

寺田竜太¹・川井浩史²・田中次郎³・倉島 彰⁴・坂西芳彦⁵・
村瀬 昇⁶・吉田吾郎⁷・横井謙一⁸・中川雅博⁸・佐々木美貴⁸：
環境省モニタリングサイト 1000 における藻場の長期モニタリング

はじめに

海藻や海産顕花植物（海草）は沿岸域における主要な基礎生産者であり、これら的高密度群落である「藻場」は魚介類の餌になるとともに生息場や隠れ家、産卵場として種多様性の高い空間を形成している。日本は亜寒帯から温帯、亜熱帯に至る長い国土を有し、地域に固有の藻場景観が見られる。日本には約 1,500 種の実藻類と海草類が知られており、世界的に見ても種多様性が高い。しかし、日本各地で藻場の減少や消失が指摘されており、1978 年以降の 30 年間で約 40% 減少したと報告されている（水産庁 2009）。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、藻食生物の増加や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（寺田ら 2004, 平岡ら 2005, 藤田ら 2006, 2008, 吉田ら 2009）。人間の経済活動が藻場生態系に与える影響も古くから指摘されており、高度経済成長期以降には沿岸域の埋め立てなどで各地の藻場が失われている。

藻場生態系はさまざまな要因によって微妙なバランスの上で成立している。藻場の衰退や減少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。藻場を取り巻く世界に何がおきているかを明らかにし、これからの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。

モニタリングサイト 1000 沿岸域調査

政府が 2002 年 3 月に策定した新・生物多様性国家戦略では、予防的順応の態度で生物多様性の保全を進めるために、長期間にわたる継続的なモニタリングの実施を基盤的施策のひとつに位置づけた（環境省 2002）。この施策に基づき、重

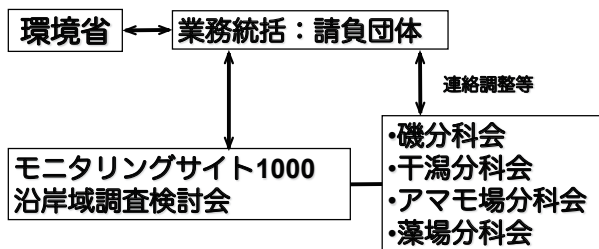


図1 環境省モニタリングサイト 1000 沿岸域調査の実施体制。2007 年から 2011 年の請負団体は、特定非営利活動法人日本国際湿地保全連合（WIJ）。

要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト 1000）が 2003 年から開始された。

モニタリングサイト 1000（以下モニ 1000）は、代表的な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、種構成等の変化をいち早く検出し、適切な自然環境保全施策に資することを目的としている。本事業は、生態系のタイプごとに共通の調査方法を用い、各調査サイトで長期間にわたってモニタリングを継続することを特色としている。これにより、各調査サイトの経年的な生物相や物理環境の変化を明らかにすることに加え、他の調査サイトとの比較も可能になる。モニ 1000 の前に実施された第 7 回自然環境保全基礎調査は、全国の自然環境の状態を網羅的に把握することが目的だったのに対し、モニ 1000 は調査対象を絞り、定点における生態系の変化を定量的かつ継続的に把握する点で異なっている（環境省 2008）。

モニ 1000 は、高山帯から森林、草原、里地里山、湖沼、湿原、海域に至る多様な生物群集を対象としている。約 1,000 地点ある調査サイトのうち、沿岸部を対象とする調査サイトは 200 地点以上になる。海域での調査は、サンゴ礁のモニタリングが 2003 年から先行実施された。その他の沿岸域生態系については、図 1 に示す組織体制が 2007 年に整備され、磯（岩礁潮間帯）や干潟、アマモ場、海藻藻場の分科会において同年に調査方法が検討された。モニタリング自体は 2008 年か

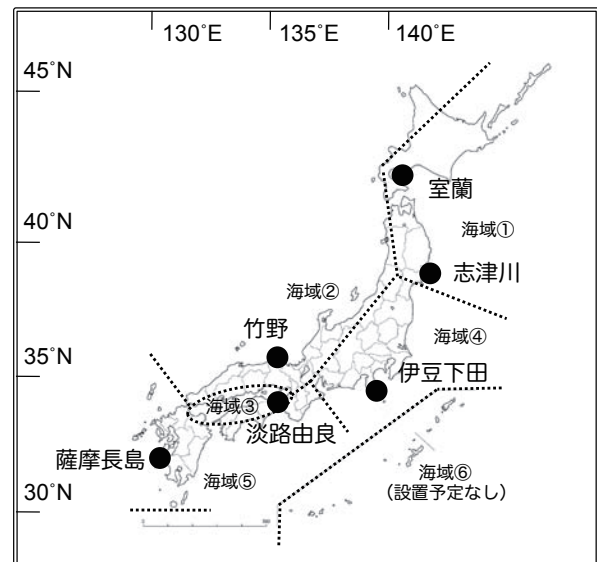


図2 環境省モニタリングサイト 1000 沿岸域調査の海域区分と藻場調査サイト。

ら開始され、現在に至っている（環境省 2009）。

モニタリングでは、多様な生態系が網羅されるように、全国各地に調査サイトを設置することが求められる。モニタリング 1000 沿岸域調査では、緯度勾配と海流等を考慮して全国を 6 海域（①北部太平洋沿岸、②日本海沿岸、③瀬戸内海沿岸、④中部太平洋沿岸、⑤西部太平洋沿岸等、⑥琉球列島沿岸）に区分し、海藻藻場の調査サイトを 2010 年までに 6 地点設置した（図 2）。

調査サイトの選定では、調査が長期間継続して実施可能であることや拠点となる臨海施設等の有無、過去の調査や国際的なモニタリングの参加実績（予定含む）等を考慮した。なお、琉球列島沿岸の海藻藻場はサンゴ礁生態系の一部として成立していることから、海藻のみを対象とする本サイトの設置を見送った。一方、北海道東部から東北地方太平洋岸に至る北部太平洋岸（海域区分①）は、千島海流の影響が北海道と東北太平洋岸で異なることに加え、植生も異なる。このため、北海道室蘭市と宮城県南三陸町志津川にそれぞれ調査サイトを設置した。北海道室蘭市は亜寒帯性のコンブ類、志津川はアラメ（温帯性種）とコンブ類の混生域であることが特徴となっている。

日本海沿岸（海域区分②）では兵庫県豊岡市竹野のクロメ・ホンダワラ類の混生群落を選定し、瀬戸内海沿岸（海域区分③）では大阪湾湾口部に位置する兵庫県洲本市（淡路島）由良のカジメ・ホンダワラ類混生群落を選定した。一方、福島県から三重県にかけての中部太平洋沿岸（海域区分④）では、静岡県下田市のアラメ・カジメ群落を選定した。西部太平洋岸（和歌山県から四国、九州の太平洋沿岸および東シナ海沿岸、海域区分⑤）では鹿児島県長島のアントクメ群落を選定した。いずれも、大学や自治体などの臨海施設の近傍であり、過去のプロジェクトや実習などで調査データが蓄積されてきた場所である。

調査方法

群落構造や種構成を長期にわたってモニタリングするためには、調査方法は平易であることが望ましく、亜寒帯性のコ

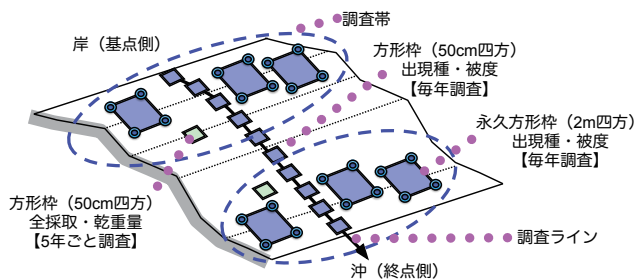


図3 環境省モニタリングサイト 1000 沿岸域調査における藻場調査の模式図。調査はラインセクト調査と永久方形枠の被度調査、生物量の定量調査で構成される。

ンブ類から亜熱帯性のホンダワラ類まで適応できる汎用性の高い方法であることが求められる。海藻の藻場は単一種の純群落である場合もあるが、複数の優占種がパッチ状、あるいはモザイク状に分布することも多い。方形枠を調査の度に無作為に設置して観察する方法では群落の規模に対応した十分な標本数が求められ、不足する場合には対象種の見落としなどが懸念される。本調査では同一対象を長期間にわたって観察することが求められており、対象となる海藻類の大きさも考慮して十分な大きさの永久方形枠を初回の調査で複数設置し、同じ場所の群落を継続して観察することとした。

海藻群落は水深や波あたり、離岸距離等で帯状に分布する（zonation）。永久方形枠の設置に際しては、ラインセクト調査によって zonation を先に把握し、永久方形枠を設置する水深帯・群落を定義した。なお、ラインセクト調査は、藻場全体の種構成や zonation の変化を把握するために、2年目以降も毎年実施している（図3）。

調査測線は、潮上帯（大潮時高潮線）や浅所の岩盤上を基点とし、沖合（または深所方向）に向かって設置している。調査測線の末端（終点）は原則として海藻類の生育限界までとしているが、各調査サイトとも概ね水深 10m 前後となっている。調査測線では、環境条件や海藻の分布状況を考慮しながら、50cm 四方の方形枠を概ね一定間隔で 10 ヶ所程度設置し、枠内に生育する海藻の種類と被度、水深、底質などを観察する。被度の観察は林冠となる優占種に加え、下草となっている小型海藻も観察する。基点と終点の緯度経度と測線の設置方角を記録し、毎年同じ地点の海藻群落の状態を把握するようにしている（図4）。

永久方形枠は、初回のラインセクト調査で定義された水深帯に設置するが、同一水深帯に 3 ヶ所設置し、水深帯

表1 鹿児島県薩摩長島サイトにおける永久方形枠の出現種と被度（2010年7月23日）。+は被度5%未満を示す。

永久方形枠番号	A	B	C	D	E	F
水深 (DL m)	-10.1	-10.4	-9.9	-3.3	-3.4	-4.2
底質	岩塊	岩塊	岩塊	岩盤	岩盤	岩盤
林冠の被度 (%)	100	100	100	80	60	60
下草の被度 (%)	80	80	75	80	65	75
林冠形成種						
アントクメ	100	100	100	80	60	60
下草						
有節石灰藻	20	10	20	10	10	+
無節石灰藻	10	20	10	5	20	30
殻状紅藻	10	5	10	+	+	+
トサカノリ	20	20	20	10	20	5
シマオオギ	10	10		30	5	10
マクサ	10	10	10	+	5	5
ヒラガラガラ	+	5	5			
カニノテ				10		20
ユカリ				5	+	5
ベニヤナギノリ				5	5	+
シワヤハズ				5	+	
フクロノリ				+	+	+
その他	+	+	+	+	+	+

潮高の基準面：平均水面下164cm

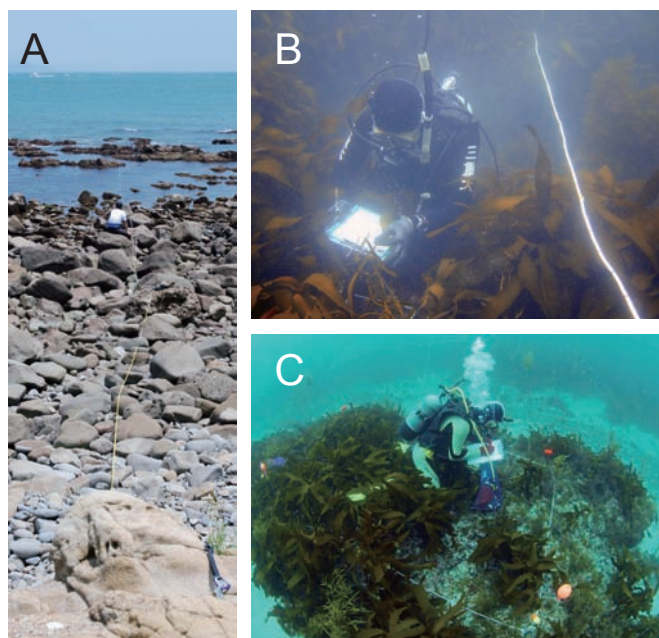


図4 環境省モニタリングサイト1000沿岸域調査における藻場調査風景。A 調査測線の設置（兵庫県洲本市由良）、B 測線上での出現種の被度調査（同左）、C 永久方形枠での出現種の被度調査（兵庫県豊岡市竹野）。

は最大3水深帯まで設けることにしている。永久方形枠は2m四方とし、岩盤等にアンカーボルトや水中ボン드로固定したフックなどの目印を設置している。調査に際しては、枠内に生育する海藻の種類や被度、大型のベントス（ウニやアワビ、ナマコなど）の種名および個体数を記録している。方形枠内の海藻の被度は、林冠を形成する大型海藻とその下層に生育する小型海藻とに分けて、それぞれ記録する。以上の調査を藻場の繁茂期に毎年実施している（図4、表1）。

モニタリングでは、毎年実施する調査項目に加え、生物量の定量調査と海藻相調査を5年に一度実施している。生物量の定量調査では、永久方形枠を設置している水深帯に50cm四方の方形枠を別に設置し、枠内に生育する海藻をすべて採集する。採集した海藻は種ごとに分け、乾重量を測定する。また、海藻相調査では、ライントランセクト調査で観察された代表的な種のリストを作成すると共に、押し葉標本を作成して保管している。

モニタリングの状況

これまでに、宮城県南三陸町志津川と静岡県下田市、兵庫県洲本市由良、同県豊岡市竹野、鹿児島県長島町の5サイトでモニタリングを開始するとともに、2010年8月には北海道で適地調査をおこない、室蘭を調査サイトに選定した（環境省2011、図5）。

南三陸町志津川のアラメの群落では、2008年から2010年の3年間で植生の著しい変化は見られなかったが、当地は

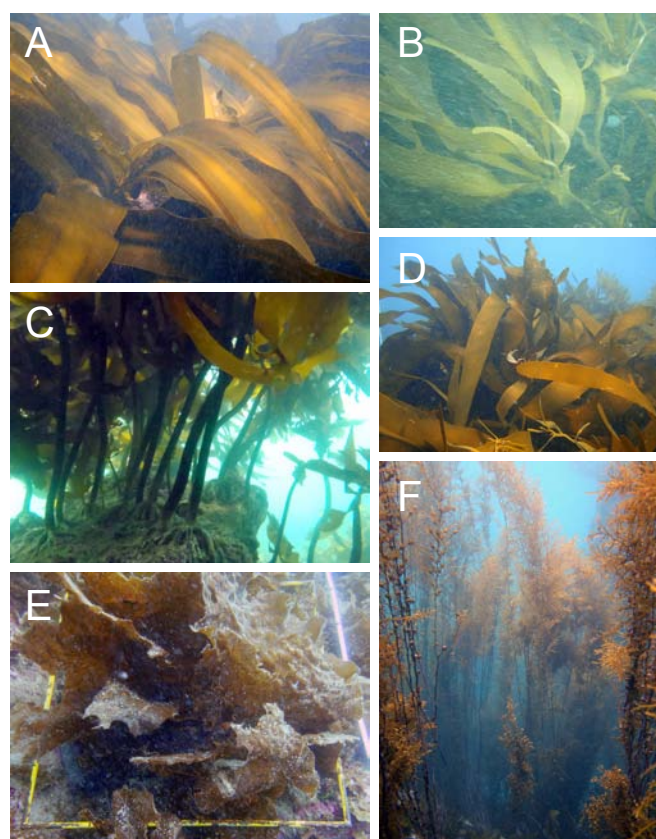


図5 環境省モニタリングサイト1000沿岸域調査で見られた各調査サイトの藻场景観。A 北海道室蘭市のコンブ群落、B 宮城県南三陸町志津川のアラメ群落、C 静岡県下田市のカジメ群落、D 兵庫県洲本市由良のカジメ群落、E 鹿児島県長島町のアントクメ群落、F 兵庫県豊岡市竹野のヤツタモク群落（周辺にはクロメも混生する）。

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。震災後の調査では、葉状部が欠損した個体が見つかったものの、群落の景観に著しい変化は見られなかった。一方で、岩手、宮城両県ではウニやアワビなどのベントスが激減している報道もあり、ベントス生物量の減少が藻場の植生に変化を与える可能性も考えられる。志津川では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沿岸生態系への影響と回復過程が詳細に把握されることを期待している。

下田ではアラメやカジメ、ホンダワラ類の群落がみられ、洲本市由良ではカジメとヤナギモク、豊岡市竹野ではクロメとホンダワラ類の群落がみられた。また、鹿児島県長島ではアントクメが優占し、下草としてトサカノリがみられた（表1）。いずれの調査地も前年と同じ種類が観察されているが、淡路島ではカジメやワカメが繁茂する一方で、ヤナギモクが衰退する傾向がみられており、今後の変化に興味もたれる。なお、適地調査をおこなった室蘭ではマコンブやミツイシコンブ、チガイソなどの群落がみられ、2011年8月の設置が予定されている。

モニ1000の調査結果は各年度ごとに報告されている。ま

た、環境省のモニ1000 ウェブサイト (<http://www.biodic.go.jp/moni1000/index.html>) では、報告書や速報が随時公表されており、詳細についてはこれらを参照いただきたい(環境省2010, 2011a, 2011b)。公表されているデータは、第三者が利用し、研究に用いることも可能である。

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、変化を迅速に把握するための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。試験研究機関でも複数年にわたって調査されている例が多数あり、各地の藻場がモニタリングされている。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。最近では短期間で成果を求められることが多く、長期的な視野にもとづいた事業は厳しい状況にある。モニ1000も事業仕分けの対象になったことがあり、事業の持続性については必ずしも楽観視できる状況にない。

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見られると思われる。モニ1000の鹿児島島長島サイトで見られるアントクメでは、九州西岸での分布域の変化が見られる(桐山・藤井2005, 寺田ら2010)。主要な藻場構成種でも、アラメやツルアラメ、クロメ、ワカメ、ノコギリモク、ヤナギモク、トゲモク、ジョロモクなどが九州を分布南限としている。モニ1000の調査サイトをこれらの分布南限群落にそれぞれ設置することは予算や人材などの制約で難しいが、いずれも今後の変化が注視される種類である。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。

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藻場調査も30名以上の協力者によって実施されているが、SCUBAを用いた潜水調査技術と海藻類・海草類に関する専門知識が求められることから慢性的な人材不足に悩まされており、複数の調査地を受け持つ協力者もいる。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。

おわりに

モニタリングの目的は、今後の変化を予測するための知見の集積といいかえることもできる。そのためには、水温や栄養塩、流動、浮泥など、藻場を取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温度耐性など、生理生態の基礎研究も求められる。南北に長い日本は、分布推移帯の植生変化が捉えやすく、過去のデータも蓄積されていることから、世界的に見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、産官学あげでの調査・研究体制の拡充が急務であろう。

謝辞

モニ1000沿岸域調査の藻場モニタリングでは、30名以上の方々にご協力をいただいた。また、環境省自然環境局生物多様性センターの久保井喬氏(現大船渡自然保護官事務所)、藤田道男氏(現外務省)、佐藤直人氏(現担当)には、藻場分科会や調査においてさまざまなご助言をいただいた。さらに、島袋寛盛氏(現：瀬戸内海区水産研究所)と熊谷直喜氏(現：琉球大学)には、2007年から2009年の当事業においてWIJ担当者としてご尽力いただいた。この場を借りて関係各位に深く御礼申し上げる。

引用文献

- 藤田大介・町口裕二・桑原久美(編)2008. 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。
- 藤田大介・野田幹雄・桑原久美(編)2006. 海藻を食べる魚たち。-生態から利用まで-。成山堂書店。
- 環境省2002. 新生物多様性国家戦略-自然の保全と再生のための基本計画。ぎょうせい。
- 環境省2008. 第7回自然環境保全基礎調査浅海域生態系調査(藻場調査)報告書。環境省自然環境局生物多様性センター。
- 環境省2009. 平成20年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業(モニタリングサイト1000)沿岸域調査業務報告書。環境省自然環境局生物多様性センター。
- 環境省2010. 平成21年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業(モニタリングサイト1000)沿岸域調査業務報告書。環境省自然環境局生物多様性センター。
- 環境省2011a. 平成22年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業(モニタリングサイト1000)沿岸域調査業務報告書。環境省自然環境局生物多様性センター。
- 環境省2011b. 平成22年度モニタリングサイト1000磯・干潟・アマモ場・藻場調査報告書。環境省自然環境局生物多様性センター。
- 桐山隆哉・藤井明彦2005. 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。
- 平岡雅規・浦吉徳・原口展子2005. 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。
- 水産庁2009. 平成20年度水産白書。
- 寺田竜太・齊野尚子・兒玉昂幸・Gregory N. Nishihara 2010. 環境変動が褐藻アントクメ(コンブ科)のフェノロジーに与える影響。藻類58:41。
- 寺田竜太・田中敏博・島袋寛盛・野呂忠秀2004. 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。
- 吉田吾郎・寺脇利信・吉村拓2009. 海の砂漠化?-広がる藻場の異変と温暖化-。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。pp.121-136, 成山堂書店。
- (¹〒890-0056 鹿児島市下荒田4-50-20 鹿児島大学水産学部, ²〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学内海域環境教育研究センター, ³〒108-8477 東京都港区港南4-5-7 東京海洋大学海洋科学部, ⁴〒514-8507 三重県津市栗真町屋町1577 三重大学大学院生物資源学研究所, ⁵〒951-8121 新潟市中央区水道町1丁目5939-22 水産総合研究センター日本海区水産研究所, ⁶〒759-6595 山口県下関市永田本町2丁目7-1 水産大学校, ⁷〒739-0452 広島県廿日市市丸石2-17-5 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所, ⁸〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町3-7-3 日本国際湿地保全連合)