

平成 20 年度磯焼け対策全国協議会シンポジウム (2008 年 3 月 21 日 東京海洋大学) 講演要旨

「藻場を見守り育てる知恵と技術」

主催：磯焼け対策全国協議会（事務局：水産庁漁港漁業整備部整備課） 共催：日本藻類学会，日本水産工学会，東京海洋大学
後援：（社）全国豊かな海づくり推進協会，（社）水産土木建設技術センター，（独）水産総合研究センター

藤田 大介：藻場を見守り育てる知恵と技術

近年，日本の沿岸では藻場の衰退が深刻化しており，沿岸の資源，環境，経済に大きな影響を与えている。藻場の衰退は，海面の色が激変する赤潮と異なり，海底の現象であるため，人目につきにくい。人類による赤潮の認知が 2000 年以上前に遡るのに対して，藻場の衰退の認知が 200 年に満たないのもこのためであろう。それでも，日本の漁村では，古くから「磯は地付き」として「磯掃除」などの管理を行い，藻場の衰退を「磯焼け」，「磯枯れ」と呼び，乱獲や沿岸開発に注意を払ってきた。しかし，高度成長期以降，先人の知恵が十分に生かされてきたとは言い難く，未だに意識の低い地域も多い。

実際，藻場では様々な変化が認められる。「自然の藻場」では，季節的消長，経年変化，ギャップ更新のほか，植食動物の資源変動，基質面の更新，台風，長雨，海流の離岸などの気象・海況イベントなどによっても変化しうる。ましてや，多くの藻場は「里海」と呼ばれる生活圏内の身近な海に位置し，漁獲・増養殖，護岸・港湾・河川整備，生活・産業排水などの影響下にあり，特に，沿岸の埋め立てや長大な防波堤・離岸堤などによって沿岸の「潮通し」が悪くなると，藻場の不可逆的な衰退も起こりうる。藻場造成・回復の名の下に大量に投入されてきた人工構造物の中にも，海藻が継続して生えず，「ウニ（植食性魚類）の巣」と化し，磯焼けの発生・持続装置となっているものが少なくない。

藻場の衰退は，自然要因，人為的要因を問わず，また，磯焼け

と呼ぶか否かにかかわらず，海藻が「食われる」，「枯れる」，「剥がされる」，「芽生えなくなる」のいずれか，あるいはそれらの組み合わせによって，面積の縮小や現存量の低下という形で起こる。また，極度の衰退に至らない場合でも，海藻の色調の変化（白化，黄化など）や穴あき，藻体表面の生物汚損（テングサのアオクサ現象など），特定海藻の優占などが起こりうる。なお，いわゆる地球温暖化との関係で，南方系の海藻・植食動物の増加や分布の北上が沿岸水温の上昇に伴う現象としてしばしば取り上げられるが，過去の知見が絶対的に不足しており，「（一定区域で）少なかった生物が増えた」ことは示せても，もともと「（ある海域に）分布していなかった」ことを示すのはかなり難しい。

南北に細長く地形の変化に富む日本の沿岸では，海藻の種組成，分布や変動のパターンも単純ではない。しかし，沿岸域が刻々と姿を変えつつある中で，藻場の現況や変動，藻場造成の効果把握や周囲への影響は明らかにし，藻場の維持に努める必要がある。公共の予算や人員には限りがあり，海に親しむ市民による情報提供，モニタリング，藻場回復プログラム（ソフト対策）への積極的な参加，すなわち「多くの目と手」への期待が大きい。藻場回復においても，周囲への影響や修復が難しいハード事業型の藻場造成を減らし「上手な使い方」を見極めるとともに，藻場形成阻害要因を排除・軽減するためのソフト対策を活用した「藻場を見守り育てる知恵と技術」を育成し定着させていく必要がある。

（東京海洋大学）

赤池 章一¹・吉田 秀嗣¹・川井 唯史²・秋野 秀樹³・八木 宏樹⁴・富山 優⁵：
航空写真がとらえた藻場の変遷

目的 北海道日本海沿岸では，コンブ類等の大型海藻の藻場が消失またはごく浅所に限定され，無節サンゴモ類が優占する「磯焼け」が持続している。磯焼けと藻場分布の実態を把握し，磯焼け対策を検討するため，航空写真と現地調査による沿岸域のモニタリングを実施した。あわせて，近年利用可能となってきた高解像度人工衛星（IKONOS）画像も取得し，沿岸藻場のモニタリングに適用可能か検討した。

方法 1986～2003 年にかけて，北海道南西部後志支庁管内の積丹半島西岸域において，14 区画に分けてカラー航空写真を撮影し，水深帯別に藻場（コンブ類，ホンダワラ類，アオサ・スガモ類，その他海藻類），無節サンゴモ類，基質のみ（岩盤，礫・転石），判読不能面積を計測した。1999～2004 年にかけて，後志，石狩，



図 1 積丹半島西岸域の航空写真撮影範囲

留萌、宗谷、網走支庁管内で撮影された航空写真から、市町村別に藻場面積を計測した。藻場の判読は、主に立体視及びコンピュータディスプレイ上での目視によった。2002年9月16日には、稚内市ノシャップ岬沿岸を撮影した航空写真とIKONOS衛星画像を入手し、教師付き分類による藻場の類別の比較を試みた。

結果 積丹半島西岸域では、調査期間中ほぼ全域で、藻場は水深4~6m以浅に限定され、それ以深は無節サンゴモ群落は優占していた。1996年には、沖側まで藻場の拡大が見られ、無節サンゴモ類面積は減少した。これは1995~1996年冬季の低水温傾向と強い波浪底面流速によりウニ類の摂食活動が抑制された結果と推察された。1999年以降は、特にコンブ類の面積が減少し、無節サンゴモ類面積は拡大傾向にある。

後志、石狩、留萌、宗谷、網走支庁管内の藻場面積は、航空写真から把握可能であり、IKONOS衛星画像も藻場調査への

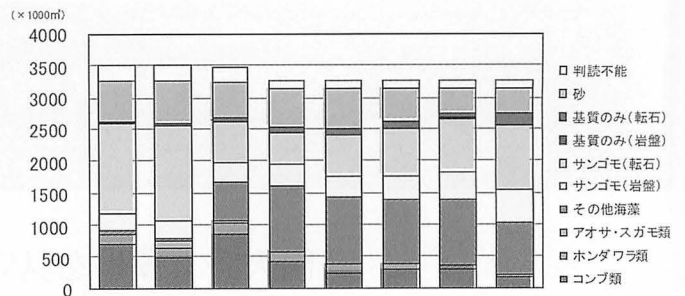


図2 岩内町(区画No.11-14)における藻場と基質面積の経年変化

適用が可能であった。

(¹道立函館水試, ²道立稚内水試, ³北海道原子力環境センター, ⁴小樽商科大学, ⁵株式会社パスコ)

木下淳司：西湘海岸の大規模人工リーフに形成したカジメ群落の15年間

神奈川県は西湘海岸の侵食対策として、1991~2004年の間に5基の人工リーフ等海岸構造物を設置した(図1)。人工リーフ1へカジメ群落を造成するため、1994年度と1995年度に計26,000本のカジメ(1齢)を移植した(図2)。なお本海域における天然カジメ群落からの遊走子供給は乏しい。カジメ群落は移植した場所から20~48m/年の速さで拡大した。2001年にはリーフ1全域の水深3m以深がカジメ群落となり、その密度と現存量は周辺の天然群落に匹敵した。このカジメ群落は台風の高波で3度にわたり大規模に流失した。また2004年を中心に植食性魚類アイゴによって現存量の77%が失われた。しかしいずれの場合も完全に消失することはなく次第に回復した。講演ではカジメ群落の15年間の動態と影響を及ぼした環境要因、群落維持に必要な核藻場の規模、リーフの構造と海藻生育との関係、周辺の天然群落の状況、人工リーフにおけるアイゴの摂食特性等について報告した。

(神奈川県水産技術センター相模湾試験場)

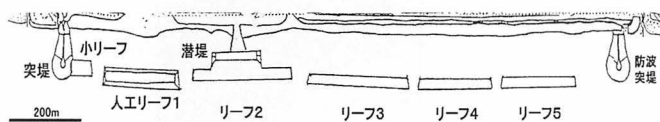


図1 人工リーフ配置模式図

年	リーフ設置状況	リーフ1カジメ状況	年表
1991	潜堤		調査なし
1992			調査なし
1993		カジメ見られず	リーフ1への藻場造成を県単独事業で開始。天然カジメ群落に40tエックスブロック14基を仮置き。ブロックにカジメ幼体が高密度に生育。
1994	リーフ1(92-95)突堤(92-94)		核藻場を造成するため、仮置きたブロックをリーフ1へ設置。新たに14基を仮置き。
1995		核藻場周辺に分布	仮置きブロックをリーフ1へ設置。2年間で約26,000本のカジメを移植。核藻場の総面積は476㎡以上。
1996			核藻場存続。隣接ブロックにカジメが生育。
1997	リーフ2(96-98)	群集拡大	リーフ1核藻場周辺にカジメ幼体が卓越的に発生(最大1012本/㎡)。秋の台風でリーフ1被災。95年度設置核藻場のカジメ流失。
1998		群集拡大	リーフ1核藻場周辺にカジメ幼体が多く発生(最大100本/㎡)。リーフ1のカジメ群落急拡大。木下、本調査の担当となる。
1999	リーフ3(99)		この頃既に漁業者が磯根資源(イセエビ、サザエ等)漁獲。現在もリーフの魚礁効果は高い。
2000	小リーフ(99-02)		春季、リーフ1、2の天端にアカモクが顕著となる(現在はリーフ3-5にも広がる)。リーフ2にカジメ見られるが少ない。
2001	リーフ4リーフ5(01-02)	台風流失	3月にリーフ1のカジメ群落の面積が最大となる(約8500㎡)が9月の台風直撃で一部流失。水産基盤整備直轄調査を受託(→2006年度)。
2002			リーフ3にカジメ見られるが少ない。
2003	防波突堤	群落安定	リーフ1のカジメ現存量は最大で23tと推算された。幼体除(カジメ密度は10本/㎡前後。リーフ2と潜堤カジメ増加(リーフ3-5未調査)。
2004		アイゴの害害	リーフ全域でアイゴがカジメを摂食し現存量激減。ところがリーフ1岸側と潜堤1は摂食見られず。水工研とアイゴ摂食生態の調査開始。
2005		群落消失	リーフ1で春の幼体出現少ない。夏季、リーフ1沖側にわずかに残ったカジメをアイゴが摂食。ところがリーフ1岸側と潜堤では摂食見られず。
2006	リーフ1天端延伸(06-07)	幼体多	リーフ1の西側で幼体が多く発生、その後成長。リーフ工事からカジメを保全する取り組み実施。
2007		台風流失	リーフ1の沖側で幼体が多く発生、その後成長。9月に台風が直撃(西湘バイパス崩落)。リーフ1と潜堤のカジメ多くが流失(他は未調査)。
2008		拡大	リーフ1全域で、流失を免れたカジメの成長が目立つ。幼体も多く発生。(2月末現在)

図2 カジメ群落の動態等

長谷川雅俊：伊豆の磯根資源から見た藻場の変動

カジメ磯焼けの感知：伊豆半島の南東に位置する下田市田牛地区では明治になりヘルメット潜水器を導入し、それ以降アワビの漁獲状況が記録されてきた（吉原 1971）。1975年に発生したカジメ磯焼けの研究（河尻ら 1981）の中で田牛のアワビ漁獲記録が検討され、カジメ磯焼けが黒潮大蛇行と関係していることが明らかにされた。図1は明治時代から近年までの田牛におけるアワビ漁獲量の推移である。上部の横帯は黒潮大蛇行期、縦帯はカジメの磯焼け期を示している。1975年以前は黒潮大蛇行が長期間継続したときにカジメ磯焼けが発生し、かつアワビ漁獲量が減少していることがわかる。1985年以降は比較的短期の黒潮大蛇行でもカジメ磯焼けが発生している。アワビの漁獲量はカジメ群落が磯焼けから回復していても、1975年以前のレベルまで戻っていない。磯根漁業の記録から過去の磯焼けが感知された例であり、漁業自体が藻場のモニタリングの役割を果たしている。

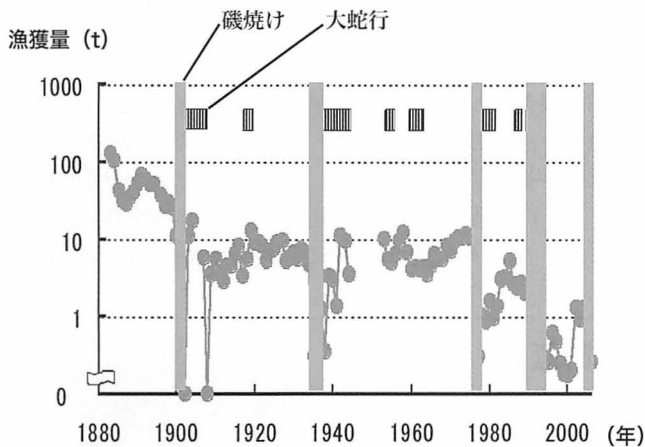


図1 下田市田牛地先における磯焼け、アワビ漁獲量と黒潮大蛇行

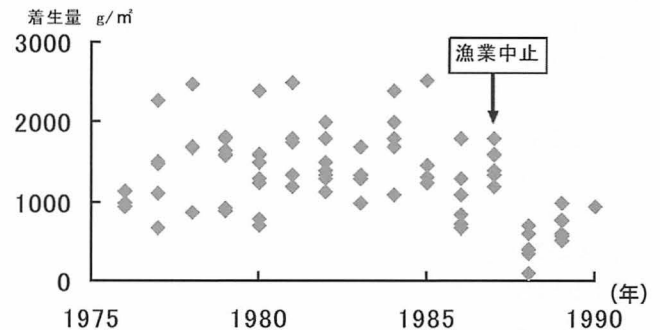


図2 初島におけるテングサ着生量の推移

テングサ作柄調査：静岡県水産試験場伊豆分場は、昭和32年に伊豆の磯根漁業振興のために設立された。当時、テングサ漁業は伊豆の基幹漁業であり、藻類5巻2号に当場は「テングサ試験場」として紹介されている。開所当初からの業務として、テングサの作柄予測がある。テングサ漁期前の3月を中心に伊豆半島の各生産地の漁場に潜水し、テングサの着生状況を観察するとともに1 m²中のテングサを採取して藻長、着生量を計測し、過去のデータと比較することで、作柄を予測してきた。この結果、長年にわたりテングサの着生状況資料が蓄積されることになり、生産量の資料とともにテングサ群落に及ぼす黒潮や水温、人為の影響、カジメ群落への交代現象などが明らかにされてきた。図2は相模湾に浮かぶ初島でのテングサ着生量である。初島漁協では1987年にテングサ漁業を止めた。その結果、1988年よりテングサ漁場の着生量は減少した。これは「テングサ漁場の行使が不十分になると漁場が荒廃する」と言われてきたことと符合する。

（静岡県水産技術研究所伊豆分場）

吉村 拓¹・清本節夫¹・桐山隆哉²：長崎市周辺の藻場の現状

長崎県長崎市は、外海である五島灘と有明海に繋がる橘湾、および内湾の大村湾という3つの水域に面しており（図1）、沿岸水域の海洋環境は多様である。近年、前2水域沿岸では、磯焼けの他に藻場構成種の変化や魚による食害の顕在化など、様々な変動が見られる。象徴的な事例として、いわゆる南方系ホンダワラ類の分布拡大傾向が指摘されている。

過去の状況

1970年代後半に行われた調査によると、五島灘に面する西彼半島西側と長崎半島の北西側には、クロメ・オオバモク・マメタワラ・

ノコギリモクなどが多かった。筆者らも、1990年代中頃に長崎半島の先端付近でクロメやノコギリモクを、隣接する三和町でもクロメやオオバモクの群落を観察している。

近年の状況

長崎半島先端のクロメ場で1998年に初めて確認された魚による広範囲に及ぶ食害は、程度の差はあるもののその後も毎年発生している。影響の大きさや翌年の加入状況に応じて、クロメ場は一進一退を繰り返してきたが、ここ10年の間に面積は大きく縮小した。約2 kmの海岸線の東西両側に見られた2つの群落のう

ち、まず2004年には西側のものが消失し、現在まで回復していない。東側の群落も2007年秋までに著しく衰退し、同年12月時点で健全な個体は皆無であった。一方で、ノコギリモク群落はやはり食害を受けているものの、衰退傾向は示していない。また、当地の浅瀬にはマメタワラ群落も見られるが、杵取り調査結果によると最も伸びる5-6月でも平均20 cm、最長56 cmと短い。三和町のクロメとオオバモクもすでに見られなくなった。

特異な藻場

西彼杵半島の中ほどに位置する見崎町地先には、マメタワラやヤツマタモクと南方系ホンダワラ類が混生する藻場がある。比較的濃密な藻場ながら形成期間は冬から初夏に限られ、成熟後しばらくすると景観は磯焼けに転ずる。ここには、70年代後半の調査結果にない4種と、種査定困難な5タイプのホンダワラ類が確認されている。当地より北西の大瀬戸地先でも、かつての優占種であったクロメやオオバモクはなく、代わってツクシモクやキレバモクといった南方系種が見られる。



図1 長崎市周辺図

このような藻場は、特に五島灘周辺に広く見られる。これは、周年形成されるタイプの藻場が減っていることも意味しており、それが磯根資源などに及ぼす影響の評価と対策を急ぐ必要がある。

(¹ 西海区水産研究所・² 長崎総合水産試験所)

石川竜子¹・佐藤智則²・吉田友和³：佐渡島真野湾のガラモ場の衰退と藻場形成阻害要因

背景

佐渡島真野湾南部では近年ガラモ場の衰退が懸念されているが、潜水調査の事例が乏しく、植生の変化や原因については不明な点が多い。そこで、潜水による植生調査を行うとともに、藻場形成阻害要因を特定するために藻場衰退域で簡易な試験を行った。

方法と結果

藻場衰退の実態調査：平成16・17年に佐渡市小立から背合に渡る4測線で潜水による植生調査を行い、平成3年の聞き取り調査結果と比較した。その結果、水深15～20 mまで存在した藻場が、水深10～15 mまで後退していたことから、藻場の分布が縮小していることが分かった。

藻場形成阻害要因の特定：藻場形成を阻害すると考えられる「底生植食動物の食害」および「海藻の卵の供給不足」について検討するため、藻場衰退域で試験を行った。1つ目の試験では、底生植食動物の侵入を防ぐ囲い網の中(防護区)と、囲い網のない場所(無防護区)に海藻を移植し、その後の生育状況を観察した。その結果、試験開始9ヶ月後に無防護区のみで移植海藻が消失したことから、底生植食動物の食害が藻場形成阻害要因の一つであることが分かった(図1)。

2つ目の試験では、食害をほぼ完全に防護できる籠(1×0.5 m)内に人頭大の自然石を入れ、成熟したヤツマタモクを一緒に投入した区(母藻投入区)、および投入しない区(無処理区)を設け、その後の幼体の出現状況を観察した。その結果、母藻投入区の自然石上には幼体が多数出現したが、無処理区ではほとんど出現しなかった。このことから、自然の卵の供給が不足していることが要因の一つと考えられた。

今回の調査により、本調査海域の藻場の衰退状況、およびその要因の一部を明らかにすることができた。また今回実施した簡易な試験が藻場衰退要因の特定に有用であることが分かった。

(¹ 新潟県水産海洋研究所、² 新潟県水産海洋研究所佐渡水産技術センター、³ 新潟県農林水産部水産課)

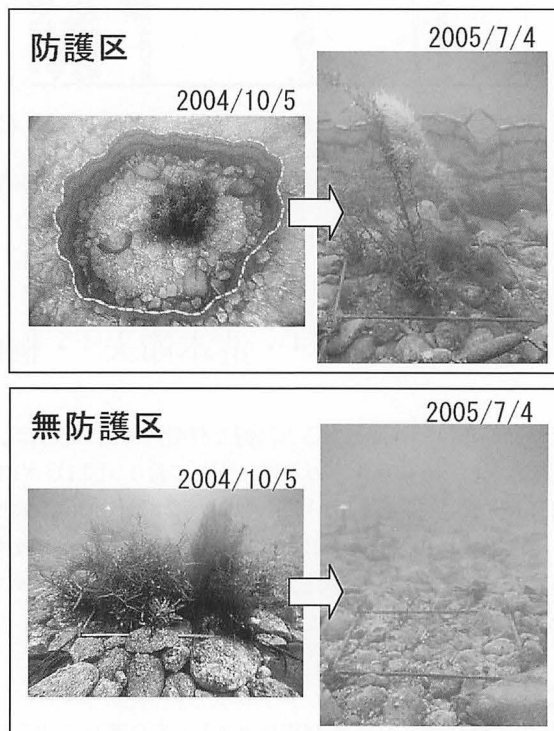


図1 藻場形成阻害要因の特定試験

蒲原 聡：アイゴの採食程度に差が認められた伊勢湾東部における サガラメ群落2地点の波浪流速

伊勢湾東部の知多半島先端域には、サガラメ群落が存在していたが、1998年以降減少し、2005年には一部の海域を残して消滅した。サガラメ群落の減少時には、アイゴの漁獲量が増加し、サガラメの側葉にはアイゴの採食痕が観察され、釣獲されたアイゴの胃にはサガラメの側葉断片が入っていたことから、サガラメ群落の減少はアイゴの採食が主たる原因と考えられている。

サガラメ群落が残存している内海地先と消滅した豊浜地先は約5 kmの距離で隣接しており、その中間に位置する山海地先の植生密度は0.25 個体/m²と残存域の植生密度4～10 個体/m²よりも低い。このように豊浜地区と内海地区の間で、アイゴの採食程度に段階的な差があるため、アイゴの採食に影響を与えると考えられている波浪流速を調べた。なお、両地先には流量の多い河川流入はなく、塩分濃度の変化や濁水の影響は小さいと考えられる。また、漁業者によると、残存域はアイゴの採食が盛んになる晩夏から晩秋にかけて、経験的に波浪が強いている。

2006年10月17日から10月23日までの期間、サガラメ群落の残存域(内海地先)と消滅域(豊浜地先)の海底に測線を設け、流速計と石膏半球を設置した。また、残存域においてサガラメ葉体のアイゴによる採食状況を観察するとともに、消滅域にサガラメを移植して、防御網による採食防御区、無処理区を設けて、サガラメ葉体のアイゴによる採食状況を観察した。

同年には、小型定置網で5月から12月にかけてアイゴが漁獲

され、漁獲尾数の合計は内海地先(364尾/統)の方が豊浜地先(36尾/統)よりも多かった。サガラメ葉体のアイゴの採食痕を観察した結果、内海地先は、アイゴの採食を受けていなかった。豊浜地先の防御区は防御期間の11月24日においてもアイゴの採食を受けていなかったが、無処理区では9月14日にアイゴの採食を受け、10月17日に葉体は消失した。

内海地先の測線では、サガラメ植生域の沖の境界において23.6 cm/sの波浪流速が、植生域ではそれ以上の波浪流速が観測された。なお、植生範囲は測線上で40 mの幅があった。一方、豊浜地先の測線では、23.6 cm/s以上の波浪流速の幅は18 mと内海地先の1/2未満に留まっていた。豊浜地先でサガラメを移植した地点の波浪流速は19.5 cm/sと23.6 cm/sより低い値であった。また、内海地先の植生域の沖の境界において23.6 cm/s以上の波浪流速が発生した時間は、アイゴが採食行動を示す昼間においては、6日間の調査期間のうち、合計28時間であったが、豊浜地先の同地盤高では合計10時間に留まり、内海地先の方が有意に出現時間が多かった(t検定, p < 0.05)。以上のことから、内海地先の植生域では23.6 cm/s以上の波浪流速の発生幅が豊浜地先より広いこと、及び植生域の沖の境界において23.6 cm/s以上の波浪流速が毎日連続して発生することが、アイゴの採食程度に差を与えている可能性が示された。

(愛知県水産試験場)

高瀬智洋¹・田中優平¹・黒川 信²・野原精一³：伊豆諸島八丈島における テングサ藻場の変化と沿岸域の栄養塩環境特性

八丈島のテングサは、多い年には600トンもの水揚げがあった重要産業種であるが、1996年頃から低迷を続けている。2007年には過去36年の採り取り調査における最低を記録し、未だ回復の兆しがみられない。そこで、テングサの生長・繁茂と海洋環境の関係を改めて調査し、不漁要因の把握に取り組んだ。また、テングサ藻場の衰退防止として今出来る対策の方向性を探った。

調査結果の概要

- 1 テングサ類の代表種であるマクサの生長期は初春から初夏で、この期間に、低水温・高栄養な黒潮内側域に八丈島が位置した場合、生長が良くなることが確認された。
- 2 長期的な動向を見ると、近年は、高水温で低栄養と考えられる不適な海況が続き、平均水温では過去になく高い状態が10年近く続いていた。これがテングサ不漁の主な要因と考えられた。
- 3 不適な海況が続く中、わずかに残るテングサ場の特性を調べた。その結果、硝酸態窒素(NO₃-N)濃度の高い、アライケとヤセの漁場では、マクサが繁茂していることがわかった。次に、これらの漁場のマクサの窒素安定同位体比(δ¹⁵N)を分析した。

植物体内のδ¹⁵N値は、主に利用した窒素源のδ¹⁵N値に近づく。アライケのマクサは人為的な影響を受けた陸水、ヤセのマクサは天然の陸水中の窒素栄養のδ¹⁵N値に近づいたことから、これらの海洋起源以外の窒素栄養も利用していると考えられた。

- 4 部分的に存在する栄養塩が豊富な地点(陸域からの栄養塩供給が認められる地点)の海水を用いて、マクサを室内培養したところ、良好に生長することが確認された。
- 5 八丈島沿岸の中では、比較的栄養条件の良い神湊漁港域に、マクサを移植したところ、良好に生長することが確認された。

以上のことから、テングサの繁茂には、改めて沿岸域の海洋環境との関係が重要であることが示された。現時点で、テングサが繁茂している海域は、海底湧水などが出ている場所に限られており、この海域を保全・有効利用することが重要と考えられる。また、人為的な対策として、従来から、海中への施肥は、対費用効果からなかなか実現していないが、より安価な材料の検討により、実現化していく必要がある。

(¹ 東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所、

² 首都大学東京、³ 国立環境研究所)

吉田吾郎¹・新村陽子¹・寺脇利信²：堆積が藻場に及ぼす影響

近年我が国沿岸域で大きな問題となっているウニや魚類の食害による磯焼けについては、実態の把握が進み、対策技術の開発とその現地適用の段階に入っている。しかし、藻場の衰退のうち1つの大きな要因である浮泥の堆積については、一般的に海水流動の少ない深所で起こるため漁業者にも感知されにくく、モニタリング事例も極めて少ない。本報告では、主に瀬戸内海・広島湾で観察した浮泥の海藻体上や着生基質上への堆積と、藻場への影響について現地事例を紹介した。広島湾の岩礁域では、潮間帯ではヒジキ（優占水深 DL +1 ~ 0 m）、漸深帯では浅所よりアカモク（同 0 ~ 1 m）、ノコギリモク（同 1 ~ 3 m）、クロメ（同 3 ~ 9 m 以深）が帯状分布する（寺脇ら 2001）。1年生のアカモクが群落を形成する水深帯は、波浪による適度な攪乱がある場所が多く、浮泥の堆積の影響は比較的少ない。浮泥の影響が顕著に観察されるのは、ノコギリモクが群落を形成する水深帯からである。

ノコギリモク群落における浮泥の堆積

広島湾中央部の阿多田島のノコギリモク群落では、伸長期にあたる秋季に藻体上に「ヌタ」様物質の顕著な堆積が観察される。藻体上の堆積量は冬季にかけて増加し、最大で藻体 1 g あたり

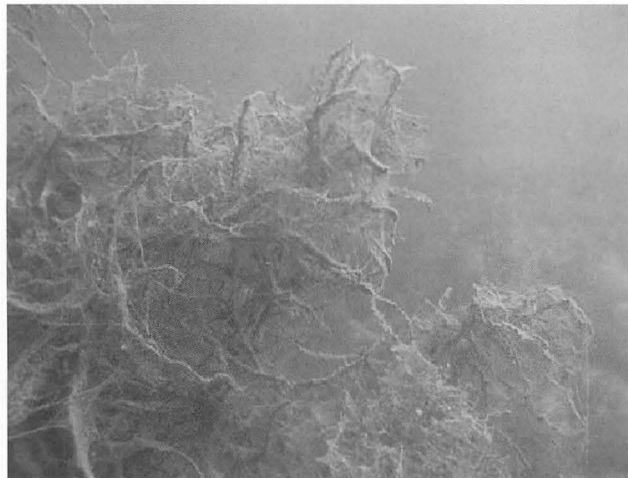


図1 広島湾(阿多田島)のノコギリモク上への浮泥(ヌタ様物質)の堆積

1 g 以上の量になる。「ヌタ」様物質には、微細藻類（珪藻類）も含まれており、ノコギリモク藻体はやがて増殖した珪藻類に覆われ、春季の成熟期を前にして藻体の大部分が脱落してしまう。本来繁茂期であるはずの3~4月には、ノコギリモクの主枝はほとんど横倒しになり藻場は衰退した景観を示す。

ノコギリモク藻体上の堆積物を分析すると、珪藻類などの生物由来と思われる有機物やクロロフィルも大量に検出されるが、その重量のほとんどは泥やシルト分が占めている。これらは「ヌタ」様物質の核となっているか、あるいは珪藻が増殖してからトラップされたものと思われる。海水中の「ヌタ」様物質の浮遊量の季節変化については調査中であるが、秋季の混合期に増加するよう感じられる。

クロメ群落における浮泥の堆積

藻体上の堆積による生理的な影響に加え、着生基質上に恒常的に浮泥が堆積することによる入植の妨害の影響も大きいと思われる。広島湾では2004年秋季に台風が繰り返して襲ったが、続く2005年春季には深所に大量のクロメの入植が観察された。台風などによる大きな攪乱は恒常的に基質上に堆積した浮泥を除去し、それが成熟期と一致すれば、遊走子の入植が促進されると思われる。したがって、クロメの成熟時期に合わせて新基質を供給すれば、浮泥の堆積の著しい場所でもクロメを生育させることが可能であると考えられる。

今後の課題

浮泥の多い海域でも、波浪の当たるところや岩礁の稜角部などでは海藻の生育が見られるので、対症的には、食害と同様基質の嵩上げや形状の工夫などが藻場回復の技術的な要素になるのだろう。本報告では、河川から流入する泥・シルトや、ヌタ様の有機物を大量に含むものも一律に「浮泥」と呼称した。しかし、藻場に堆積する物質の性状やその起源は様々であるように感じられる。藻場を含めた沿岸域のモニタリングを強化し、それぞれの発生機構を明らかにすることが根本的な解決のために必要と考えている。

⁽¹⁾ 水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所、

⁽²⁾ 水産総合研究センター・水産工学研究所

金田友紀¹・桑原久実²：流速データが語る藻場の分布

藻場造成においては、様々な環境条件を満足しなければ事業は成功しない。天然の沿岸域では近隣にありながら、ある海藻が生育する場所と、しない場所がある。それを分ける条件の一つとして流動が考えられ、これは人為的制御が比較的

容易である。そこで、北海道沿岸のホソメコンブとホンダワラ類を対象に、藻場造成条件を検討するため、流動と藻場分布の関係を調べた。

ホソメコンブ

ホソメコンブは北海道日本海沿岸に分布する一年生褐藻で、造胞体は秋に遊走子を放出する。遊走子は岩盤上で発芽して配偶体となり、成熟・受精を経て次世代の造胞体となる。造胞体は冬～春が幼体期、続いて初夏にかけて急成長して成体となり、秋～冬に枯死する。

近年、北海道南西部日本海沿岸ではキタムラサキウニがホソメコンブ幼体を過剰に摂食することで磯焼けが持続している。この海域の増殖礁を調べたところ、深所は磯焼けでキタムラサキウニも多く、浅所にはホソメコンブ群落形成されていた。そこで、調査地付近の海況データから増殖礁における波浪流速を推定したところ、幼体期に、ホソメコンブ群落を形成する場所ではキタムラサキウニの摂食限界流速を超え、磯焼けとなっている場所はこれを下回っていた。すなわち、幼体期にキタムラサキウニの摂食を免れた場所のみホソメコンブ群落を形成できたと考えられる。このように北海道沿岸では、流動がキタムラサキウニを介してホソメコンブの分布を制限していることがわかった。

ホンダワラ類

北海道沿岸に分布するフシスジモクおよびウガノモクは大型多年生褐藻に分類される。これらは春から夏にかけて成長盛期を迎え、初夏に生殖器床上で受精が行われる。付着器である第1次仮根が伸長した受精卵（幼胚）は海中に放出され、海底の岩盤等に付着し、その場で成長する。秋には藻体の大部分が枯死する。

ホンダワラ類の分布を調べたところ、ウニ類のいない平磯や防波堤の陰に多く分布していた。そこで、分布域を含む海域の波高分布を数値計算から求めたところ、ホンダワラ類の分布域は、幼胚放出期に静穏となることがわかった。このことは、比較的比重が大きい幼胚は放出されると速やかに沈降し、分散範囲に限られることを意味する。逆に流動が激しいと幼胚は分散するが、低流速下でなければ幼胚は付着できないため、結局、群落の分布範囲を広げられないことになる。このようにホンダワラ類は直接流動により分布が制限されることがわかった。

(¹ 北海道立中央水産試験場, ² 水産総合研究センター水産工学研究所)

桐原慎二：投石によるコンブ漁場造成の効果と課題

マコンブは安定した基質によく生育するため、砂礫層では一般に投石によって現存量が増加する。投石によるコンブ増殖の記録は、1716年の津軽今別本覚寺偵伝上人による北海道伊達での試みが初出とされる（Hasegawa 1971；伊藤 1991）。青森県では、同上人が1724年に今別地先に魚昆布供養の経文を記した石を投入した言い伝えがあり、明治時代まで今別と三厩の漁業者が投石を続けた（今別町 1969）。事業規模での投石は、1934年から青森県が取り組み、1957年から国の補助（浅海増殖開発事業）を受け事業量が拡大した。さらに、1975年から2000年に、県が公共事業（沿岸漁場整備開発事業）で津軽海峡沿岸7地区に計630.1 haの投石主体のコンブ増殖場を造成した。県のコンブ漁獲量は1975年の3,691トンから1989年に12,644トンに増加し、これに増殖場の寄与も認められている。

しかし、1990年以降、増殖場の拡大にも関わらず、コンブ漁獲量には減少傾向がみられる。同時に、天然漁場、増殖場とも磯焼けや雑海藻の繁茂が拡大した。磯焼けは、下北半島で1903年以降度々報告され、種々の原因が示されたが（田村 1951）、1970年代に尻屋地先での試験から植食動物の摂餌力がマコンブの生育に影響することが分かった（三木ら 1975；1978）。これを受け、コンブ増殖場には予め食害低減のためウニを蝸集させる区域が周囲に設けられたが、磯焼けから完全に免れることはできなかった。

一方、佐井沿岸では、1994年に磯焼け海域からウニを除去

した結果、マコンブ卓越群落形成されたため、それ以来毎年ウニ除去によるコンブ漁場回復が行われている。ここでは、平坦な岩盤ではウニ除去後数年間に亘ってマコンブ群落維持されたが、増殖場ではウニが再び蝸集し、2-3年後には磯焼け状態に戻った。この理由には、底質が複雑な投石では全てのウニの除去が困難なうえ、ウニの生息場になる間隙空間が多く、マコンブから受ける掃除効果の影響が岩盤に比べ小さいことなどが考えられた。

そこで、青森県は、2004年から緊急磯焼け対策モデル事業として、投石の敷設密度（5%–100%）や広さ（1 m–8 m 四方）と、ウニやマコンブの現存量との関係を検討した。この結果、敷設密度が高く、投石範囲が狭い場にウニが蝸集しマコンブが生育しにくい様子が認められた。これから、既設の増殖場の石材を間引き、周辺に低密に敷設し直すことで、新たな石材を用いることなく、コンブ増殖機能を回復、向上できる可能性が考えられた。

投石は、即効的、経済的なマコンブ増殖手法として、現在でも漁業者によって取り組まれている。一方、青森県では1989年以降、マコンブの発生量に影響する1-3月期の水温が上昇しており、このため、コンブ漁獲量の維持には従前以上に漁場管理の必要が指摘されている。今後、漁場管理に適した増殖場の構造や、効果的な増殖場の機能回復手法を開発する必要がある。

（青森県水産総合研究センター増養殖研究所）

綿貫 啓：コンクリートブロックの効果的な利用

1. はじめに

海岸侵食や波浪災害に対し、わが国では大型石材の供給量が少ないので、コンクリートブロック（以下、ブロックと呼ぶ）がよく使用される。海岸保全用に開発された消波根固ブロックは、優れた安定性から藻場造成にも利用される。しかし、「石には海藻が付くが、ブロックには付かない」という情報をよく耳にする。良好な環境ならブロック上に藻場が何年も継続し、この指摘に該当しない。海藻が着生できない理由があるはずだが、それに気づかずに設置すると効果が出にくい。ここでは、藻場の分布の制限要因を把握して、消波根固ブロックに効果的に海藻を着生させる方法をまとめた。

2. ブロック利用の歩み

60年代以降、コンブ礁として円筒型ブロックなどが使用された。70年代には消波根固ブロックがコンブ礁に利用され始め、80年代以降は囲い礁の囲いや潜堤によく使用されるようになった。当初は、安定性の確保の理由で利用されたが、ブロックに海藻が着生するので、積極的に着生させる方策が検討されるようになった。また、海藻増殖礁用ブロックも開発された。

3. 効果的な利用

ブロックに海藻を着生させるには、対象地の現状をしっかりと把握

しなければならぬ。物理・化学環境（波浪、流況、水質、濁度、漂砂、浮泥等）はもちろん、生物環境（競合種・食害動物の分布）を把握することが重要である。基本は、波当たりが似た天然礁で海藻の鉛直分布を測定し、対象種の生育水深帯にブロックを設置することである。

次に、藻場の形成に影響を与える浮泥や食害動物の影響を把握する。浮泥が多い場合、堆積しにくいオーバーハング状突起が効果ある。ホンダワラ類やテングサは傾斜を持たせる。浮泥やウニ等が少ない場合、溝付きブロックで稜角部を作るとコンブ科の海藻が付きやすいが、ホンダワラ類は溝の必要はない。ウニが多いと、溝は生息場になるので、海藻を増やすなら溝は避ける。ウニの行動を制するには可能な限り浅い水深とし、波で落ちやすくする。また、食べ残しを増やすために小さな粗度を形成すると良い。植食性魚類が多い場合、魚類を除去するしかないが、小型の海藻であれば、幅数十cmの鉛直の隙間には魚類が入れず、海藻を食べ残し、部分的に海藻が残る。

このように、藻場の形成阻害要因を知り、対応する工夫を講じれば海藻の着生を促進できることがある。ただし、要因や対応策が見つからないこともまだまだ多く、さらなる実験生態学的な検証を進める努力が必要である。

(アルファ水工コンサルタンツ)

ブロック基質面の工夫と配置の工夫

要 因		着 生 促 進 対 象 種		
浮泥	植食性生物	コンブ科	ホンダワラ類	テングサ等の小型海藻
多い	ウニ・巻貝が少ない	突起、オーバーハング	傾斜面がよい	急な傾斜面がよい
	ウニ・巻貝が少ない	溝付きブロック	上向きの平坦な面がよい	光が当たる面ならよい
少ない	ウニ・巻貝が多い	平坦な面、高上げ、mm～cmのオーダーの凹凸	高上げ、mm～cmのオーダーの凹凸	高上げ
	魚類が多い	?	?	隙間を有する鉛直面

山内 信・木村 創・高橋芳明：ヒジキ漁場造成の取り組み支援

はじめに

和歌山県の田辺湾奥部に位置する新庄漁協地先ではヒジキの生育がみられなくなり、漁業者自ら母藻の移植などの取り組みを行ってきた。しかし、十分な成果をあげることができなかったことから、水産試験場では、漁業者による取り組みを支援するため、ヒジキの生育に対する①波浪条件、②造成適水深、③磯掃除の効果について検討を行った。また、これらの結果を基に造成予定範囲を決定し、漁業者による磯掃除、卵の供給を実施することで、ヒジキ漁場造成を試みた。

1. 造成条件の検討

①波浪条件：2006年5月30日に新庄漁協地先の岩礁域

4カ所に、スポアバッグを設置した。また2006年7月19～20日に石膏ボールを設置して各区の平均流速と発芽体数の関係を求めた。その結果、平均流速は $24 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ から $10 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ の違いが認められ、値が高い場ほどヒジキの発芽体数が多かった。また、 $10 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ では11個体と少なかったことから、これよりも強い流速が必要であると考えられた。

②造成適水深：2006年3月22日、種苗を着生させたブロック（ $10 \times 10 \text{ cm} \times 16$ 個）を基準水面+30 cmから-90 cmの30 cm間隔5水深に設置し、生残状況を4月と7月に観察した。その結果、基準水面0 cmと+30 cmのブロックでは良好な生育が認められ、-30 cmから-90 cmでは全ての発芽体が消失したことから、造成位置は基準水面以上とすべきことが判った。

③磯掃除の効果:2006年5月30日,1m×2mの試験区を4ヶ所(①と同所)設け,うち1m²からは全ての海藻類・底棲動物を除去する掃除区と残り1m²の無掃除区を設定し,発芽体数を7月に確認した結果,4試験区の全てで,掃除区の方が多く,無掃除区の約10倍以上の発芽体が認められた。また,1ヶ月毎に両区での生育状況を追跡した結果,いずれも掃除区で良好な生育を示した。

2. 漁業者による漁場造成の取り組み

1で明らかになった結果に沿って,2007年5月16日に漁業者による漁場造成を実施した。区域は,造成条件を検討した4区のうち,ヒジキ幼芽の発芽状況が良好なSt.1~3の周辺とし,基準水面を下限として帯状に1mの幅で,合計約100m²の磯掃除を行った。スポアバッグは2m間隔に1kgの母藻を入れ,合計50kgを設置した。その結果,2007年7月31日にはヒジキ発芽体が確認され,波当たりの強い場所で多く,1m²あたり2,000個体以上の場所も認められるなど,良好な結果が得られた。

(和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場)

安藤 亘：スポアバッグの効果的発現を目指して

藻場造成では,石材やブロックを海中に設置し,新たな藻場形成を創出してきた。しかし,藻場を形成する海藻類は生き物であるから,想定通り藻場が形成されないことがある。この理由のひとつには,設計は詳細であっても,施工後,自然任せにしていることが挙げられる。例えば,道路では,切り土の法面保護を目的に種子吹き付け工などを行なっている。これは,雨水による侵食を防止し,法面表層部の崩落を防ぐため,道路機能の確保を手助けする対策である。藻場造成においても基質の設置で完了するのではなく,藻場形成を手助けする工法が必要と考える。このひとつの手法として,スポア(=胞子)バッグ(=袋)法がある。スポアバッグ法は,成熟した海藻を,基質の上に吊し,袋から胞子や卵などを周辺に飛散させることで海藻の加入を促進させるものである。構造が単純で誰でも作ることができる。このため,磯焼けの要因を特定する簡易試験や磯焼け対策でも使われている。

スポアバッグ法は,①母藻の採取,②海底からの高さ,③新しい基質の設置(あるいは着生面の刷新),④食害底生動物の駆除,⑤配置間隔に留意することで効果的発現が期待できる。袋の中では海藻の長期保存は難しいので,できるだけ使用直前に採取する。成熟時期は,海域によって概ね決まっているが,

実際に袋に入れる際には,コンブ類では葉体表面の斑点(子嚢斑)の濃い葉を,ホンダワラ類では,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ばなければならない。さらに,ホンダワラ類の場合は雌雄異株の種類はそれぞれを混ぜる必要がある。また,新しい基質の出現は,別の海藻や動物にも着生チャンスを与えるので,これらの着生を抑制させ遷移を速める意味では早めにスポアバッグを設置し,基質に多く着生させる必要がある。基質に多く着生させるには,袋を海底面からあまり離さない方が効果的である。ただし,袋の高さを低くすると拡散範囲が狭くなる。ホンダワラ類の卵を1mの高さから放出すると,成熟期の弱い流れであれば6mの範囲ぐらまで到達すると試算できる。しかし,十分な密度で新規加入を期待するのであれば半径数m以内が適用範囲と思われる。

この他,スポアバッグの網目や材質,単位面積あたりの設置数,袋に詰める海藻量など考えることはいろいろあるが,これらは,規模(面積),費用,労力,実施日数から調整する方が妥当である。最近,新しいタイプのスポアバッグ法の実用開発も行われている。

(社団法人 水産土木建設技術センター)

中嶋 泰：藻場回復への小さな工夫

磯焼けで荒廃した磯根漁場に藻場を回復させる取り組みが,日本各地で行われている。その主体は地域の漁業者になりつつあり,「豊かな磯根を子供達に残そう」という切なる願いが原動力となっていることが多い。藻場回復を目指している漁業者自身が行える「小さな工夫」とその考え方について,幾つか紹介した。

1. 瀬切り

ウニの食圧が高い海域では,ウニを除去し,ウニフェンス(以下「フェンス」と呼ぶ)で囲み,再侵入を防ぐことで藻場を回復できることが知られている。しかし,除去区の全周をフェン

スで囲んだ場合,面積に比例して労力と経費が増大するため,広域で実施されることは稀である。フェンスを効率的かつ経済的に展開できる,「瀬切り」と呼んでいる手法がある。フェンスを海岸線と直交方向に2本のみ設置するものであり,例えば海底勾配が1/10で沖が水深10mから砂地となっている海岸の場合,フェンス1本の長さは100mとなる。ウニがあまり移動しない砂地にはフェンスは設置しない。漁業者達のウニ除去能力に応じて,除去区の広さを調整でき,また,翌年以降フェンスを左右に移動することにより,少ない追加経費で除去区の拡大が可能である。

2. 移植籠の軽量化

ウニを除去する場所には海藻類は非常に少ないので、積極的に母藻等を移植する必要がある。そして、そのために数 m 大の移植籠を載せた大きなコンクリート製の藻礁を製作・設置する工事が行われる。しかし、移植籠を小型化し、土嚢等を重石にした軽量化を図れば、漁業者でも容易に設置・移動が可能となり、藻場回復の状況に応じて籠の配置を順応的に変えることができるようになる。

3. シードバンク

藻場の回復は、ホンダワラ類やアラメ類などの大型海藻を主な対象にしているといって過言ではない。しかし、藻場は

本来、多種多様な下草（小型海藻）も混生する場であり、その回復には下草も併せて移植することが望ましい。魚類による食圧が高い海域では、下草が回復することにより、大型海藻の幼芽が食害から保護される可能性が高い。下草の効率的な移植方法はあまり知られていないが、陸上の植栽で行われているシードバンク（シード＝種、バンク＝銀行）という考え方が、下草の移植に応用できる。その方法とは、下草が生えている石をそのまま予定地に投入する簡単な方法である。投入した石に着生していた様々な下草の中から、その場の環境（水深・波浪など）に適した種が優占し、自然に拡大する。この方法が、今後の藻場回復の手法の1つとして、積極的に行われることを期待する。

（オフィス MOBA）

佐藤昭人：磯根資源と藻場生態系の順応的管理

1. はじめに

平成 19 年度から始まる「新たな漁港漁場整備長期計画」策定に向けて、「漁港漁場整備にかかる有識者委員会」が設置され、今後の課題や取組の方向等について平成 18 年 3 月に提言を受けた。その提言の中に順応的管理手法の導入に関して以下のように提言がなされている。「漁場整備において懸念される自然環境や生物の相互作用の変化等にも適切に対応するため、事業実施の途中段階または完了後の段階においてモニタリングを継続的に実施し、その結果に応じて事業のあり方を見直していく、いわゆる「順応的管理手法」を取り入れた整備手法を漁場整備事業に導入していくことが重要である。

これら提言を踏まえ、平成 19 年 6 月に見直された「漁港漁場整備事業の推進に関する基本方針」に順応的管理手法の導入を位置付けるとともに、平成 19 年度より「磯焼け対策緊急整備事業」をまた平成 20 年度より「資源回復支援基盤整備事業」を創設する等により、事業実施後もモニタリングへの支援等が可能となる施策を講じているところである。

2. 順応的管理手法について

水産基盤整備における順応的管理手法についての考え方を記しているガイドライン等として、「効果的な漁場造成・管理のあり方（H18.3）」、「磯焼け対策ガイドライン（H19.2）」、「干潟生産力改善のためのガイドライン（H20.2）」等がある。これらガイドライン等における順応的管理手法に関する記述は、望ましいあり方の大枠を示しているものである。特徴としては、不確実性の要因として自然的要因とともに人為的要因も盛り込んでいること、より事業の効果が発現する視点から導入していること等が挙げられる。

3. 生態系モデルと順応的管理

最近様々な生態系モデルの調査報告を聞く。複雑な生態系の本質の一端を知る貴重な手段の一つに成り得る。生態系モデルの活用と順応的管理手法は相反する取組の面を有するが、特にその複雑さゆえ未解明な部分が多い沿岸における生態系の評価について、藻場を含めた水産資源の生活史、競合種、生息環境等の関連する要因の一部を生態系モデルの活用等により、総合的あるいは科学的に捉え、本質に少しでも近づけて、より確実性の高い順応的管理の取組が実現する可能性がある。

4. 藻場生態系と関連した磯根資源管理

今回の話題提供では、主に今後の磯根資源や藻場生態系の順応的管理のあり方に関しての問題提起の一端となるように、三浦半島のアワビの資源回復に関連する神奈川県水産技術センターを始めとする関係者の様々な調査研究の取組事例を紹介するとともに、私見ながら藻場生態系の中のアワビ資源の順応的管理の可能性を探った。

5. おわりに

昨年には、「磯焼け対策ガイドライン」を取りまとめて、全国に普及している。ガイドラインの主眼に、藻場の管理が置かれている。水産庁で行ったガイドラインや藻場のモニタリング等に対するアンケート調査でも、本シンポジウムのテーマである「藻場を見守り育てる知恵と技術」特にモニタリングに対する取組の強化や支援の充実の要請が強くなる。磯焼け対策や藻場の保全・創造に向けた取組の推進を目的とした「磯焼け対策全国協議会」では、このような要請を踏まえた活動を引き続き行っていく予定である。

（水産庁漁港漁場整備部整備課）