

豊かな沿岸域創造検討会とりまとめ

1 目的と経緯

藻場は良好な沿岸環境を保全する上で重要な役割を果たしているとともに、生物多様性の維持にも貢献している貴重な場所であるが、その消失や衰退が各地から報告されている。今後、豊かな海づくりに向けた市民参加の活動等により、その保全を図って行くためには、藻場の分布域やその変化を適切に把握することが必要である。

近年、人工衛星により得られた高解像度の画像を活用して、藻場の分布域を把握する手法が開発されていることから、(公財) 環日本海環境協力センターでは、このリモートセンシングを活用し、富山湾の藻場の分布域等について平成 24 年度から 3 か年にわたり調査してきた。

本検討会では、この調査方法や結果について検討するとともに、富山湾の藻場の現状や保全活動の状況に関する知見を整理したので、ここにとりまとめるものである。

2 藻場の種類

藻場とは、「沿岸の浅海域に海藻または海草が繁茂している群落（場所）」のことを言う。

海藻：藻場を構成するのは大型の藻類で、孢子によって繁殖し、主に褐藻類、紅藻類、緑藻類に分けられる。岩礁域に繁茂する。

海草：海中で花を咲かせて種子を形成して繁殖する顕花植物（アマモ類）のことを指す。主に砂泥域に繁茂する（一部の種は岩礁域に繁茂する）。

藻場に生える植物の種類により、藻場にはいくつかの種類が存在する。

ガラモ場：アカモク、ヤツマタモク、ノコギリモクなどのホンダワラ類（褐藻類）

コンブ場：コンブ類（褐藻類）

アラメ場・カジメ場：アラメ、カジメ、クロメなど（褐藻類）

テングサ場：マクサ、オバクサなどのテングサ類（紅藻類）

アマモ場：アマモ、コアマモ、タチアマモなどのアマモ類（顕花植物）



ガラモ場



アマモ場

海藻は、その生活史のサイクルにより単年生と多年生の海藻に分けられ、種により異なる。

単年生：発芽から1年以内に孢子や卵などの生殖細胞を放出して、枯死する（アカモク、ワカメなど）。

多年生：複数年の寿命を持つ（マコンブ、アラメなど）。

また、海草のアマモについては、単年生（一年生）と多年生の存在が知られている。

単年生の海藻では毎年藻体の更新が行われるが、多年生の海藻でも繁茂時期と衰退する時期が見られ、季節的な消長が存在する。日本周辺では多くの海藻が春から初夏に最もよく繁茂し、夏場に藻体の一部が枯死流出することにより、藻場が季節的に衰退する。

3 藻場の役割と重要性

＜藻場の役割＞

- （二酸化炭素の吸収） 光合成により二酸化炭素を吸収し、生物の生存に必要な酸素を放出する。
- （水質浄化） 窒素やリンなどの栄養塩を吸収し、富栄養化を防止する。
- （生息場所の提供） 魚介類の産卵場や幼稚仔の成育場となっていることに加え、様々な生物に生息場所を提供し、生物多様性の維持に貢献している。また、流出した海藻の一部は、流れ藻として新たな空間に生物の生息場所を創出する。
- （海岸の保全） アマモ場では、地下茎と根により底泥を固定して海底地盤の安定化を図るとともに、波浪を緩衝することにより海岸の保全に貢献する。
- （食物の供給） 海藻は生息する魚介類に餌として利用されるほか、一部の海藻は漁獲され、水産資源として人間に利用される。
- （環境学習の場の提供） 藻場に生息する生物の観察等を通じて、自然体験活動や環境学習の場を提供する。



藻場の役割

＜藻場の重要性＞

- ・ 地球上の様々な生態系サービスの経済的価値を算出した Costanza ら（1997）によると、沿岸域の藻場・干潟の生態系サービスの経済的価値（1.9-2.3 万ドル/ha/年）は、熱帯雨林（0.2 万ドル/ha/年）や河川・湖沼（0.8 万ドル/ha/年）の値よりもはるかに高く、地球上でトップクラスであると見積もられている。
- ・ 2009 年に国連環境計画が発表した報告書では、海の生態系に吸収される炭素（二酸化炭素）をブルーカーボンと呼び、産業革命以来、人類が産業活動などで作成した二酸化炭素の約 3 割（1,550 億トン）が、藻場を含めた海の生態系に吸収されているとされており、地球温暖化に影響する炭素循環の観点からも重要と考えられる。

4 藻場衰退の要因

藻場は全国各地で衰退・減少傾向にある。なぜ藻場が衰退・減少したのか、その原因が明らかとなっていない場合も多くあるが、その原因として以下のようなもの等が挙げられている。

- ・埋め立てなどによる浅海域の喪失
- ・植食性動物による食害（ウニ、サザエ、植食性魚類などによる摂食）
- ・海況の変化（冬季または夏季の高水温などによる生育不良）
- ・栄養塩の欠乏（海藻の生育に必要な窒素・リンなどの不足）
- ・海底基質の埋没（漂砂や浮泥の堆積）
- ・透明度の低下（光合成の阻害）



藻場衰退の例

岩礁性の藻場が衰退・消失する現象は「磯焼け」と称され、近年、問題となっている。

「磯焼け」

浅海の岩礁・転石域において、海藻群落（藻場）が、季節的消長や多少の経年変化の範囲を超えて著しく衰退または消失して、貧植生状態となる現象のことを指す。

磯焼けが発生・継続する仕組みは、①海藻が植食性動物に食べられる、②海藻が枯れる、③海藻が芽生えなくなる、のいずれか、もしくはこれらの組み合わせによる。

5 富山湾の藻場の状況

富山県沿岸には、緑藻類 40 種、褐藻類 80 種、紅藻類 180 種の合計約 300 種の海藻が分布することが報告されている。

富山県における海藻類の漁獲量は、1970 年代には 500 トンを超えることもあったが、その後は徐々に減少し、2001 年以降は 100 トン以下で推移している。漁獲の主体を占めるのはテングサ類であり、これ以外に近年では冬季にアカモク、春季にクロモ、ワカメ、夏季にイシモズクなどが漁獲の対象となっており、資源として利用されている。

富山県沿岸では、これまで県水産研究所（水産試験場）による藻場の調査研究が行われてきた。2001 年と 2011 年に行われた富山湾漁場環境総合調査では、航空写真を用いた富山県沿岸の広域的な藻場の分布域調査が実施され、藻場面積はおよそ 1,000～1,100ha 程度と見積もられている。県西部と東部に大きな藻場が存在し、市町別では氷見市、入善町、朝日町、魚津市、高岡市沿岸の藻場面積が大きいと推定されている。

砂泥域に形成されるアマモ場は、県西部の氷見市から高岡市の沿岸にかけての水深 5～15m 付近にほぼ分布が限られている。褐藻類のホンダワラ類で構成されるガラモ場は、主に県西部と東部の藻場で発達する。紅藻類のマクサ等で構成されるテングサ場や、緑藻類のアナアオサや褐藻類のワカメなどその他の海藻で主に構成される藻場が、滑川市や魚津市の沿岸で認められている。

富山県沿岸のいくつかの藻場において、分布域の衰退が報告されている。魚津市青島地先、滑川市中川原地先、高岡市雨晴地先および氷見市藪田地先においては、テングサ場の衰退が認められており、その要因として海域の静穏化や浮泥の堆積による可能性が指摘されている。

6 富山県における藻場の保全活動

富山県沿岸各地では衰退した藻場を復元したり、新たな藻場を造成したりするために、様々な団体により保全活動が進められている。

- ・ 氷見市水産多面的機能発揮対策協議会：各地先に調査定点を設け、海藻の繁茂状況のモニタリングや、母藻（主にマクサ）の設置、ウニの食害を防ぐためのフェンスの設置を継続的・定期的に行っている。これ以外にも、食害生物の除去や、浮泥や無節サンゴモを除去するための岩盤清掃も実施している。
- ・ 射水市豊かな海を愛する会：構成員の一つである NPO 法人富山湾を愛する会が中心となり、海老江の人工リーフ（潜堤）において藻場の造成試験を継続的に行っている。ホンダワラ類をはじめ複数種の花藻について母藻や種苗の移植を行うとともに、食害生物の除去を実施している。またリーフ内側では、氷見高校と連携してアマモの移植や播種が試みられている。
- ・ 滑川高校海洋科海洋クラブ：上市川河口の高月海岸において海藻（テングサ、アマモ、ホンダワラ類）の移植を行い、継続的にモニタリングや食害生物の除去を行っている。
- ・ 魚津漁場環境保全会：海藻の付着基質となるブロック（1m 四方のコンクリート製）に、ワカメやホンダワラ類など様々な海藻の種苗を付着させて、魚津地先の水深 5m 付近に多数設置し、海藻の繁茂状況について継続的にモニタリングが行われている。また、海藻を摂食するウニを除去したところ、その数は激減した。経田にある県東部唯一のアマモの生育場所においては、栽培した種苗の移植を実施し、小規模ながら分布域の拡大を確認している。
- ・ 豊かな海づくり黒部協議会：生地地先における海中モニタリングや海底堆積物の除去を実施している。

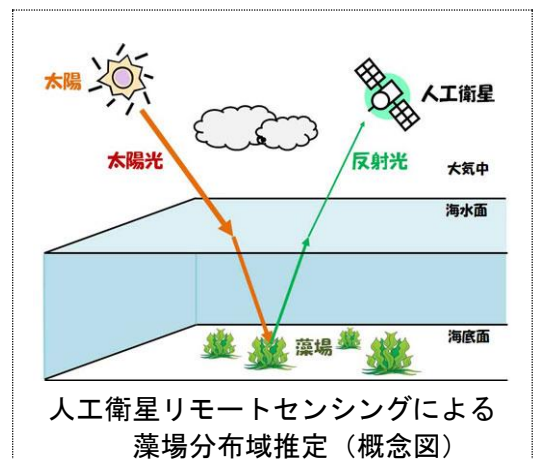


ウニ（食害生物）の駆除作業

上記に加え、海洋環境教育の一環として、氷見高校や魚津漁協において採取されたアマモの種から、県内の小学校においてアマモのポット苗を生育する「豊かな海づくり子ども教室」が実施されている。児童が育てた苗は、ダイバーにより富山湾の各地先の海に移植される。

7 人工衛星リモートセンシングを活用した藻場分布域調査

- ・ 藻場を保全して行くためには、藻場の分布域の変化を継続的にモニタリングする必要がある。
- ・ 藻場の分布域を正確に把握するためには、潜水や水中カメラにより直接観察する方法から、サイドスキャンソナーなどを用いた音響学的手法、さらには航空空中写真や人工衛星画像を用いた光学的手法があり、それぞれに長所や短所がある。
- ・ 人工衛星リモートセンシングでは、空間的に広範囲のデータ取得が可能であることや、既を取得された画像データ（アーカイブデータ）の利用が可能であることに加え、近年では青、緑、赤だけでなくさらに細分化された波長帯のデータが利用可能となり



情報量が多いなどの優れた特徴がある。

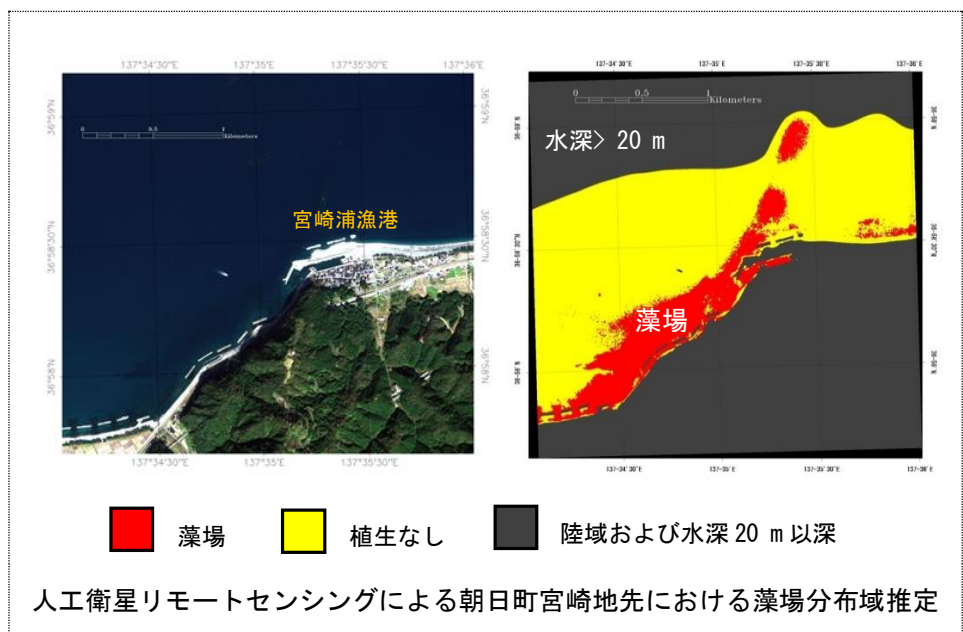
- ・ 富山県沿岸域における藻場分布域についてはこれまでにほぼその範囲が把握されているが、必ずしも詳細な状況が明らかにされていない。そこで本事業では、富山県沿岸における藻場の分布域を詳細に把握するため、人工衛星リモートセンシングを活用した藻場マッピングの手法を富山湾に適用し、平成24年度からの3か年にわたり調査を実施した。
- ・ 人工衛星画像の解析では、水深が深くなるほど水中における光の減衰が大きくなり、画像分類の結果に大きな影響を及ぼすことから、本研究ではこれまでに確立されている2種類の水柱補正（DII（Depth Invariant Index）及びBRI（Bottom Reflectance Index））を施し、水深による影響を排除し得る画像解析手法を採用した。
- ・ 人工衛星リモートセンシングによる藻場マッピングでは、広域的な分布域を一度に把握できるメリットがある一方、藻場を構成する海藻の種類や被度などの生物学的な情報は得られない。したがって、本事業では画像解析を実施した調査区域において潜水調査を実施し、詳細な藻場の状況（種類や現存量）を調査した。また、人工衛星画像の底質分類が正しく行われたか、その精度を検証するために、ピクセル単位で実際の底質データ（藻場、砂地等）と画像分類により推定された底質とを対比する必要があることから、位置情報と関連付けられた現場の底質データを収集した。

8 富山湾リモートセンシング調査事業により得られた成果

- ・ 富山県沿岸の西部（氷見市）、中央部（射水・富山市の一部）、東部（入善町の一部・朝日町）における人工衛星画像を入手し、藻場の分布域を推定した。これにより富山県沿岸の東部と西部に存在する代表的な岩礁性藻場の範囲を明らかとし、2010年2月に撮影された画像からは氷見市沿岸の岩礁性藻場はおよそ190ha、2009年11月に撮影された画像からは朝日町沿岸の岩礁性藻

場がおよそ100haであると推定した。また、2010年2月に撮影された画像から県中央部沿岸の砂浜域に存在する離岸堤や潜堤に付随した藻場を確認した。

- ・ 水中での光の減衰による影響を排除するために、DIIとBRIの2種類の



水柱補正を施して画像の解析を実施した。氷見市や朝日町地先の藻場のように、水深10m前後までの比較的浅い水深帯に藻場が形成されている場所では、DIIにより藻場の範囲をおおよそ推定することができた。一方、入善町沿岸のように水深10~20mの深い水深帯にまで藻場が形成されている場所では、画像分類結果と現場調査により得られた底質データを比較検証したところ、深い水深帯において誤分類が生じていることが明らかとなった。透明度の低い海域においては、DIIを用いた手法では水中での光の減衰による影響を十分に補正できな

いことが指摘されており、その可能性が示唆された。深い水深帯にまで藻場が存在する区域について、BRI 補正を施して解析を行ったところ、誤分類は解消され、深い水深帯の藻場も含めて精度の高い藻場分布域を推定できた。

- 富山県沿岸の主要藻場（西部：氷見市、東部：魚津市・入善町・朝日町）において秋季から冬季に現場潜水調査を実施し、分布する海藻種や現存量を詳細に把握した。氷見市地先ではホンダワラ類が良く繁茂し（1 m²あたりの現存量が 1,000g 以上）、一部でアマモの分布が確認できた。魚津地先ではテングサ類やホンダワラ類が優占したが、海藻の現存量は少なかった。朝日町地先では紅藻類やホンダワラ類が主に繁茂していたが、現存量は調査地点により異なった。入善町地先では浅い水深帯（水深 4~5m）で紅藻類の割合が多かったが、深い水深帯（水深 7~8m）ではホンダワラ類（マメタワラやノコギリモク）の現存量が多く、最も深い水深 14m 付近においてはコンブ目のツルアラメが確認された。なお、ツルアラメは日本海に固有の多年生の海藻で、コンブの仲間には珍しく匍匐枝からの栄養繁殖を行い、水深 35m 付近またはそれ以深にまで分布する特徴を有している。



氷見市地先



魚津市地先



朝日町地先



入善町地先

- 藻場の現場調査に併せて、藻場に生息する生物群の種類や個体数等を調査した。軟体動物（主に巻貝・二枚貝）、環形動物（ゴカイの仲間）ならびに節足動物（ワレカラの仲間）を中心に、県東部の藻場ではそれぞれ 1 m²あたり 100 種類前後の生物が確認された。個体数で優占した分類群は、魚津市の藻場では環形動物（ゴカイの仲間）が、入善町では軟体動物（巻貝）が、朝日町では節足動物（ワレカラの仲間）であった。このように本事業の調査を通じ、

藻場が豊かで多様な生物群集を育んでいることを確認した。

- ・ 本事業では藻場における海藻や生物の調査に加え、海底のごみの調査も実施したが藻場への影響は確認されなかった。

9 残された課題と今後の方向

- ・ 富山県西部と東部沿岸の主要な岩礁性藻場の分布域を明らかにすることができたが、県全域の藻場を把握するには至らなかった。これは、富山県沿岸を撮影した高解像度の人工衛星画像を十分に入手できなかったことに起因する。現状では富山県沿岸を撮影した高解像度の画像は年間で 10 枚程度であり、この中から藻場の繁茂時期に撮影されたもの、雲に覆われていないもの、さらには海水の濁りのない状態のものなど、条件を絞り込んでゆくと、解析の対象となるものは少ない。このように、人工衛星リモートセンシングによる藻場解析を進める上で、解析に用いる好適な画像を入手することが課題となっている。今後も、未解析の区域の画像の入手に努め、県全域の藻場分布の把握に努める必要がある。
- ・ 本事業で藻場の分布を把握した区域については、今後新たに撮影される富山湾の人工衛星画像を解析することにより、藻場分布域の経年変化を把握することが可能である。また、藻場分布域の変化を藻場の保全活動団体に情報提供し、連携して取組みを推進することが期待される。
- ・ 富山県西部の砂泥域に主に形成されるアマモ場については、分布域を明らかにすることができなかった。アマモは比較的深い水深帯にまで繁茂すると考えられ、その分布域に不明な点が多く残されていることから、繁茂時期の画像を入手するとともに、現場調査も併せて実施し、今後その分布域を明らかにする必要がある。
- ・ 海洋環境保全において重要な役割果たす藻場について、県民により知ってもらう必要があることから、本事業での調査結果や検討会における議論を踏まえ、富山湾の藻場の現状に関する冊子を作成し、藻場の保全に向けた普及啓発に努める必要がある。
- ・ 人工衛星リモートセンシングによる藻場推定の手法を NOWPAP 地域へ拡大して適用することにより、広範囲の地域における藻場分布域を解明し、この地域の海洋環境の保全や生物多様性の維持に貢献することが期待される。

参考文献 (情報)

- Costanza R, Arge R, de Groot R, Farberk S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Suttongk P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260, 1997.
- 独立行政法人水産総合研究センター. 海草・海藻 意外と知られていない水中の植物. *FRA NEWS*, 41, 2-17, 2014.
- 独立行政法人統計センター. [漁業・養殖業生産統計年報] 海面漁業魚種別漁獲量累年統計 (都道府県別) 富山(昭和31年~平成24年).
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL02020101.do?method=extendTclass&refTarget=toukeihyo&listFormat=hierarchy&statCode=00500216&tstatCode=000001015174&tclass1=000001034726&tclass2=&tclass3=&tclass4=&tclass5=>, 2015年1月20日.
- 藤田大介. 磯焼け. 21世紀初頭の藻学の現況 インターネット版 (日本藻類学会 堀輝三・大野正夫・堀口健雄 編) pp.102-105, 2002. <http://www.kurcis.kobe-u.ac.jp/sorui/>, 2015年3月16日.
- 藤田大介. 第1章 藻場にはいろいろな変化がある. 藻場を見守り育てる知恵と技術 (藤田大介・村瀬 昇・桑原久実 編) 成山堂書店, 東京, pp.1-10, 2010.
- 藤田大介. 氷見市・高岡市沿岸の海藻と藻場. pp.65. 氷見漁業協同組合, 氷見市, 2001.
- 今尾和正・伏見 浩. 浜名湖におけるアマモ (*Zostera marina* L.) の生態、特に一年生アマモの成立要因. *藻類*, 33: 320-327, 1985.
- Komatsu T. A manual for seagrass and seaweed beds distribution mapping with satellite images. 2015.
- 松村 航. 海の中の森―「藻場」. 富山湾読本 (藤井昭二・米原 寛・布村 昇監修), pp.128-129. 北日本新聞社, 富山, 2012.
- 中山哲厳. 高解像度衛星データを用いた藻場解析. 藻場を見守り育てる知恵と技術 (藤田大介・村瀬 昇・桑原久実 編) 成山堂書店, 東京, pp.96-102, 2010.
- 能登谷正浩. 青森県沿岸のツルアラメ. *日水誌*, 61: 105-106, 1995.
- 寺脇利信・新井章吾・敷田麻実. 藻場回復. 21世紀初頭の藻学の現況 インターネット版 (日本藻類学会 堀輝三・大野正夫・堀口健雄 編) pp.89-91, 2002.
<http://www.kurcis.kobe-u.ac.jp/sorui/>, 2015年3月9日.
- 富山県水産試験場. 富山湾の漁場環境 (2001) ―水質・底質・藻場― 富山湾漁場環境総合調査報告書. pp.174, 富山県漁業協同組合連合会, 富山, 2002.
- 富山県水産試験場. 富山湾の漁場環境 (2006) ―水質・底質・藻場・餌料環境― 平成18年度富山湾漁場環境総合調査報告書. pp.204, 富山県水産試験場, 滑川, 2007.
- 富山県農林水産総合技術センター水産研究所. 富山湾の漁場環境 (2011) ―水質・底質・藻場― 平成23年度富山湾漁場環境総合調査報告書. pp.178, 富山県農林水産総合技術センター水産研究所, 滑川, 2013.
- 富山県水産多面的機能発揮対策地域協議会 (2014) 平成25年度水産多面的機能発揮対策事業 活動レポート, 21pp.
- 佐川龍之・小松輝久・三上温子・青木優和. 衛星リモートセンシングによる藻場マッピング. *月刊海洋*, 41, 605-610, 2009.

水産庁. 藻場の働きと現状.

http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/moba/moba_genjou/, 2015年1月20日.

水産庁. 環境・生態系保全活動の手引き.

http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/pdf/sub391e.pdf, 2009, 2015年1月20日.

社団法人全国漁港漁場協会. 磯焼け対策ガイドライン.

http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hourei/sub79.html, 2007, 2015年1月20日.

横浜康継・相生啓子. II. 藻場調査結果の解析. 第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、サンゴ礁調査)第2巻 藻場. 環境庁自然保護局, 財団法人海中公園センター, 1994. <http://www.biodic.go.jp/reports/4-12/r011.html>, 2015年3月9日.

豊かな沿岸域創造検討会委員名簿

(敬省略、50音順)

役職名	氏名
NPO 法人富山湾を愛する会 理事 富山商船高等専門学校 名誉教授	石森繁樹
国立大学法人東京大学大気海洋研究所 准教授	小松輝久
独立行政法人水産総合研究センター 日本海区水産研究所 資源生産部生産環境グループ長	坂西芳彦
富山県農林水産総合技術センター水産研究所 所長	佐藤建明 (H24,25年度) 若林 洋 (H26年度)
魚津漁業協同組合 参事	浜住博之
氷見漁業協同組合 参事	廣瀬達之