

磯焼け対策技術の系統樹

桑原久実(水産工学研究所)、綿貫 啓(アルファ水工コンサルタンツ)、青田 徹(テトラ)、
安藤 亘(水産土木建設技術センター)、川井唯史(北海道原子力環境センター)、
寺脇利信(水産総合研究センター)、藤田大介(東京海洋大学)、横山 純(水産庁)

1. はじめに

水産庁では2004年から緊急磯焼け対策モデル事業を開始した。この事業は藻場の形成阻害要因を特定し、それを排除・軽減するための効果的・効率的な対策手法の開発を行い、そのガイドラインの作成を目指している。著者らは過去の文献から対策技術の傾向や変遷を整理(桑原ら,2006)した結果、磯焼け対策は大別すると植食動物の食圧を低下させる技術と海藻の生産を増加させる技術に大別できた。そこで、既存の各要素技術を類型化し、系統樹の作成を試みたので報告する。

2. ウニ類の食害対策

ウニの摂餌圧が高く藻場の衰退が生じる場合は、まず、ウニの摂食量を低減させる必要がある。その対策としては当該海域のウニに対して「除去」、「分散」、「防御」が考えられる(図 - 1)。ウニを海域から取り上げて分布密度を低下させることを「除去」、餌料を与えて摂餌圧の集中をさける「分散」、網や構造物などでウニの侵入を防ぐことを「防御」とした。

「除去」は「潜水除去」、「船上採取」、「カゴ漁業」があげられ、ウニが磯焼けの継続要因であることを検証する実験で実施されてきた(例えば、三木ら,1978、川嶋,1983、吾妻ら,1997など)。除去方法は潜水土を雇用すると経済性の課題が多い。ウニ桁網や籠で捕る場合は、経費的には安価だが、短期間にウニの現存量を低下させることは困難である(清河,1995)。投石漁場では、石の隙間のウニを除去しにくい(桐原,2002、町口ら,2004)。このように、除去は藻場の回復に効果があるが、経済的に効率よく除去するには、いつ、どこで、どの程度の面積を除去すれば良いか、どの程度の頻度がよいか明らかにする必要がある。潜水作業と安価な方法との組み合わせも検討が必要である。

「分散」に位置づけた「投餌」は海藻等を局所的に大量に供給しウニの食圧の藻場への集中を分散させて、藻場回復を目指すものである。これは緊急磯焼け対策モデル事業で提案があった要素技術である。餌

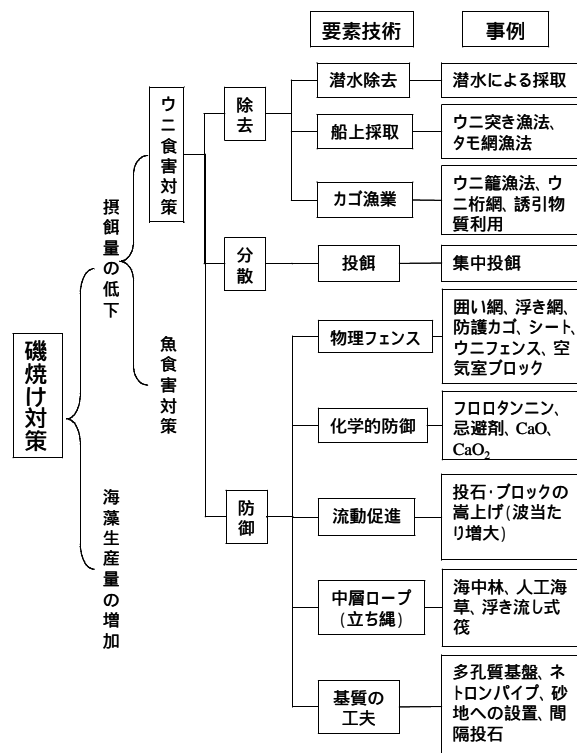


図 - 1 ウニ類の食害対策に関する技術の系統樹

料をウニに供給するが、痩せたウニを育てる「肥育」とは目的が異なる。ウニの大きな摂餌要求に見合う餌料の供給が課題である。

「防御」は「物理フェンス」、「化学的防御」、「流動促進」、「中層ロープ(立ち縄)」、「基質の工夫」がある。「物理フェンス」は網やカゴ等で囲い、その内部の海藻をウニの食害から護る技術である。スポンジ、人工芝、釘、I型やT型ステンレスのフェンス、エアーカーテンフェンスでウニの侵入を阻止する実験では、いずれも侵入の抑制は困難であった(北海道,1994)。そのほか、海中でゆらゆらと揺れる性質を利用した刺網フェンス(北海道、特許第2805612号)、空気中に管足を出せないウニの性質を利用した空気フェンス(水産庁、特許第1646040号)、電気フェンス(道津,2002)などが検討されている。刺網フェンスは波浪などによる破網やサンゴモなどの生物の付着による機能低下(桑原ら,2

001)、空気や電気フェンスはコストなどの問題点があるが、フェンスは痩せウニの身入り改善施設としての利用でも期待され技術開発が望まれる。

「化学的防御」は、ウニの摂餌から免れるために海藻が含んでいる化学的忌避物質を利用して、ウニの摂餌から海藻を防御する技術がある。谷口(1992)は、フクリンアミジ属の褐藻類が生産するテルペン(植物がつくる有機化合物)やフェノールが植食動物に対する化学的防御物質を産生していることを指摘した。また、野中(1996)は消石灰(CaO)、過酸化カルシウム(CaO₂)等によってムラサキウニ等の植食動物を駆除するため、へい死する散布量を求めた。しかし、忌避物質により磯焼けが回復したという報告は見あたらず、長期に安定して忌避物質を溶出する技術や海域に放出した場合の安全性の確認が必要である。

「流動促進」では流れを強くしてウニの摂餌圧を低減するものである。波の軌道流速が大きいとウニの摂餌行動が制限される(例えば川俣ら, 1994)ことを利用している。磯焼け状態の北海道寿都町の藻場造成施設では、天端水深の違いが波浪による軌道流速に影響し、藻場やウニの身入りに大きく影響している(桑原, 2003)。ウニが這い上がりにくい浅い水深帯に海底や藻場の施設を高上げする対策がある。波当たりの強い場所から藻場の回復を計ることも重要であり、従来の設計方法に流動によりウニ食圧を制御する評価を加え、持続的に利用できる施設設計(桑原ら, 2004)を確立していく必要がある。

「中層ロープ(立ち縄)」はロープの一端を海底に固定し他端に浮子を付け、波の動揺によりロープ上へのウニの侵入を防ぎ海藻を着生させる技術である。海中で浮くロープ、人工海藻なども試みられている(例えば、渡島支庁, 1987、山下ら, 2000)。海藻が縄に多く生育するとその重みで垂れ下がりウニに摂餌されるが、ある程度食べられると再浮上しウニの摂餌から守られる装置(菊地, 1976)もある。

「基質の工夫」は、コンクリート表面を凸凹にした例が多く、代表的なものに多孔質(ポーラス)コンクリートがある。ウニの歯が入らない寸法の凹凸を設けることにより海藻の幼芽を守るとされているが、有効な凹凸寸法などの詳細は明かではない。表面積が大きく浮泥による埋没の影響を軽減できる可能性があり、海藻の入植は期待できるが、長期的には付着生物が凹部にも生育して平坦になる(福手ら, 1998)ので、期待される機能は永続的ではない。そもそも多孔質コンクリートは空隙が大きく普通コンクリートに比べ強度が小さく、耐久性も低い。

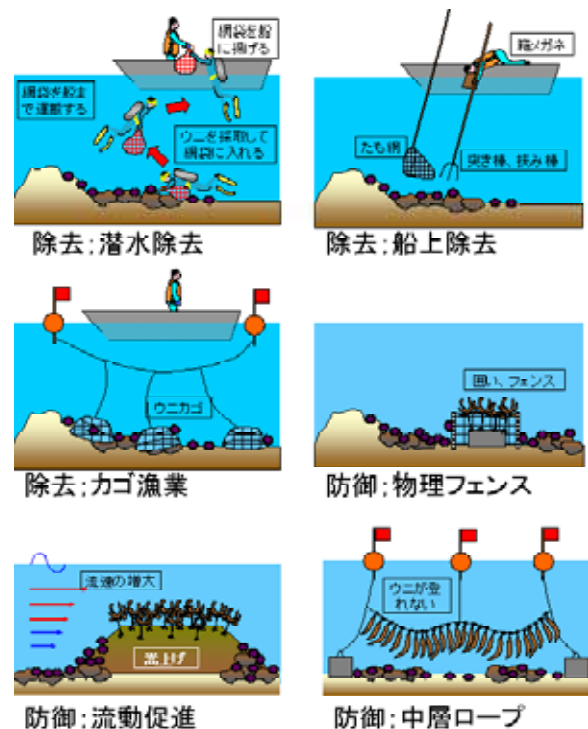


図 - 2 ウニによる磯焼けの主な対策の模式図

3. 植食性魚類の食害対策

刺網、定置網、釣り漁業により海域から取り上げる「除去」、威嚇によって魚の摂餌圧を低減する工夫の「分散」、魚から藻場を保護をする「防御」に分類した(図 - 3)。対象魚種はアイゴ、ブダイ、イスズミ類、ニザダイなどである。従来から実施された対策は魚から海藻を守る防御がほとんどである(桑原ら, 2006)。

「除去」は、刺網や定置網での漁獲であるが、これまで植食性魚類を積極的に漁獲して藻場を回復させた報告はない。また、植食性魚類は漁獲対象種になっておらず漁獲統計データはほとんど無く、生態的な知見も不足しており、漁獲方法の開発が待たれる。

「分散」は、魚類の場合は威嚇があげられる。2004年度に当事業で和歌山水試が反射板によるアイゴの威嚇を検討したが、分散の効果は確認されていない(未発表)。ただし、威嚇音によって水槽中のアイゴが摂餌を中止したことから、さらに応用実験を実施中である。

「防御」の「物理フェンス」は、藻場を網で囲うタイプやブロックの天端面にカゴを設置するタイプ、限られた海域を網で仕切る仕切網タイプなどがある。囲いは1970年頃から試験的に実施されてきた(例えば、瀬戸口, 1978)。これは、局所的に母藻を保護して周辺に孢子等を供給し、藻場を回復するものである。保護さ

れた母藻は種苗供給の核と考へて、「核藻場」と呼ぶこともある。しかし、和歌山水試(清水ら, 1980)や長崎水試(桐山ら, 2003)などの事例では、囲いで海藻を植食性魚類の食害から保護できても網外にまで藻場が広がらない。月舘(1985)は囲い網の耐波安定性に課題があることを指摘しているが、現在でも破網により囲い網の効果が不明としている文献が目につく。物理外力を把握し適切に設計することが重要である。

「化学的防御」は忌避物質の利用である。山内ら(2001)は魚類の忌避物質としてオレイン酸やリノール酸を使用して実験をしている。その後、和歌山水試ではリンゴ酸による忌避効果も検討したがいずれも実用的な成果は得られていない。

「流動促進」は、常に流速が大きい海域では植食性魚類の摂餌頻度は減少する可能性があるためこの項を設けた、早急に流動と魚類の行動生態に関する研究が必要である。

そのほか、単一種の海藻群落より複数種の混生群落の方が魚の食害にあいにくい事例が報告されている。高知水試はブロックにカジメ幼体を移植し、その周辺に人工海藻を設置して植食性魚類に対するバリア効果を検討した(石川ら, 2002)。また、カジメとホンダワラ類の混植によって、カジメを植食性魚類の食害から保護する試験も始まった(石川ら, 2004)。混植は採食時に邪魔になるか忌避作用を示すのか不明であり、メカニズムの解明が必要である。ただし、囲い網に比べて食害を完全には阻止できないので、実施は植食性魚類が比較的少ない海域に限られる。

4. 海藻の増殖技術

海藻の増殖は「移植」、「光供給」、「栄養塩供給」、「基質の提供」、「浮泥除去」に分類された(図-5)。

「移植」は文字通り衰退した藻場へ海藻の移植である。母藻を移植したり、種糸を基盤に巻き付ける方法等が行われている。海藻付き基盤の移設は小さな基盤の場合と海底に設置した海藻の着生しているコンクリートブロックを移設する場合がある。「光供給」は海水汚濁などで光量不足になった場合に、海底を嵩上げる事例と光ファイバーで光量を確保する技術がある。「栄養塩供給」は海水中に窒素、リン、溶存態の鉄分などを供給するもので、海域に施肥をする場合と海藻の着生基盤から成分を溶出させる場合がある。いずれも長期にわたって安定して成分を溶出を継続する技術が必要であり、広範囲に効果を得るために海洋深層水の放水も考えられている。

「基質の提供」では磯焼け海域に新規の基盤を設

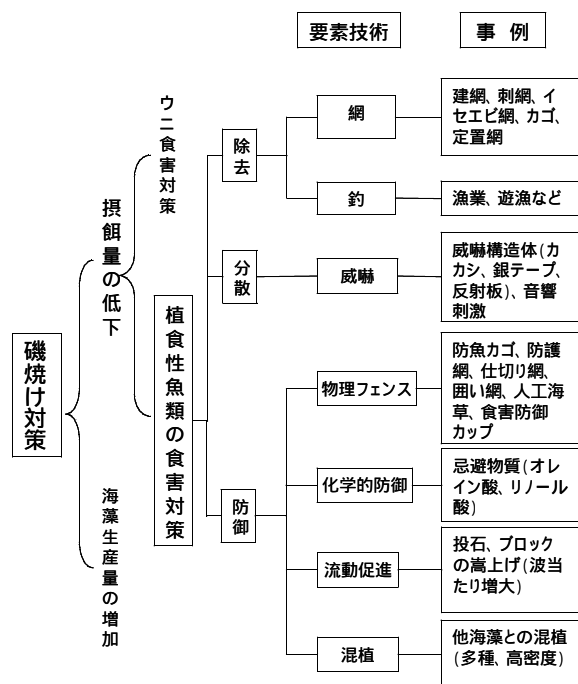


図-3 植食性魚類の食害対策に関する技術の系統樹

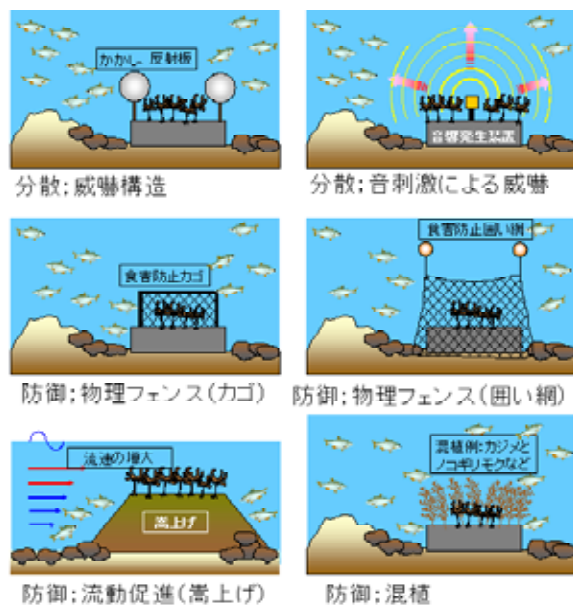


図-4 魚による磯焼けの主な対策の模式図

置して海藻を増やすものと基質の表面形状を海藻の着生しやすい凸状に加工する事例がある。また、競合する雑海藻を除去して基質面を新規の面に更新する試みもある。「浮泥除去」では、浮泥が堆積して海藻の新規加入が阻止される場合に突起や傾斜を基盤に設けて浮泥を払拭する事例がある。これらの増殖技術の開発の歴史は古く、多くの図書が出版されている(例えば、能登谷正浩編著, 2003、増殖場造成指針作成

委員会編, 1983、全国漁港漁場協会, 2003)ので、ここでは要素技術を示すにとどめる。

5. おわりに

磯焼けの継続している要因を排除しないと、効果が現れたとしても、やがては元の磯焼け状態になり、根本的な解決にならない。磯焼けの継続要因を排除した上で、海藻の増殖を推し進めることが重要である。現在、このような考え方を基に、磯焼け対策の要素技術の検証・開発と磯焼け対策のガイドラインを作成中である。

引用文献

吾妻ら(1997); 日本水産学会誌, 63(5), 672-680.
 石川ら(2002); 平成13年度高知県水産試験場事業報告書, 第99巻, pp.147-154
 石川ら(2004); 平成14年度高知県水産試験場事業報告書, 第100巻, pp.90-116.
 渡島支庁(1987); 水産業改良普及事業普及活動事例集, pp.69-73.
 川嶋(1983); 水産の研究, 2巻, 4号(5), pp.101-105.
 川俣ら(1994); 平成6年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.85-88.
 菊地(1976); つくる漁業(新版), pp.292-301.
 清河(1995); 北水試だより, 第28号, pp.9-14.
 桐原(2002); 青森県水産増殖センターだより, 第95号, p.6-8.
 桐山ら(2003); 平成14年度長崎県総合水産試験場事業報告, 長崎県総合水産試験場, pp.95-102.
 桑原ら(2001); 平成13年度日本水産工学会学術講演会, pp.65-68.
 桑原(2003); 水産工学, vol.39, No.3, p.197~204.
 桑原ら(2004); 海岸工学論文集, 第51巻, pp.1091-1095.
 桑原ら(2006); 平成18年度日本水産工学会学術講演会(印刷中)
 清水ら(1980); 和歌山県水増試報告(11), pp56-58.
 水産庁(1986); 特許第1646040号, 匍匐性水産動物用の移動防止.
 瀬戸口(1978); 水産土木, Vol.15, No.1, pp.59-61.
 全国漁港漁場協会(2003); 水産庁監修 漁港・漁場の施設の設計の手引2003年版, 1008pp.
 増殖場造成指針作成委員会編(1983); 増殖場造成指針, 全国沿岸漁業振興開発協会, 252pp.
 谷口ら(1992); 日本水産学会誌, Vol.58, No.10, pp1931-1936.

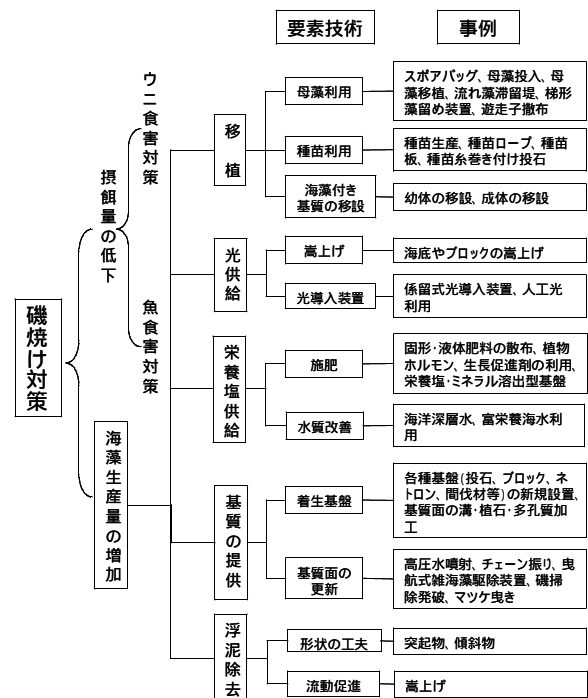


図 - 5 海藻増殖技術の系統樹

月館(1985); 海洋科学, Vol.17, No.1, pp.44-49.
 道津(2002); 電気評論, 2002.10, pp.60-31.
 能登谷正浩編著(2003); 藻場の海藻と造成技術, 成山堂書店, 東京, 267pp.
 野中(1996); 長崎県水産試験場事業報告, pp.107-110.
 福手ら(1998); 沿岸の環境圏, フジテクノサービス, pp.1215-1225.
 北海道(1994); 海域特性総合利用技術開発調査報告書(磯焼けグループ), pp.34-37.
 北海道(1998); 特許第2805612号、ウニ・アワビ・ツブの行動制御用装置とその使用方法.
 町口ら(2004); 平成14年度水産基盤整備調査事業(直轄)報告書, pp.102-118.
 山内ら(2001); 平成11年度和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場事業報告, pp.119-121.
 山下ら(2000); 平成12年度日本水産工学会学術講演会, pp.121-124.
 三木ら(1978); 青水増資料, S.52-No.10.