメ個体の人工基盤への移植，藻類 38(1)，61-68.
24) 佐々木正・柳瀬良介・渥美敏・青山雅俊（1984）：カジメ群落域拡大に関する研究，静岡県水産試験場伊豆分場資料 153，14pp.
25) 木下淳司・山本章太郎・石黒雄一・山本貴一（2006）：砂浜海岸に設置した人工リーフへのカジメ移植と群落の拡大，水産工学 43(2)，139-149.
26) 安藤亘・金山進・中村憲司・村本信夫（2002）：ホンダワラ類の幼胚の到達距離と藻場マウンドの位置関係について，海洋開発論文集 Vol.18，179-183.
27) 綿貫啓（2003）：アラメ・カジメ類の人工基質を用いた藻場の設計と技術，能登谷正浩（編著）藻場の海藻と造成技術，㈱成山堂書店，238-259.
28) 四井敏雄（1998）：藻場造成について，水産工学 35(1)，57-58.
29) 中嶋泰（2003）：移植ブロックによる藻場造成，能登谷正浩（編著）藻場の海藻と造成技術，㈱成山堂書店，171-179.

## 参考文献

＜第 3 章＞

■ 国土交通省港湾局監修,海の自然再生ワーキンググループ（著）（2003）：海の自然再生ハンドブック 第 3 巻 藻場編，㈱ぎょうせい，110pp.
■ 自然共生型海岸づくり研究会（編著）（2003）：自然共生型海岸づくりの進め方，（社）全国海岸協会，73pp.
■ 千賀裕太郎（2003）：モンスーンアジア流域における水資源マネジメントの展望と課題，地球環境 8(1)，5-12.
■ 植田昌明（2004）：農業研修における順応管理（Adaptive Management），筑波ライブラリーニュース 130，JICA 筑波，
（http://www.jica.go.jp/tsukuba/library/news/04_03.html）
■ 寺脇利信・吉田吾郎・内田基晴・浜口昌巳（2005）：瀬戸内海の干潟・藻場の現状と順応的管理，海洋開発論文集 Vol.21，83-88.
■ 善見政和・細川恭史・大島巌・松田修・佐藤隆・鈴木秀男（2006）：米国での自然再生事業の順応的管理の実践と評価，海洋開発論文集 Vol. 22，39-44.

■ 水産庁（2007）：磯焼け対策ガイドライン，㈳全国漁港漁場協会，208pp.
（http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/sub79.html）
■ 海の自然再生ワーキンググループ（著）（2007）：順応的管理による海辺の自然再生，国土交通省，294pp.

＜第５章＞

■ 増殖場造成指針作成委員会（編）（1982）：増殖場造成指針（昭和 58 年版），地球社，252pp.
■ 峰寛明・藤井淳夫・渡辺浩二・安藤亘・木村智也（2008）：柱状型藻礁におけるウニ這い上がり抑制効果について，平成 20 年度日本水産工学会学術講演会要旨集，263-264.
■ 葭谷護・桑原昭彦・浜中雄一・和田洋蔵（1987）：京都府青島地先におけるサザエの食性，日本水産学会 53(8)，1359-1366.
■ 石田和敬・安藤亘・木村智也・田所悟・南里海児（2008）：新型スポアバッグ法による海藻の着生効果について，平成 20 年度日本水産工学会学術講演会要旨集，247-250.
■ 水産庁（2005-2007）：緊急磯焼け対策事業全国協議会資料.
■ 中村憲司・安藤亘・木村智也（2008）：増殖場における藻場の不形成要因とその対策について，平成 20 年度日本水産工学会学術講演会要旨集，251-254.

## 編集委員会および事務局の構成

### ○藻場資源消滅防止対策検討部会

| | | |
|---|---|---|
| 藤田　大介 | 東京海洋大学 海洋科学部 海洋生物資源学科 | 准教授 |
| 中山　哲巖 | 水産工学研究所 開発システム研究室 | 室長 |
| 桑原　久実 | 水産工学研究所 環境分析研究室 | 室長 |
| 川俣　　茂 | 水産工学研究所 水理研究室 | 主任研究員 |

### ○編集事務局　担当者

| | | |
|---|---|---|
| 加藤　英雄 | 水産庁増殖推進部漁場資源課　課長補佐 | (H20) |
| 和田　雅人 | 水産庁増殖推進部漁場資源課　課長補佐 | (H18～H19) |
| 木村　智也 | 水産庁増殖推進部漁場資源課 | (H19～H20) |
| 佐々木真一郎 | 水産庁増殖推進部漁場資源課　係長 | (H18) |
| 渡辺　浩二 | (社)水産土木建設技術センター　調査研究部長 | (H19～H20) |
| 三上　信雄 | (社)水産土木建設技術センター　調査研究部長 | (H18～H19) |
| 安藤　　亘 | (社)水産土木建設技術センター　主任研究員 | |
| 石岡　　昇 | (社)水産土木建設技術センター　主任研究員 | |
| 中嶋　　泰 | オフィスMOBA | |

### ○技術情報提供（順不同）

サカイオーベックス(株)、奥村組土木興業(株)、 岡部(株)、海洋建設(株)、海洋土木(株)、技研興業(株)、共和コンクリート工業(株)、三省水工(株)、東亜土木(株)、東洋水研(株)、海中景観研究所、(株)渋谷潜水工業、(株)住友大阪セメント、(株)スミリーフ、(株)エコニクス 、国際航業(株) 、(株)シャトー海洋調査(株)、(株)東京久栄、(有)自然環境調査

本手引きに関する問い合わせ先
水産庁増殖推進部漁場資源課
〒100-8907　東京千代田区霞が関 1-2-1
TEL03-3502-8111