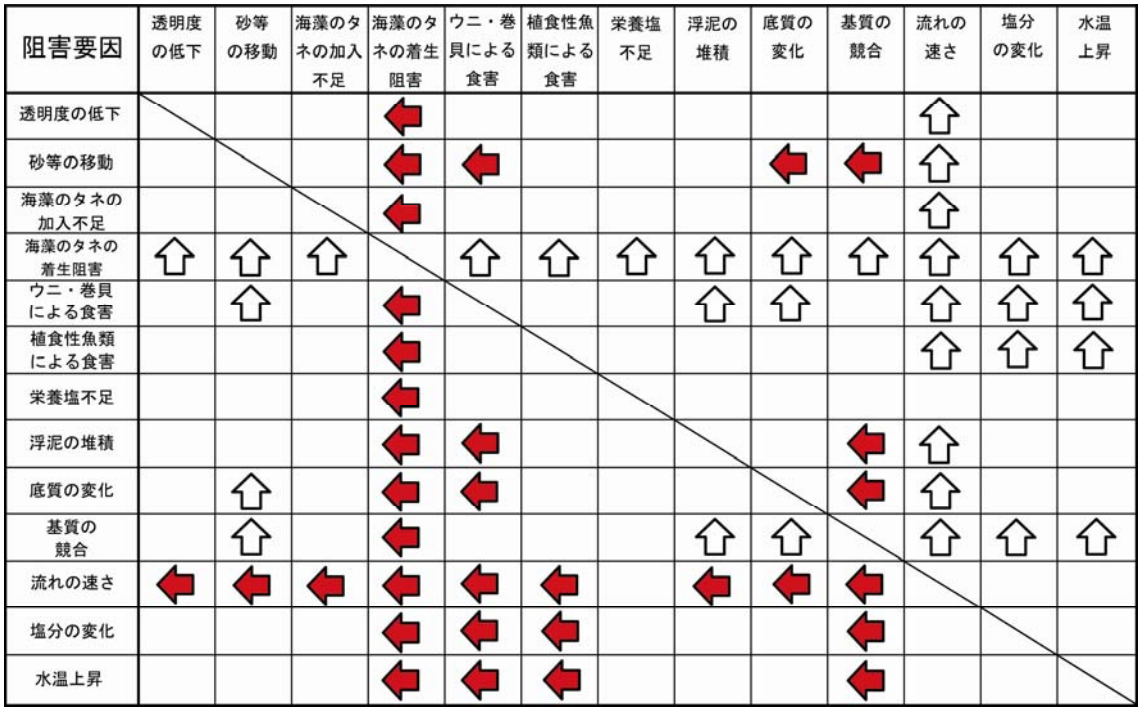
4.対策技術

4．1　対策技術の考え方

（1）阻害要因の分析

現地調査などより得られる環境因子から藻場形成の阻害要因を分析する。阻害要因には「ウニ・巻貝の生息・増加（あるいは侵入）」、「流れの速さ」など複数の環境因子が相互に関連し合っている。阻害要因の分析では、得られた環境因子を手掛かりに図 4-1 の主従関係※ の分析から、最も影響力があると思われる環境因子を抽出し、その環境因子を制御する対策を検討するとともに、従属の環境因子の軽減を図る。そして、対策後は、モニタリングによって、藻場が形成されているかいないか評価し、形成されていなければ再び阻害要因を分析する。



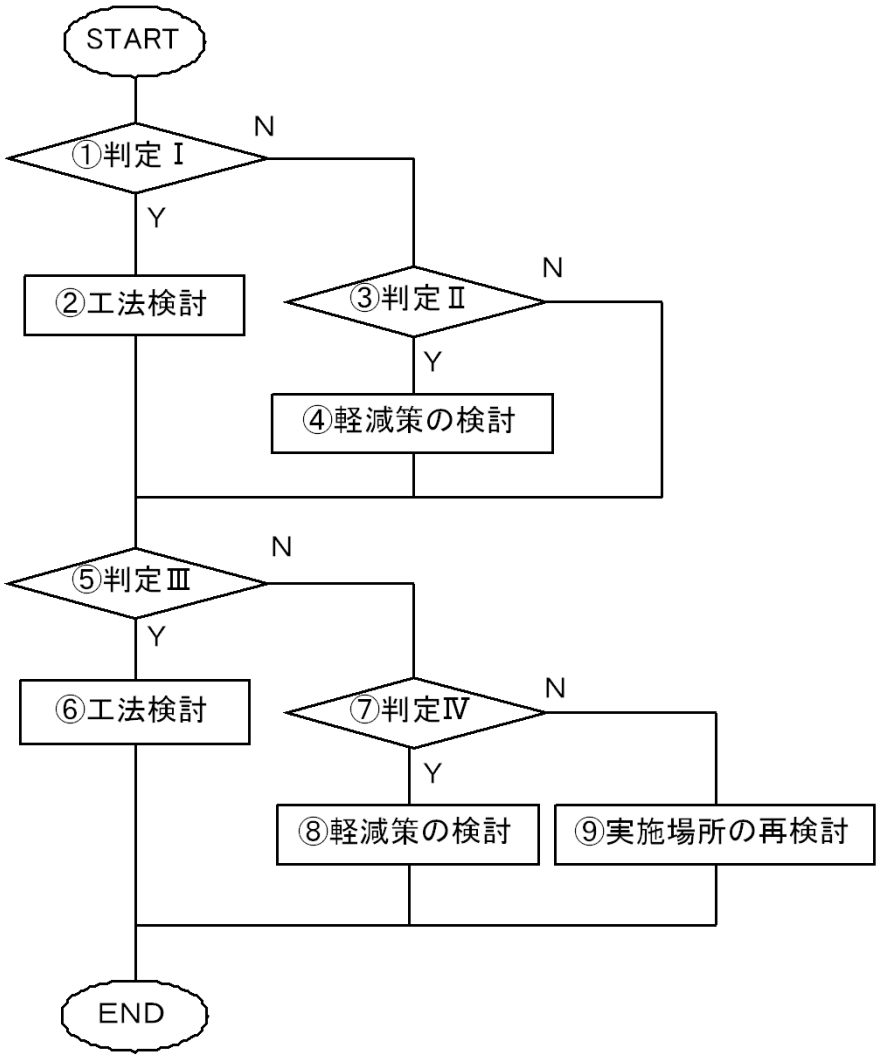
注：矢印の向きは、縦軸と横軸の項目の相関関係が強く、かつ主従関係の主となる方を指している。

図 4-1　藻場形成の阻害要因として考えられる環境因子の連関図

※主従関係とは、例えば「流れの速さ」と「ウニ・巻貝による食害」では、流れが速くなると、ウニ・巻貝の摂食が抑えられるから、「流れの速さ」が主で、「ウニ・巻貝による食害」が従となる。（ウニ・巻貝による食圧が強くなると流れが速くなることはない。）

（2）対策工法の選定

阻害要因の分析によって抽出された阻害要因を取り除くため、図 4-2 のフローに従って工法を検討する。



① 最も大きな影響を与える阻害要因の除去は実施可能か？
Yes：②へ、No：③へ

② 最も大きな影響を与える阻害要因の対策工法を検討する（工法の比較検討等）。

③ 最も大きな影響を与える阻害要因の軽減は実施可能か？
Yes：④へ、No：⑤へ

④ 軽減策を検討する（ソフト対策も含む）。

⑤ 他の関連する阻害要因の除去は実施可能か？
Yes：⑥へ、No：⑦へ

⑥ 他の関連する阻害要因の対策工法を検討する。

⑦ 他の関連する阻害要因の軽減は実施可能か？
Yes：⑧へ、No：⑨へ

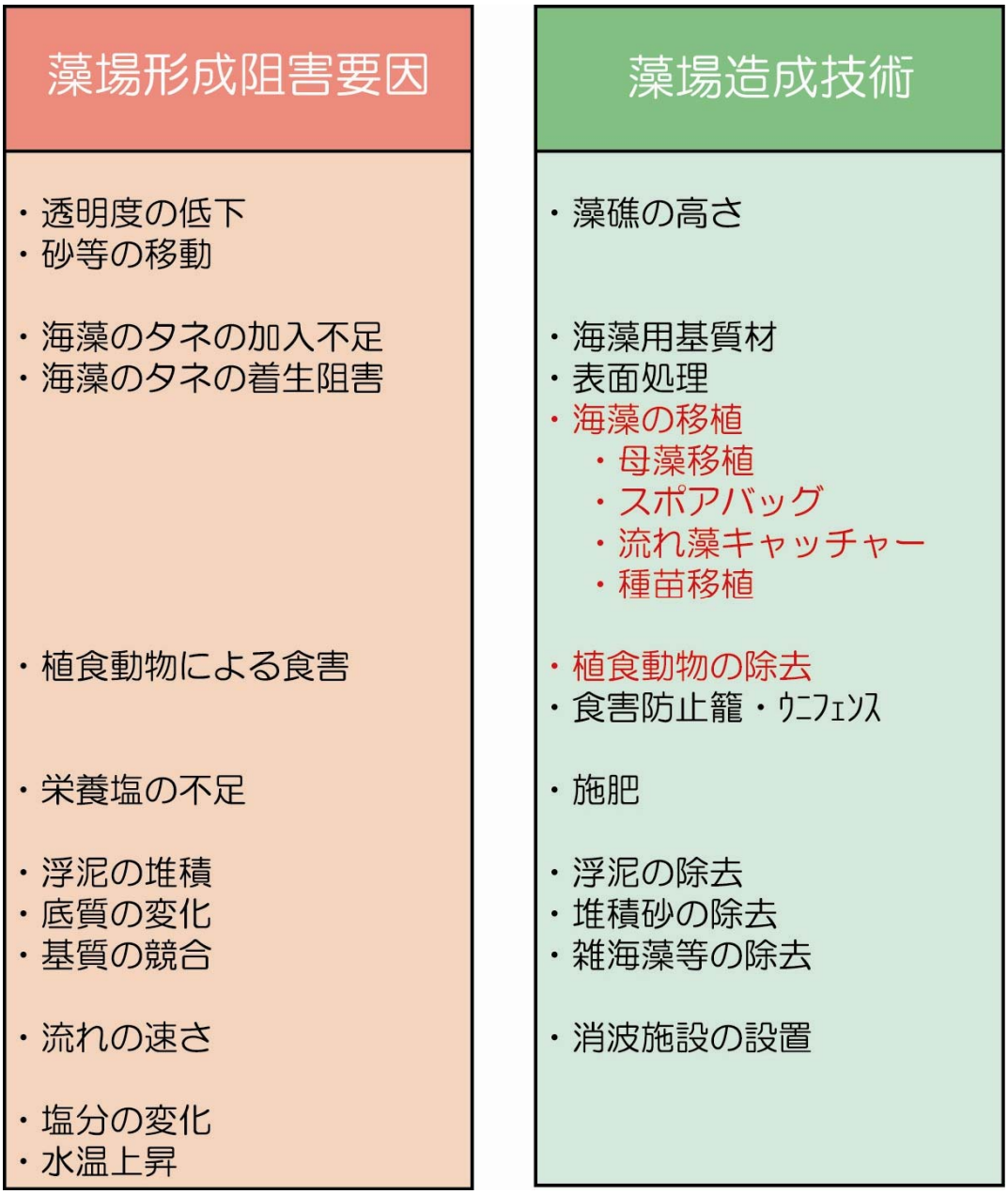
⑧ 軽減策を検討する（ソフト対策も含む）。

⑨ 実施場所について再検討する。

図 4-2　対策工法の選定フロー

図 4-3 は、対策工法をこれまで行われてきた藻場造成技術を体系的に整理し、従来の基質を設置するハード事業について、新しい素材や補助技術と、維持管理の際に活用できる

ソフト対策技術を含めて整理した。



注：藻場造成技術の項目のうち、黒字はハード対策技術、赤字はソフト対策技術を示している。

図 4-3　藻場造成の技術体系

４．２　ハード対策技術

ハード対策の一般的な対策技術は、海藻の着生場となる藻礁の据え付けがある。藻礁は、民間会社から、増殖用ブロックとして、いろんな素材と形状の製品が販売され、場所によっては、消波・根固めブロック、あるいは被覆ブロックなどを藻礁として利用することがある。また、海藻の着生を促進させるために、藻礁に特殊な素材や部材を取り付けたり、表面処理を施したりする場合もある。ここでは、これらの特徴ある技術について紹介する。



図 4-4　藻礁の製作手順（コンクリート製ブロックの場合）



図 4-5　藻礁（海藻付き）の据え付け（イメージ）

（１）藻礁の高さ

藻礁を高くすることは、海藻への光量の確保や砂の影響を回避するための対策である。砂の移動は、ウニの摂食や移動を制限することが知られている（窪ら、2000）[9]。また、砂の影響が及ぶ位置に基質を設置すれば、堆砂によってウニの移動や分布を制限することがわかっている（川俣、２００７）[10]。しかし、一方で、砂は藻礁を埋没させる、あるいは砂が浮遊して基面をサンドペーパーのように磨いてしまう（寺脇ほか、1991）[11]など海藻の生育を阻害することがある。このため、浮遊する砂の移動上限を把握し、それよりも少し高い位置に藻礁の天端を調整することができれば、ウニの食害を防止し、浮遊砂の影響を軽減させることが可能である。藻礁の高さは、通常、安定性から決定されるが、前記のことが検討事項となる海域であれば、藻礁の選定にあたっては高さのあるものを選ぶほ

うがよい。ただし、単体で背が低いものでも、積み重ねることで、天端を高くできるものもある。なお、高くすればその分重心が高くなるので、安定性に留意する必要がある。



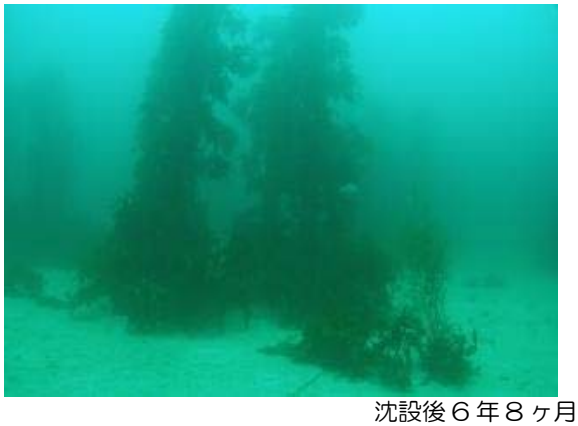
砂面の移動する範囲の少し上部からカジメが生育する。また、砂によってウニの侵入も制限されている。

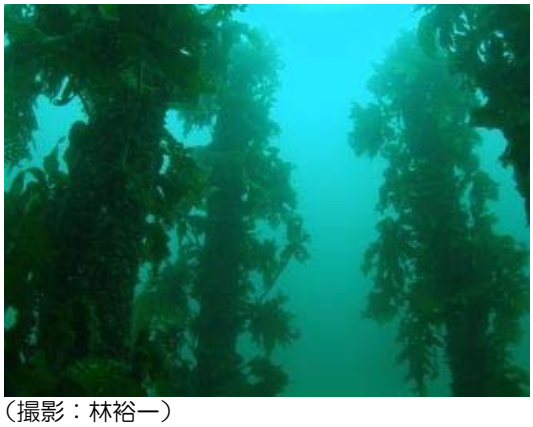
図４-６　砂面境界付近のカジメ



転石帯に散在する巨岩の上部には海藻が繁茂するが、巨礫が動いて巨岩の側面磨くため、側面には海藻が着生していない。

図４-７　転石帯の巨岩上の海藻





沈設後６年８ヶ月（撮影：林裕一）

図 4-8　高さのある藻礁（ﾏﾘﾉﾌｫｰﾗﾑ 21）

図 4-8 は、水深 15～１７mの深い場所の砂質の海底に、深い水深でも適応性のあるツルアラメを用いた立体的な藻場造成である[12)]。この藻礁は、据え付け後６年以上、藻場が形成・維持されている。

（２）海藻用基質材

海藻用基質材は、海藻のタネの着生促進と波浪が強い時でも根が活着し剥離しにくくするための対策である。素材は、通常のコンクリートよりも表面を多孔質構造としたり、基質の表面を加工したり、栄養塩を添加したものなどがある。これらは、藻礁の一部、あるいは部材の一部として用いられ、現場に搬入して藻礁に取り付けられているものが多い。ただし、多孔質形状や表面の微細な凹凸は、浮泥の多い海域や閉鎖海域では目詰まりを起こしやすい。

１）ポーラスコンクリート

ポーラスコンクリートとは、セメントペーストもしくはモルタルで覆われた粗骨材の集合体で、連続もしくは独立した空隙に富む基質である。



藻礁の一部に取り付けられた例



ポーラスコンクリート製の藻礁

図 4-9　ポーラスコンクリート

素材としての特徴は、次のとおりである。

- 海藻のタネが、表面に着生しやすいだけでなく、仮根・付着器も活着しやすいので、波浪の強いところでも、海藻が剥離しにくい。
- 凹凸によって、幼芽がウニの摂食から回避できる。
- 工場製品である。
- 形状は比較的自由に成形できる。

ポーラスコンクリートをコンクリートブロックに取り付ける場合は、コンクリート打設後、表面が硬化する前に押し付けて張り付ける、あるいは打設時にアンカーを取り付け、型枠脱型後にボルトで取り付ける、脱型後に穿孔してボルトで取り付けるなどの方法がある。また、鋼製の基質に取り付ける場合は、鋼製枠にはめ込みボルトで固定して取り付ける。ただし、この場合は、ガタツキによる破損に注意が必要である。

ポーラスコンクリートは、浮泥の多い場所や閉鎖性の強い海域の場合、表面に浮泥が堆積しやすく、空隙が目詰まりしやすい。また、そのような海域は、基質を巡って競合する種（イガイ類、カンザシゴカイ類など）も多いため、先に基質を優占されると、その後の海藻の加入が阻害されることがある。したがって、使用するにあたっては、そのような場所をできるだけ避けた方がよい。

2）海藻着生プレート

砕石を埋め込んだように成型した軽量小型のコンクリート平板や炭を混ぜたプレート、貝殻を詰めたメッシュパイプなどがある。機能や使用にあたっての取扱いは、ポーラスコンクリートと同じである。



L200×B200×H60mm



L200×B200×H30mm



L200×B300×H60mm



φ150×1000mm

図 4-10　海藻着生プレート（例）

（3）表面処理

海藻用基質材と同様、海藻のタネの着生と波浪が強い所でも根が活着し剥離しにくくするための対策である。表面処理には、溝、石材を埋め込む、ホウキ目、熊手などいろいろな方法がある。これらは、コンクリート製藻礁の製作時に行われる。ただし、小さな凹凸は、固着動物や浮泥の堆積によって凹凸が潰れてしまうことがある[13) 14)]。また、溝はウニや小型巻貝の棲み場となりやすく、海藻の幼芽が摂食されてしまうことがある。



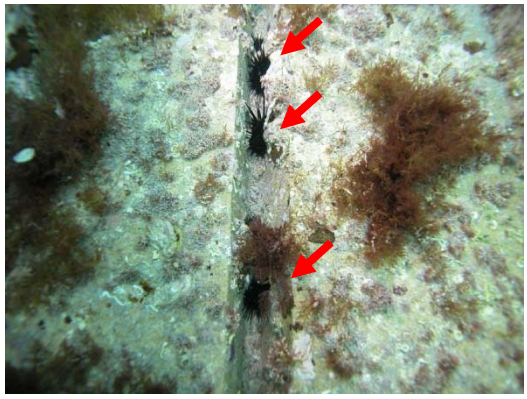
石材の埋め込み
コンクリート打設時の締め固めと同時に石材を埋め込み打設する。



型枠脱型後の溝



溝を利用して活着する海藻



溝に生息するウニ

図 4-11　表面処理（例）

（4）食害防止籠・ウニフェンス

既存の藻場や藻礁に着生する海藻を、植食動物の食害から防ぐための対策である。植食性魚類の場合は、網や籠で囲みウニや小型巻貝の場合は周りからの侵入を防ぐためにウニフェンスを設置する。

1）食害防止籠

藻礁、あるいは藻場を、籠で囲み植食性魚類の侵入を防止し、囲いの中の海藻を保護する対策である。籠のネットには、網のような柔らかい素材、人工樹脂製や鋼製の剛性の素材が使用されている。また、目合いは対象とする植食性魚類の種類と大きさから決定されている。ただし、ネットは、長期間設置すると、ネット上に小型海藻や付着動物が着生し、籠の中が暗くなり海藻に光が届かなくなるので、定期的に掃除が必要である。このため、籠の掃除の手間を軽減できるよう網の表面にシリコンを塗布した製品もある。

食害防止籠をつけた藻礁は、籠の中の海藻を保護し、海藻のタネを周囲に拡散させることを期待するものである。しかし、籠からの海藻のタネの拡散範囲がそれほど広くないこと、ウニや小型巻貝が多く生息したまま籠付きの藻礁を据付けても、籠の外に着生した幼芽が食害にあってしまうので、藻礁の適正配置や籠の外のウニなどの除去が必要

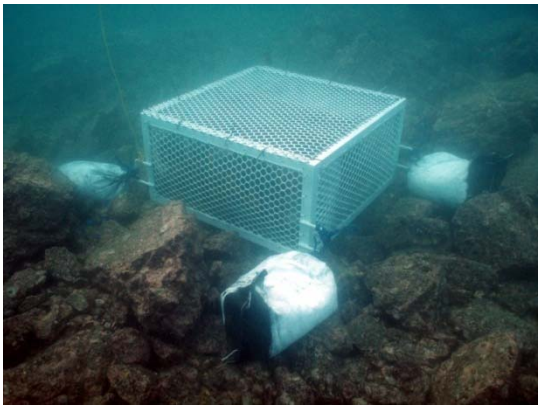
である。



籠付き藻礁（鋼製籠）



籠付き藻礁（シリコンを塗布した網）



（左）小型の食害防止籠
（Ｌ１ｍ×Ｂ１ｍ×H0.5m　W:35kg）

漁業者でも製作できる簡易なもの。作業船が不要で漁船で運搬可能。別途、水中で土嚢を用いて固定する。
この大きさで１つの籠に１０本のアラメ類を取り付けることが可能

図 4-12　食害防止籠（例）

2）ウニフェンス

磯焼け海域のウニを除去した区域に、ウニが再侵入するのを防ぐための対策である。フェンスの素材は、網やネットなどが使用されている。作り方は、使用済みの破れた網地などを芯とし、その周りを別の網で包んで結束バンドで結ぶ。長さは、運搬する船の大きさに合わせ、およそ 10～15mを１束とした方が扱いしやすい。敷設方式は、対象とする場所を取り囲むように敷設する方法（囲い方式）、または、岸沖方向に敷設する方法（瀬切り方式）がある。

フェンスは、先にチェーンを海底地盤に合わせて船上から降ろし敷設する。次に、チェーンの敷設状況をダイバーが確認しながら、ダイバーの指示に従いフェンスをチェーンの近くに敷設する。その後、海中でチェーンとフェンスを結束バンドで結び、さらに安定した巨岩にアンカーボルトで直接固定する、あるいはコンクリートブロックなどで固定する。ただし、不陸のある海底は、地盤とフェンスに隙間ができるため、その隙間からウニが侵入しないように隙間を転石や巨礫で埋める必要がある。



外側の網地を拡げる



網地をまるめる

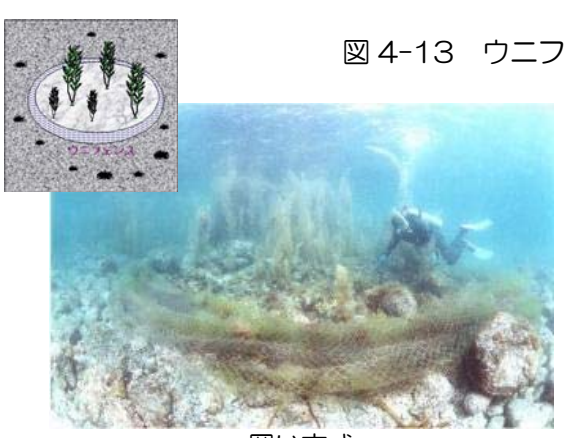


外側の網の両端を結束バンドでとめる

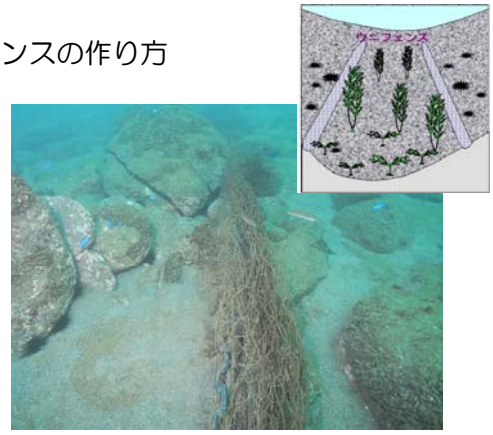


チェーンと網地を結束すれば完成

図 4-13　ウニフェンスの作り方



囲い方式



瀬切り方式

図 4-14　ウニフェンスの敷設方法

なお、フェンスは年に１回程度は、陸上に引き上げて、ゴミや付着動物などを除去する必要がある。カンザシゴカイなど殻をもつ付着動物の除去は、真水をためた水槽の中にフェンスを沈め、付着動物を死滅させた後、水槽から取り出し、フェンスを足などで踏みつけて殻を取り除く。

3）ウニ侵入防止藻礁（揺動式海藻着生装置（略称：揺動装置））[15) 16) 17)]

揺動装置は、波動を受けて軸を中心にして揺れる揺動部とそれを支持する架台からなり、揺動部は海藻を着生させるためのＬ型アングルからなる着生基質と波動流を受けて軸を揺動させるための受波板を軸に取り付けて構成される。また、揺動部は、暴浪時に時々反転するので、回転できるようになっている。揺動装置に対して、ウニは支柱まで登ってくるが、波浪によって揺れる揺動部の軸には容易には乗り移らないことと、まれに乗り移っても不安定な基質であるために時々ある波浪によって吹き飛ばされることによって、海藻が着生基質に着生、繁茂する。波動流が十分に強くない場所では、図4-14に示すように、支柱と軸にそれぞれ円盤を１枚ずつ 2～3cm ほどの間隔をあけて平行に取りつけることによって、揺動を増幅させて、ウニの揺動部への乗り移りをより強く制約することができる。

a）技術の特徴・特性

- 磯焼けした海域などを立体的に利用し、ウニ・アワビの着底に適している海底をそのまま活かしながら、海藻との共存を図ることができる。
- 海底の直上で海藻を生産できるので、海底のウニ・アワビが効率よく海藻を摂食し、利用できる。
- ウニが高密度に生息していても管理を要せずに持続的に海中林を形成、維持できる。
- 強い流動を受けても、受波板が傾くことで設計波力を小さく抑えることができる。
- 剛体構造のため、ロープ施設のような致命的な衝撃張力や擦れが発生せず、波の強いところでも長期間の利用が可能である。
- 小型軽量のため、設置に台船等が必要なく、施工性に優れている。

b）製作時の留意点

- 材質は耐食性に優れている金属で製作する必要がある。オールアルミニウム製、もしくは鋼材で製作して溶融アルミニウムめっき処理する方法が適している。ステンレスは局部腐食が致命的になるため、材料としては不適である。
- 軸は軸受内で片当たりを生じないようにするため、軸及び軸受とそれを支持する支柱及び架台に高い製作精度と強度が必要である。目安としては、水中で揺動部を傾けて復元する程度に軸受の摩擦抵抗が小さければ片当たりの問題はない。
- 軸受には海水中での腐食や暴浪時の面圧に耐えられるような材質を選んで使用する。

c）適用範囲

- 揺動装置が機能を発揮するためには、ある限界値以上の波動が必要で、有義波動流速振幅の累積確率によって判断する。目安としては、10%累積確率の有義波動流速振幅が 10cm/s を超える場であれば、キタムラサキウニの侵入を防止できる流動条件と考えられる。
- 装置は、架台に鋼製の重りを取り付けたり、架台を岩盤にケミカルアンカーで固定したりすることで比較的簡単に設置できるが、そのためにはある程度の傾斜があってもよいが、比較的平坦な岩礁が望ましい。また、装置の設計波力はかなり小さい（1kN 程度以下）ので、防波堤や護岸の被覆ブロックなどの既存のコンクリートブロック等で安定質量に余裕があれば、それを利用して固定することも可能である。

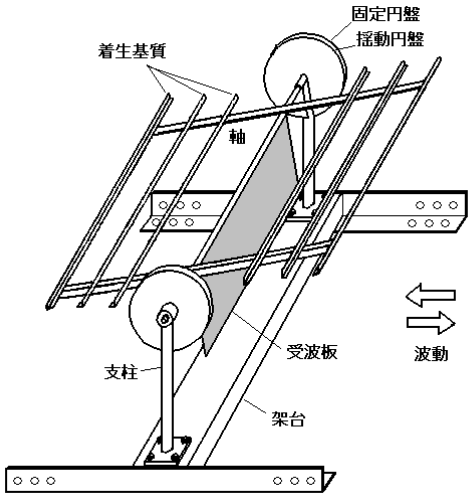


図 4-15　揺動装置
※軸間距離は 1m 程度、支柱の高さは 0.5m 程度が適当



図4-16　固定円盤から揺動円盤へ移動できないキタムラサキウニ



図 4-17　垂れ下がる海藻を引っ張り込んで食べていたキタムラサキウニ(海藻から引き離した後に撮影)



図 4-18　磯焼けの慢性化した岩礁に維持される海中林（設置後５年）

（5）施肥

海藻の生長には、窒素（N）やリン（P）等の栄養塩類が必要である。栄養塩類が減少した海域では海藻の生産力は低下するので、栄養塩類を海域に添加する目的で施肥が行われる。施肥には、「無機肥料の投入」、「有機肥料の投入」、「特殊基質からの溶出」がある。ただし、食害による磯焼け海域で、食害に勝る海藻の生産力とするには相当量の施肥が必要となる。また、魚介類の残渣等の投入は、海洋汚染防止法に触れるため、適切な再生処理を行わなければならない。

１）無機肥料

海藻が直接吸収して利用する無機の栄養塩を供給するもので、顆粒状の緩効性無機肥料である尿素や硫酸アンモニウムなどを箱に入れて設置する。

２）有機肥料

イカゴロや発酵魚かすなどの水産物の残滓やたい肥などの有機物が用いられる。これらを海岸に埋めたり[18)]、コンクリートブロックの中に詰めた実証試験が行われている[19)]。有機物はバクテリアによる分解が必要なため、無機態の栄養塩になるまでに時間がかかる。

３）特殊基質

藻礁ブロックから継続的に栄養塩を溶出させる方法や基質表面に塗布する方法など様々な栄養塩を添加した基質が開発されている。基質からの栄養塩溶出は、海藻の発芽時に効果があると推測される。

（6）浮泥の除去

浮泥とは、「海水中を浮遊したり、海底に沈殿したりする、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の集塊」である。浮泥対策には、抑制と除去の 2 つが考えられる。



図 4-19　浮泥の堆積した海藻

浮泥対策の１つとして、基質の形状を工夫して浮泥を堆積しにくくする方法があり、代表的な例としてケルプノブがある。ケルプノブは、角度 90 度以上の稜角部を含む突起物がアラメ・カジメの幼体の着生に効果的であることに基づき開発されたものである [20]。稜角部に海藻が多く着生する現象はエッジエフェクト（edge effect）として古くから知られており、稜角部に生じる渦流により遊走子の着生が増加すること、稜角部下面は浮泥が堆積しにくいことなどが大きな理由として考えられている。その後、浮泥が堆積しない部位を必ずもっている「突起物」も浮泥対策の１つとして用いられるようになってきた。なお、突起物はアラメ・カジメなど垂直面にも瞬時に着生できる種類には有効であるが、ホンダワラ類のように取っ掛りがないと着生が難しい種類には有効な対策ではない。突起物に類似したものとして基盤に傾きをもたせた藻礁も考案されているが、静穏域の浮泥の堆積を軽減することは難しいようである。この他、浮泥抑制の別の方法として、基盤の「嵩上げ」、「導流工」により流動環境を改善させ、浮泥の堆積を軽減することが考案されているが実施例はない。

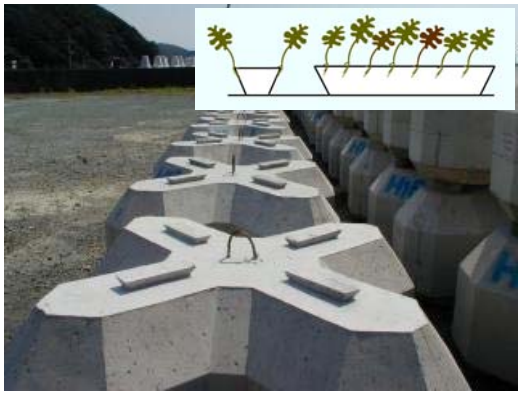


図 4-20　ケルプノブ



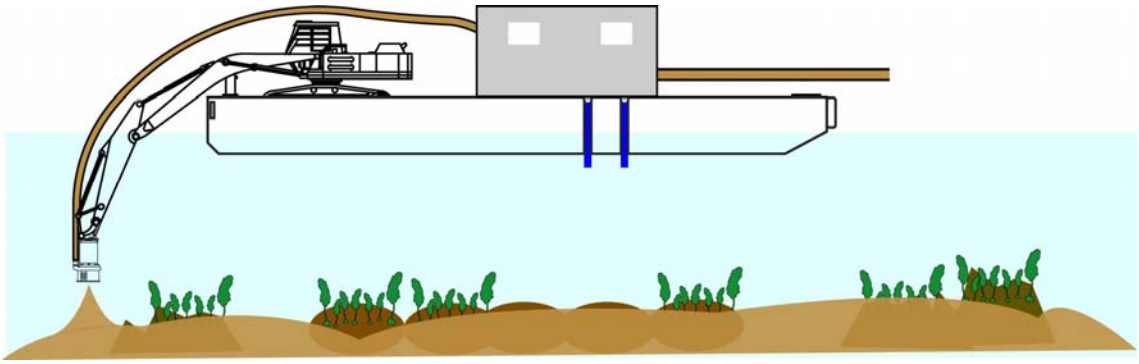
図 4-21　汚濁防止膜の設置

浮泥の除去対策は、ジェットポンプによる除去が行われている。大分県佐伯湾内の藻場造成では、ホンダワラ類の卵の着生面を確保することを目的として、卵放出時期前に基盤上の浮泥をジェットポンプで吹き払うことで、幼体が多数生育した [21]。しかし、別の海域でも、ジェットポンプによる除去が行われたが、梅雨時の降雨による陸地からの土砂の流出で、１か月しないうちに浮泥が堆積した事例もあることから、除去だけではなく、浮泥の流出低減を図る対策が必要である。なお、捨石マウンド工事などの濁りが発生する工事については、投入前の捨石洗浄や施工区域の汚濁防止膜設置などが行われ、浮泥の低減が図られている。

（7）砂礫の除去

藻場が砂や礫に埋没して、これを除去した実施例は見当たらないが、類似の事例として、土砂の大量流入によりサンゴ群集など生物群集に大きな被害が発生した高知県竜串湾で、海底に堆積した泥土の吸引除去を行った事例がある[22)]。

堆積した砂礫や泥の除去は、航路などの確保を目的とした浚渫工事がある。浚渫工事では、ポンプ浚渫、グラブ浚渫など様々な工法があるが、比較的薄く堆積した泥や砂の除去の場合には、薄層浚渫やジェットポンプによる吸引除去が考えられている。



堆積した砂や泥を除去装置で吸引し、ポンプ（エジェクター方式）で土砂を圧送する。

図 4-22　砂礫除去工法（イメージ）

（8）雑海藻の駆除

雑海藻駆除は、岩礁上に生える海草（スガモ）やホンダワラ類の駆除を目的にするために、主にコンブ漁場で行われている工法である。この工法には、設置して波浪による上下運動でよって海底のチェーンを揺らすチェーン振り、船でチェーンを曳きまわすボトムスクレーパ、水中バックホウや雑海藻駆除船など、実施規模、経費に応じていろいろな工法が開発されている。



水中バックホウ



雑海藻駆除船



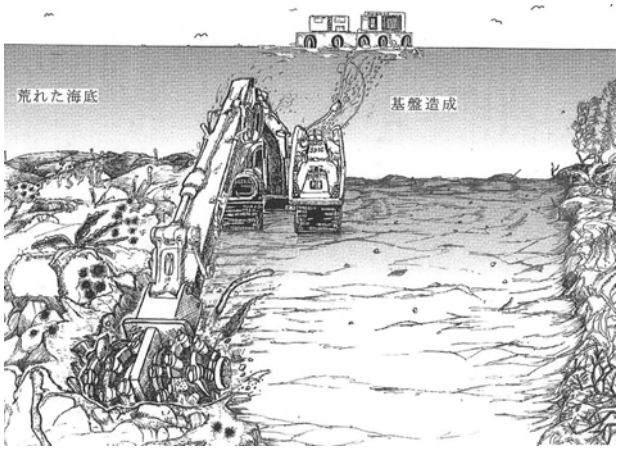
ケレン棒によるかき落とし

図 4-23　いろいろな雑海藻駆除工法

水中バックホウを用いた雑海藻駆除は、バケット部の交換により、多種多様な水中作業が可能である。回転式ブラシは、岩盤や転石などの基質に付着した小型海藻やカキフジツボなどをかき落とし、水中ブレーカによる岩盤整正は、ウニ類棲息する溝を減らすことが可能である。

雑海藻駆除船は、北海道東太平洋岸から日高沿岸にかけてのコンブ漁場で利用されている専用の作業船である。この船は、チェーン振りやボトムスクレーパに比べ、広範囲を駆除できるのが特徴である。

コンクリートブロックのように成形されたもので狭い範囲あれば、ケレン棒などの器具を用いて、ダイバーが人力で除去することも可能である。また、この場合は、積算において、市場単価の「かき落とし工」が準用できる。

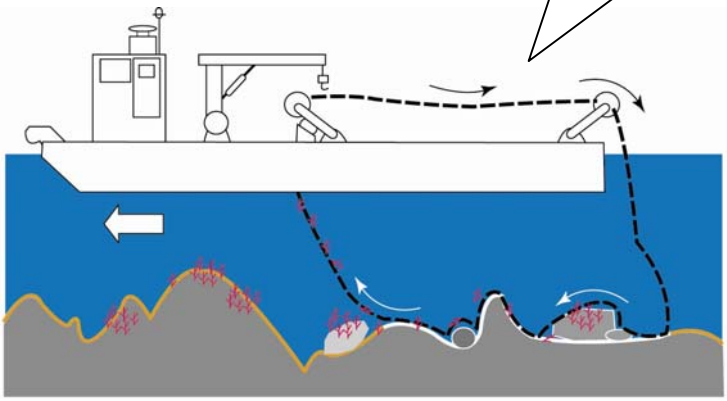


【性能】
駆動：電動油圧式
重量：12.5 t
バケット容量：0.3～1.6m^3
作業半径：8.3m

【作業条件】
透明度：3m以上
潮流：5Kノット以下
作業水深：最大 50m

情報提供：（株）渋谷潜水工業

図 4-24　水中バックホウの仕様（例）



【能力】
作業幅：10m
〃 深さ：1.0～10m
〃 能力：3,000～5,000 ㎡/日

ローラー上下用クレーン：4 台
作業用クレーン：1 台
アンカーウインチ（3.5 t）：4 台

【船団構成】
引船(1)、揚描船(1)、交通船(1)

情報提供：（有）マリン総合

図 4-25　雑海藻駆除船（ラウンドタグ方式）の仕様（例）



図 4-26　雑海藻駆用器具（ケレン棒）

（9）消波施設

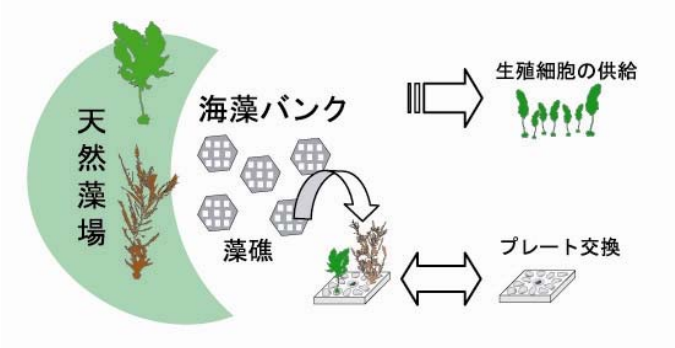
ここで言う消波施設とは、流れと砂の移動を制御し、海藻のタネの着底や生長の促進を図るための施設である。主に磯根増殖場の波あたりを抑えることを目的に、その前面に築造されている。構造形式は、防波堤や離岸堤・潜堤などの透過式の場合が多い。漁港や海岸の消波施設を利用して、その背後に投石や藻礁を設置する場合もある。

消波施設の法線方向や長さは、海藻のタネの着底や生長に影響を考慮し、影響を及ぼす時期の波高や流れを現地観測する、あるいは数値シミュレーションで再現し、周辺の健全な天然藻場と同じ波浪環境となるように検討しながら、併せて藻礁の配置についても検討されている。消波施設の設計全般については、「漁港・漁場の施設の設計の手引（2003年版）第５編　外郭施設」を参照する。

海藻バンク（海藻類天然採苗施設）

海藻バンクとは、長崎県が考案した磯焼け対策等のための海藻供給手法である。環境の良好な海域（磯焼けになっていない場所）に藻礁等を設置し、この藻礁を核として、周辺の磯焼け、貧海藻地区へ海藻のタネを供給するとともに、天然藻場から母藻を採取するのではなく、藻礁に生育する母藻を用いることで天然藻場への影響も防ぐ手法である。長崎県は、この手法を平成 14 年から本格的に開始し、保全事業や漁業者の磯焼け対策の取り組みに利用されている。

この方法に類似する手法で、陸上で行われている「シードバンク工法」がある。シードバンク工法とは、陸上の環境修復等の手段として考えられてきたもので、特定の植物を移植するのではなく、近隣地区から土壌自体を移植し、土壌に含まれる（バンク）種子（シード）を自然に発芽・生長させるものである。島根県浜田漁港（佐見ほか、1998）、関西国際空港（関西国際空港ほか、2002）で同じような発想で行われた事例がある。この方法は、海藻類のみならず付着動物、小型巻貝類、小型甲殻類などをまとめ移すため、比較的早期に生物の多様性を確保できる利点があるが、大型の基質に着生する生物を生かしたまま移設するので、輸送時の管理、高コストを招く恐れがある。その点、海藻バンクは小型ブロックの移設であるため安価で環境にやさしい工法と言える。





海藻バンク

藻礁に着脱できる海藻着生プレートが取り付けられ、海藻が必要な時に、新規プレートと交換して使用する。右の写真は、海藻バンクから海藻付きプレート 856 枚を、約 1km 離れた防波堤工事まで運搬し、被覆ブロックの脚に移設したものである。海藻付きプレートには、ノコギリモクとクロメが着生しており、4 基の被覆ブロックの 16 脚の内 1 つに取り付け、他の脚には新品の海藻着生ブロックが取り付けられている。

４．３　ソフト対策の概要

（１）植食動物の除去

植食動物の除去は、植食性のウニや魚類の食害対策である。

ウニの食害対策には、ウニを海域から取り上げる「除去」、ウニに餌を与えてウニの分布を制御する「分散」、ウニの侵入を防ぐ「防御」がある。

表 4-1　ウニの食害に対する緩和手法の特徴

手　法	概　要	長　所	短　所
除　去	潜水除去、船上からヤスで採取、カゴ漁業、ポンプで吸引する方法がある。	● 確実にウニの分布密度が低減できる。 ● ウニの有効利用が可能である。	● 静穏な海域でないと困難である。 ● 漁業調整規則の制限がかかることもある。
分　散	廃棄するコンブやワカメを投餌して、天然藻場への影響を緩和する。	● 水中作業がない。	● 外海域では効果が出にくい。 ● 大量の餌の確保が必要である。
防　御	網やフェンスで囲ってウニの侵入を防ぐ。	● 限られた範囲であるがウニの侵入を阻止できる。	● 耐波性の検討が必要である。 ● 設置・メンテナンスに経費がかかる。



ウニ除去



ウニフェンス（防御）

図 4-27　主なウニの除去方法

また、植食性魚類の場合は、網やカゴで漁獲する「除去」、音や電気パルスで刺激して威嚇する「分散」、網やカゴなどで植食性魚類の侵入を防ぐ「防御」がある。

表 4-2　植食性魚類の食害に対する緩和手法の特徴

手法	概　要	長　所	短　所
除去	定置網や刺し網、あるいはカゴ網を用いて漁獲する。	● 漁業を通じて実施できる。 ● 漁獲した魚を有効に利用することができる。 ● 一般市民でも釣りによる漁獲が可能である。	● 静穏な海域でないと困難である。 ● 漁業調整規則の制限がかかることもある。
分散	音や電気パルスを用いて、藻場へ侵入しようとする植食性魚類を威嚇する。	● 漁獲が不要である。	● 開発中の技術である。 ● 他の魚介類への影響に配慮が必要である。
防御	網やフェンスなどで囲って植食性魚類の侵入を防ぐ。	● 限られた範囲であるが植食性魚類の侵入を阻止できる。 ● 比較的長期にわたり効果が継続される。	● 広範囲な藻場の保護に向かない。 ● 設置・メンテナンスに経費がかかる。



刺し網は、網を入れる場所と時間をうまく合わせることができれば、植食性魚類を漁獲することは可能である。ただし、アイゴは網と絡まっていることが多く鰭に毒があるため、魚体を傷めないよう取り外すには、根気がいる作業である。

図 4-28　刺し網による植食性魚類の除去

（2）海藻の移植

海藻の移植は、新たに海藻のタネを供給するための対策である。その方法には、母藻移植と種苗移植に大別され、幾つかの手法が考案されている。

1）母藻移植

母藻移植は、海藻のタネをもつ母藻（ホンダワラ類であれば生殖器床、アラメ・カジメ類であれば子嚢斑）、またはその一部を対象場所へ移植、あるいは投入し、そこから海藻のタネを拡散させる方法である。

① 移植ブロック法

母藻をコンクリート製ブロックなどの基質に固定後、岩盤や藻礁等に設置する方法である。母藻は数年にわたって生育するため、海藻のタネを長期に亘って拡散させることが期待できる方法である。

基質の材質には、小型コンクリート製ブロック、スレート板、建材ブロック、および塩ビ板など、大きさや重量など様々な物が使用されている。これら材質の違いによる差はみられていないが、水中での取付け時のハンドリングや作業の効率などから、小型のものが推奨されている。

母藻を基質に固定する方法は、瞬間接着剤を用いる方法[23)]や水中ボンドで固定する方法がある。ただし、接着剤などによって付着器が腐敗する恐れがあるので注意が必要である。

なお、移植ブロック法は、天然藻場から母藻を採取するので、少なからず天然藻場に影響を与えること、母藻からのタネの拡散範囲を考えると、大規模な藻場造成には適した方法とは言えない。



瞬間接着剤で固定した方法　　水中ボンドで固定する方法

図4-29　移植ブロック法

② スポアバッグ法

スポア（胞子）バッグ（袋）とは、成熟した海藻を天然藻場から採取し、これを袋に詰めて基質の上に浮かすことで、袋から海藻のタネを周辺の岩盤等に拡散させる方法である。袋と錘となる石や建材ブロックをロープで結んだ単純な構造であるため、多く用いられてきた移植方法である。



設置時



設置５ヵ月後、スポアバッグ周辺に着生した幼体

図４-30　スポアバッグ

母藻の採取時期は、いつでもよいと言うわけではなく、成熟する直前、あるいは少し前に採取する方がよい。海藻の成熟時期は、種類や海域、さらには局地的にも異なるため、採取する場合には、地元の研究機関に問い合わせて採取時期を決めることが望ましい。成熟状態の目安は、コンブ類であれば葉体表面の斑点（子嚢斑）の濃い葉を、ホンダワラ類であれば生殖器床の表面がやや黒ずみ、粒状の卵が肉眼で確認できるような枝部など、成熟度合いの高いものを選ぶことが望ましい。ただし、ホンダワラ類は雌雄異株（雄花と雌花が別の個体）の種類（例えば、アカモク、ヤツマタモク、ノコギリモク、オオバモクなど）があるので注意が必要である。



子嚢斑



生殖器床（アカモク）

図４-31　成熟期の海藻

袋に母藻をたくさん詰めると腐敗しやすくなるので、できるだけ不要な枝や葉は取り除き，詰め込み過ぎないように注意する必要がある。また、この点を改良して、母藻を直接ネットなどに編み込み船上から投げ込む方法（通称：オープンスポアバッグ）が考案されている。この方法は、設置後も自然な状態で生長する利点がある。ただし、植食性魚類の食害が強い海域では海藻のタネを放出する前に母藻が食べられてしまう恐れがあるので注意が必要である。なお、どちらの方法も母藻が枯死した後には、袋や網地の回収が必要である。



左写真は、立ち縄式の考え方を応用したオープンスポアバッグ。
植毛付きのフロートには幼体が着生し、次世代に渡って効果が期待できる。写真は、フロートにアラメの幼体が着生している状態。

図4-32　オープンスポアバッグ

スポアバッグから放出される海藻のタネの拡散範囲は、意外と狭く、アラメ・カジメ類（遊走子）で20m程度[24)25)]、ホンダワラ類（卵）で５m程度[26)27)]と報告されている。また、スポアバッグを海底から高くあげれば、拡散範囲を広くさせることができるが、反面、造成場所に対して十分な密度で着生できなくなる[28)]。このため、高さはできるだけ低くし、集中して海藻のタネを着生させ、生残率を高めた方がよいと考える。スポアバッグの設置密度については、設置個数の多い方が、着生率が高くなる傾向がある。

この他、スポアバッグの効果を促進するためには、カキやフジツボなどの付着生物やフクロノリに覆われた状態、または砂や浮泥が堆積している状態から基質を刷新させて基面を露出させておいた方がよい。

③ 流れ藻キャッチャー

流れ藻をトラップさせて、その下にある基盤に海藻のタネを供給する方法である。この方法は、周辺に藻場がなくなっている海域で、母藻を確保することが困難な場合に用いる方法である。この流れ藻を利用する方法は、京都府や長崎県西海市で開発された。図 4-33 は、長崎県西海市と長崎大学が共同開発した「流れ藻キャッチャー」である。この装置は、１点アンカー係留とすることで、流れの向きに対して、開口部が直角方向に向き流れ藻を効率良く採集し、その下の基盤に海藻のタネを供給する。





図４-33　流れ藻キャッチャー（長崎県西海市型）

また、上記のアイデアから、漁業者が漁網を利用して流れ藻キャッチャーを製作している。



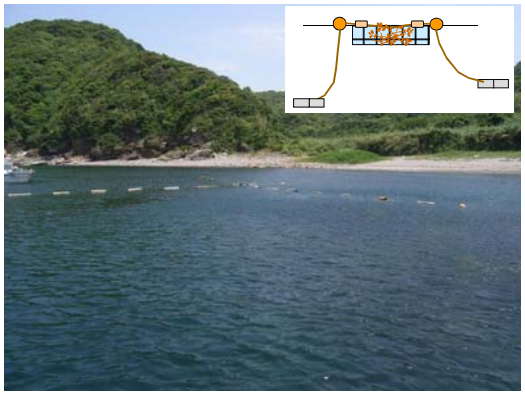
浮きに用いられた孟宗竹



網にロープと浮きを取り付ける



完成した状態



設置状況

図 4-34　流れ藻キャッチャーの製作と設置状況

2）種苗移植

種苗移植は、海藻のない場所に、基質に着生した幼体を移植する方法である。この方法は、母藻を大量に必要としないため、母藻移植に比べて天然藻場への影響が軽微である。しかし、種苗の生産（一部、市販されているものもある）には、生産施設の確保やランニングコストがかかるため、利用できる地域が限定されるのが実情である。

① 移植ブロック法

移植ブロック法は、小型の基質材に生殖細胞を直接種付けして移設する方法である。種苗は、アラメ・カジメ類であれば、通常は種付けした翌日以降、ホンダワラ類は数日間程度、静置した後に移植が行われるが、浮泥堆積や付着動物などが阻害要因となる海域では、陸上水槽や養殖筏等で数ヶ月、あるいは１年程度中間育成して、藻体を大きく育ててから移植を行うこともある。取り付け方は、水中ドリルで穴をあけてボルトで取り付ける、あるいは水中ボンドで固定する場合がある。また、藻礁の場合には予めボルト用の穴を設けておいて、藻礁の据付直前に船上にて取り付けることもある。



図 4-35　種苗移植の移植ブロック法（例）

② 種糸法

種糸法は、撚糸などに種付けし、中間育成した後、岩盤、礫、コンクリートブロックなどに、巻付けて固定する方法である。この方法は移植幼体の基盤への根付きが悪いところもあるが [29]、コンクリートブロックに予め埋め込んだ木材に止め具で固定したり、種糸の一部を水中ボンドで直接基盤に接着したりするなどの改良が行われ、かなり実用

的な方法になっている。



専用ブロックに種糸を巻きつけて岩の隙間に挟む



木材の止め具で種糸付きロープを藻礁に固定する



種糸取付け専用リングで藻礁などに取り付ける

図 4-36　種糸法（例）

藻礁に種苗を取り付ける場合、従来は藻礁の製作・据え付けと種苗の供給が個別に対応されるため、工事の進捗に種苗の供給が間に合わないこともあったが、最近では、藻礁メーカなどが種苗の供給に対応し、工事の進捗に応じて種苗が供給できるようになっている。