

藻場のモニタリング



藻場の長期モニタリング

◆背景と課題

寺田 竜太

1 ● はじめに

藻場は、海藻や海産顕花植物(海草)によって形成される大規模で高密度な生物群集であり、沿岸生態系における主要な基礎生産の場として機能している。また、藻場は魚介類の生息場や隠れ家、餌場、産卵場となっており、沿岸生態系の生物群集に不可欠な存在である(図1)。

日本は亜寒帯から温帯、亜熱帯に至る南北約3,000 kmの長い国土を有し、太平洋や東シナ海、日本海、オホーツク海などの海に囲まれている。また、暖流と寒流が入り交じり、波浪や潮流などの環境も複雑である。藻場の種類や構成種も各地で異なり、地域に固有の藻場景観がみられる。褐藻コンブ科藻類のコンブ藻場は北海道と東北太平洋岸にみられ、高密度な群落を形成する。ホンダワラ科藻類のガラモ場は全国各地にみられ、立体的な藻場空間を形成する。カジメ科藻類の海中林(アラメ・カジメ場)は本州中南部と四国、九州にみられ、海底に林立するような群落となる。海草類のアマモ場は全国各地にみられ、海底に広がる草原のような景観となる(図2)。

日本には約1,500種の高産植物が知られており、世界的にみても種多様性が高い地域である¹⁻³⁾。しかし、日本各地で藻場の減少や消失が指摘されており、沿岸生態系における種多様性を守るうえで深刻な問題となっている。また、温暖化に関連すると考

えられる藻場構成種の変化や温帯域でのサンゴの増加、藻食生物の分布変動も指摘されており、沿岸生態系そのものが変化しつつある。

藻場をとり巻く世界に何が起きているかを明らかにし、これから起こることを予測するためには、現状を把握し、変化を的確に捉えていくことが求められている。また、絶滅危惧種や固有種、希少性の高い藻場が失われないよう保全し、見守り続けることも重要である。筆者はこの10年間、藻場の現況を全国規模で調査した環境省第7回自然環境保全基礎調査沿岸域調査(以下、第7回基礎調査)に参画するとともに、環境省モニタリングサイト1000沿岸域調査(以下、モニ1000)での藻場モニタリングに取り組んできた。本稿では、これらの調査での知見をもとに、藻場の変化をモニタリングする意義と課題について考えてみたい。

2 ● 藻場を取り巻く環境

藻場を構成する海産植物群落は、さまざまな物理的、化学的、生物学的要因によって影響を受け、成立している。光合成生物として光や温度に強く影響を受けるだけでなく、底質や波浪といった物理的要因、栄養塩、魚類やベントスによる被食など、さまざまな要因によって制限されており、要因の構成や程度が変化するだけで藻場の盛衰に直結する⁴⁻⁸⁾。

四季が明瞭な日本では、季節によって水温が変化し、ブルーミングなどで栄養塩も変化することから、藻場構成種は季節によって繁茂と衰退を繰り返す(図3)。季節性による変化とはべつに、海流の変化や台風の襲来、大雨による土砂の流入、藻食生物による被食など、非季節的(突発的)な要因が藻場に変化を与えることもあり、場合によっては消失に至る。黒潮大蛇行や暖水塊の離接岸などは、数週間か

A review of a long-term survey for seaweed / seagrass communities in Japan

Ryuta Terada / Faculty of Fisheries, Kagoshima University (鹿児島大学水産学部)

Keywords: Algae, Climate Change, Ecosystem, Long-term Survey, Seagrass, Seaweed

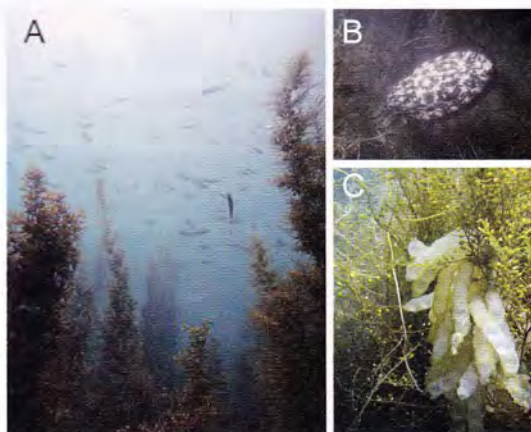


図1 ◆ 生物が生きる空間としての藻場
A: ガラモ場を隠れ家とする魚, B: 藻場で産卵場を探すイカ, C: 産みつけられたイカの卵。

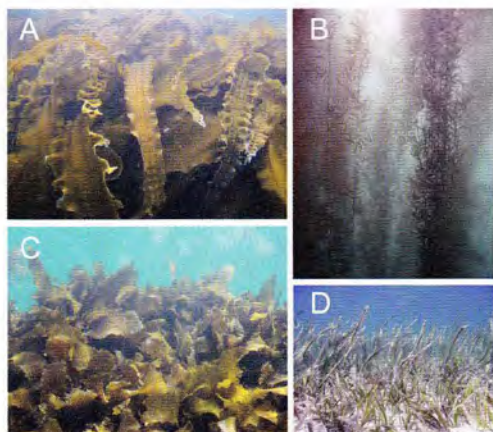


図2 ◆ 日本の代表的な藻場景観
A: コンブ藻場(マコンプ, 北海道函館市), B: ガラモ場(アカモク, 熊本県上天草市), C: 海中林(クロメ, 大分県佐伯市), D: アマモ場(ウミショウブ, 沖縄県竹富町西表島)。

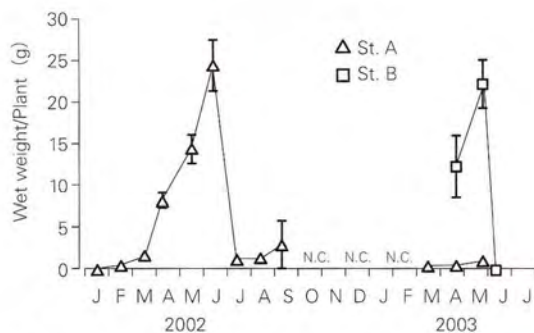


図3 ◆ 薩摩半島南部におけるフタエモクの季節変化
一般に春から夏にかけて成長・成熟し, 夏から秋にほぼ枯死流失する。St. A は 2003 年 3 月ごろに食害その他の非季節的な攪乱要因を受け, 枯死した。攪乱要因を受けなかった近傍の St. B では 2002 年と同様の季節性がみられた。島袋ら³⁷⁾を改変し, 新規データを追加。
Mean = ± S.E., N.C. = not collected.

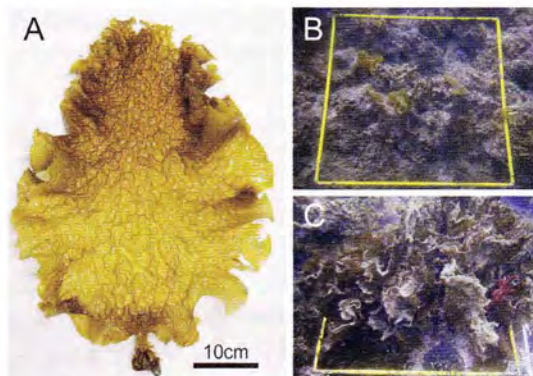


図4 ◆ 九州南部のアントクメ(褐藻コンブ目カジメ科)
A: アントクメ藻体(鹿児島県長島町産), B: 九州西岸におけるアントクメ分布南限群落(鹿児島県いちき串木野市, 2009 年 6 月)。被度 5% 程度で点生する, C: 南限より約 50 km 北に位置する環境省モニタリングサイト 1000 の調査地(長島町, 2009 年 7 月)。被度 80% 程度の高密度群落を形成する。

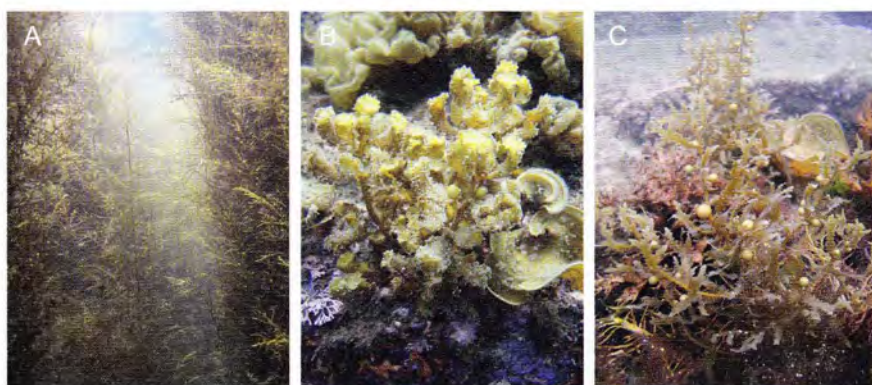


図5 ◆ 鹿児島湾周辺のホンダワラ属藻類
A: ヤツマタモク, マメタワラの高密度群落, B: フタエモク, C: キレバモク。

ら数ヵ月間にわたって影響が持続することもある。藻場は、季節的な要因と非季節的な要因によって不安定な存在であると捉えることができる。

藻場の変化で最も深刻なのは、「磯焼け」とよばれる衰退・消失現象である。日本各地で古くから知られており、1978年以降の30年間で約40%減少したと報告されている⁹⁾。磯焼けは季節性以外の要因で藻場が消失し、数年あるいはそれ以上にわたって持続する。磯焼けは生育環境の変化と生物間相互作用による複合要因とされるが^{10,11)}、主要因は地域によってさまざまである。近年では、魚や藻食ベントスの増加が磯焼けに関与していることも西日本各地で指摘されている^{12,13)}。鹿児島県薩摩半島南部のフタエモク群落でも、食害やその他の要因によって群落が消失した例が報告されている(図3)。

一方、藻場自体はあっても、構成種が変化しつつあることも指摘されている¹⁴⁻¹⁶⁾。とくに、四国太平洋岸や九州、南西諸島にかけては温帯性と亜熱帯性海藻(海草)の分布推移帯に位置し、植生の緯度的変化が著しい。これらの海域には温帯性種の南限群落や、亜熱帯性種の北限群落がみられ、種多様性が高い。しかし、北限や南限の群落は生育限界に近い不安定な環境の中で成立しており、わずかな環境の変化が群落の盛衰に決定的な影響を与えることが懸念されている。

われわれの社会生活が藻場生態系に与える影響も古くから指摘されている。高度経済成長期には、沿岸域の埋め立てなどで各地の藻場が失われてきた¹⁷⁾。また、都市近郊の内湾や閉鎖性の高い海域では富栄養化も問題になり、貧酸素水塊の発生などで生物多様性の低下も深刻である。近年では、浮泥(懸濁粒子)の堆積による藻場の衰退が瀬戸内海等の内湾域で報告されているが、原因については十分に解明されていない¹⁸⁾。移入海洋生物(外来種)の問題も、地域固有の生物多様性をおびやかす現象として危惧されている。海藻類では、東アジア固有種のワカメやタマハハキモク、オゴノリなどが太平洋東部やヨーロッパ周辺で分布を拡大する一方、既知の日本産アオサ類に該当しない種が大阪湾や三河湾にみられたと報告されている¹⁹⁻²¹⁾。

このように、藻場生態系はさまざまな環境要因によって微妙なバランスの上に成り立っている。これらの要因は地球規模での自然環境の変化に起因す

るものから社会活動によるものまで多岐にわたるが、同じように続くとはかぎらない。藻場の変化は背景にある環境要因の変化の指標であり、今後の変化を予測したり、影響を低減させたりするためにも、藻場の状態を的確に捉えていくような取り組みが求められる。

3 ● 藻場の現況と長期変化

藻場の変化を捉えていくためには、定期的な調査(モニタリング)が必要である。しかし、藻場の分布や群落構造、海藻相などに関する知見の蓄積や評価がモニタリングの前に不可欠であることはいうまでもない。藻場の分布や海藻相などについては、各地の研究者がそれぞれのフィールドで調査しているが、全体像については十分に把握されていなかった。第7回基礎調査では統一した調査手法を用い、全国129ヵ所の藻場を2002年から2008年にかけて調査した²²⁾。かつては、地域海藻相に関する調査は大学の修士論文や卒業論文として各地で実施され、標本と知見が蓄積されていた。短期間での業績が求められる現代では、研究面でも資金面でも海藻相調査の実施が厳しくなっており、第7回基礎調査の成果は藻場の状況を把握する貴重な資料として高く評価できる。

第7回基礎調査では、調査対象となった海産植物がおおむね観察された。しかし、藻場が磯焼けなどで消失した場所や、質的、量的に変化した場所が一部にみられた。とくに、温帯性種の群落が亜熱帯性種との混生群落になった場所や、亜熱帯性種に入れ替わった場所もあり、造礁サンゴが形成された場所もあった。

海藻類の分布変動や繁茂状況の変化は、基礎調査以外でもいくつか報告されている。アントクメは小笠原諸島の隔離個体群を除いて本州中南部の太平洋沿岸と九州に分布し、カジメ科藻類で最も低緯度地域に分布する²³⁾(図4)。本種はもともと鹿児島県の種子島まで生育していたが最近10年間の調査で確認されず、南限群落の消失と分布域の北上が示唆されている²⁴⁾。現在確認できる本種の分布南限は薩摩半島で申木野、大隅半島で志布志だが、小型個体がわずかに点生するのみである。また、九州西岸での本種の北限は長らく熊本県天草下島付近といわれてきたが²⁵⁾、近年では長崎県での生育が広く確認

されている²⁶⁾。一方、長崎県野母崎では、クロメの群落が高水温や魚介類の食圧などで衰退し、ノコギリモクなどのガラモ場に変化した²⁷⁾。九州西岸でのクロメの分布南限である天草下島でも生育密度は低く、点生する程度となっている。

鹿児島島の桜島では温帯性種のヤツマタモクやマメタワラの群落がみられるが、鹿児島湾周辺ではフタエモクやキレバモクなどがこの20年間でより多くみられるようになった(図5)。後2種は前2種と異なる体サイズや季節性をもつことから、群落構造などにも変化が起きている²⁸⁾。また、このような構成種の変化は、西日本各地で広く報告されている^{15, 26)}。

海水温の長期変化も指摘されている。気象庁が公表した過去100年間の海面水温は、北海道と東北太平洋岸を除いて全域で上昇しており、100年間で0.7°Cから1.7°C上昇している²⁹⁾。この上昇率は、世界全体や北太平洋全体で平均した海面水温の上昇率(0.51°C, 0.46°C)よりも高い。とくに、1940～1990年は高水温と低水温を周期的に繰り返していたが、1990年以降はほぼ高い状態を維持している。

海水温の長期変化は沿岸域の実測データでも報告されている。栽培漁業施設などは水温を毎日計測しており、過去の水温変化を検証できる場合が多い。鹿児島県栽培漁業協会(現:かごしま豊かな海づくり協会、垂水市)が計測した38年間分の水温を解析した結果、鹿児島湾中央部の冬季水温(2月)は約

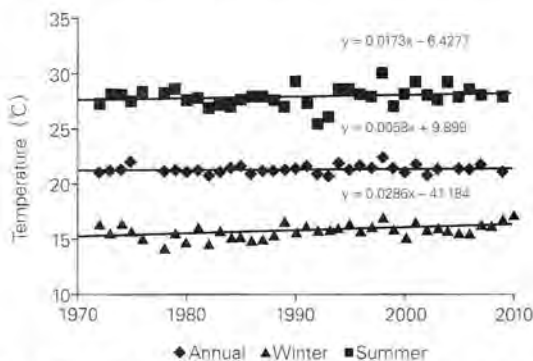


図6 ●鹿児島県栽培漁業協会(当時)が垂水市沖合400 m,水深8 mから取水した水温の長期変化(1972～2010年) 毎日計測した水温データをもとに、年間平均水温(annual)、8月平均水温(summer)、2月平均水温(winter)の経年変化を解析した。土屋ら³⁰⁾を改変し、新規データを追加。

1°C上昇し、回帰直線の回帰係数は0でないことに対して有意性($p < 0.05$)が認められた²⁸⁾(図6)。太平洋に面した水産総合研究センター志布志栽培漁業センター(現:養殖研究所志布志庁舎、志布志市)の長期水温でも、冬季水温において同様の傾向がみられた³⁰⁾。

藻場構成種の変化は、北日本でも報告されている。津軽海峡東部に位置する青森県大間崎では、マコンプ生産量が減少するとともにツルアラメの群落が拡大傾向にある³¹⁾(図7B)。ツルアラメは長崎県平戸周辺から青森県にかけての日本海沿岸に広く分布するが、大間崎では1980年代以降にみられるようになった³²⁾。また、青森県のマコンプ生産量は、冬季水温(1～3月)の影響を受けることが知られている³³⁾。この海域においても、藻場のモニタリングとともに、水温の長期変動を把握することが重要といえる。

4 ● モニタリングの意義と課題

自然環境の長期的な変化や社会構造の変化によって藻場生態系が変化しつつある場合、変化を的確に把握するための定期的なモニタリングと今後の変化を予測する知見の集積が重要である。また、藻場は沿岸域の水産資源を支える存在であり、藻場そのものが資源でもある。地域の水産資源を保全し、持続的に利用するために、水産試験研究機関による藻場のモニタリングや保全、再生(造成)に関する取り組みが各地でおこなわれている。

このようにモニタリングが求められる背景は多様であり、目的に応じてさまざまなプロジェクトが立ち上がっている。環境省のモニ1000では、生態系の状態を長期的かつ定量的にモニタリングすることにより、種の減少、構成種等の変化をいち早く捉えることを目的としている。一方で、水産庁では、環境生態系保全活動支援推進事業を2009年から開始し、沿岸域の住民が地先の藻場を保全・モニタリングする活動を支援している。水産試験研究機関でも個々の研究課題やプロジェクト研究の中で複数年にわたって調査を実施している例が多数あり、事実上のモニタリングになっている。しかし、試験研究の枠組みでのモニタリングは継続性の点でさまざまな問題を抱えており、担当者の異動や事業の終了とともに中止されることも多い。最近では短時間で成

果を求められることが多く、長期的な視野に基づいた事業は厳しい状況にある。

一方で、日本長期生態学研究ネットワーク (JaLTER) のような学際的なサイトネットワークも開始され、藻場生態系の観測が北海道の厚岸湾や兵庫県淡路島で始まっている。国際的な長期観測のネットワークもあり、地球規模生物多様性情報機構等でのデータの共有・連携が期待される。

5 ● どこで、何を見続けるべきか — モニ 1000 の場合 —

温暖化の影響や磯焼け、社会生活による沿岸環境の悪化が今後も持続・進行した場合、藻場の消失や衰退、構成種の変化、種多様性の低下がいつそう危惧される。これらの変化が全国で同時期に同じようにみられるとは考えにくく、まずは局所的な現象として発生すると思われる。そのため、多様な環境ができるかぎり網羅されるように、調査地を全国各地に設置することが求められる。モニ 1000 では日本を6海域に区分し、アマモ場と海藻藻場の調査地を2010年までに計12地点設置した。

温暖化が進行する場合、藻場の変化は植生の推移帯で顕著に表れると思われる。前述のアントクメでは分布南限群落の衰退と南限の北上がみられることから、モニ 1000 では南限近傍の鹿児島県長島に調査地を設置し、モニタリングをおこなっている(図4)。九州に分布南限をもつ海藻・海草は多く、スギモクが福岡県三苫(玄界灘)と大分県姫島(周防灘)、アラメやツルアラメが長崎県平戸周辺、クロメが熊本県天草下島(九州西岸)と宮崎県門川町(九州東岸)、ジョロモクやヤナギモク、トゲモクが天草下島、ノコギリモクが薩摩半島北西部、タマハハキモクが宮崎県宮崎市、ヒラネジモクが宮崎県串間市、ワカメとアマモが鹿児島湾南部を分布南限としている(図7、図8)。これらは、鹿児島湾のアマモを除いてモニ 1000 の調査地に選定されていないが、いずれも今後の変化が注視される種である。さまざまな枠組みの中でモニタリングされていくことを期待したい。

東北地方では、宮城県南三陸町志津川と岩手県大槌町がモニ 1000 の調査地に選定されている。南三陸町はマコンブ(亜寒帯性種)とアラメ(温帯性種)の混生域として選定されており、大槌町はオオアマ

モの分布南限であるとともに、タチアマモの大規模な群落が評価の基準となっている。両町は、2011年3月11日の東日本大震災で甚大な津波の被害を受けた。岩手、宮城、福島県の沿岸域は各地で大規模な藻場がみられる豊かな海である。両調査地とも震災前のデータが蓄積されており、モニタリングの継続によって回復過程が詳細に把握されることを切に願っている。

分布推移帯の南限・北限群落だけでなく、地域の藻場景観を代表する植生も重要と考える。静岡県下田市にはアラメやカジメの大規模な海中林があり、千葉県富津市には東京湾に残存する最大規模のアマモ場がある。モニ 1000 では、地域の藻場景観を代表するこれらの場所も調査地に選定している。

モニタリングの調査地選定に際しては、目的に合致した藻場の評価とともに、調査の継続性も考慮されなければならない。有用海藻が含まれる藻場では、藻場自体が漁業の対象になる場合がある。また、海面の埋め立てや改変の可能性が低い場所であることも重要である。海中公園等の保護水面であれば長期にわたって管轄海面が保護され、漁獲圧も避けることができる。しかし、調査・採集に際しては許認可等のハードルもあり、課題も多い。実際、北海道東部のコンブ藻場をモニ 1000 の調査地として検討したが、調査適地でコンブ漁業のない場所は見つからず、北海道南西部の室蘭に変更した経緯がある。

モニタリングを長期間にわたって実施するには、調査に参画する人材の養成も課題である。モニ 1000 のサンゴ礁調査などでは、趣旨に賛同する愛好家が調査に協力している。モニ 1000 藻場調査では、SCUBA を用いた潜水調査技術と海産植物に関する専門知識が求められるため、調査可能な人材が限られている。調査地近傍で漁業がおこなわれている場所も多く、地元の理解と協力も不可欠である。調査の趣旨や海産植物に関する普及活動を積極的におこない、調査体制を盤石なものにする努力が求められている。

6 ● おわりに

藻場の変化を迅速に把握していくためには、藻場そのものだけでなく、水温や栄養塩、流動、浮泥など、とり巻く環境のデータ収集も重要である。また、現象面を捉えるだけでなく、藻場構成種各種の光や

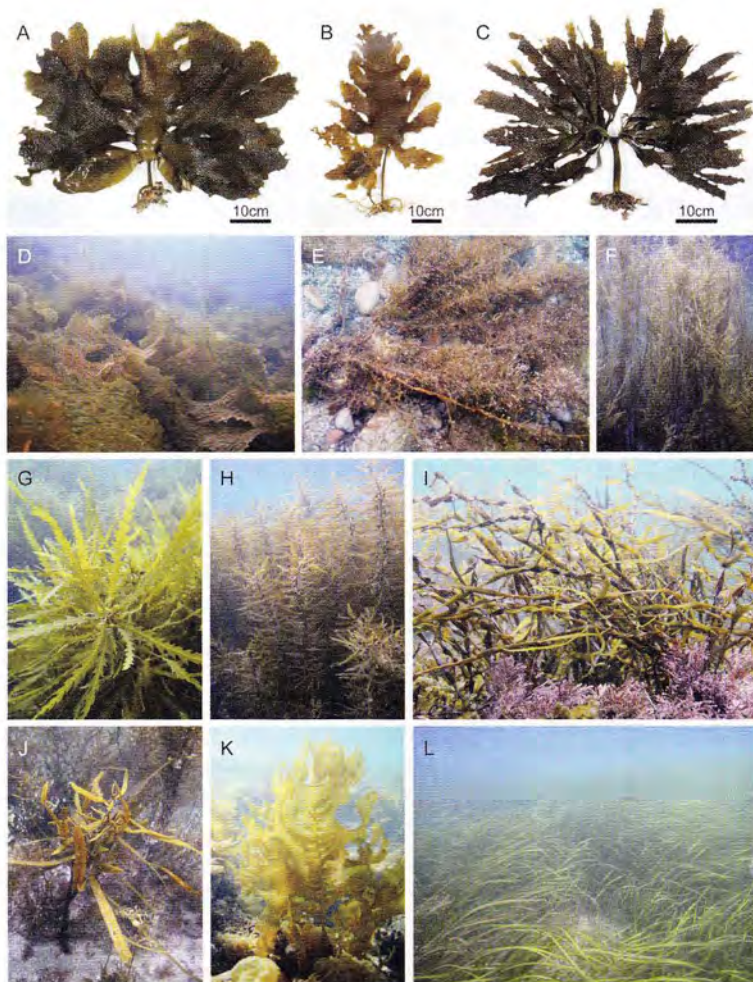


図7 ◆ 九州に分布南限をもつ代表的な藻場構成種

- A: クロメ(佐賀県唐津市産),
- B: ツルアラメ(長崎県平戸市産),
- C: アラメ(佐賀県唐津市産),
- D: アントクメ(鹿児島県長島町),
- E: スギモク(大分県姫島村),
- F: ジョロモク(熊本県天草市),
- G: ノコギリモク(熊本県天草市),
- H: トゲモク(熊本県天草市),
- I: ヒラネジモク(宮崎県串間市),
- J: ヤナギモク(熊本県天草市),
- K: ワカメ(鹿児島県鹿児島市),
- L: アマモ(鹿児島県鹿屋市).



図8 ◆ 九州における主な藻場構成種の分布南限
2000年以降の調査記録と鹿児島大学水産学部収蔵標本、
鹿児島県水産技術開発センター収蔵標本に基づく。

温度耐性など、生理生態の基礎研究も求められる。とくに、群落全体の光合成活性^{34,35)}や貧栄養環境での栄養塩の制限要因³⁶⁾などは未解明の部分が多く残されており、取り組むべき課題は多い。南北に長い日本は、分布推移帯の植生変化を捉えやすく、過去のデータも蓄積されていることから、世界的にみても長期モニタリングの適地といえる。今後もモニタリングを継続することが不可欠であり、産官学あがりの調査・研究体制の拡充が急務であろう。

●引用文献

- 1) Kerswell, A. P.: Global biodiversity patterns of benthic marine algae. *Ecology*, **87**: 2479-2488, 2006.
- 2) 大場達之・宮田昌彦: 日本海藻図譜, 北海道大学出版会, 114 p, 2007.
- 3) 吉田忠生・吉永一男・中嶋 泰: 日本産海藻目録(2000年改訂版). 藻類, **48**: 113-166, 2000.
- 4) 藤田大介: 藻場にはいろいろな変化がある. In: 藤田大介・村瀬

- 昇・桑原久美(編):藻場を見守り育てる知恵と技術,成山堂書店,1-10,2010.
- 5) 村瀬 昇:水温-高水温の影響の現れ方, *In*: 藤田大介・村瀬 昇・桑原久美(編):藻場を見守り育てる知恵と技術,成山堂書店,33-38,2010.
- 6) 村瀬 昇:光-光不足の影響,藤田大介・村瀬 昇・桑原久美(編):藻場を見守り育てる知恵と技術,成山堂書店,38-44,2010.
- 7) 水田浩之:栄養塩, *In*: 藤田大介・村瀬 昇・桑原久美(編):藻場を見守り育てる知恵と技術,成山堂書店,51-54,2010.
- 8) Nishihara, G. N. and R. Terada: Species richness of marine macrophytes correlated to the wave exposure gradient. *Phycological Research* **58**: 280-292, 2010.
- 9) 水産庁:平成20年度水産白書,2009.
- 10) 谷口和也:磯焼けを海中林へ-岩礁生態系の世界-,裳華房,196 p, 1998.
- 11) 谷口和也・長谷川雅俊:磯焼け対策の課題, *In*: 谷口和也(編):磯焼けの機構と藻場修復,恒星社厚生閣,25-37,1999.
- 12) 藤田大介・野田幹雄・桑原久美(編):海藻を食べる魚たち-生態から利用まで-,成山堂書店,261 p, 2006.
- 13) 藤田大介・町口裕二・桑原久美(編):磯焼けを起こすウニ-生態-利用から藻場回復まで-,成山堂書店,296 p, 2008.
- 14) 寺田竜太・田中敏博・島袋寛盛・野呂忠秀:温帯-亜熱帯境界域におけるガラモ場の特性, *月刊海洋*, **36**: 784-790, 2004.
- 15) 平岡雅規・浦 吉徳・原口展子:土佐湾沿岸における水温上昇と藻場の変化, *海洋と生物*, **160**: 485-493, 2005.
- 16) 吉田吾郎:海の砂漠化?—広がる藻場の異変と温暖化-, *In*: 独立行政法人水産総合研究センター(編):地球温暖化とさかな,成山堂書店,121-136, 2009.
- 17) 川井浩史:海藻草類からみた都市沿岸域の水環境とその改善, *In*: 神戸大学水圏光合成生物研究グループ(編):水環境の今と未来-藻類と植物のできるこゝ-,生物研究社,1-20, 2009.
- 18) 吉田吾郎:浮泥の堆積, *In*: 藤田大介・村瀬 昇・桑原久美(編):藻場を見守り育てる知恵と技術,成山堂書店,63-70, 2010.
- 19) Uwai, S., W. Nelson, K. Neill, W. D. Wang, L. E. Aguilar-Rosas, S. M. Boo, T. Kitayama and H. Kawai: Genetic diversity in *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyceae) deduced from mitochondrial genes? origins and succession of introduced populations. *Phycologia*, **45**: 687-695, 2006.
- 20) Kawai, H., S. Shimada, T. Hanyuda, T. Suzuki and Gamagori City Office: Species diversity and seasonal changes of dominant *Ulva* species (Ulinales, Ulvophyceae) in Mikawa Bay, Japan, deduced from ITS2 rDNA. *Algae*, **22**: 221-228, 2007.
- 21) Bellorin, A. M., M. C. Oliveira and E. C. Oliveira: *Gracilaria vermiculophylla*: A western Pacific species of *Gracilariaceae* (Rhodophyta) first recorded from the eastern Pacific Region Sequences. *Phycological Research*, **52**: 69-79, 2004.
- 22) 環境省:第7回自然環境保全基礎調査(海草生態系調査)(藻場調査)報告書,環境省自然環境植生多様性センター,2008.
- 23) 北山太樹:小笠原のアントクメ(褐藻類)について, *藻類*, **58**: 50, 2010.
- 24) 山田竜太・齊野尚子・兒玉昂幸・G. N. Nishihara: 環境変動が海藻アントクメ(コンブ科)のフェノロジーに与える影響, *藻類*, **58**: 41, 2010.
- 25) 瀬川宗吉・吉田忠生:天草臨海実験所近海の生物相, *海藻類*,九州大学理学部付属天草臨海実験所,1961.
- 26) 桐山隆哉・藤井明彦:藻食性魚類による大型褐藻類に対する食害の実態把握に関する研究,水産業関係特定研究開発促進事業報告書,長崎県総合水産試験場,30 p, 2005.
- 27) 吉村 拓:果たして温暖化の影響か?—長崎市における藻場の長期変動, *In*: 藤田大介・村瀬 昇・桑原久美(編):藻場を見守り育てる知恵と技術,成山堂書店,161-167, 2010.
- 28) 土屋勇太郎・坂口欣也・寺田竜太:鹿児島湾桜島におけるホンダワラ属(ヒバマタ目)藻類4種,マメタワラ,ヤツマタモク,コブクモク,キレバモクの季節的消長と生育環境, *藻類*, **59**: 1-8, 2011.
- 29) 気象庁地球環境・海洋部:海面水温の長期変化傾向(日本近海): http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html, 2011.
- 30) 島袋寛盛・樋口福久・寺田竜太・野呂忠秀:鹿児島県志布志湾における褐藻ヨレモクモドキとシロココモクの季節消長, *日本水産学会誌*, **73**: 244-249, 2007.
- 31) 桐原慎二・藤川義一・蝦名 浩・能登谷正浩:青森県大間湾沿岸におけるツルアラメ卓越群落除去後に観察された海藻群落の遷移, *水産増殖*, **54**: 1-13, 2006.
- 32) 能登谷正浩・足助光久:青森県沿岸におけるコンブ目植物の分布, *青森県水産増殖センター研究報告*, **3**: 15-18, 1984.
- 33) 桐原慎二・仲村俊毅・能登谷正浩:下北半島尻尾崎地先のマコンブの生育に及ぼす水温の影響, *水産増殖*, **51**: 273-280, 2003.
- 34) Binzer, T., K. Sand-Jensen and A. L. Middelboe: Community photosynthesis of aquatic macrophytes. *Limnology and Oceanography*, **51**: 2722-2733, 2006.
- 35) Nishihara, G. N. and R. Terada: Measuring primary productivity of *Sargassum* canopies in an open-channel flow-chamber. *Jpn. J. Phycol.*, **59**: 59, 2011.
- 36) Ichiki, S., H. Mizuta and H. Yamamoto: Effects of irradiance, water temperature and nutrients on the growth of sporlings of the crustose coralline alga *Lithophyllum yessoense* Foslie (Corallinales, Rhodophyceae). *Phycological Research*, **48**: 115-120, 2000.
- 37) 島袋寛盛・寺田竜太・外林 純・Gregory N. Nishihara・野呂忠秀:鹿児島県薩摩半島南部における褐藻フタエモク *Sargassum duplicatum* (Fuecales, Phaeophyceae)の季節的消長, *日本水産学会誌*, **73**: 454-460, 2007.

Abstract: "Underwater forest", known as "Moba" in Japanese, is highly dense community of seaweeds and seagrasses, and is recognized as one of the most productive ecosystems in the coastal area. These communities are strongly influenced by a variety of eco-environmental factors such as light, temperature, nutrient, wave motion, grazer, and etc. More importantly, there is concern that continued changes in the coastal environment, caused by climate change and other human activity, may drive the degradation this habitat and result in the loss of biodiversity. This review focuses on elucidating the status of Japanese seaweed/seagrass communities with respect to different environmental characteristics, and discusses the importance of long-term survey to monitor future changes. Indeed, the area of Japanese seaweed/seagrass communities decreased by around 40% in the last 30 years. Many surveys suggest that the species composition of seaweed has also changed in throughout Japan. In particular, subtropical seaweeds have been observed in the transitional area between temperate and subtropical regions of southern Japan. Some research suggests that changes in physical (e.g., temperature and waves), chemical (e.g., nutrient) and biological (e.g., proliferation of herbivores) factors might be accelerating the degradation of these communities in this region. Given these observations, I suggest that seaweed/seagrass communities can be a good indicator to elucidate the changes of the coastal environment, caused by climate change or human activity. Clearly, long-term survey of these communities is strongly needed in order to preserve the coastal biodiversity of this region for the future.