

気候変動適応における広域アクションプラン策定事業
九州・沖縄地域事業

沿岸生態系の気候変動適応マニュアル（最終案）

～生き物がにぎわうサンゴ礁と藻場を未来へ～

令和 5 年 3 月

気候変動適応九州・沖縄広域協議会

はじめに

沿岸域の自然は、そこで暮らしている生き物たちや地形の特徴によって、サンゴ礁、藻場、干潟、砂浜、マングローブ林、岩礁などの幾つかの生態系に区分されます。それぞれの生態系には多様な生き物たちがにぎやかに暮らしており、私たちはこれらの生態系から多くの恵みを受けてきました。この恵みは生態系サービスと呼ばれています。

近年、残念ながらこれらの生き物たちの生活環境が気候変動の影響を受けて悪化してきました。生態系サービスの質や量が減少していることは明白です。

気候変動適応九州・沖縄広域協議会 生態系分科会（沿岸域）では、沿岸域の中でサンゴ礁と藻場を対象とし、気候変動に対する適応を検討し、九州・沖縄地域で実践するためのアクションプランを議論し、マニュアルを策定して悪化した環境に適応したり、回復させたりするためのアイデアを構築します。

この議論をするために私たちに与えられた時間は多くはありません。2022年夏季には沖縄県で再び大規模な白化現象が確認されました。これは水産業、観光業などの多大な影響を及ぼしています。一方、藻場では磯焼け、種組成の変化などが起きており、植物相の変化のみならず、そこで暮らす魚類やエビ・カニ類などの生活にも影響が及んでいます。一刻も早く対策を検討し、実践して生き物たちが賑わう健康的な生態系が見られるように、人間との共存を図ることは喫緊の課題です。

気候変動は全地球的な問題ですので、世界的な議論が活発になる必要があります。そのため目標が設定されていますが、具体的な対策を論じるためには、各国で、あるいは各地域で考えるのが現実的です。「地球規模で考え、足元から行動せよ」と言われ続けてきましたが、どのような成果が得られてきたか、これを機会に改めて反省し、ここでは「足元」を九州・沖縄地域として捉え、各地方公共団体（県・市町村）が連携し、実現可能な方策を考えて実践していくことを目指しましょう。

これらの多様な生態系は独立して存在するものではなく、何らかの形で相互につながっているという事実を認識することも重要です。また陸域とのつながりが顕著な生態系も多く存在します。今回はサンゴ礁と藻場という二つの生態系を対象として議論しますが、両者が混在している地域における対策や、他の生態系における対策についてもヒントが得られるよう工夫します。

アクションプランやマニュアルは議論するだけでは意味がありません。議論した内容を実践し、目標を達成する必要があります。にぎやかに暮らしてきた生き物たちの生活を脅かしているのが人間であれば、多くの恩恵を与えてくれ来た生き物に対して恩返しをするのは人間の責任であることを認識しましょう。

このマニュアルが多方面で活用され、問題の解決につながることを期待します。

気候変動適応九州・沖縄広域協議会 生態系分科会（沿岸域） 座長 土屋誠

目次

第1章 沿岸生態系における広域アクションプラン.....	1-1
1-1 私たちの暮らしと沿岸環境.....	1-1
1-2 気候変動への適応について.....	1-2
1-3 マニュアル作成の背景.....	1-3
1-3-1 気候変動による沿岸域の環境変化.....	1-3
1-3-2 気候変動適応や生物多様性に関する国の政策.....	1-6
1-3-3 マニュアルの趣旨.....	1-8
1-4 適応アクションとは.....	1-12
1-4-1 沿岸生態系における適応とは.....	1-12
1-4-2 沿岸生態系における適応の進め方.....	1-13
1-4-3 九州・沖縄地域における適応アクションと期待される効果.....	1-14
1-5 適応アクションの進め方.....	1-16
1-5-1 期待される各主体の役割と推進体制.....	1-16
1-5-2 考慮・留意する事項.....	1-18
第2章 持続可能な体制づくりに関する適応アクション.....	2-1
2-1 持続可能な取組のための人材・財源確保.....	2-1
2-1-1 適応アクションの概要.....	2-1
2-1-2 人材の確保.....	2-2
2-1-3 財源の確保.....	2-4
2-2 普及啓発.....	2-16
第3章 サンゴ礁生態系の監視および取組に関する適応アクション.....	3-1
3-1 サンゴ礁生態系の現状と課題.....	3-1
3-1-1 サンゴ礁生態系がもたらす生態系サービス.....	3-1
3-1-2 減少・劣化の要因と気候変動影響.....	3-2
3-2 広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握.....	3-8
3-2-1 適応アクションの概要.....	3-8
3-2-2 広域モニタリング実施体制.....	3-11
3-2-3 簡易モニタリングの背景と手法.....	3-14
3-2-4 参考となる既存の広域モニタリング.....	3-26
3-2-5 モニタリング対象ごとの調査項目.....	3-29
3-3 従来の保全再生の取組の継続.....	3-31
3-3-1 適応アクションの概要.....	3-31
3-3-2 サンゴの増殖技術.....	3-32
3-3-3 赤土等・過剰栄養塩の流出対策.....	3-39

3-3-4	オニヒトデ駆除	3-44
3-4	生態系変化に対応した取組の実施	3-45
3-4-1	適応アクションの概要	3-45
3-4-2	日よけ（遮光措置）	3-46
3-4-3	リスキニング－事例紹介－	3-47
3-4-4	高温耐性種の導入－事例紹介－	3-48
第4章	藻場生態系の監視および取組に関する適応アクション	4-1
4-1	藻場生態系の現状と課題	4-1
4-1-1	藻場生態系がもたらす生態系サービス	4-1
4-1-2	減少要因と気候変動影響	4-3
4-2	広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握	4-8
4-2-1	適応アクションの概要	4-8
4-2-2	広域モニタリング実施体制	4-12
4-2-3	簡易モニタリングの背景と手法	4-14
4-2-4	参考となる既存の広域モニタリング	4-24
4-3	従来の保全再生の取組の継続	4-27
4-3-1	適応アクションの概要	4-27
4-3-2	ウニや魚類の食害対策	4-28
4-3-3	海藻のタネ不足の解消	4-31
4-3-4	基質不足の解消、懸濁物質の増加対策	4-33
4-4	生態系変化に対応した取組の実施	4-34
4-4-1	適応アクションの概要	4-34
4-4-2	春藻場の造成	4-35
4-4-3	ウニ類、植食性魚類の有効利用	4-40

第1章

沿岸生態系における 広域アクションプラン

1-1 私たちの暮らしと沿岸環境	1-1
1-2 気候変動への適応について	1-2
1-3 マニュアル作成の背景	1-3
1-3-1 気候変動による沿岸域の環境変化	1-3
(1) 世界の海洋・海岸域の変化	1-3
(2) 日本における沿岸域の変化	1-4
(3) 気候変動影響評価報告書	1-5
1-3-2 気候変動適応や生物多様性に関する国の政策	1-6
1-3-3 マニュアルの趣旨	1-8
(1) 「気候変動適応における広域アクションプラン策定事業」	1-8
(2) 本マニュアルの位置づけ	1-8
(3) 本マニュアルで扱う沿岸生態系	1-9
1-4 適応アクションとは	1-12
1-4-1 沿岸生態系における適応とは	1-12
1-4-2 沿岸生態系における適応の進め方	1-13
1-4-3 九州・沖縄地域における適応アクションと期待される効果	1-14
1-5 適応アクションの進め方	1-16
1-5-1 期待される各主体の役割と推進体制	1-16
(1) 各主体の役割	1-16
(2) 推進体制	1-17
1-5-2 考慮・留意する事項	1-18
(1) 適応アクションを推進する上での考慮・留意点	1-18
(2) 適応アクションを実施する上での考慮・留意点	1-20

第1章 沿岸生態系における広域アクションプラン

1-1 私たちの暮らしと沿岸環境

島国である日本にとって、海は人々の暮らしや文化を支える大切な存在です。特にサンゴ礁や藻場の広がる沿岸域では、私たちは命の糧となる食料を得、外部からの人やものの流通の拠点として利用し、時には信仰の対象として、海とともに生きてきました。

しかし、私たちと海との関係は常に良好なものであったわけではありません。高度経済成長期には、沿岸域の開発による埋立や水質汚染が進み、水産資源の減少などが問題となりました。その後、環境保全がうたわれてからは、各地域での継続的な試行錯誤とたゆまぬ努力により、豊かな海が回復しつつありました。

ところが、近年、再び新たな問題が浮上してきています。人間活動に伴い発生した温室効果ガスは気候変動を進行させ、大雨の頻度の増加や農作物の品質低下、動植物の分布域の変化、熱中症リスクの増加など、さまざまな分野でその影響が顕在化しています。沿岸域においても、サンゴの白化の高頻度化や磯焼けの拡大など、すでに影響がみられている地域もあり、今後、長期にわたり拡大するおそれもあります。



島袋寛盛氏提供

島袋寛盛氏提供

1-2 気候変動への適応について

気候変動に対処し、国民の生命・財産を将来にわたって守り、経済・社会の持続可能な発展を図るためには、原因物質である温室効果ガス排出量を削減する「緩和」と、気候変化に対して自然生態系や社会・経済システムを調整することにより気候変動の悪影響を軽減する「適応」の二本柱で対策を進める必要があります（図1-1）。

気候変動影響によりサンゴ礁と藻場が消滅するとの予測もあることから、「緩和」は今後もより一層重要で、最大限実施しなければなりません。それでも既にみられている、あるいは中長期的に避けられない沿岸域の環境変化に対応するため、「適応」が求められています。

「適応」には、気候変動の悪影響を軽減するのみならず、これまで地域に生育・生息していなかった種類のサンゴや海藻、魚類などが利用可能となるなど、気候変動の影響を有効に活用することも含まれています。



【出典】気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT） 気候変動と適応
https://adaptation-platform.nies.go.jp/climate_change_adapt/index.html

図1-1 緩和策と適応策

1-3 マニュアル作成の背景

1-3-1 気候変動による沿岸域の環境変化

(1) 世界の海洋・海岸域の変化

2019年9月に公表された、海洋・雪氷圏特別報告書（正式名称「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書」）では、観測された海洋に関する気候変動影響として、世界平均海面水位の上昇が20世紀の約2.5倍の速度で進んでおり、これには氷床と氷河の融解や海洋の熱膨張が大きく寄与していると指摘しています。また、今後、極端な水位上昇の頻度が増加し、沿岸の都市や小島しょでは、100年に1回レベルの水位上昇が今世紀半ばまでに毎年のように起こる可能性も指摘されています。

さらに20世紀以降の海洋の温暖化は、海洋生態系にも影響を与え、潜在的な最大漁獲量の全体的な低下に寄与するとともに、人間活動、海面上昇、温暖化、極端な気候イベントの複合的な影響により、沿岸湿地のほぼ50%が過去100年間で失われたとしています。

今後、今世紀末までに温室効果ガスの排出抑制に向けた追加的な努力を行わない場合（RCP8.5シナリオ（コラム（1-4ページ）参照）、食物網全体にわたる海洋生態系のバイオマス（生物の量）は約15%減少し、潜在的な最大漁獲量は約20～25%減少すると言われていきます（RCP2.6の3～4倍）。また、2100年までに世界の沿岸湿地の20～90%が消失するともしています¹。

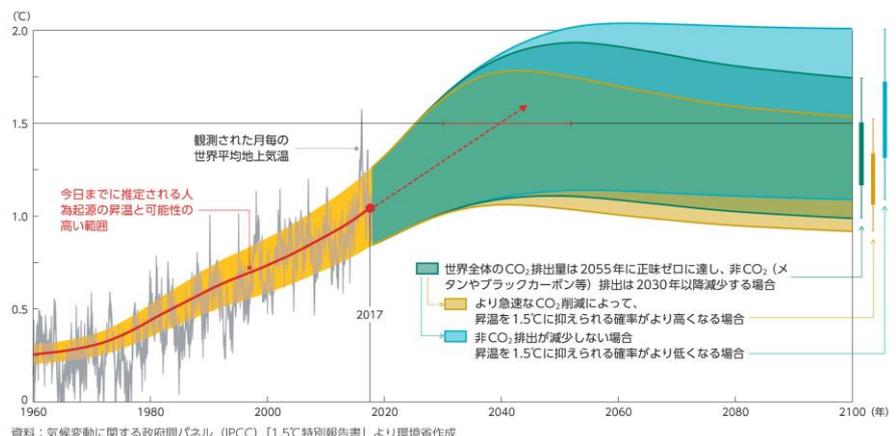
コラム

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による科学的知見の集約

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）とは気候変動問題を議論する際に必要不可欠な科学的知見の集約を目的に、世界気象機関（WMO）および国連環境計画（UNEP）により1988年に設立された気候変動に関する政府間パネルです。

IPCCでは近年、2015年のパリ協定で採択された「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」の目標を受けて、1.5℃の気温上昇に着目した2℃の気温上昇との影響の違いなどをとりまとめた特別報告書を公表しています。

これによると、世界の平均気温が2017年時点で既に約1℃上昇し、現在の度合いで増加し続けると2030年から2052年までの間に気温上昇が1.5℃に達する可能性が高いこと、現在と1.5℃上昇との間、および1.5℃と2℃上昇との間には、生じる影響に有意な違いがあることが示されています。



資料：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）「1.5℃特別報告書」より環境省作成

【出典】気候変動に関する政府間パネル（IPCC）「1.5℃特別報告書」

コラム

RCP シナリオについて²

国連の IPCC の第 5 次評価報告書では、これからの 100 年間でどれくらい地球の平均気温が上昇するかを 4 つのシナリオ (RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5) を提示して予測しています。

地球の平均気温の上昇は大気中の温室効果ガスの濃度に比例して上昇するものです。RCP とは Representative Concentration Pathways (代表的な濃度経路) の頭文字で、続く数値は世紀末の放射強制力 (2.6W/m² など) を示しています。数値が高いほど温室効果ガスの濃度が高く、温暖化を引き起こす効果が高いことを示します。最も気温上昇が低い RCP2.6 では、直近 (基準期間 1986 年～2005 年の平均) に比べて 2100 年に 0.3℃～1.7℃の気温上昇が予測されています。ただし、パリ協定では「地球の平均気温の上昇を産業革命の前と比べて 2℃未満に抑える」ことが求められており、産業革命前 (1850～1900 年までの平均) から直近までの気温上昇 (0.61℃) を上乗せした上での評価が必要です。

従って、この 4 つのシナリオは、RCP2.6 が産業革命前に比べて 2℃程度、そして一番高い RCP8.5 が 4℃前後の上昇が見込まれるシナリオということになります。

【基準年(1986～2005 年の平均気温)に比べての気温変化(単位:℃)】

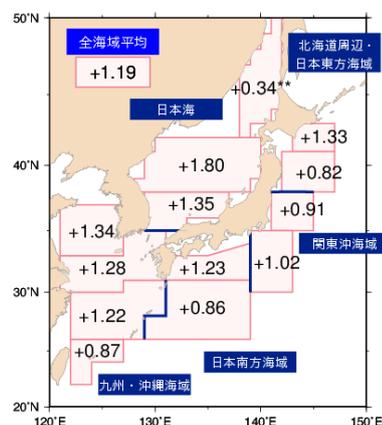
シナリオ	2081～2100年		参考※
	平均	可能性の高い範囲	平均
RCP8.5	3.7	2.6～4.8	4.31
RCP6.0	2.2	1.4～3.1	2.81
RCP4.5	1.8	1.1～2.6	2.41
RCP2.6	1.0	0.3～1.7	1.61

※産業革命前 (1850～1900年の平均) ～1986年までの上昇値 (0.61℃) を加えたもの

(2) 日本における沿岸域の変化

気象庁によると、2021 年までのおよそ 100 年間の日本近海の平均海面水温は、1.19℃/100 年の割合で上昇しています。これは世界平均の上昇率 0.56℃/100 年と比べると、2 倍を超える値です。海域別にみると、九州・沖縄海域では 0.87～1.28℃/100 年の上昇がみられます(図 1-2)。

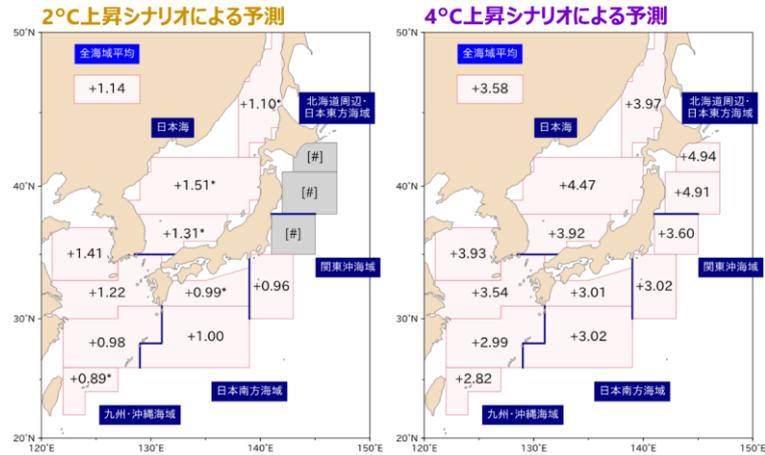
将来予測の結果でも世界平均よりも大きな割合での上昇が見込まれています。日本の気候変動 2020 (文部科学省、気象庁) によると、21 世紀末の日本近海の平均海面水温は、現時点を超える追加的な緩和策をとらなかった場合 (RCP8.5) で約 3.6℃上昇するとされます(図 1-3)。また、日本沿岸の平均海面水位は、世界平均海面水位の上昇と同程度と予測されています。



【出典】気象庁ホームページ

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html

図 1-2 日本近海の海域平均海面水温 (年平均) の上昇 (℃/100 年)



21世紀末の日本近海の海域平均海面水温

21世紀末（2081～2100年平均）における日本近海の海域平均海面水温の20世紀末（1986～2005年平均）からの偏差

*：95%以上で統計的に有意、#：統計的に有意な変化傾向が見出せない。

【出典】日本の気候変動 2020 文部科学省、気象庁

図 1-3 21 世紀末の日本近海の海域平均海面水温の 20 世紀末からの上昇(°C)

(3) 気候変動影響評価報告書

日本における気候変動影響については、2020 年 12 月に気候変動影響の総合的な評価に関する報告書である「気候変動影響評価報告書」が公表されました。

上記報告書では、評価の観点として、「重大性（影響の程度、可能性等）」、「緊急性（影響の発現時期や適応の着手・重要な意思決定が必要な時期）」および「確信度（情報の確からしさ）」の3つを設け、7つの対象分野（農業・林業・水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害/沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活）について、分野を細分化した71の小項目の単位ごとに評価しています。

本マニュアルで取り扱うサンゴ礁、藻場が含まれる自然生態系分野の沿岸生態系に関するとりまとめでは、亜熱帯、温帯・亜寒帯の両区分ともに、特に重大な影響が認められ、既に影響が生じていることから、対応すべき緊急性の高い項目に位置づけられています。

また、生態系から人類が得ている恵みを示す生態系サービス（コラム（1-10 ページ）参照）に関しても、沿岸域の変化の影響を受けて「沿岸域の藻場生態系による水産資源の供給機能等」、「サンゴ礁による防災・減災機能等」で特に重大な影響が認められる評価となっています。

自然生態系分野への気候変動影響は、農業・林業・水産業分野や国民生活、産業経済分野へも波及することから、観光・レクリエーション資源の劣化・消失、災害リスクの増大など、分野間の影響の連鎖が懸念されます。

気候変動によるサンゴ礁、藻場への具体的な影響については、後述の「第3章 サンゴ礁」、「第4章 藻場」で紹介します。

1-3-2 気候変動適応や生物多様性に関する国の政策

気候変動への適応を確実に推進するため、国は「気候変動適応法」(平成30年法律第50号)を制定するとともに、気候変動適応に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための「気候変動適応計画」の策定を行っています。さらに、科学的知見に基づく気候変動影響評価を定期的実施し、計画改定を行うことで、継続的な計画の実効性の向上を図っています。

一方、生物多様性の保全に関連する取組として30by30があります。2021年6月のG7サミットにおいて、G7各国は2030年までに自国の陸域と海域の少なくとも30%を保全すること等を約束しました。これを受けて、環境省では2022年4月に「30by30ロードマップ」を策定しました。本ロードマップでは、「2030年までに陸域と海域のそれぞれ30%以上を保全する」という30by30目標達成のための主要施策として、国立公園等の保護地域の拡大とOECM(Other Effective area-based Conservation Measures)の認定等を掲げています。OECMは社寺林や企業敷地内の緑地、地域の里海活動や藻場造成等を行っている場所など、保護地域の指定はないものの生物多様性の保全を継続的に見込める方法で維持・管理されている特定の地域をいいます。

コラム

気候変動適応法の構成

気候変動適応法は大きく4つの柱から成り立っています。

本マニュアルはこのうち、「③地域での適応の強化」に基づき、気候変動適応九州・沖縄広域協議会により作成されるものです。なお、本協議会は、「気候変動適応法」の規程により設置されるもので、九州・沖縄地域における広域的な連携による気候変動適応に関して必要な協議を行うため、国の地方公共機関、地方公共団体、地域気候変動適応センターにより構成されています。

① 適応の総合的推進

- 国、地方公共団体、事業者および国民が気候変動への適応の推進のために担うべき役割を明確にする。
- 政府は、気候変動適応計画を定めなければならないこととする。
- 環境大臣は、おおむね5年ごとに、中央環境審議会の意見を聴き、気候変動による影響の評価を行わなければならないこととする。

② 情報基盤の整備

- 国立環境研究所は、気候変動の影響および適応に関する情報の収集および提供や、地方公共団体や地域気候変動適応センターに対する技術的援助等の業務を行うこととする。

③ 地域での適応の強化

- 都道府県および市町村は、気候変動適応計画を勘案して、地域気候変動適応計画の策定に努めることとする。
- 都道府県および市町村は、気候変動の影響および適応に関する情報の収集および提供等を行う拠点(地域気候変動適応センター)としての機能を担う体制の確保に努めることとする。
- 地方環境事務所その他国の地方行政機関、都道府県、市町村等は、広域的な連携による気候変動への適応のため、気候変動適応広域協議会を組織することができることとする。

④ 適応の国際展開等

- 気候変動への適応に関する国際協力の推進や、事業者による気候変動への適応に資する事業活動の促進等に係る規定の整備を行う。

今後、気候変動の進行に伴い、生物の分布や個体数に影響する気候条件の不確実性が大きくなることが予測されています。地域の自然環境の特徴や社会条件に柔軟に対応できるOECMは、コアとなる保護区との生態系ネットワーク構築、気候変動に対するレジリエンス強化の面で重要性が一層増すと考えられます。

コラム

気候変動適応計画

気候変動適応計画は、気候変動適応法第7条第1項に基づき策定されるものです。

また、同法第8条第1項において、一定期間（概ね5年）ごとに最新の科学的知見に基づく気候変動影響の評価等を踏まえて見直しの検討が行われ、必要に応じて変更することが規定されています。

気候変動適応計画は、平成30年11月に策定された後、令和2年12月に公表された気候変動影響評価報告書を勘案し、令和3年10月に改定されました。

この改訂により、下表に示すような関係者の基本的役割のほか、例えば、沿岸生態系に関する自然生態系分野の分野別施策では、適応策の基本的考え方の一つとして「特に影響が生じる可能性の高い干潟・塩性湿地・藻場・アマモ場・サンゴ礁等において、長期にわたるモニタリング等の調査を重点的に実施することが必要」であることなどが掲げられています。

関係者	基本的役割
国	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 気候変動適応の総合的推進 ▶ 気候変動適応に関する施策の率先実施 ▶ 多様な関係者の気候変動適応の促進および連携の確保 ▶ 国際協力の推進 ▶ 科学的知見の充実・活用および気候変動影響の評価
地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 地域の自然的経済的社会的状況に応じた気候変動適応の推進 ▶ 地域における関係者の気候変動適応の促進 ▶ 地域における科学的知見の充実・活用
事業者	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 事業内容の特性に応じた気候変動適応の推進 ▶ 適応ビジネスの展開
国民	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 気候変動適応の重要性に対する関心と理解 ▶ 気候変動適応に関する施策への協力
国立環境研究所	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 気候変動影響および気候変動適応に関する情報基盤の整備 ▶ 地方公共団体に対する技術的援助 ▶ 地域気候変動適応センターに対する技術的援助

【出典】気候変動適応計画 令和3年10月22日閣議決定

1-3-3 マニュアルの趣旨

(1) 「気候変動適応における広域アクションプラン策定事業」

気候変動は私たち人類をはじめ、この星の全ての生きものにとっての喫緊の課題ですが、その影響は地域により異なるため、地域の実情に応じた適応の取組を進めることが重要です。そこで環境省では、2020年度より気候変動適応法に基づく気候変動適応広域協議会（全国7ブロック（北海道、東北、関東、中部、近畿、中国・四国、九州・沖縄））に分科会を設置し、関係者の連携が必要な気候変動適応課題等について検討する「気候変動適応における広域アクションプラン策定事業」を開始しました。この事業では分科会において2022年度末までに広域アクションプランを策定し、各地域ブロックにおける構成員の連携による適応アクションの実施や、各県が策定する地域気候変動適応計画への組込みを目指しています。

九州・沖縄地域では、「自然災害」、「健康」、「自然生態系」の3分野における広域アクションプランを策定し、このうち自然生態系を取り扱う生態系分科会（沿岸域）では、「沿岸域の生態系サービスにおける気候変動影響への適応」をテーマに、特に地方公共団体からの取組の要望の高かったサンゴ礁、藻場を対象に、適応のあり方や広域連携について検討を行いました。

(2) 本マニュアルの位置づけ

九州・沖縄地域では、九十九島にみられるリアス海岸や有明海の広大な干潟、沖縄地域でのサンゴ由来の白い砂浜、そのほか数多くの離島などがあり、津々浦々、地域と海との関わり方はさまざまです。よって「適応」は、地域の特性に合った地域の望む将来像を見据えた取組を行うことが求められます。

同時に海はつながっており、海流や潮流による海水の循環やこれに伴う生物の移動・分散、他地域への供給など、各海域で相互に関連していることから、広域での環境変化を把握し、適切な対応に発展させるための「広域連携」も必要です。広域連携には、基礎となる地域ごとの活動が活発化することが鍵となります。気候変動による生態系の変化を把握するための継続的なモニタリングや保全再生の取組には、地方公共団体のみならず、地域で活動する漁業協同組合、NPO、教育機関、地域住民などが主体的に活動するしくみと、それを支援する体制を作ることが重要です。

そこで本マニュアルは、地方公共団体や漁業協同組合・NPO等の地域活動団体を対象に、沿岸生態系の適応を進めるための具体的な手法・体制等（適応アクション）を提示し、それぞれの立場や制約の中で、“できることを継続的に、主体的に取り組む”ための技術資料として、“マニュアル”の名称でとりまとめています。

本マニュアルを通じてさまざまな主体がゆるやかに繋がりながら、地域の境を越えて広く適応アクションに取り組んでいくことを目指していきましょう。

(3) 本マニュアルで扱う沿岸生態系

サンゴ礁とは造礁サンゴの群集によって作られた地形のことをいい、藻場はさまざまな海藻・海藻が群落を形成している場所をいいます。サンゴ礁、藻場は、魚類やエビ・カニ類、貝類などの多様な生きものが集まり、複雑で豊かな生態系を織りなす場であることから、サンゴ礁生態系、藻場生態系ともよばれています。これらは、豊かな漁場や観光資源、あるいは防波機能などの生態系サービスを私たちに提供してくれますが、今後、気候変動による生態系サービスの劣化や変化が予測されています。そこで本マニュアルでは、サンゴや海藻の特定の種ではなく、サンゴ礁、藻場の「生態系」および「生態系サービス」を対象に適応アクションを検討しました。

本マニュアルで記述する内容は主に九州・沖縄地域で実施することを想定したのですが、地域の県域を越えた情報共有が必要な適応アクションについては、九州・沖縄地域にとどまらず、より広範な広域連携を図ることも推奨します。

コラム

生態系サービス

生態系サービスとは、食料や水、気候の安定など、多様な生物が関わりあう生態系から、人間が得ることのできる恵みです。

国連の主導で行われた「ミレニアム生態系評価（MA）」では、生態系サービスを「供給サービス」、「調整サービス」、「文化的サービス」、「基盤サービス」の4つに分類しています。

ここでは“生態系と生物多様性の経済学（TEEB）プロジェクト”で示された内容をもとに、4つのサービスを紹介します。

生態系サービスの分類 (生態系と生物多様性の経済学（TEEB）の分類による)	
供給サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・農業生態系や海洋生態系によって、食料を供給するサービス（食料供給） ・地球規模の水循環や、水の供給、調節・浄化に関するサービス（水流の調節および浄水を含む水供給） ・オイルなどの燃料、木材、綿、ジュートなどの原材料を供給するサービス（燃料および繊維などの原材料） ・品種改良などにより、農作物の生産性および、有害生物や気候変動への適応力を向上させるサービス（遺伝資源） ・生化学薬品等、さまざまな高価値の化学薬品を提供するサービス（薬用資源および他の生化学資源） ・観賞用の植物、魚、鳥類等を提供するサービス（観賞資源）
調整サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・主に都市域における大気質の調整や、都市環境の品質を調整するサービス（大気質の調整および他の都市環境の質の調整） ・地球の表面温度を維持するサービス（気候調整） ・生命、健康、または財産に大きな脅威を及ぼし得る自然災害などを緩和するサービス（局所災害の緩和） ・植物が土壌浸食や地滑りを防ぐサービス（土壌浸食の抑制） ・地力（土壌肥沃度）を維持し栄養循環を支えるサービス（地力の維持および栄養循環） ・昆虫や鳥などが植物の受粉を媒介するサービス（花粉媒介サービス） ・有害生物および病気を生態系内で抑制するサービス（生物的コントロール）
文化的サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・人間が自然にふれることで得られる文化的なサービス（自然景観の保全、レクリエーションや観光の場と機会、文化のインスピレーション、芸術とデザイン、神秘体験、科学や教育に関する知識）
基盤サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・さまざまな生態系を利用する移動性の生物に生息・生育環境を提供し、そのライフサイクルを維持するサービス（生息・生育環境の提供） ・生物多様性のうち、遺伝的多様性を維持するサービス（遺伝的多様性の維持）

【出典】 価値ある自然－生態系と生物多様性の経済学：TEEB の紹介－ および 自然の恵みの価値を計る－生物多様性と生態系サービスの経済的価値の評価－ (<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/valuation/teeb.html>) 環境省より編集・作成

コラム

沿岸生態系サービスの価値

これまで自然の恩恵である生態系サービスは、“タダ（無料）”同然のものとして扱われてきました。私たちが生態系サービスの価値を正しく認識せず、その許容量を超えて利用し続ければ、自ら生態系サービスの喪失を招く事態になります。

生態系と生物多様性の経済学（TEEB）は、2007年にドイツ・ポツダムで開催されたG8+5環境大臣会議で提唱されたプロジェクトです。全ての人々が生物多様性と生態系サービスの価値を認識し、自らの意思決定や行動に反映させる社会の実現を訴え、2010年の生物多様性条約COP10（名古屋）でこれらの価値を経済的に可視化したTEEB報告書を公開しました（以下、価値ある自然－生態系と生物多様性の経済学：TEEBの紹介－（環境省）より引用）。

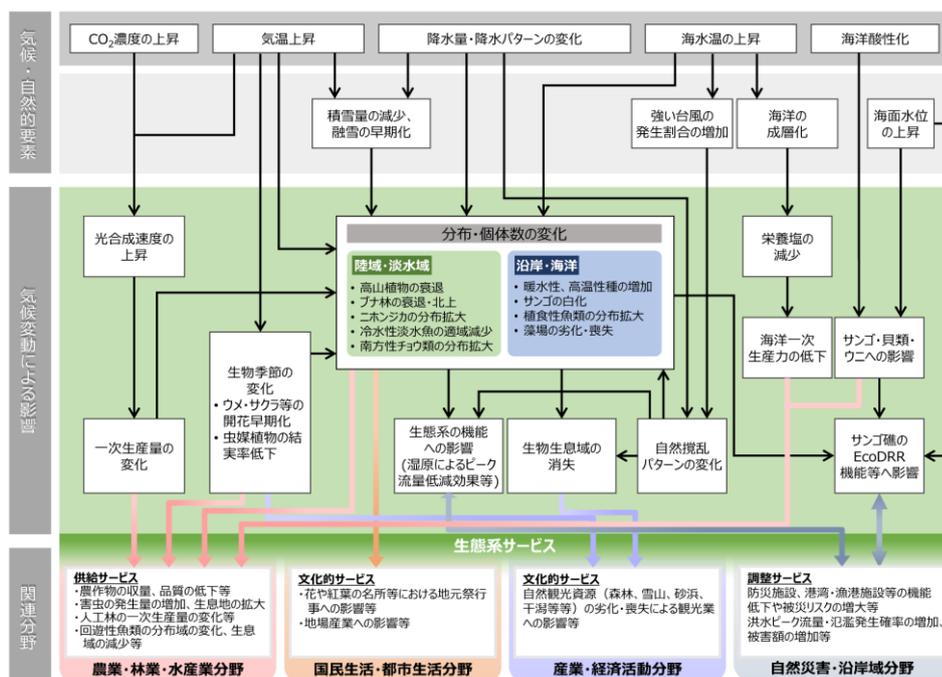
【サンゴ礁の恵み：300億～1,720億USドル】

サンゴ礁は世界の大陸棚のわずか1.2%を占めているに過ぎませんが、海水魚の4分の1以上にあたる100万～300万の種がサンゴ礁に生息しているとされています。沿岸部や島しょで生活する約3,000万人は、主な食料源や収入源のほとんどすべてをサンゴ礁に関する資源に依存しています。サンゴ礁が人間にもたらす便益は年間300億～1,720億USドルに達するとされています。

【沿岸生態系サービス：200～1,000USドル/ha】

マングローブ林や湿地帯などの沿岸生態系は、暴風雨被害の緩和や生物資源の提供などさまざまなサービスを提供しています。流域保全と気候調整の機能を合わせた生態系サービスの価値は、世界全体で1haあたり200～1,000USドル/年程度とされています。

気候変動影響評価報告書（環境省）によると、サンゴ礁、藻場の分布する沿岸・海洋生態系は気候変動等による影響が最も懸念される生態系の一つとなっています。生態系が効果的に機能なくなると、提供される生態系サービスが劣化したり、喪失したりする恐れがあります。



【出典】気候変動影響評価報告書 令和2年12月 環境省

1-4 適応アクションとは

1-4-1 沿岸生態系における適応とは

沿岸生態系における適応の考え方を図 1-4 に示します。水温上昇や海洋酸性化等の地球規模のストレスによる沿岸生態系の変化は、人為的な対策によって広範に抑制することは非常に困難です。そこで、沿岸生態系への地域特有のストレス（食害生物の増加や陸域からの赤土流出、開発や過剰利用等）の低減や健全な生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い生態系の保全と回復を図ります。

たとえば、1998年の夏、高水温に伴う広範なサンゴの白化現象は、世界規模のものとして記録されていますが、赤土流出の影響がなかった慶良間地域では、早期に回復がみられました。これは、地域特有のストレスを低減することがレジリエンス（回復力）の強化に繋がることの説得力のある一つの事例と言えるでしょう。

“気候変動への適応”という、何か新しいことに取り組まなければならないというイメージがあります。しかし、沿岸生態系においては、生態系へのストレス低減という観点で、地域で実施されてきた従来の保全再生の取組を、今後も継続することが適応アクションとして有効になります。

また、気候変動によるサンゴ礁、藻場生態系の変化（被度の減少、種構成の変化、競合種や食害生物の増加等）は、不確実性が高く、長期にわたって影響が進行するため、継続的なモニタリングを行わなければ把握することができません。沿岸生態系の変化を長期的な視点で捉え、変化したあるいは変化しつつある生態系に合った効果的な適応を検討することが重要です。

- 1 気候変動に対して、生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策によって広範に抑制することは非常に困難である。
- 2 生態系への地域特有のストレスの低減や健全な生態系ネットワークの構築により、気候変動に対する順応性の高い生態系の保全と回復を図る。
- 3 モニタリングを行って、気候変動による生態系と種の変化を把握する。

【出典】国立公園等保護区における気候変動への適応策検討の手引き 環境省より作成

図 1-4 沿岸生態系における適応の考え方

1-4-2 沿岸生態系における適応の進め方

沿岸生態系における適応は、順応的管理手法（コラム（1-15 ページ）参照）により図 1-5 に示す各ステップを実施して進めていきます。このために必要な取組を本書における適応アクション（1-14 ページ参照）として、具体的な手法や体制等を第2章～第4章で紹介します。

	計画づくり、取組方針の検討
計画 (Plan)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 対象とする沿岸生態系の現況を把握します。 ➤ 現況の生態系や将来予測（既往研究・文献の活用、研究機関やコンサルタント会社等との連携）を踏まえ、計画づくり・取組方針の決定を行います。
	従来の保全再生の取組の継続
実行 (Do)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ これまでと同様の生態系構成種が確認できる場合、従来の保全再生の取組を継続します。 ➤ これにより、地域特有のストレスの低減や生態系ネットワークの構築を図り、レジリエンス（回復力）を高めます。
	生態系変化に対応した取組の実施
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ これまでみられた種が確認できなくなったり、生態系構成種に変化がみられたりした場合、環境条件や生態系の変化に合わせた取組を検討・実施する必要があります。 ➤ 生態系の変化に伴い、生態系サービスは大きく変化します。取組の実施にあたっては、地域の生態系サービスへの影響を評価し、ステークホルダーや有識者とよく協議・検討し、認識や意見を広く共有しながら実施していくことが望まれます。
評価 (Check)	変化の把握（モニタリング）
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ モニタリングを継続し、生態系の変化や取組の効果を評価します。
改善 (Action)	取組方針の見直し、再検討
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 取組方針の見直し・再検討を行い、次の計画づくりに反映します。
※	人材・財源の確保／普及啓発
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ モニタリングや保全再生の取組を継続的に実施するためには、人材・財源を確保する体制づくりや普及啓発が必要になります。

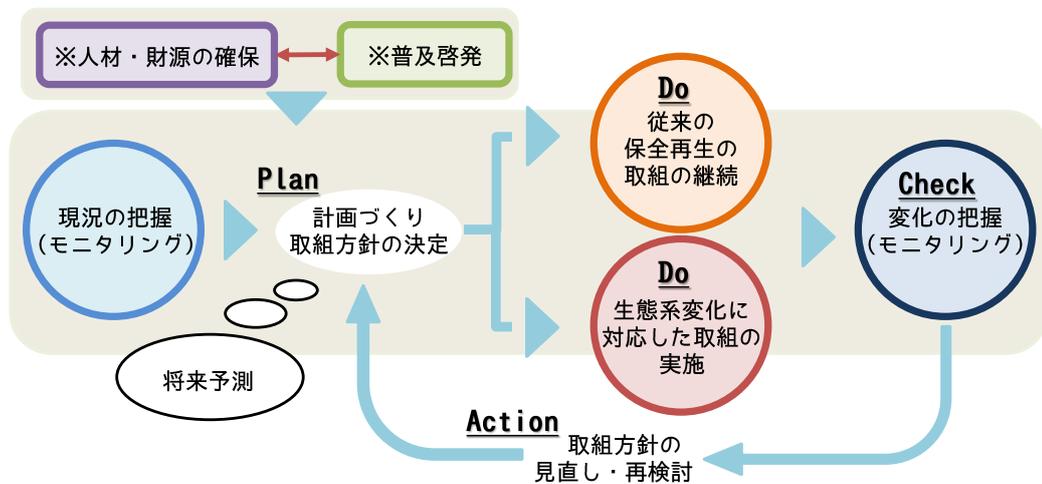


図 1-5 沿岸生態系の適応の進め方

1-4-3 九州・沖縄地域における適応アクションと期待される効果

本マニュアルでは、前ページのとおり九州・沖縄地域における沿岸生態系の適応を進めていく上で必要な取組について、①持続可能な体制づくりに関する適応アクション：「[持続可能な取組のための人材・財源確保](#)」、「[普及啓発](#)」、②生態系の監視および取組に関する適応アクション：「[広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握](#)」、「[従来の保全再生の取組の継続](#)」、「[生態系変化に対応した取組の実施](#)」の5つを適応アクションとしました。それぞれの適応アクションの期待される効果と掲載場所は次のとおりです。

【適応アクション】	【期待される効果】	【掲載場所】
①持続可能な体制づくりに関する適応アクション		
持続可能な取組のための 人材・財源確保 ※人材・財源の確保	地域の課題である <u>人材・財源不足を解消</u> して、 <u>持続的な取組を可能</u> とします。	第2章
普及啓発 ※普及啓発	地域住民や次世代を担う子どもたち等の <u>理解促進・意識醸成・人材育成</u> に繋がります。	第2章
②生態系の監視および取組に関する適応アクション		
広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握 現況の把握 (モニタリング) Check 変化の把握 (モニタリング)	水温上昇・海洋酸性化等の地球規模でのストレスにより <u>広範で変化</u> する沿岸生態系の変化を把握します。 国、研究機関、地方公共団体等の各主体の連携により課題解決を促進します。	第3章 第4章
従来の保全再生の取組の継続 Do 従来の保全再生の取組の継続	さまざまな要因による生態系への地域特有のストレスを低減し、 <u>レジリエンス (回復力)</u> を強化します。	第3章 第4章
生態系変化に対応した取組の実施 Do 生態系変化に対応した取組の実施	変化する沿岸環境や沿岸生態系に対応してとり得る取組を検討・実施し、 <u>気候変動への適応</u> を推進します。	第3章 第4章

コラム

順応的管理手法

自然生態系は、環境条件や生物間相互作用等の周囲からの影響により、当初の計画では想定していない事態に陥る（不確実性を伴う）ことを考慮しておかなければなりません。この対策として、必要であり重要であるのが順応的管理の手法です。順応的管理では、当初設定した目標が達成されていない場合は計画や取組内容を修正し、必要であれば目標自体も修正することも含みます。

順応的管理は、次の手順を踏むことで実行されます。

- 現状を把握し、設定した目標に応じて具体的な計画を作成する・・・Plan（計画）
- 計画に基づき、取組を実施する・・・・・・・・・・・・・・・・・・Do（実行）
- モニタリングを行い、取組の結果を評価する・・・・・・・・・・Check（評価）
- 評価に応じて、目標や計画の見直し・再検討を行う・・・・・・・・Action（改善）

上記を繰り返してPDCAサイクルを回していくことで、不確実性を伴う生態系に対して適切な取組方針を検討できます。たとえば、モニタリングにより、対象の生態系に変化がみられた場合は、その変化に合わせた目標の再検討や取組・対策を行うことで、“失敗しない”しくみを作ることができます。



1-5 適応アクションの進め方

1-5-1 期待される各主体の役割と推進体制

(1) 各主体の役割

適応アクションを実施するためには、気候変動そのものの不確実性に加え、沿岸生態系や生態系サービスへの影響についても不確実性が高く、知見不足であること、また、沿岸生態系や生態系サービスの変化は、水産業や観光業などの各種産業、水環境、国民生活などの他分野に影響を与えることから、地方公共団体をはじめとした九州・沖縄地域の関係者による情報共有や取組方針に関する協議・検討等ができるしくみづくりが重要です。各主体が同じ目標の下に、それぞれの立場や視点に立った適応アクションを、連携・協働しながら進める必要があります(1-18 ページ参照)。

ここでは、適応アクションの実施と推進に関わる主な主体を“国”、“地方公共団体”、“地域の活動団体等”に3区分し、各主体に期待される役割を示します。

主体	期待される役割
国 (環境省(本省、九州地方環境事務所、沖縄奄美自然環境事務所)、国立環境研究所、水産技術研究所などの国および国の所管する研究機関等を想定)	<ul style="list-style-type: none"> ・「気候変動適応九州・沖縄広域協議会」の活動を通じて、地域の取組の支援等を行う。 ・地方公共団体へのマニュアルの広報・普及、地域活動の支援のための補助制度の検討、モニタリングデータの集約と情報プラットフォームの維持管理、モニタリング結果の公表・考察、技術的支援・専門的助言などを行う。
地方公共団体 (県(環境部局、農林水産部局、水産試験場、地域気候変動適応センターなど)、市町村(環境部局、農林水産部局、地域気候変動適応センターなど)を想定)	<ul style="list-style-type: none"> ・事業主体として、マニュアルを参考に地域や部局の境を越えた広域で実施すべき適応アクションを検討・実施する。また、地域の実情に合わせた個別の取組(従来から行っている保全再生の取組を含む)について、人材・設備(器材)・資金・調査研究など多面的な観点から検討・推進する。 ・漁業協同組合やNPOなど、現場(海)で活動している団体へのマニュアルの広報・普及を行う。地域活動の支援・推進のための情報提供・技術的指導などを行う。 ・地方公共団体内の関係部局との横断的な連携、現場で活動している各主体とのネットワークづくり、地方公共団体間の情報共有のための体制づくりなどを行う。
地域の活動団体等 (漁業協同組合、NPO、ダイビングサービス等事業者、教育機関、地域住民・ボランティアなど、現場(海)で活動している各主体を想定)	<ul style="list-style-type: none"> ・取組を行う主体として、マニュアルを参考に地域の実情に合わせた個別の取組を検討・実施する。 ・国、地方公共団体の実施する事業や取組の趣旨を理解し、積極的に連携・協力を行う。 ・地域の海の変化を最も身近に感じる立場にあることから、地方公共団体へ積極的に情報発信し、連携・協力の呼びかけを行う。

(2) 推進体制

適応アクションは地域の各主体により実施されることが重要ですが、その推進にあたっては、地方公共団体（県、市町村）が中心となって連携体制を構築していくことが望まれます。

1) 地方公共団体（庁内）での連携体制

本マニュアルが「沿岸域の生態系サービスにおける気候変動影響への適応」という位置づけであることから、環境部局や水産部局が中心となり、その他の関係部局と横断的に連携・協働していくことが望まれます。

庁内関係部局の連携・協働体制を築いていくためには、定期的に情報共有・意見交換・議論等を継続することが重要であり、連絡会議等を設立・運営するなどが考えられます。

2) 地域内（地方公共団体－地域の活動団体）での連携体制

適応アクションの推進にあたっては、漁業協同組合や NPO 等の地域の各活動団体が本マニュアルを活用しながら、主体的に活動を継続していくことが鍵となります。そのためには、地方公共団体（県や市町村）と地域の各活動団体が相互に情報発信して、活動方針等の議論を重ねることのできる会議体を組織・運営することが望まれます。

3) 広域での連携体制（気候変動適応九州・沖縄広域協議会の活用）

気候変動により広範に変化する沿岸生態系に対応するためには、地域内での連携だけでなく、九州・沖縄地域での広域的な連携が重要です。地方公共団体、とりわけ県や政令指定都市、県庁所在市等は「気候変動適応九州・沖縄広域協議会」の枠組みを活用することで、成功事例やその背景等の情報共有ができ、地域全体としての取組のボトムアップを図ることができます（図 1-6）。

なお、各地域で取得されるモニタリングデータの蓄積に基づく、有識者からの専門的な助言等を含む広域連携体制については、第 3 章、第 4 章の「広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握」で具体的に解説しています。

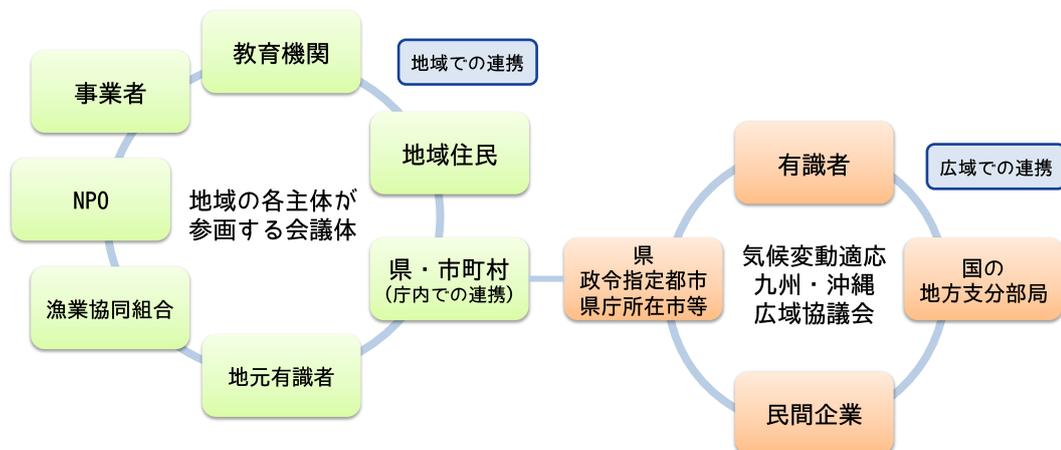


図 1-6 地域および広域での推進体制のイメージ

1-5-2 考慮・留意する事項

(1) 適応アクションを推進する上での考慮・留意点

気候変動により生物の生存基盤となる水温、降水パターン等の環境条件が変化すれば、生態系もそれに応じて全体として変化していきます。沿岸生態系における適応を考えるには、地域特性を踏まえた地域（海域）規模での視点と九州・沖縄地域全体の変化を踏まえた広域視点からの対応が必要になります。地域でのモニタリングや保全再生等を活動の基本単位とし、これらの活動に取り組む地域を増やしていくことで、面的な環境情報を集積・解析し、広域連携のしくみづくりに発展させることが重要です。

九州・沖縄地域では、将来の気候変動への適応に向けた沿岸生態系の適応アクションについて、地方公共団体等の地域の関係者で次のように推進していくことが望まれます。

- ▶情報収集・整理
- ▶関係者間の合意形成・役割分担、連携・協力、情報共有を行うためのネットワークづくり
- ▶気候変動影響や適応アクションの自然環境保全施策等への組み込み
- ▶人材育成

情報収集・整理

適応アクションを検討するにあたり、最初に情報収集・整理から始めます。

地方公共団体は、地域で活動する漁業協同組合や NPO、ダイビングサービス等の事業者、ボランティア等の情報を収集・整理しましょう。その中で、適応アクションを実施していく上での核となる人物（キーパーソン）や、協力・連携すべき関係者を把握します。また、国や地方公共団体により継続的に実施されているモニタリングや自然環境保全施策等の情報も収集しましょう。既存の施策との連携や活用も検討することができます。

漁業協同組合や NPO 等の地域の活動団体は、団体内の組合員やメンバー等で集まり、地先の重要な生態系や生態系サービスの変化について話し合い、情報の収集（共有）・整理をしましょう。適応アクションの対象を検討する上で必要になります。

関係者間の合意形成・役割分担、連携・協力、情報共有を行うためのネットワークづくり

適応アクションは、どのような生態系や生態系サービスに着目して対策を取るか、積極的な干渉を行うべきかといった方針の選択がまず重要であり、実施にあたっては、地域関係者の連携と協力が不可欠です。特に、海の変化を最もよく知る漁業協同組合や NPO 団体等の「現場の声」は、非常に重要になります。

地方公共団体は、適応アクションの計画や実施にあたり、国の行政機関、庁内関係部局、漁業協同組合、NPO、教育機関、地域住民、有識者等の多様な主体と、取組の方向性や現状、適応アクションの効果と課題等について情報共有するとともに、関係者間で合意形成や役割分担、連携を行い総合的に推進していきましょう。そのために、関係者が協議する場を設置する等のしくみ・ネットワークづくりが必要です。その際、科学的な知見が提供できるよう、

モニタリングや研究・技術開発に努めることも重要です。

また、これらのネットワークづくりが、適応アクションの実施に必要な人材・財源を地域内循環させる体制に発展する可能性もあります。

気候変動影響や適応アクションの自然環境保全施策等への組み込み

地方公共団体は、気候変動適応に関する施策を推進するため、適応アクションを地域気候変動適応計画等の行政計画に組み込んでいくことが望ましいと考えられます（図1-7）。

気候変動による生態系や生態系サービスへの影響は、自然環境保全施策の広範な分野に及ぶことが想定されています。このため、自然環境の関連施策において気候変動の影響を考慮し、適応の考え方を組み込むことが必要です。自然環境保全に関する計画については、気候変動の影響を考慮し、目標や対策は従来そのままでのかなどを確認するほか、適切な指標や生態系変化を把握するためのモニタリングについても併せて検討しましょう。

企業等が地域で社会貢献活動に取り組むにあたって、地方公共団体の各種計画等に気候変動対策や自然環境保全が盛り込まれていることが、動機付けのひとつとなります。連携・協力の裾野を広げていくためにも計画等の組み込みは重要です。

漁業協同組合やNPO等の地域の活動団体では、気候変動影響やそれに対する適応アクションについて、年間活動計画等へ組み込みましょう。

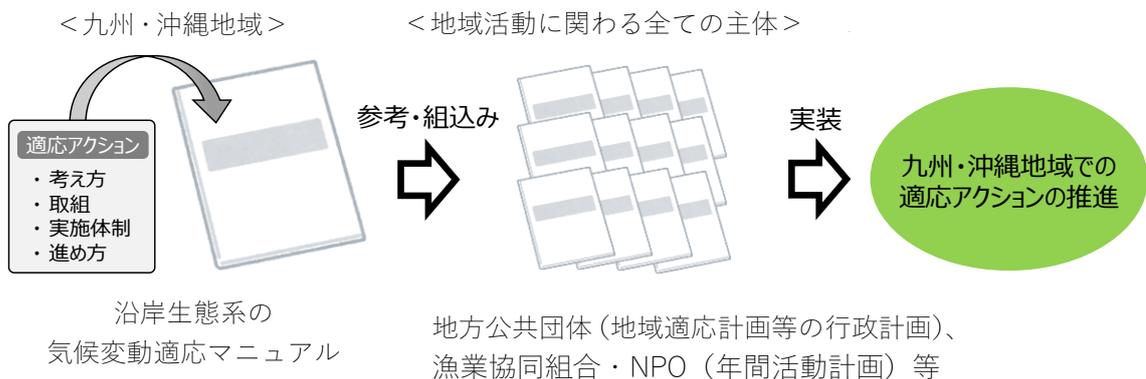


図1-7 適応アクション（マニュアル）の行政計画等への組み込みイメージ

人材育成

“海の中”の変化は、日常生活の中では見えない部分になります。さらに生態系サービスは、我々の生活の基盤ではありますが、その価値と劣化したときの損失を十分に理解している人は多くありません。適応アクションを適切かつ効果的に進めるためには、それに携わる人材が重要な役割を持つことから、沿岸域の生態系サービスの理解を広げながら、長期的な視点での人材育成を図ることが必要です。そのため、地域の教育機関と連携しながら、サンゴ礁や藻場の価値や保全再生活動等を教育プログラムに組み込んだり、市民参加型イベントや講演会・勉強会といった社会教育・生涯学習活動に取り組んだりしていくことが望まれます。

(2) 適応アクションを実施する上での考慮・留意点

海で活動を行う際にはいつでも気をつけなければならないことがあります。ひとつには漁業協同組合や海上保安庁をはじめその海域を管轄・利用しているさまざまな関係者とトラブルにならないよう、取組内容を十分に説明し、事前の合意の上で行わなければならないということです。また、海域での作業は少なからず危険を伴う作業です。海での事故は命の危険と直結しますから、十分な安全対策をとらなければなりません。

コラム

関係者間の連携・協力をを行うためのネットワーク

《豊かな博多湾の環境を未来の世代に引き継いでいく》ことを目的に、平成30年に設立された博多湾NEXT会議は、市民、市民団体、漁業関係者、企業、学校、行政など多様な主体が連携・共働して、アマモ場づくりを中心とした博多湾の環境保全・創造活動やネットワークの構築、博多湾の環境に係る課題や科学的知見の共有、博多湾の魅力発信に取り組んでいます。

会員数は、57団体、個人27名（令和5年2月現在）で、各会員が主体的に環境保全活動を行うとともに、それぞれの得意分野を活かして連携・共働し、市民参加イベントやシンポジウムの開催なども行っています。



福岡市提供

■アマモ場づくり活動



市民による
苗づくり



様々な主体が参画した
活動（種子の投げ入れ）



生長したアマモ

一般社団法人ふくおか FUN 提供

■多様な主体のネットワーク構築



情報交換会

■博多湾の魅力発信



市民シンポジウム



福岡市提供

第1章 引用・参考文献

¹ 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書 令和2年版 環境省

² WWF ジャパン「地球温暖化についての IPCC の予想シナリオ」
<https://www.wwf.or.jp/activities/activity/1035.html>

第2章

持続可能な体制づくりに関する 適応アクション

2-1 持続可能な取組のための人材・財源確保.....	2-1
2-1-1 適応アクションの概要.....	2-1
2-1-2 人材の確保.....	2-2
(1) 他組織との連携の検討.....	2-2
(2) 人材確保の手法と事例.....	2-3
2-1-3 財源の確保.....	2-4
(1) 環境関連税制等.....	2-4
(2) 寄付.....	2-6
(3) 交付金・補助金等.....	2-7
(4) 投資・融資.....	2-8
(5) その他.....	2-9
2-2 普及啓発.....	2-16

第2章 持続可能な体制づくりに関する適応アクション

2-1 持続可能な取組のための人材・財源確保

2-1-1 適応アクションの概要

地域での取組を適切かつ継続的に実施していくためには、人材や財源の確保が不可欠です。人も資金も地域社会や経済の活性化にともなって循環するものです。補助金の活用やキャンペーンの実施などの一時的な財源に依存した働きかけだけでは、それらがなくなった時点で取組が継続できなくなります。そのため、サンゴ礁・藻場という地域資源の持続的な保全と活用を通じて、地域内の環境・経済・社会の統合的向上を図る「地域循環共生圏」の考え方に基づくしくみづくりが望まれます。

本項では人材と財源の2つの視点から手法や事例等を紹介します。

コラム

地域循環共生圏とは

2018年4月に閣議決定した第五次環境基本計画で示された考え方です。国連「持続可能な開発目標」(SDGs)や「パリ協定」といった世界を巻き込む国際的な潮流や複雑化する環境・経済・社会の課題を踏まえ、複数の課題を統合的に解決するSDGsの考え方をもとに提唱されました。

「地域循環共生圏」は、自分たちの目の前にある地域の資源の可能性をもう一度考え直し、その資源を有効活用しながら環境・経済・社会をよくしようとするものです。地域資源の在るところから必要とするところへ、都市と地方など、資源を融通し合うネットワークをつくっていこうというものです。循環させる資源の視点には、エネルギー、交通・移動システム、災害に強いまちづくり、衣食住の日々の生活者としてのライフスタイル等があります。

サンゴ礁や藻場の活用を基盤として、地域循環共生圏構築のアプローチを行った場合の将来イメージを右に示します。地域の特性により戦略を立てる必要がありますが、地域の人々がサンゴ礁・藻場の生態系サービスの価値や有用性を認識し、自らその保護や保全に取り組むとともに、サンゴ礁・藻場から得られる海産物や観光的価値等を適切に利用することで、永続的に地域経済を循環させるなどの道筋が想定されます。



2-1-2 人材の確保

地域活動を行うにあたって求められる人材には、スタッフとして「技術力のある人材」、学識経験者など「専門知識を有する人材」、地域住民の環境保全活動への参加や観光客のエコツアーへの参加など「参加者としての人材」、将来にわたって活動を継続するための「次世代スタッフとしての人材」など、さまざまなものが考えられます。

人材を確保する手順として、まず、自組織で不足している人材を確認する必要があります。その上で、これを補完するための他組織などの連携先があるかの検討を行います。その後、具体的な手法について、連携先と協議・調整することになります。

(1) 他組織との連携の検討

他組織との連携では、該当する取組を行っている組織の有無や先方の意向などによって、連携の可能性が左右されます。連携先の候補についての情報収集を日頃から行う必要があります。

連携先の検討材料になるよう、連携の目的、連携先、連携内容等を下表に例示しました。

連携の目的	連携先	連携内容等
人材・サービスの確保に関する連携・協力	旅行・観光事業者（旅行代理店、観光ホテル、航空会社等）、漁業協同組合等	<ul style="list-style-type: none"> ・エコツーリズム（サステナブルツーリズム）の実施、ツアー商品の企画・造成・販売 ・商品の生産地と販売先
人材育成、技術力の向上	先進的取組を行っている地方公共団体、事業者（ダイビングサービス等）やNPO等の地域の活動団体	<ul style="list-style-type: none"> ・先進的活動を行っている地方公共団体、地域の活動団体からの情報提供や技術指導
技術・知識の相互補完	大学、研究機関、博物館、企業等	<ul style="list-style-type: none"> ・調査研究・技術確立の依頼とフィールドの提供 ・企業の社会的責任（CSR）、社会貢献活動
防災、地域活性化など同一目的の達成	河川の流域、陸域と海域等の水を介して恩恵や関連のある地方公共団体、地域の活動団体等	<ul style="list-style-type: none"> ・赤土の流出防止対策など、流域全体として一体的な取組の推進

(2) 人材確保の手法と事例

人材確保に資すると考えられる手法、特性、事例等を下表に示します。

手法	特性 (利点：○、留意点：●)	事例等
地方公共団体や地域活動団体による認定や資格制度(ガイド等)の活用	<ul style="list-style-type: none"> ○地域の特色に合わせた制度設計等、柔軟な対応が可能 ○国レベルの資格や認定と異なり、地域住民が参画しやすい ●ガイド等の質やレベルの設定が難しい 	<p>【海島遊民くらぶ(有限会社オズ)】</p> <p>小学校と連携したしまっ子ガイド育成事業を3学年を通じた総合学習へと発展させた(三重県鳥羽市)。</p> <p>https://www.oz-group.jp/</p>
人材派遣による技術等の伝授	<ul style="list-style-type: none"> ○即戦力となる技術者を得ることが出来る。 ○地域で活動している人材のステップアップ等に有効 ●派遣人材の選出(適材)や、受け入れ側の選定(適所)が難しい 	<p>【ダイビングクラブ(株式会社BSAC)】</p> <p>ボランティアダイバーの募集と加盟店で行うサンゴ礁の保全活動への人材派遣を行う。また、リーフチェックのサポートを行っている。</p> <p>https://www.bsac.co.jp/</p>
大学や研究機関、企業、NPO等との連携	<ul style="list-style-type: none"> ○さまざまな視点や専門技術・知識、戦略を持つ人材との交流が可能 ○即戦力となる人材が期待できる ○分野横断的な取組を行うことが可能 ●大学等がない地域では連携がとりにくい 	<p>【宗像国際環境会議(福岡県宗像市)】</p> <p>大学、企業、漁業協同組合等と連携し、沿岸部に広がる磯焼け、漂着ゴミの問題を中心に「海の鎮守の森」構想を掲げ、海の再生事業に取り組みながら、近年の急激な海の変化への提言や情報を国内外に発信している。</p> <p>https://www.munakata-eco.jp/</p>
地域研究者・技術者の育成	<ul style="list-style-type: none"> ○専門知識をもつ人材の育成が可能 ○地域にそのまま定住することが期待できる ●地域外に人材が流出しないよう地域内での雇用を確保する 	<p>【ジュニアドクター育成塾(科学技術振興機構)】</p> <p>小中学生を対象にした支援制度。大学や高校専門学校で実施されるプログラムで、喜界島サンゴ礁科学研究所、琉球大学など認定機関でプログラムが実施されている。</p>
地域外人材の登用	<ul style="list-style-type: none"> ○特殊技能や技術を有する人材を集めることができる ○地域内人材では見えにくい地域の魅力や新しいアイデア、課題の発見が期待できる ●地域での受け入れ体制を整える必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・【エコガイドカフェ(エコツアーラボ合同会社)】 <p>オニヒトデ駆除やマングローブ植林などによりサンゴ礁生態系の保全にも貢献するエコツアーを実施(沖縄県宮古島市)。</p> <p>https://www.webman.jp/</p> <ul style="list-style-type: none"> ・【特定非営利活動法人アマモ種子バンク】 <p>ダイバーは潜水資格のある連携団体に、生きものの同定や説明は、神戸市立須磨海浜水族園の協力・応援で実施(兵庫県明石市)。</p> <p>http://www.amamobank.sakura.ne.jp/</p>

2-1-3 財源の確保

財源確保の手法として、環境関連税制等、寄付、補助金・交付金等、投資・融資などが考えられます。

見込まれる収入は、年により変動する場合がほとんどですので、持続的に資金を調達する観点から、単一の手法ではなく、複数の手法を併用することをおすすめします。

ここでは、財源を確保するための手法別に、活用主体、概要等、実施事例等について整理しました。

(1) 環境関連税制等

都道府県や市町村などの地方公共団体が課税主体となるもので、国ではなく地方公共団体で取り組んだ方が効果的だと考えられる地域固有の環境問題等に対する政策手段の一つとなっています。地方分権一括法によって、地方公共団体が条例で独自の課税制度を創設することがしやすくなったことで、全国で導入が進んでいます。詳しくは、「総務省 地方税制度 法定外税」等を参照ください。

(https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_zeisei/czaisei/czaisei_seido/149767_24.html)

景勝地等の自然環境を保全するために、受益者負担の原則のもと、その区域に立ち入る人から協力金として徴収する入域料を取組費用の財源のひとつとしている事例もあります。地域自然資産法では、地域における自然環境の保全や持続可能な利用の推進を図るため、入域料等の利用者による自然環境保全に関する取組費用の負担や寄付金等による土地の取得など、民間資金を活用した地域の自発的な取組を促進することを目的としており、入域料の収受についてその理念や枠組みを定めています。

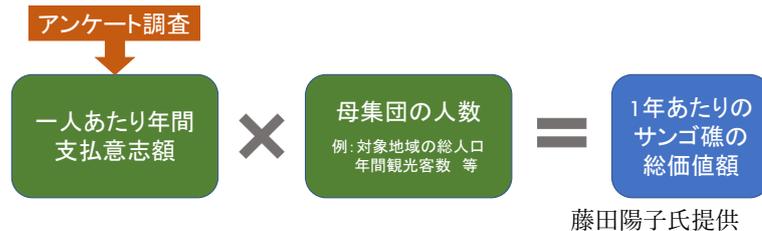
これらは単なる財源確保ではなく、環境問題への啓発およびその解決を目指すものです。

手法	活用主体	概要等	実施事例等
法定外目的税	地方公共団体	地方分権一括法を根拠法とする。地方公共団体は地方税法外の法定外税を総務大臣との事前協議で新設可能。	<ul style="list-style-type: none"> 環境協力税（沖縄県伊是名村、伊平屋村、渡嘉敷村）、美ら島税（沖縄県座間味村） 乗鞍環境保全税（岐阜県） 遊漁税（山梨県富士河口湖町）
超過課税	地方公共団体	地方税法で標準税率が定められている税目について、財政上必要がある場合に標準税率を超えた税率で課税することができる。	<ul style="list-style-type: none"> 森林環境税 (37府県・1市：2016年現在。多くの地方公共団体で基金化し、主に森林整備や普及啓発等の県独自の事業に活用されています)
地域自然資産法（入域料）	地方公共団体	地方公共団体は、協議会を設置し自然環境の保全等に関する地域計画を作成することができ、その計画に基づいて、入域料等を経費として充てて「地域自然環境保全等事業」を行うことができます。	<ul style="list-style-type: none"> 竹富島地域自然資産協議会（沖縄県竹富町） 生命地域妙高会議（新潟県妙高市） <p>※この法律に基づかない地域独自の入域料（環境整備協力金等）制度もあります。</p>

コラム

生態系サービスの経済的価値「仮想評価法（CVM）」

生態系サービスの経済的価値は様々な方法で推計されています。そのうち「仮想評価法（CVM）」はアンケート調査を用います。例えば「評価対象の環境を守るためにいくら支払いたいか」と尋ね、回答された金額がその人の環境保全に対する好ましさの水準を表すと考えて環境の経済的価値を推計する方法です。特に、生態系や生物多様性などの非市場価値の評価に有用な手法です。



CVM を用いたサンゴ礁保全の経済的価値の考え方（例）

環境の経済的価値は、人々の意向を知るとともに、地域の環境政策を決定するための判断や地域関係者の合意形成のための材料として活用できます。

【環境の経済的価値の活用方法】

- 「生態系サービス」の維持
保全対象となる生態系サービスの経済的価値を評価することで、“タダ”同然で享受されてきた生態系サービスの認識を改め、持続可能な利用につながります。
- 経済的手法を用いた環境政策の推進
環境関連の課税制度や課徴金、基金等の制度を設ける際の税率や料金設定の根拠材料になります。
- 政策決定に対する住民の理解促進
政策の立案・実施に関する指標や単位として用いることで、住民にとってわかりやすく理解を促す資料として活用できます。
- 公共事業評価
公共事業に係る「費用」とその事業が生み出す「便益」を比較することで、事業の経済的合理性評価が可能です。

(2) 寄付

地方公共団体が行う地方創生事業に対して法人の寄付を促すことを目的とした「地方創生応援税制（企業版ふるさと納税）」や、一般の人が自ら選んだ地方公共団体に寄付することで税制優遇を受ける「ふるさと納税」、寄付付商品の販売など、さまざまな枠組みが活用されています。

また近年、企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility）の活動の一環として、環境配慮や保護に関する取組が注目されており、企業と連携したさまざまな取組が行われています。連携には、環境保全に対する意向や姿勢を明確に情報発信するなど、お互いの働きかけが必要になります。

ふるさと納税および有志企業と活動主体を引き合わせるための窓口の詳細については、以下を参照ください。

- ・ 企業版ふるさと納税ポータルサイト
https://www.chisou.go.jp/tiiki/tiikisaisei/kigyou_furusato.html
- ・ ふるさと納税など個人住民税の寄付金税制
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_zeisei/czaisei/czaisei_seido/080430_3_kojin.html
- ・ 地方創生 SDGs 官民連携プラットフォーム（内閣府）
<https://future-city.go.jp/platform/>

手法	活用主体	概要等	実施事例等
地方創生応援税制（企業版ふるさと納税）	地方公共団体	企業が自ら応援したい地方公共団体に寄付し、寄付額に応じた税制待遇を受ける（総合戦略など、地域再生計画に位置づけられた事業であることが要件）。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 佐賀県鹿島市（「肥前鹿島干潟」の環境保全・利活用を通じた SDGs 推進事業） ・ 沖縄県恩納村（SDGs パートナシッププロジェクト（商品開発プロジェクト））
ふるさと納税	地方公共団体	市民が自ら応援したい地方公共団体に寄付し、寄付額に応じた税制優遇を受ける（返礼品もある）。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長崎県南松浦郡新上五島町（“よかばい五島の海”（海の環境を守る事業）） https://www.furusato-tax.jp/city/usage/42411
企業との連携	地方公共団体 NPO	企業の社会的責任（CSR）維持・向上が必要な自然資本の保全活動を行っている活動団体に人・金・モノを提供する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ ANA グループ（サンゴ保全「チーム美らサンゴ」） https://www.tyurasango.com/ ・ セブン-イレブン記念財団（セブンの海の森づくりプロジェクト） https://www.7midori.org/
寄付付商品（CRM：Cause Related Marketing）の販売	地方公共団体 NPO	商品一つあたりの寄付額を明確にし、販売数量に応じた寄付額を基金等で管理する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ コープデリ生活協同組合連合会「美ら島応援もずくプロジェクト」 https://hitotokototo.coopdeli.jp/contents_50/ ・ SOOEIDO 株式会社（35COFFEE） https://www.35coffee.com/ 株式会社南都 南都酒造所（35 リキュール泡盛珈琲） https://www.nantosyuzo.com/coffee/ 「サンゴ再生活動」

(3) 交付金・補助金等

補助金や助成金、研究課題に対する競争的資金制度等も含め、国は省庁ごとにさまざまな助成制度を設けています。また、民間団体にも助成制度を設けている団体があります。

目的や活動地域など応募条件を設定している制度も多く、活動条件に合わせて交付金・補助金等を選択する必要があります。

手法	活用主体	概要等	実施事例等
交付金、補助金、助成金等	地方公共団体等	地方公共団体が行いたい事業やプロジェクトに対して、国または地方公共団体が特定の目的を持って支給する。制度を受けた地方公共団体は趣旨に沿った事業やプロジェクトを立ち上げる。地方創生推進交付金では、プロジェクトチームの一員として、民間企業やNPO等の参画も行われている。	<ul style="list-style-type: none"> ・水産環境整備事業（補助） ・社会資本整備総合交付金 https://www.mlit.go.jp/page/kanbo05_hy_000213.html ・地方創生推進交付金（まち・ひと・しごと創生交付金） https://www.chisou.go.jp/tiiki/tiikisaisei/souseikoufukin.html
	任意団体 大学 NPO等	企業や任意の活動団体、民間団体等が行う事業や活動に対して支援する制度。国や関係機関が有するものや企業・民間団体が有するものがある。国や関係機関所管のものには、応募にあたって地方公共団体との連携を求められるなど、制限がある場合もある。 また、企業・民間団体のものは民間の組織だけで応募可能なことが多い。多くの場合は時限的であり、用途が限られる。	<ul style="list-style-type: none"> ・水産多面的機能発揮対策交付金 https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/sub391.html ・経団連自然保護基金 https://www.keidanren.net/kncf/fund ・地球環境基金 https://www.erca.go.jp/jfge/ ・三井物産環境基金 https://www.mitsui.com/jp/ja/sustainability/contribution/fund/index.html ・TOTO水環境基金 https://jp.toto.com/company/csr/mizukikin/

(4) 投資・融資

投資・融資は、事業による利益を上げ、借入金や利息を支払うことで運用するしくみです。地域の環境保全事業では、利益に繋がる事業を設計することは難しいことから、クラウドファンディングやローカルファンドなどの「寄付」に近い位置づけのものを紹介します。

これらは主に事業活動に必要な資金を募り、事前に設定した金額に到達した段階で事業や活動に着手する方法です。事前に資金を募ることで潜在的な顧客が見込まれることを示し、金融機関からの融資を引き出しやすくする例もみられます。

手法	活用主体	概要等	実施事例等
クラウドファンディング	地方公共団体 NPO	インターネットで、不特定多数の人から財源の提供や協力を受けるしくみ。 クラウドファンディングのサービス提供企業や団体が複数存在するため、これら団体への相談が有効。 集められる資金は比較的少額かつ一時的。 「新商品の予約販売」ツールと認識し、新たな地場産品を販売する際の「マーケティングツール」として活用可能。	クラウドファンディングサイト ・ガバメントクラウドファンディング https://www.furusato-tax.jp/gcf/ 例) サンゴの海を未来へ残したい! 竹ヶ島海域公園魅力化プロジェクト (徳島県海陽町) ・READYFOR https://readyfor.jp/ 例) NPO 法人海の森づくり推進協議会(長崎県壱岐市、神奈川県三浦市など)
ローカルファンド	地方公共団体 NPO	地域課題解決を目的とするソーシャルビジネス立ち上げ支援のため、市民、企業、投資家、地方公共団体等がお金を出し合うファンド。 出資メンバーの意思決定によって柔軟な運用が可能。 市民出資のため、市民による日常的な参画や協力が期待でき、社会関係資本を作ることができる。	・愛媛県西条市(西条市版ローカルファンド構想～チャレンジを支える地域内循環を目指して～) https://www.city.saijo.ehime.jp/soshiki/chii_kishinko/localfund.html ※検討段階資料として提示
ソーシャルインパクトボンド ソーシャルボンド(社会貢献債)	地方公共団体 NPO	地方公共団体が担いきれない社会サービスを専門性の高いNPOなどに委託し、事業の社会的価値(成果)に応じて、地方公共団体が対価を支払う。 当初の事業資金は民間の投資家が出し、事業成果により削減された財政支出の一部が地方公共団体から投資家へのリターンとなる。	・滋賀県東近江市(愛知川小さな自然再生事業) https://www.en-try.jp/feature/shiga-higashiomi-sib/

(5) その他

その他、商品販売等の市場を通じたしくみや使用料・利用料等を活用した方法など、さまざまな手法が活用されています。

手法	活用主体	概要等	実施事例等
有料の体験型ツアー	地方公共団体 NPO	地域資源を活用した「滞在交流型観光」を推進することで地域経済の活性化を図る。	・沖縄県恩納村観光協会「修学旅行・団体向けプログラム」 https://www.onnanavi.com/dantai/
付加価値商品の開発・販売	地方公共団体 NPO	ブランド認証や認証商品を用いた寄付メニュー等を広めることで活動資金を得る。商品開発や認証には、公的機関の補助金その他、金融機関の融資を利用する方法がある。	・佐賀県鹿島市 「肥前鹿島干潟ラムサールブランド認証」 https://hizenkashimahigata.com/about/
ポイント制度・地域通貨	地方公共団体 NPO	維持・向上が必要な自然資本の保全活動を行っている人や団体に対し、他の製品・サービスと取引可能な地域通貨を発行する。	・石川県珠洲市（珠洲市自然共生ポイント制度） https://www.city.suzu.lg.jp/soshiki/2/1435.html
オーナー制度	地方公共団体 NPO	維持・向上が必要な自然資本（主にモノの供給が可能なもの）に投資し、産物を受け取る。	・全国棚田（千枚田）検索サイト「棚田NAVI」 https://tanada-navi.com/ ・熊本阿蘇のあか牛オーナー制度（公益財団法人阿蘇グリーンストック） http://www.asogreenstock.com/owner/
環境配慮型定期預金	地方公共団体 NPO	金融機関が提供する「定期預金」商品で、条件を満たしたことによる金利の上乗せや、預入額に応じた金額を寄付金として活動主体に送るなどがある。	・大和信用金庫「大和川定期預金」（BOD値が前年比改善されていれば金利を上乗せする商品） http://www.yamato-river.net/new_event_contents_8.html ・大和ネクスト銀行「応援定期預金」（沖縄県恩納村） https://www.bank-daiwa.co.jp/lp/feature/ouen/
スポンサード・ネーミングクライツ	地方公共団体 NPO	維持・向上が必要な自然資本の保全活動を行っている活動団体に人・金・モノを提供し、広告効果等の便益を受ける。	・宮城県仙台市「ネーミングライツ」 https://www.city.sendai.jp/zaise-kokyo/jigyosha/keyaku/jigyosha/shisetsumei-meiken.html
ブルーカーボン・オフセット	地方公共団体 NPO	藻場の保全再生活動で得られるCO ₂ の吸収・固定効果のほか、様々な活動で得られるCO ₂ の削減効果を算定し、これをクレジットとして認定、取引を行う。	・福岡県福岡市（福岡市博多湾ブルーカーボン・オフセット制度） https://www.city.fukuoka.lg.jp/kowan/kan-kyotaisaku/shisei/hbn_zm.html ・横浜市（横浜ブルーカーボン） https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/etc/ygv/bluecarbon.html

コラム

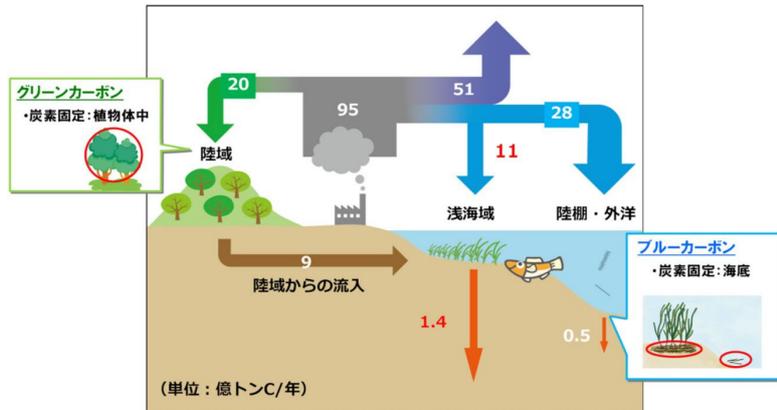
ブルーカーボンとカーボン・オフセット

ブルーカーボンとは、大気中の二酸化炭素が海域の生態系によって吸収・固定される炭素のことです。

近年の研究で、陸域に匹敵する吸収量が見込まれることが示されました（右図参照）。

そのためブルーカーボンの活用は、炭素の排出量と吸収量を均衡させるカーボンニュートラル達成のための有力な取組として、大きな期待が寄せられています。

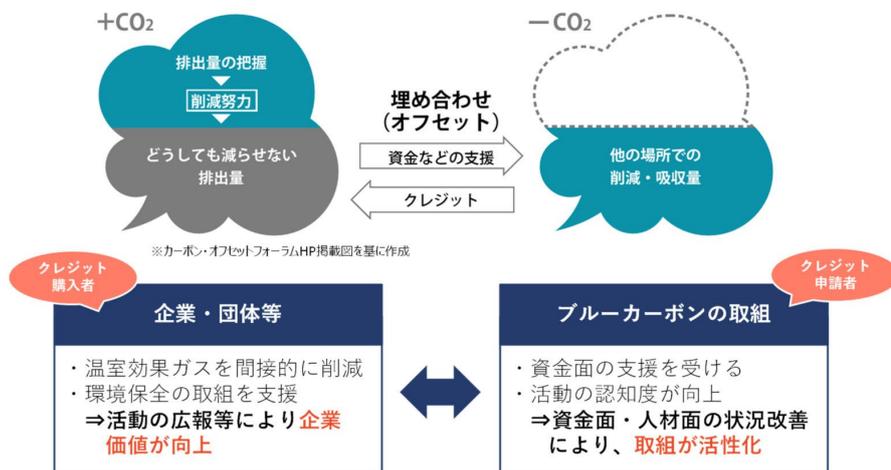
また、温室効果ガス削減のためのしくみの一つとして、二酸化炭素排出者が自身では削減できない排出量を他者が行った削減・吸収量を購入することで埋め合わせるカーボン・オフセット（右図参照）があり、ブルーカーボンを対象としたブルーカーボン・オフセットの取組も始められています。



【出典】J ブルークレジット(試行)認証申請の手引き Ver.2.1

令和4年9月 JBE

炭素循環図



【出典】J ブルークレジット(試行)認証申請の手引き Ver.2.1 令和4年9月 JBE

カーボン・オフセットの概要

コラム

「Jブルークレジット」

Jブルークレジットはジャパンプルーエコノミー技術研究所（JBE）が仲立ちとして発行・販売するブルーカーボンクレジットです（下図参照）。

温室効果ガス削減のためのしくみには、二酸化炭素排出者が自身では削減できない排出量を他者が行った削減・吸収量を購入することで埋め合わせるカーボン・オフセットがありますが、Jブルークレジットはこの取引の対象となるものです。クレジット申請者はクレジット売却益による資金面の支援が得られるほか、活動の認知度の向上により活動の活性化が見込めること、またクレジット購入者は二酸化炭素削減のほか温暖化対策のPR効果が期待できるなど、双方にとって利益があり、環境と経済の好循環を生み出すことができます（下表参照）。

名称	Jブルークレジット
手法の概要	藻場をはじめとする沿岸域の生態系は地球温暖化の原因となるCO ₂ を吸収し、地球環境を保全する働きをしている。この働きに着目し、藻場等を再生させる活動で得られるCO ₂ の削減効果を算定し、これをクレジットとして認定、取引を行う。 クレジット化可能な活動には、藻場などの吸収源の創出・維持管理による効果の向上などが含まれる。
効果	地元の活動資金の確保。地方創生として地元を盛り上げることができる。
参考	「ブルークレジット（試行）認証申請の手引き Ver.2.1（令和4年9月 JBE）」申請の条件、対象プロジェクト（実例）、創出者・購入者に必要な手続き 等
工夫・注意点	クレジットを発行した場合の権利者や配分を明確にするため海域の管理者・所有者の確認を行う必要がある、購入してもらう工夫など。
相談窓口	ジャパンプルーエコノミー技術研究組合 JBE（下図参照） https://www.blueeconomy.jp/about/



【出典】JBE ホームページより <https://www.blueeconomy.jp/>

Jブルークレジットを仲立ちとしたカーボン・オフセットの流れ

事例

「サンゴの村宣言」による自然環境の保全と活用を基軸とした持続可能な社会の実現

沖縄県恩納村役場ヒアリングによる

沖縄県
恩納村

沖縄県恩納村では、第5次総合計画の重点施策として2018年（平成30年）7月に「サンゴの村宣言」を行ったことを皮切りに、サンゴの保全と活用を基軸とした総合的取組を開始しました。サンゴをはじめとする豊かな自然環境の保全により、観光産業の高付加価値化を図り、その収益を村民に還元することで持続可能な社会を実現するこの手法は、体制づくり（人材・財源の確保）の面からも成功事例として注目されています。

●沖縄県恩納村の概要

恩納村は沖縄本島中央部の西海岸に位置する面積 50.84 km²、人口 1.1 万人ほどの村です。

西側は全域が沖縄海岸国定公園に指定され、東側は丘陵地の広がる豊かな自然に恵まれています。

本土復帰後、急速に観光リゾート地として成長し、海岸沿いを中心に多くの宿泊施設が立地し、年間 300 万人ほどの観光客が宿泊しています。また、2012 年には、沖縄科学技術大学院大学が開学し、世界各国から約 1,300 人の学生・職員が訪れており、観光リゾート施設だけでなく、学術機能としてもグローバル化が進んでいます。それに伴い、産業別就業者数も第3次産業の割合が多くなっています。

また、海ぶどう、モズク、アーサをはじめとする水産業、小菊を主力とする花卉類やパッションフルーツ、マンゴーなどの果樹類を中心とする農業なども盛んに行われています。特に、モズクや海ぶどうの品質は高く、県外にも出荷されています。



●取組の概要

恩納村の最大の特徴は、サンゴ礁海域をはじめとする恵まれた自然環境です。村では自然環境のあり方が村の衰退に関わるとの認識から、第5次総合計画の重点施策として「サンゴの村宣言」を行いました。宣言に伴い、「サンゴのむらづくりに向けた行動計画」を策定し、持続可能な村づくりに向けて、環境・経済・社会の統合的向上を目指す取組を展開しています。

このうち環境面の取組として、定期的なモニタリング、サンゴの苗の植付、グリーンベルトの植栽、ビーチクリーンなどの活動の他、オーバーツーリズムへの対策として、ダイバーへの意識の啓発を行う Green Fins（グリーン・フィンズ）の導入など、観光・消費活動が環境保全に繋がるしくみを導入しています。自然環境負荷の小さな観光スタイルの創出や観光客への啓発を行い、本村の観光の高付加価値化・ブランディングに結びつくような有機的な繋がりを構築していくこととしています。

●人材の確保

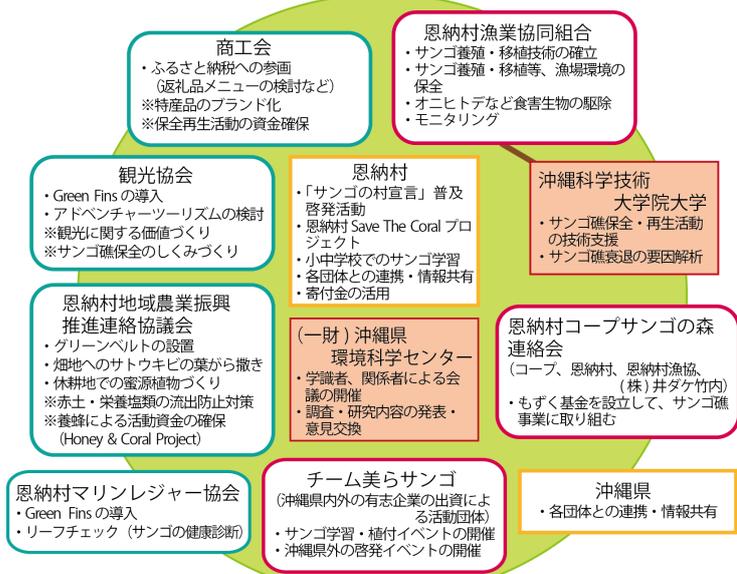
恩納村のサンゴ礁保全・再生活動の主な活動主体は恩納村漁業協同組合（以下、恩納村漁協）です。恩納村漁協の活動を主軸として、現在、様々な主体がそれぞれの立場から活動に参加しています。

また、恩納村の活動には、各主体ならではの目的があり、単独の活動としても成り立つといった特徴があります。例えば、陸域からの赤土の流出対策として農業者を主体としたグリーンベルトの植付や畑へのサトウキビの葉柄まきが行われていますが、これらの作業は作物を育てる上で重要な財産である土を確保するための必要措置として進められています。さらに、休耕期間の裸地に蜜源となる植物を育てて蜂蜜を採ることで活動資金を得る Honey & Coral Project も行われています。

これら個別の活動を連携・調整することでさらに効果を引き出せるよう、様々な関係団体と連携を取りながら、持続可能なむらづくりを進めています。

●財源の確保

サンゴ礁保全・再生の主軸となる活動は、恩納村漁協が実施しています。これら活動の資金は、恩納村漁協が独自に得ている「もずく基金」のほか、村より資金面での支援が行われています。村の支援の主な財源はふるさと納税の寄付金の一部、村の一般会計予算となっています。



また、村の取組に賛同する民間企業からも寄付金が得られており、啓発活動のためのさまざまなイベントの開催に活用されています。

名称	概要
ふるさと納税	「自然景観の維持再生及び地域振興に関する事業」をはじめ、恩納村漁協が実施しているサンゴ礁の保全・再生活動資金として使用。 2021年度（令和3年度）では、寄付金総額は約8億円、このうち環境分野の事業費として約9千2百万円が使用された。返礼品が充実しており、リゾートホテルでの宿泊などの人気が高い。
企業版ふるさと納税	「恩納村まち・ひと・しごと創生推進計画」に位置づける“恩納村の特性を活かした魅力ある仕事を創出する事業”として実施されるサンゴ保全再生活動の推進への資金として活用されている。
「もずく基金」	恩納村コープサンゴの森連絡会に加盟している全国各地の生協では、恩納村産のもずくの売り上げの一部を「もずく基金」として恩納村漁協のサンゴ礁再生事業に活かしている。
大和ネクスト銀行応援定期預金	定期預金契約者の希望する対象事業に対して、利息の一定割合にあたる金額を銀行が寄付するしくみの商品「サンゴを守る沖縄県恩納村応援定期預金」。
インターネットを通じた募金の取組	インターネットを通じた募金の取組（ヤフー株式会社「YAHOO! ネット募金」、ソフトバンク「つながる募金」）が行われている。これらの資金は「ソフトバンク 恩納村 未来とサンゴプロジェクト」を通じてさまざまな活動に活用されている。

※寄付金の一例です。

●サンゴの村宣言によるモチベーションの拡大

村でのサンゴ礁保全・再生活動拡大のきっかけは、「サンゴの村宣言」であったといいます。村長自らが宣言を行うことで、具体的な施策がスムーズに実施されたこと、また、村にとってのサンゴ礁の重要性を再確認し、サンゴ礁の地域資源としての価値を高め、活かす村のあり方を村内の共通認識とすることに繋がりました。外部に向けての発信力も大きく、一般の方に分かりやすいコンセプトは多くの企業の賛同を得て、協力・支援活動にまで発展しています。

現在、環境・経済・社会の各側面ですさまざまな取組が軌道に乗り始め、取組の相乗効果により村の内外を問わず、人材・財源が得られるなど活動の継続がうまく回り始めています。

事例

「海のゆりかご」アマモ場再生による里海の再現

岡山県水産課、日生町漁業協同組合ヒアリングによる

岡山県
備前市日生

岡山県備前市日生町が面する瀬戸内海では、高度経済成長期の沿岸域の開発などによって昭和20年代のアマモ場の7割が消失したといわれます。日生町では一早くアマモ場の重要性に着目し、他に先駆けてアマモ場の再生活動を開始しました。1985年（昭和60年）に開始した活動は現在に至るまで続いており、1985年（昭和60年）に12haまで減少したアマモ場が2020年（令和2年）には230haにまで回復しています。多くの主体を巻き込んだ活動は、体制づくり（人材・財源確保）の面からも成功事例として注目されています。

●岡山県備前市日生町の概要

日生町は岡山県南東部の兵庫県との県境に位置し、市町村合併により備前市となっている地域です。瀬戸内海に面する漁業の盛んな町で、漁船漁業の他、牡蠣養殖が古くから行われてきました。意欲的な漁業者が多く、かつては小型定置網漁業（つぼ網漁）を開発し、全国に広めたのもこの地域からといわれています。



●取組の概要

日生町では昭和40年代、放流した稚魚が獲れない、育たない状況が現れ始め、これを改善するために、昭和60年代に入って、当時因果関係が疑われていたアマモ場の減少を食い止め、再生するための取組が開始されました。きっかけは日生町漁業協同組合（以下、日生町漁協）のつぼ網組の長が県の水産試験場に技術指導等の連携を呼びかけたことに始まります。

日生町の保全再生の取組は、日生町漁協を中心に行ってきたアマモの採取・保管・播種と、県が行ってきた調査研究に基づいたアマモ場の基盤整備を車の両輪として同時に進めることで行ってきました。

日生町漁協によるアマモの播種は昭和60年代から現在まで継続的に行われていますが、この取組も最初の20年近くは効果がみられない状況が続きました。その後、透明度の改善によって播種の成果がみられるようになり、それでも効果のない場所では県がアマモ場の基盤整備を行いました。県ではアマモ場の成立条件を実際の調査結果をもとに推定し、条件に合う環境を造成することで藻場の再生に取り組んできました。取組の成果を評価するための専門の委員会の立ち上げ、藻場の造成、モニタリングの実施による事業は功を奏し、現在はアマモの播種とともに取組を進めています。

●人材の確保

【アマモの播種】

日生町漁協主体で行われてきた作業です。6月頃に種をついたアマモを採取して袋詰めし、牡蠣筏に垂下させ保管、10月に腐敗した葉体部を取り除き、選別した種を造成場所に播いています。作業体制は少しずつ変化しており、昭和60年代から2008年（平成20年）くらいまで日生町漁協の中のつぼ網組のみで行っていましたが、担い手の減少により日生町漁協全体で行われるようになり、その後、おかやまコープが参画し、消費者にまで広がりました。さらに総合学習などの教育プログラムを通じて、地域の小、中、高校生も活動に加わるようになり、年間の行事として取り組まれるようになりました。この取組にはNPO法人里海づくり研究会も参画しており、技術的な補完を行っています。これは、用船・実作業を日生町漁協が、調査研究を岡山県が、実作業・広報・宣伝をおかやまコープが、作業の技術的補助をNPO法人里海づくり研究会が行う4者協定によるものです。

【アマモ場の基盤整備】

岡山県主体で行われてきた事業で、専門の委員会を立ち上げ、アマモ場環境条件調査を実施、その後は基盤整備とモニタリングを継続的に行っています。地方公共団体職員は異動がありますが、委員会の委員を固定することで、同一視点による長期判断を可能にしています。

【活動の展開】

日生町から始まったアマモ場再生の取組は岡山県内で拡大しており、5つの漁業協同組合にまで広がっています。

●財源の確保

日生町漁協主体で行われてきたアマモの播種に関わる活動資金は、現在、水産多面的機能発揮対策交付金により、一部経費が賄われていますが、それまでは漁業者が自力で実施してきました。一方、アマモ場の基盤整備については、国の補助金が活用されています。

名称	概要
水産庁 水産多面的機能発揮対策交付金	アマモの採取・保管・播種活動における用船費、機材費および一部人件費についての財源として活用されている。
水産庁 水産基盤整備事業 (公共)	アマモ場の基盤整備に関する事業費として活用。
せとうち里海再生 支援基金	おかやまコープが行っている取組で、瀬戸内の豊かな里海を育てる活動を支えていくことを目的に積み立てられた基金。平成22年度から継続して岡山県に贈呈されており、アマモ場再生の効果を把握する「藻場環境調査事業」の事業費として活用されている。

●モチベーションの維持

岡山県水産課、日生町漁協へのヒアリングによると、取組を推進する上で最も影響力があった要素は、キーパーソンのリーダーシップであったといます。日生町では、漁業者が熱心に活動をもり立てたこと、中でも県の水産試験場に連携を申し入れた当時のつば網組の長がすばらしいリーダーであり、日生町漁協の組合員や県の水産試験場を巻き込んでいきました。アマモの播種は当初、20年ほどは成果が出ず、このような中で取組が継続できたのもこのリーダーの存在によるものです。県の調査分析により減少要因が判明してからは、成果が見えるようになり、モチベーションの高まりの中で活動の好循環に繋がっていきました。

現在は取組の主体が拡大し、小、中、高校生など子どもたちが加わることで、漁業者からは次世代に環境をつなぐ必要性を強く感じるなどの感想も聞かれるようになりました。

2-2 普及啓発

サンゴ礁や藻場が地域にもたらす恩恵や気候変動影響などをあらゆる主体に広く普及させることは、地域の環境への関心を高め、それぞれに何ができるかを考えるきっかけになります。同時に取組に対する地域住民等の理解が得やすくなり、将来を担う人材の育成にもつながります。近年では、沿岸生態系の保全再生に賛同した方が、寄付を通じて活動に参加する方法も普及し始めるなど、様々な主体の連携・協力により活動の幅も広がってきました。これに伴って、普及啓発の対象も漁業・農業関係者、地域住民、観光客など、徐々に広がりを見せています。下表には、対象別に各地で行われているプログラムや広報活動の事例を紹介します。

対象	活動主体	活動地域	概要
学校等教育現場を対象としたもの	海島遊民くらぶ(有限会社オズ)	三重県鳥羽市離島地域	関西・関東の修学旅行生体験プログラムの企画・コーディネート・実施。また JPR (環境省子どもパークレンジャー) 等を実施している。 https://www.oz-group.jp/
	一般社団法人ふくおか FUN	福岡県福岡市博多湾周辺	スキューバダイバーにより設立。小中学校での授業のほか、講演、体験型イベントの企画運営、企業 CSR の受け入れなどを行っている。 https://fun-fukuoka.or.jp/
	特定非営利活動法人 喜界島サンゴ礁科学研究所	鹿児島県喜界町	サンゴ学習単元の開発や喜界島教育協議会の設立をはじめ、サンゴ礁を通じた学習活動を継続している。 https://kikaireefs.org
	(一社)久米島の海を守る会	沖縄県久米島町	サンゴに関するパンフレットを作成し、島内の小・中・高校へ配布、学校でのサンゴ学習を支援している。 https://www.umiwo-mamorukai.jp/
	NPO 法人海の再生ネットワークよろん	鹿児島県与論町	島内の小中高や B&G 海洋センターなど、サンゴ礁生態系・与論島の陸と海とのつながり等をテーマに環境教育を行う。 https://uminoisaiseinetyoron.wixsite.com/yoron35
地域住民を対象としたもの	特定非営利活動法人自然体験学校	沖縄県八重瀬町	地域の資源を体験観光として商品化するにあたり、地域住民への普及啓発と人材育成を行うことで、住民が参画し、旅行者の受け入れと交流ができるしくみを構築。 https://www.shizentaiken.com/
	特定非営利活動法人 石西礁湖サンゴ礁基金	沖縄県石垣島、西表島間に位置する石西礁湖地域	赤土流出の多いサトウキビの夏植栽培から流出の少ない株出栽培への転換を提唱、農家への支援と連携。サトウキビ栽培を含む畑作の土壌保全に効果的な営農対策のガイドラインを作成。 http://www.strata.jp/sangokikin/
観光を通じた活動を対象としたもの	エコツアーラボ合同会社	沖縄県宮古島市	観光客が来ればくるほど美しくなる「エコパカンス」として、オニヒトデ駆除やマングローブ植林などによりサンゴ礁生態系の保全にも貢献するエコガイドカフェ(エコツアー)を実施している。 https://www.webman.jp/act/
	NPO 法人おきなわグリーンネットワーク	沖縄県	赤土等流出防止対策プログラムとして、観光×対策活動による民泊でのグリーンベルト植栽活動を実施。 http://okinawagreen.net/
	特定非営利活動法人黒潮実感センター	高知県柏島周辺地域	地域の自然環境の調査研究を基に環境の価値付けを行い、これを活用した環境学習やエコツーリズムの推進を行っている。 http://www.orquesta.org/kuroshio/
	沖縄県恩納村役場	沖縄県恩納村	ダイバーを中心に人々の意識を高め、サンゴ礁保護を通じて持続可能なダイビングやシュノーケリング、観光産業の推進を目指す Green Fins を実施。
研究活動を対象としたもの	NPO 法人水辺に遊ぶ会	大分県中津市中津干潟・豊前海	中津干潟アカデミア設立で、調査研究する若手研究者と学生の支援、研究者や大学生と地元中高生の交流の機会を設けることによる次世代人材の育成を実施。 http://mizubeniasobukai.org/

コラム

Green Fins¹

Green Fins は、ダイビングやシュノーケリングをはじめとした観光の側面からサンゴ礁への悪影響を減らそうとする取組です。UNEP（国連環境計画）とイギリスの Reef World 財団により推進されるサンゴ礁保全の取組で、環境に配慮したダイビングやシュノーケリングのガイドラインの作成と、それを遵守しているダイビングショップの評価・認定を行っています。

世界ではフィリピン・ベトナム・タイなど各国の中央政府主導で 14 カ国、約 600 のダイビングショップに採用されており、日本の地方公共団体としては恩納村が本格的に導入をはじめています。



サンゴの上に
立たない



海底の砂や沈殿物を
巻き上げない



海洋生物を追いかけたり
触れたりしない



手袋を着用しない



魚の餌付けをしない



海にゴミを捨てない



魚突き、
スピアフィッシング禁止



フカヒレ漁を
サポートしない



海洋生物を使った
おみやげを買わない



海洋生物は生きているものも
死んでいるものも収集しない



サンゴ礁に錨を
下ろさない



ブイを使用する



シュノーケリングをする際には
救命胴衣(ライフジャケット)等を着用する



環境法違反を
報告する



環境保全の取り組みに
参加する



www.greenfins.net

@GreenFins @Green_Fins

【出典】 恩納村ホームページ

第2章 引用・参考文献

- ¹ 恩納村ホームページ「Green Fins (グリーン・フィンズ)」
<https://www.vill.onna.okinawa.jp/politics/1508724757/1610705037/>

第3章

サンゴ礁生態系の監視および取組に関する適応アクション

3-1	サンゴ礁生態系の現状と課題	3-1
3-1-1	サンゴ礁生態系がもたらす生態系サービス	3-1
3-1-2	減少・劣化の要因と気候変動影響	3-2
(1)	サンゴ礁の減少・劣化の要因	3-2
(2)	サンゴ礁の生態系サービスへの影響	3-7
3-2	広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握	3-8
3-2-1	適応アクションの概要	3-8
(1)	モニタリングの必要性	3-8
(2)	広域モニタリングの概要	3-10
(3)	簡易モニタリングによる気候変動影響の把握	3-10
3-2-2	広域モニタリング実施体制	3-11
(1)	各地域での実施体制	3-11
(2)	広域での実施体制	3-11
3-2-3	簡易モニタリングの背景と手法	3-14
(1)	簡易モニタリングの背景	3-14
(2)	簡易モニタリング手法	3-14
3-2-4	参考となる既存の広域モニタリング	3-26
(1)	調査地点	3-26
(2)	調査手法	3-28
3-2-5	モニタリング対象ごとの調査項目	3-29
(1)	モニタリング対象と調査項目	3-29
(2)	環境要因の記録	3-30
3-3	従来の保全再生の取組の継続	3-31
3-3-1	適応アクションの概要	3-31
3-3-2	サンゴの増殖技術	3-32
(1)	有性生殖法と無性生殖法	3-32
(2)	水中ボンドによるサンゴ断片の固定	3-33
(3)	天然の幼生加入を促進する手法（岩盤清掃）	3-34
(4)	各段階での手法	3-35
(5)	パッケージとしての各技術の利用	3-38
3-3-3	赤土等・過剰栄養塩の流出対策	3-39

(1) グリーンベルト	3-41
(2) サトウキビの株出し栽培	3-41
(3) 緩効性の肥料と施肥のタイミング	3-42
3-3-4 オニヒトデ駆除	3-44
3-4 生態系変化に対応した取組の実施	3-45
3-4-1 適応アクションの概要	3-45
3-4-2 日よけ（遮光措置）	3-46
3-4-3 リスキニング－事例紹介－	3-47
3-4-4 高温耐性種の導入－事例紹介－	3-48

第3章 サンゴ礁生態系の監視および取組に関する適応アクション

3-1 サンゴ礁生態系の現状と課題

3-1-1 サンゴ礁生態系がもたらす生態系サービス

サンゴ礁は地球上で最も生物多様性の豊かな生態系であり、単位面積あたりの生物種の多さは熱帯雨林をしのぐほどと言われます。これはサンゴ礁を形成する造礁サンゴが餌資源や生息場所を提供する役割を担っているためです。同時にサンゴ礁生態系は、下表のように地域の暮らしや人の生存にとってなくてはならない、多くの恩恵をもたらしてくれています。

区分	内容
豊かな漁場	生産性の高い豊かな漁場を提供しています。漁業（商業用海産物）の価値として、年間107億円とする試算があります（図3-1）。
装飾品や土産物	サンゴやサンゴ礁に生息する生物は、宝飾品や観賞用に利用されています（ヤコウガイ等の貝類、宝飾サンゴを加工したアクセサリなど）。
建築用の資材	沖縄県等の伝統的家屋で、サンゴ礁由来の石灰岩やサンゴ群体そのものが建築資材として随所に用いられています。
天然の防波堤	津波の被害軽減など、防波堤としての役割を担っています。日本におけるサンゴ礁の防波堤としての価値を年間839億円とする試算もあります。
土地の形成	サンゴ礁が隆起することによる島しょ形成（与論島、喜界島など）など、新たな土地を提供しています。
医療品等の原料	サンゴ礁に生息する生物が持つさまざまな物質が抗がん剤・抗ウイルス剤等の医療品の原料として用いられています。
独自の伝統行事や祭事等の文化の形成	サンゴ礁に生息するスイジガイを魔除けのお守りとして軒先に吊す（沖縄）風習など、サンゴ礁が分布する地域の島々で、サンゴ礁に由来する文化や伝統行事が多くみられます。
教育の場	地域の特徴的な自然として、教育の場と多くの教材を提供しています。
観光資源・レクリエーション	サンゴ礁は観光資源として大きな価値を有し、その経済価値は年間2,399億円を上回るとする試算があります（図3-1）。

【出典】サンゴ礁生態系保全行動計画 2022-2030 環境省、気候変動影響評価報告書 令和2年12月 環境省より作成



土屋誠氏提供

図3-1 観光・レクリエーションの場の提供（左）、サンゴ礁域で漁獲される多様な魚類（右）

(1) 減少・劣化の要因と気候変動影響

(2) サンゴ礁の減少・劣化の要因

サンゴ礁を取り巻く環境は年々厳しくなっており、世界規模でサンゴ礁が危機的状況にあることが報告されています。サンゴ礁の減少・劣化は、気候変動がもたらす地球規模でのストレスと、地域（海域）特有のストレスの複合影響によると考えられます。

地球規模でのストレスによるものに、水温上昇、海洋酸性化、大雨の増加、台風の激甚化などがあります。また、地球規模のストレスにより助長される地域（海域）特有のストレスとして、生理障害による白化・成長阻害、赤土や栄養塩類の流出による透明度低下や浮泥の堆積、富栄養化およびこれらに関連があるとされるオニヒトデの大量発生、波浪激化によるサンゴの破壊、さらにストレスにさらされて弱ったサンゴに蔓延する病気など、さまざまな要因が複雑に絡み合い、サンゴの斃死や藻類繁茂に繋がる変化を引き起こします（図3-2）。このほか、地域（海域）特性のストレスとしては、過剰利用や海洋ごみ、魚の乱獲などの問題も挙げられます。

環境省が行っているモニタリングサイト 1000 事業では広域かつ経年的なデータをみることが出来ます。これによると、奄美大島や沖縄島などでは、サンゴ被度の現状維持あるいは回復傾向がみられているものの（図 3-3 のオレンジ枠）、先島諸島の宮古島や八重干瀬などではサンゴ被度の減少傾向がみられています（図 3-3 のみどり枠）。

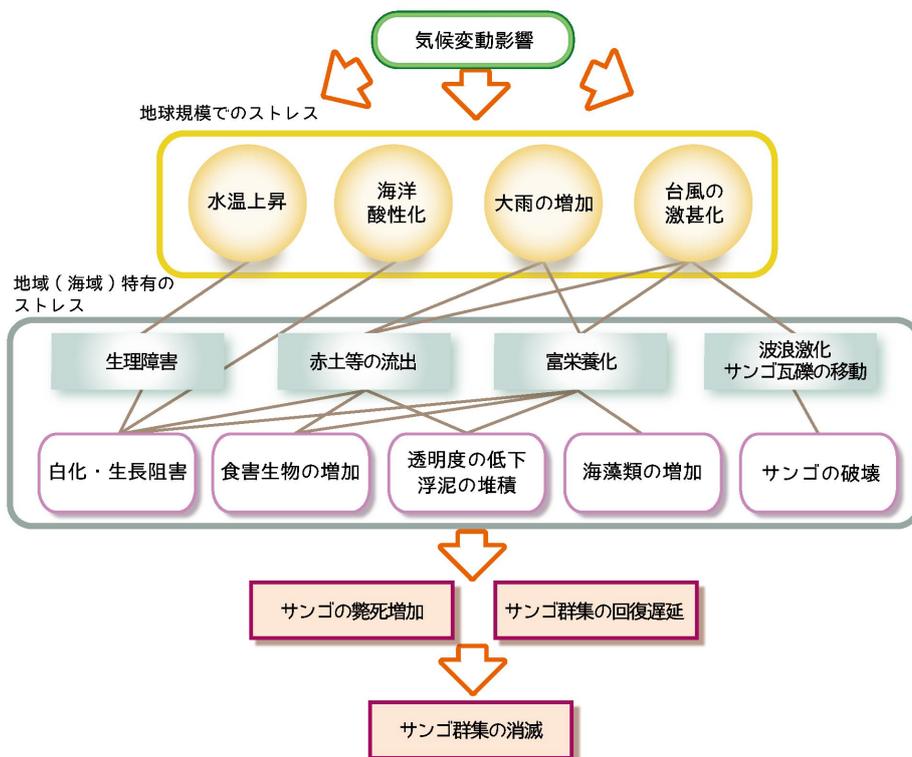
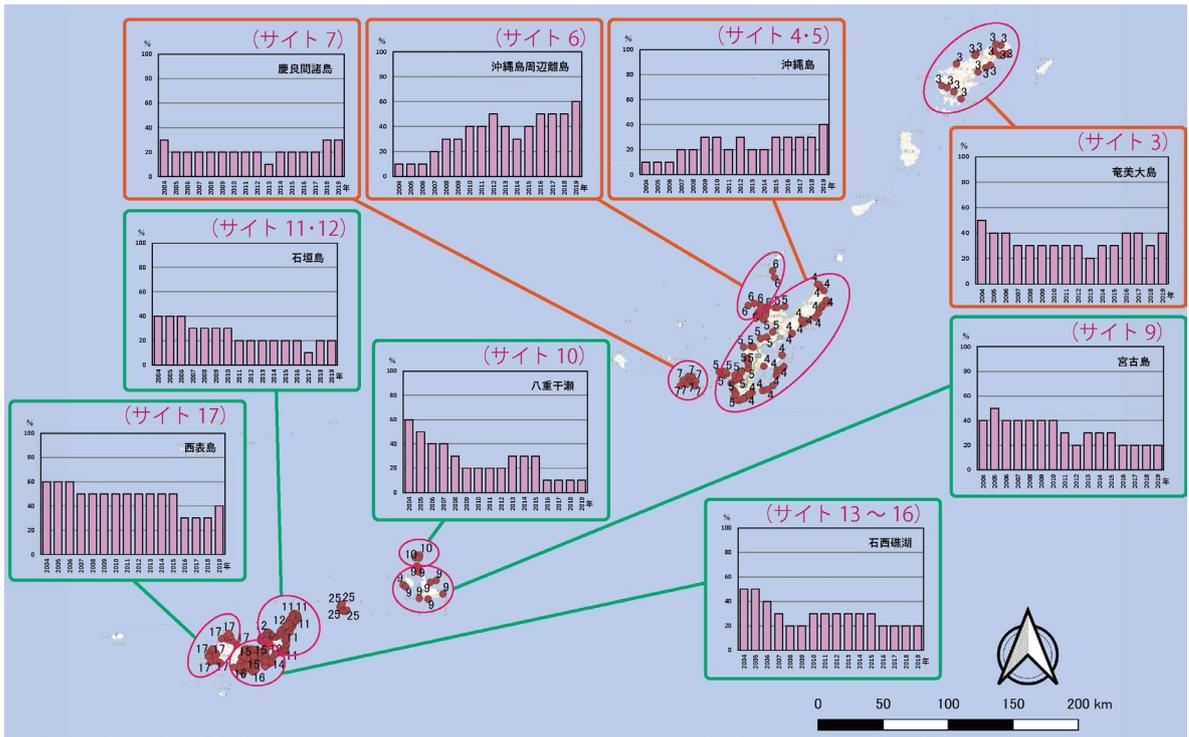


図 3-2 サンゴ礁生態系の減少・劣化をもたらす様々な要因



【出典】モニタリングサイト1000 サンゴ礁調査 2019年度とりまとめ結果 環境省より編集・加工
 図3-3 奄美大島、沖縄島、先島諸島周辺の各サイト海域の平均サンゴ被度(%)

1) 水温上昇、海洋酸性化

沖縄地域では海水温の上昇によりサンゴの白化現象の頻度が増加しています。サンゴ礁を形成する造礁サンゴは体内の共生藻の光合成によりエネルギーを得ている生物ですが、水温上昇などのストレスを受けると、共生藻を吐き出して白化現象を起こし、その状態が続くと共生藻の栄養を受け取れないために死滅します。

特に被害の大きかった2016年夏季には、世界各地でサンゴの大規模な白化現象が生じ、石垣島と西表島の間広がる日本最大規模のサンゴ礁域である石西礁湖においても、サンゴ群集の約97%が白化し、最終的に約70%が死亡しました。この白化現象の前後で、石西礁湖全体での各生態系サービスの経済価値を比較すると、漁業は21億円⇒19.8億円、観賞魚は150.3億円⇒120億円、ダイビングは414.4億円/年⇒362.6億円/年にそれぞれ減少したとの研究があります¹⁾。

さらに、陸域から離れた宮古島北部にある八重干瀬でも、赤土流出等の陸域からのストレスが比較的少ないにもかかわらず白化が生じており、気候変動影響の深刻さを示唆しています(図3-4)。



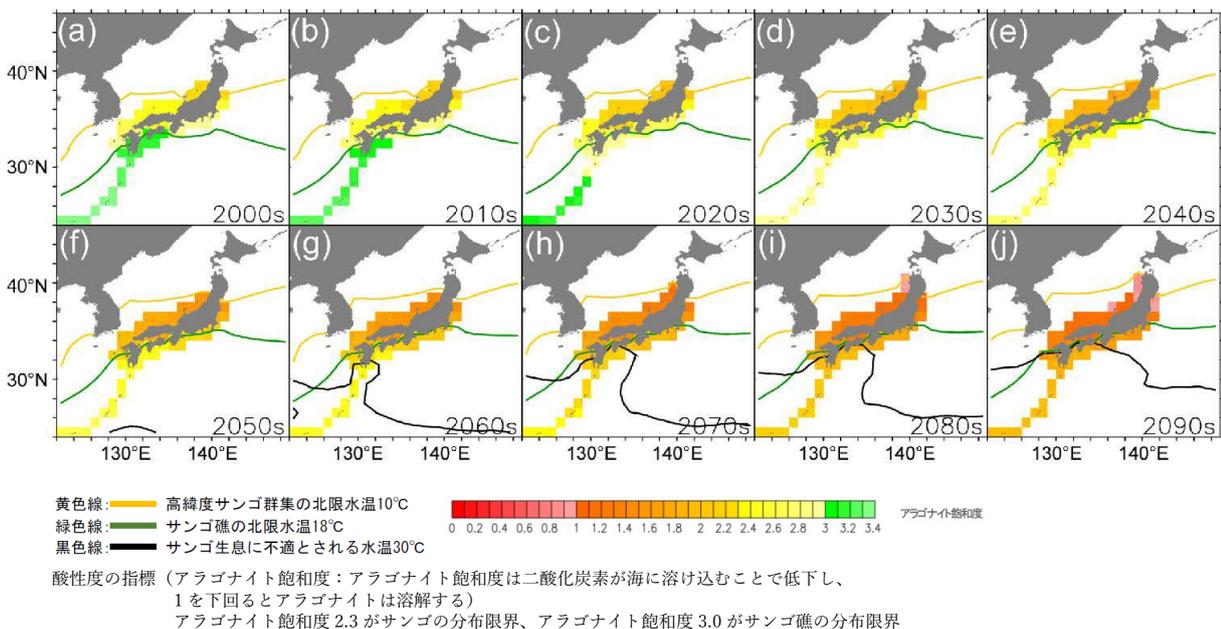
山野博哉氏提供

図3-4 2016年に起きた八重干瀬での白化

今後、気候変動により水温が上昇を続けると白化現象がより発生しやすくなり、サンゴが白化から回復する前に新たな白化がおり、サンゴが減少していく予測があります。例えば、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）により発行された「1.5°C特別報告書（2018）」によると、暖水性のサンゴは、産業革命以前からの地球の平均気温が 2°C 上昇した場合には 99%、1.5°C 上昇でも 70~90% が消滅のリスクにさらされるとしています。

また、海洋酸性化により、造礁サンゴのような炭酸カルシウムでできた骨格をつくる生物の成長阻害が危惧されています。海洋酸性化とは海水中の二酸化炭素濃度が増加して、pH が低下（酸性化）してしまう現象です。サンゴ礁には造礁サンゴをはじめ、炭酸カルシウム骨格・殻をもつ棘皮動物、軟体動物種が多く、海洋酸性化は水産資源となる種に悪影響が及ぶ可能性があります。また、水温上昇や低酸素化のような同時に起こる要因と相互に作用するため、影響が増幅される可能性があります¹⁾。

図 3-5 に海水温上昇と酸性化を指標に予測された日本近海のサンゴ礁の分布に適する海域の変遷を示します。これによると、海洋酸性化に伴う低アラゴナイト飽和度域（サンゴの分布限界とされる 2.3 以下を示す赤～オレンジ色）の低緯度側への拡大と高水温による白化域（サンゴ生息に不適とされる水温 30°C を示す黒色線以南）の高緯度側への拡大により、日本近海でサンゴの分布可能域が 2070 年代になくなってしまふという結果が得られました^{1,2)}。



【出典】 Y. Yara, M. Vogt, M. Fujii, H. Yamano, C. Hauri, M. Steinacher, N. Gruber, and Y. Yamanaka (2012) :
 Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan.
 Biogeosciences 9 : 4955-4968

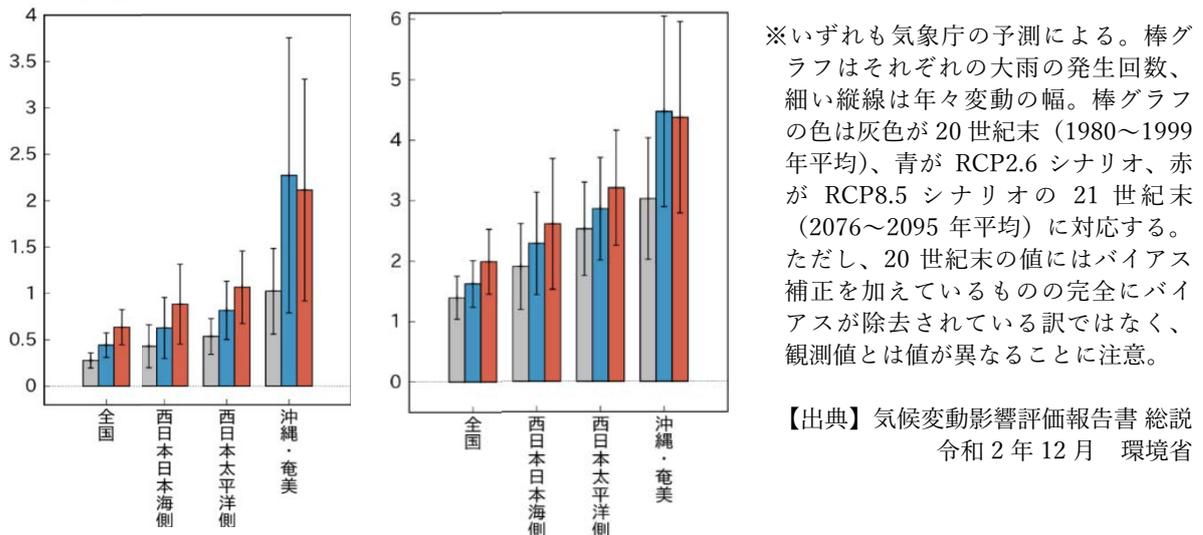
図 3-5 2000 年代～2090 年代におけるサンゴの分布に関わる水温と酸性域の変化

2) 大雨の増加

気象庁の予測によると、全国的に大雨が増加する傾向にあり、産業革命以前からの地球の平均気温が 4°C 上昇した場合（RCP8.5）、全国平均の発生日数は、大雨（日降水量 100mm 以上の降雨）が 1.4 倍、短時間強雨（1 時間降水量 50mm 以上の降雨）が 2.3 倍に増加する

と予測されています。九州・沖縄地域（西日本日本海側、西日本太平洋側、沖縄・奄美）においては、もともと全国に比べて降水量も多く、大雨や短時間強雨の頻度がさらに増加する傾向にあります（図3-6）。一方で、雨がほとんど降らない日も増加することが想定され、雨の降り方が極端になる傾向が続くと予測されています³。

これにより、赤土や栄養塩類の海域への流出が増加することが想定され、サンゴの白化・成長阻害、透明度の低下、浮泥の堆積、オニヒトデなど食害生物の増加、海藻類の増加が懸念されます。



1時間降水量50mm以上（左図）と日降水量100mm以上（右図）の年間発生回数の変化

図3-6 地域気候モデルによる20世紀末と21世紀末との降雨状況の変化

ア. 透明度の低下・浮泥の堆積

特に琉球諸島や奄美群島などの地域では、スコール的な雨が多く、雨粒が大きいといった気候要因や、島しょ地域で傾斜が急な地形が多く、河川も短いという地形的要因などから、本土よりも赤土等が流出しやすい地域です⁴。大量の赤土が海域へ流出して透明度が低下したり、サンゴ上に堆積したりすると、共生藻が光合成できなくなったり、サンゴを窒息させたりすることになります。白化の主な要因は高水温ですが、赤土等の流出によるストレスがサンゴを弱体化させ、白化や斃死を助長させることや、新たなサンゴ幼生の着底阻害や生残を妨げることが考えられます。

イ. 食害生物の増加

サンゴを食害する生物には、オニヒトデ、シロレイシガイダマシ類、ブダイ類などがあります。これらの生物はサンゴ礁生態系を構成する要素ではありますが、時に大量発生するオニヒトデとその食害は、サンゴの主な減少要因の一つとなっています。

オニヒトデの大量発生は、陸域からの栄養塩類流出に伴う海域の富栄養化が原因といわれています。大雨の増加は、陸域から赤土およびこれに含まれる栄養塩類の流出を促し、海域への流入負荷の増加につながることを懸念されます。

ウ. 藻類の増加

陸域から流出する栄養塩類の増加と海域の富栄養化は、植物プランクトンの増殖や海藻類の繁茂を促します。サンゴの斃死後に基質上に微細藻類や海藻類が繁茂することで、サンゴの幼生の加入や成長を阻害することが報告されています⁵。

サンゴの減少地域に海藻類が増加することで、サンゴ礁から藻場へ遷移することも考えられます。

3) 台風の激甚化

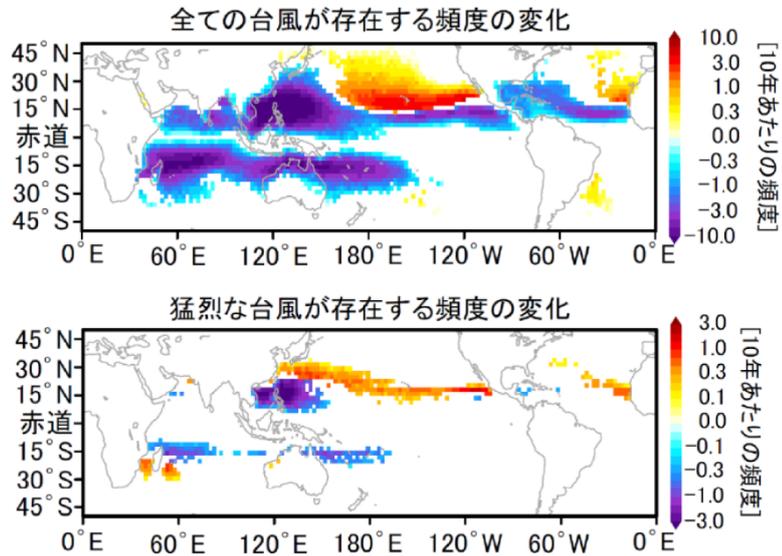
文部科学省・気象庁の「日本の気候変動 2020」によれば、気候変動の進行により、日本近海の台風の強度は強まり、日本の南海上で猛烈な台風の存在頻度が増加すると予測されています。例えば、気象研究所ほかによるシミュレーション結果（図 3-7）では、産業革命以前からの地球の平均気温が 4℃上昇した場合、猛烈な台風が存在する頻度が現在よりも増加する地域（図 3-7 の暖色

で示す地域）に、日本の南海上からハワイ付近及びメキシコの西海上までが含まれています。

日本の南海上は、サンゴ礁の主な分布域となっていることから、台風の激甚化による影響が懸念されます。

台風の激甚化により波高が増大するとそれに比例して波圧や流速が増大するため、礁嶺の大きなテーブル状のサンゴが根元から折れるなど、今後サンゴの破壊が進行することが危惧されています。また、死んだサンゴ

の骨格は強い波や流れによって次第に崩壊し、瓦礫となって海底に溜まります。これらが海底近くを移動することによって、サンゴの幼生の加入や成長を阻害したり、サンゴ自体を破壊したりすることがあります⁵。さらに、台風の発生時期・発生位置や通過コースがこれまでと比べて変化することで、適度な海水の攪拌が起こりにくくなり、異常な高水温状態を引き起こす可能性も懸念されています。



緯度経度 2.25 度×2.25 度格子で見た熱帯低気圧が存在する頻度の変化。赤い領域で頻度が増加する。有意水準 1% で統計的に有意な変化をしている領域のみ描いている。（上段）全ての強度の熱帯低気圧、（下段）地表最大風速が 59 m/s を超える猛烈な熱帯低気圧。

気象研究所報道発表資料「地球温暖化で猛烈な熱帯低気圧（台風）の頻度が日本の南海上で高まる ～多数の高解像度温暖化シミュレーションによる予測～」(気象研究所, 2017) より。

図 3-7 台風（熱帯低気圧）が存在する頻度の変化

(3) サンゴ礁の生態系サービスへの影響¹

国内のサンゴ礁がもたらす生態系サービスについて、年間あたり、観光・レクリエーション価値として2,399億円、漁業（商業用海産物）価値として107億円、海岸防護機能として75.2～839億円とする試算があり、気候変動に伴うサンゴの生息適域の減少に関する予測を考慮すると、これらの生態系サービスが減少あるいは消失する可能性が考えられます。

特に、サンゴ礁による防波機能については、白化や海洋酸性化のストレスによる海面水位の上昇に合わせたサンゴ礁の上方への成長阻害と、サンゴの死滅による海底面の摩擦効果の減少との複合作用により、深刻な影響が生じる可能性があります。

一方、サンゴは分布の北上が進んでおり、今後も分布適域の拡大が予測されていますが、新たにサンゴ群集の分布が拡大した地域においてもたらされる生態系サービスについては予測事例が少なく、その評価は現状では困難です。

九州・沖縄地域のサンゴ礁生態系が将来的にどのような姿になるかは、今後の気候変動の進行具合により変わってきます。ただし、将来どのような変化が起こりえるのか、その概略を知っておくことは今後の対応を検討する上で必要なことです。最も深刻な影響を想定すれば日本沿岸のサンゴの生息可能域がほぼなくなる可能性も指摘されています¹。

ただし、予測はこれから100年後の中長期的な将来を推定するものであり、不確実性の伴うものであること、対象とする生態系も動的な平衡を保ちながら徐々に変化していくものであることから、適宜、現状を把握しながら、変化に応じた順応的管理を行っていく必要があります。

次ページからは、第1章の「1-4-2 沿岸生態系における適応の進め方」に従い、各適応アクションを実行するための具体的な手法や体制等を解説します。

3-2 広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握

3-2-1 適応アクションの概要

海水温上昇のような気候変動影響により、既にサンゴの白化や分布の北上が進行しています。このような広範で変化する沿岸生態系に対応するためには、県や地域の境を越えた広域かつ長期的な視点で生態系の変化を把握するモニタリングの拡充が急務であり、情報交換・課題共有等を行いながら、地域ごとの適切な対策・予防に繋げることが求められます。

全国規模の広域モニタリングの事例では、環境省のモニタリングサイト 1000 や自然環境保全基礎調査のほか、ボランティアダイバーが主体となったリーフチェックなどがあり、サンゴの広域的な動向を把握する上で非常に有効です(3-26 ページ参照)。一方で、リーフチェックなどは主に礁縁で実施されており、陸域からの流出影響を受けやすい礁湖・礁池のデータが少ないといった課題もあります。

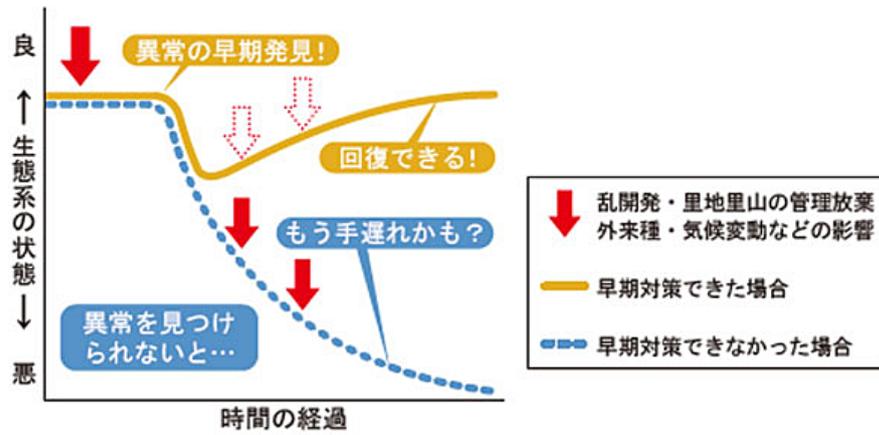
ここでは、これら既設のモニタリングとは別に、“誰でも実施可能な”をコンセプトとした簡易的なモニタリング(以下、簡易モニタリングという)を新たに提示します。さらに、各地域で取得されたモニタリングデータを集約・公開することで、広域モニタリングとなる体制を整えていきます。

簡易モニタリングは、地域の活動団体等が主体となって実施することを想定したものです。地域の沿岸生態系の変化を肌で感じることができ、多くの地域が参加することで広域的・長期的な視点が必要な気候変動影響に対して、“監視の目”を増やすとともに、継続性の面からも有効であると思われれます。

(1) モニタリングの必要性

モニタリングとは、継続して調査・観察を実施することで、対象の状態や変化を読み取ることです。「昔に比べてサンゴが減った」、「魚が獲れなくなった」のような感覚的な情報では、生態系変化の要因の特定やその対策等に繋げることができません。モニタリングは健康診断に似ており、定期的にチェックすれば、生態系で生じた異常を早く察知することができ、すぐに対策をすれば、回復も早く、費用も安く済みます。また、対策の効果をみるためにも、モニタリングが重要になります(図 3-8)。

モニタリングは、ある地点において、同じ手法での調査を毎年繰り返し実施すれば、時間的な変化を把握することができます。一方で、サンゴ礁には非常に多様な生息環境があり、環境によって受ける影響や変化が異なることが想定されます。そのため、空間的な差異を捉えるためには、複数地点での比較も必要になります。この時間的な変化と空間的差異の両方を捉えることができれば、例えば、図 3-9 に示すように、ある時期を境にサンゴが急激に減って、藻類が急激に増えた場所が分かり、どのような場所でもどのような変化が起きているかを具体的に把握することができます。時間的な変化、空間的差異の観点を含めてモニタリングを行っていくことが重要です。



【出典】モニタリングサイト 1000 ホームページ
<https://www.biodic.go.jp/moni1000/necessity.html>

図 3-8 モニタリングを実施することの重要性

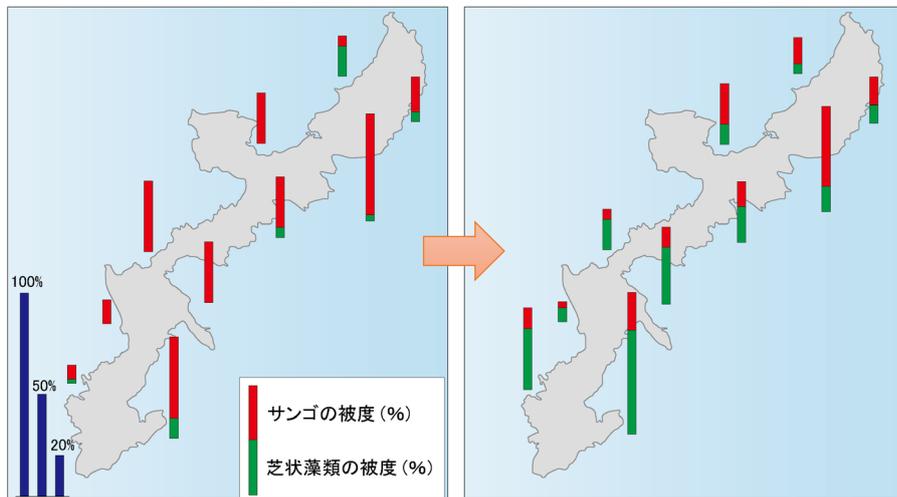


図 3-9 多地点での継続的なモニタリングにより分かる変化のイメージ

(2) 広域モニタリングの概要

広域モニタリングでは、漁業協同組合、NPO、事業者、地域住民、ボランティア等の地域の活動団体が主体的に簡易モニタリングを実施し、地方公共団体や国立環境研究所等の多様な主体が連携し、各地域で取得されたモニタリングデータが「気候変動適応情報プラットフォーム（以下、A-PLAT という）」に集約・公開されることで、広域的なデータ閲覧・検討ができる体制を目指します（図3-10）。

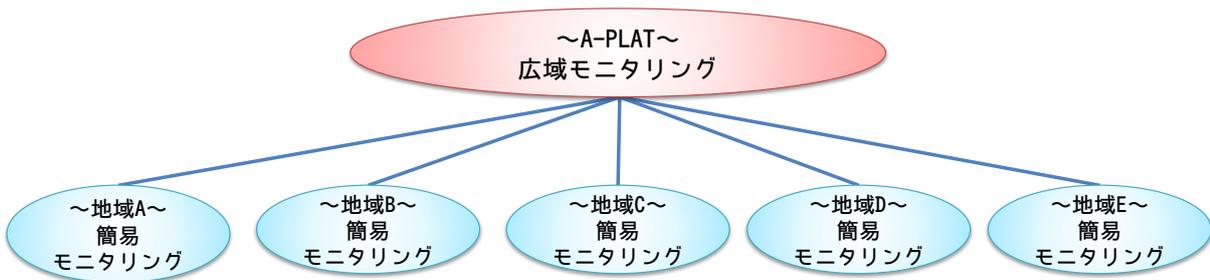


図3-10 広域モニタリング体制のイメージ

(3) 簡易モニタリングによる気候変動影響の把握

簡易モニタリングは、長期的に調査を継続することで、サンゴ礁への気候変動影響を把握することができます。

気候変動によるサンゴ礁の変化として、枝状やテーブル状群体が多かった地点が、大規模な白化などを経て塊状や被覆状の群体中心に置き換わる場合が多くあります。さらにその後、藻類への置き換わりも進行しますが、一部、酸性化が進んだ地点ではソフトコーラル（体外に骨格を持たないため造礁サンゴとならないサンゴ）に置き換わる場合も確認されています。

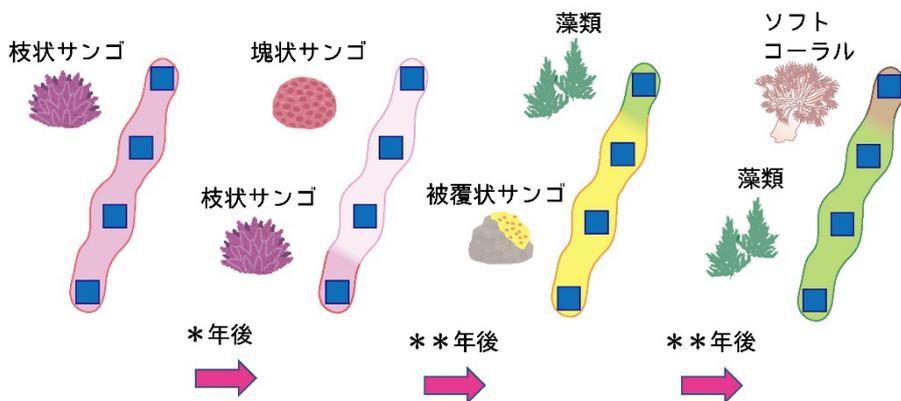


図3-11 簡易モニタリングによるサンゴ礁の変化の把握イメージ

3-2-2 広域モニタリング実施体制

(1) 各地域での実施体制

継続的なモニタリングを行うためには、地域で活動する漁業協同組合、NPO、事業者、地域住民等の参加と協力を得るしくみを作ることが重要です。地方公共団体は、海域（地先）情報の収集、情報発信によるモニタリングの推進、モニタリング結果に基づく取組方針の検討等を行うため、地域の多様な主体が参画する会議体を作っていくことが望まれます（第1章「1-5-1 期待される各主体の役割と推進体制」参照）。

(2) 広域での実施体制

サンゴ礁の広域モニタリングの望まれる実施体制を図3-12に示します。

1. 簡易モニタリングの実施

漁業協同組合、NPO、事業者、地域住民等の地域の活動団体は、本マニュアルおよび現地で作成する実施計画に基づき、簡易モニタリング（詳細な手法は後述）を実施します。

2. 各地域でのデータ受付窓口への集約

簡易モニタリング実施主体により取得された各海域（地先）のモニタリングデータは、地方公共団体へ集約します。

3. 広域でのデータの集約・公開

地方公共団体は収集されたモニタリングデータを国立環境研究所気候変動適応センターへ提出します。集約されたデータがA-PLAT上に公開されることで、誰でも閲覧可能となり、広域での沿岸生態系の変化を把握することができます。

4. 情報共有・意見交換／データ解析・評価等

サンゴ礁生態系保全行動計画に関連する検討会等において、地域間で成果・課題の共有や意見交換等を行うことができます。また、日本サンゴ礁学会と連携することで、有識者からのモニタリングデータの評価、専門的助言・技術的支援を受けることができます。

5. モニタリング実施主体への情報発信

地方公共団体は、得られた情報・評価、取組方針や対策の提案・助言等について、モニタリング実施主体に可能な限り情報発信します。これにより関係者間のモチベーションの維持が期待できます。

6. 広域モニタリング推進のための支援等

気候変動適応九州・沖縄広域協議会の枠組みを活用し、九州・沖縄地域内で定期的かつ継続的に情報を交換・共有することができます。また、広域モニタリングの推進等に関する地方公共団体からの質問や問合せに対しては、沖縄奄美自然環境事務所が個別に応じるなどの支援等を行います。

なお、白化等の緊急事態がみられた場合、上記手続きを踏むと時間がかかるので、場合によっては、情報伝達の即時性から、サンゴマップも同時に利用することをお勧めします。

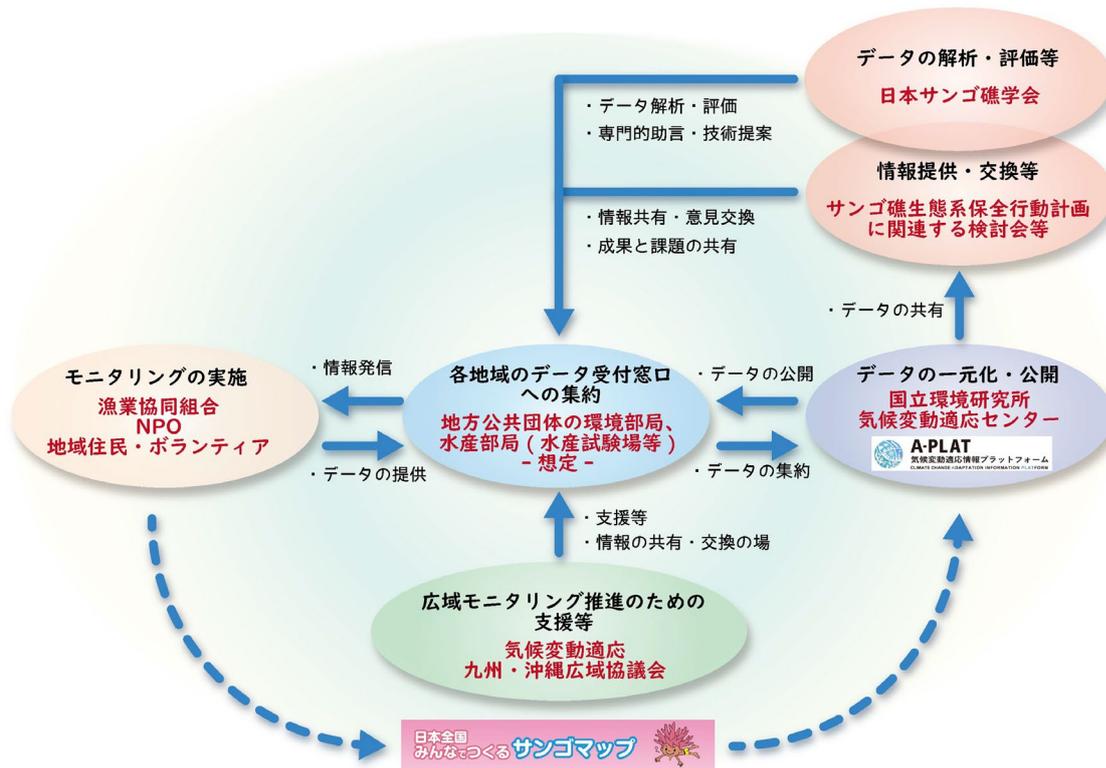


図 3-12 広域モニタリングの実施体制

本項で紹介しましたモニタリング等を実施する際の国および各県の相談・問い合わせ先を以下に示します。

相談・問い合わせ窓口	連絡先
環境省 沖縄奄美自然環境事務所 環境対策課	Tel : 098-836-6400 Mail : nco-naha@env.go.jp
福岡県気候変動適応センター	Tel : 092-921-9941 Mail : lccac-fukuoka@fihes.pref.fukuoka.jp
佐賀県県民環境部環境課	Tel : 0952-25-7079 Mail : kankyous@pref.saga.lg.jp
長崎県気候変動適応センター	Tel : 0957-48-7560 Mail : nagasaki-lccac@nagasaki.lg.jp
熊本県水産研究センター食品科学研究部	Tel : 0964-56-5111 Mail : suisankense@pref.kumamoto.lg.jp
大分県生活環境部脱炭素社会推進室	Tel : 097-506-3031 Mail : a13080@pref.oita.lg.jp
宮崎県環境森林部環境森林課	Tel : 0985-26-7084 Mail : kankyoshinrin@pref.miyazaki.lg.jp
鹿児島県環境林務部自然保護課	Tel : 099-286-2759 Mail : sizenko@pref.kagoshima.lg.jp
沖縄県環境部環境再生課	Tel : 098-866-2064 Mail : aa021100@pref.okinawa.lg.jp

コラム

サンゴ礁生態系保全行動計画

豊かな生物多様性を育む一方で、その劣化が深刻なサンゴ礁生態系を保全していくため、環境省では、2010年度に「サンゴ礁生態系保全行動計画」を、2016年度に「サンゴ礁生態系保全行動計画 2016-2020」を策定し、実施状況の定期的な点検や、計画の達成状況についての評価を実施してきました。こうした評価等を踏まえ、2030年度までの計画を策定するための「第三期サンゴ礁生態系保全行動計画策定検討会」を設置し、検討会における議論やパブリックコメントの結果を踏まえて、「サンゴ礁生態系保全行動計画 2022-2030」を策定しました。計画では、2030年度までの目標を定め、目標達成に向けて関係機関が協力して取り組むべき4つの重点課題を設定し、その課題ごとに目指すべき姿と関係省庁、関係地方公共団体、日本サンゴ礁学会等の各主体が取り組む具体的な活動を記載しています。特に、気候変動およびそれに伴う海洋酸性化がサンゴ礁生態系に大きな影響を与えていると指摘されていることを踏まえ、「サンゴ群集に関する科学的知見の充実と継続的モニタリング・管理の強化」を重点課題の一つとして位置づけ、そのための代表的な取組として、サンゴ礁生態系に関する先進的かつ学際的な視点での研究開発、沖縄県の石西礁湖における大規模攪乱が発生しても有効性を失わないようなサンゴ群集再生手法の確立、モニタリングサイト1000事業における情報把握の充実を明示しています。また、計画の達成状況を評価するための指標を、遅くとも2024年度までに設定することとしています。



【出典】サンゴ礁生態系保全行動計画 2022-2030 環境省

コラム

サンゴマップ

日本全国のダイバーやシュノーケリングを楽しんでいるみなさんを中心に全国各地で観察した「サンゴの分布情報」、「白化情報」、「産卵情報」について情報提供していただき、その情報を元に日本全国の「サンゴマップ」を作成するマッピングプロジェクトです。ダイバー、研究者、学校の先生、子ども、観光旅行者、地域住民ほか誰でも参加でき、ファンダイビングやシュノーケリング、フィールドワーク、磯歩き、グラスボートなどで見たサンゴの情報が、サンゴマップを大きく育てるのに貢献します。

寄せられた情報は、リアルタイムで、ニックネーム・観察日時・投稿写真とともにサンゴマップに表示されます。

サンゴマップ URL : <https://www.sangomap.jp/>

3-2-3 簡易モニタリングの背景と手法

(1) 簡易モニタリングの背景

1) モニタリングを実施する上での課題

サンゴ礁のモニタリングを実施する上では、組織内での担当者の異動、潜水業務の禁止、NPO 団体や漁業者の後継者不足と高齢化、財源不足、潜水調査（潜水技術、労働安全衛生法、保険など）、生物採取（都道府県漁業調整規則、サンゴ礁に対する専門知識）などの課題があり、手続き（許可・届出等）や特殊な技術を持つ人材が必要です。

2) モニタリングで得るべき情報

水温上昇等によるサンゴの白化・死滅など、サンゴ礁の生態系サービスに大きく影響する情報を得る必要があります。具体的には下記の情報を得ることが、影響の“早期発見・早期対策”に繋がります。

- サンゴの被度の変化
- サンゴの白化状況
- 主なサンゴの形状の変化
- サンゴの変化を引き起こしている可能性のある要因（赤土・浮泥の堆積、藻類の繁茂）

例えば、サンゴの被度や形状の変化は、サンゴ礁に依存した魚類やエビ・カニ類の生息場所としての機能を変化させます。また、大規模白化による死滅や藻類の繁茂などは、サンゴ礁縁部での成長が進まず、次第に浸食されることから、防波機能が維持できなくなります。

3) 簡易モニタリングの観点

上記の課題と得るべき情報から、「特別な技術が必要ない（スキューバ潜水、画像解析等）」、「費用があまりかからない」、「少ない労力（短時間）でできる」といった観点を踏まえ、本書で提案する簡易モニタリングはシュノーケリングあるいは船上からの箱メガネによる観察とします。

(2) 簡易モニタリング手法

“誰でも実施可能なモニタリング”をコンセプトとした簡易モニタリングは、以下の体制・手順に従って実施します。

1) 天候判断

調査を実施する前に、調査日の天候・海象条件を確認します。調査の実施基準は、実況および予報での注意報・警報の有無（雷・波浪・濃霧など）、現場での波高およびうねりの強さを参考に、調査の安全が十分確保できることを確認し、さらに調査者の体調も含めて判断します。天候および調査者自身の体調を踏まえ、少しでも危険があると判断される場合は調査を中止します。

2) 調査体制・手法

1. 調査体制

調査体制は、安全と調査員ごとの主観による差異を平均化することを考慮し、少なくとも2名1組とします。調査中はお互いに安全を確認し合しましょう。データの記録にあたっては、1人1セットの計2セットのデータを取って平均化するか、2人で確認・同意しながら行います。

2. 調査地点の選定

後述の「調査地点設定の観点」を参考に、調査地点を選定します。基本的には調査者の安全確保が最優先事項になります。したがって、潮流が速い場所や船の航行が盛んな場所は調査地点として避けなければなりません。その上で、地域として大切にしている場所や親しみのある場所などを選定するとよいでしょう。

設定する地点数は、1地域あたり3か所を目安とし、対象海域の広さに応じて適宜増やします。地点間の距離は任意でよいですが、数十メートルといった距離だと地域全体の情報とは言えなくなるため、できれば1km以上離しましょう。

モニタリングは、毎年、可能な限り同じ位置で実施する必要があります。調査地点の基点は、ハンディタイプのGPS（電子コンパス付き）で緯度経度を登録し、後述の調査シートに記録します。その際、山だて（目測）や水中で目印となるような地形（安定した岩や特徴的なリーフなど）を別途、野帳等に記録しておきます（※目印は写真撮影しておくこと引継ぎの際にも役立ちます）。次回からは、ハンディGPSと山だてを使って調査地点近くまで行き、水中の目印を目安に基点を確認します。なお、調査地点にPVC（塩化ビニル）製の杭やブイなどを設置し、目印をつけておくこともできますが、スキューバ潜水による設置作業、地方公共団体や漁業協同組合などの事前許可が必要となります。また、台風などで流失する可能性があるため、定期的なメンテナンスも必要です。

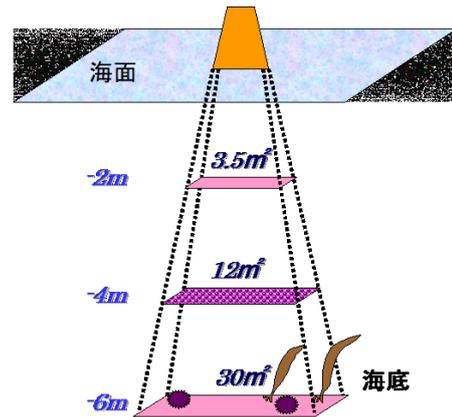
調査地点設定の観点	
調査地点として適した場所	<ul style="list-style-type: none"> ・調査者が拠点とする場所からアクセスしやすく（低コスト・省力）、特に安全な調査が実施できること。 ・対象とする生態系（サンゴ礁）が成立しうる安定した基質（岩盤など）が周囲に存在すること。 ・水面から海底部がよく見える（透明度・透視度が高く、比較的浅い）地点であること。※透明度・透視度が高い場合でも、調査のしやすさから、最大水深は10～15mを目安とする。
調査地点として適さない場所	<ul style="list-style-type: none"> ・四季を通じて波浪影響を受けやすい場所や沖に向けた潮流（リップカレント）がある場所。 ・海上交通利用が盛んで船舶との事故に繋がるおそれのある場所。 ・急峻な崖や不安定な足場を経由する必要がある場所。 ・禁漁区など管轄漁協から許可が下りていない場所や漁網・養殖網などの設置場所。 ・濁度が高く、透明度・透視度が低い場所。

3. 調査方法

調査方法は、箱メガネを用いた船上からの観察、またはシュノーケリングでの観察とします。箱メガネでは、観察者から見て真下（図 3-13）、シュノーケリングでは、真下・前方斜め下・横方向を主に観察します。基点を中心とした半径 30～50m の範囲をまんべんなく移動しながら、その間に観察したサンゴ被度等の平均情報を調査シートに記録します。

図 3-19 の調査シート（別紙）には、サンゴの被度について異なる様相を示す海中景観の写真（3段階）を掲載していますので、調査地点がどの段階にあるか（近い）か）を選択します。また、調査手法（箱メガネ・シュノーケリング等）、調査時の天候・海象・水温・透明度・水深等の環境条件、主なサンゴの形状、白化の有無等も記録します（図 3-18 参照）。

なお、スキューバ潜水が可能な人材や器材等があれば、スキューバ潜水での観察も上記方法を参考に可能です。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン
令和3年3月 水産庁

図 3-13 水深と観察面積の関係

- 生きたサンゴがほとんどいない：被度 5%未満
- 生きたサンゴがある程度いる：被度 5%～50%弱
- 生きたサンゴが海底の多くの部分を覆っている：被度 50%強～75%以上



中村崇氏提供

図 3-14 概況モニタリングで使用する3段階写真の一例

4. 写真撮影

海中景観の写真は貴重な情報になります。一方で、海底状況の写真は、記録する範囲が数m ずれただけで全く異なるものになってしまいます。そこで写真撮影は、海底の1箇所を撮影するのではなく、後述する撮影方法のうち、現地で実施可能な手法を選択して、基点周辺の海底状況を撮影します。シュノーケリングや箱メガネでは、海面からの撮影が前提になりますので、海面から海底がよく見えるような浅場や透明度が高い場所を基点（撮影場所）に

選びます。なお、撮影にあたっては広角レンズを使用することをお勧めします。

撮影にあたっては、基点を中心に周辺環境が 360° のパノラマで記録されるよう意識して撮影します。例えば、画角が 60° のカメラであれば、画角の隅にとらえられる景観が、写真毎に各々少し重なるように 8 方位（北・北東・東・南東・南・南西・西・北西）を撮影し、全体として 360° とします。海底面が映るようにカメラの画角を斜めにすると、写真を繋げた際に歪みが生じるため、カメラを水平に保った状態で海底面が映る地点であれば、水平方向での撮影を心がけます。360° ではありませんが、パノラマ写真のイメージを図 3-15 に示します。

最も重要なことは、各水中景観の撮影方法・撮影機材（レンズの焦点距離）・撮影枚数などをモニタリング途中で変更しないことです。これは、過去、現在、未来の撮影方法がそれぞれ異なると、景観写真として比較できないためです。

調査後は、写真ファイルに撮影した日付・地点名・方角が分かるように名前付けしておきます（名前付けの例：20230610_**県**市**地先_St.1_北東）。

撮影方法	
シュノーケリング (浅い地点の場合)	カメラを水平に保った状態で海底面が映るような浅い地点では、基点上に海面で浮きながら体の下に両手を伸ばしつつ、カメラを水平に保った状態で、コンパスを使って 8 方位をそれぞれ撮影する。
シュノーケリング (深い地点の場合)	基点上に海面で浮きながら、海底面が映るようにカメラを斜め下方向に向け、カメラの傾きを一定に保った状態で、コンパスを使って 8 方位をそれぞれ撮影する。
船上からの観察 (船べりから撮影可能な場合)	基点上で船体が映り込まないようにカメラを両手で持って水面下に沈めた状態で撮影する。カメラを水平に保った状態で海底面が映る場合は、カメラの画角を水平に保ち、コンパスを使って 8 方位をそれぞれ撮影する。海底面が映らない場合は、海底面が映るように傾け、傾きを一定に保った状態で 8 方位を撮影する。 船べりから周辺環境の撮影が難しい場合は、最小限の手法として、基準点上の真下を撮影しておく。
船上からの観察 (専用機器を使用する場合)	船べりからの直接の撮影が困難な場合、インターバル撮影やタイムラプス機能のある防水カメラを棒の先に取り付け、海中に沈めてゆっくり回転させることで画像を得る。
スキューバ潜水による観察	スキューバ潜水が可能であれば、基点上に着底し、カメラの画角を水平に保った状態で、コンパスを使って 8 方位をそれぞれ撮影する。



中村崇氏提供

図 3-15 パノラマ写真のイメージ（スキューバ潜水による撮影）

3) 調査時期・頻度

調査時期は、赤土等流出影響をみるための5月中旬～6月下旬の梅雨時期と、高温期直後の状況をみるための10月下旬～11月下旬の台風接近が落ち着く時期とします。

調査頻度は、上記の時期に各1回の年2回とします。年2回の実施が難しければ、5月中旬～6月下旬の梅雨時期に年1回実施します。調査時期は年によって大きくずれないようにしましょう。

調査時期	メリット	デメリット
5月中旬～6月下旬	台風が接近しにくい時期であり、調査が実施しやすい。 降水量が多くなる時期で、赤土等流出の影響をみることができる。	降雨に伴う陸域からの赤土等の流入影響で、透明度が低下しやすい。
10月下旬～11月下旬	高水温期直後の状況、白化の回復傾向をみることができる。 台風接近が落ち着く時期であり、調査が実施しやすい。	－

4) 必要器材

	器材名	備考
<input type="checkbox"/>	調査船（小型のもの）	浅瀬を航行することができるもの。陸からシュノーケリングでエントリーする場合は不要。
<input type="checkbox"/>	温度計	市販のものでよい。
<input type="checkbox"/>	水深計	錘のついた紐を海に沈め、その長さで簡易的に水深測定が可能。 市販の超音波測深計（防水）を用いれば、ワンタッチで水深を測ることができる（2万円程度）。
<input type="checkbox"/>	GPS（ハンディタイプ）	電子コンパス付きのものが望ましい。
<input type="checkbox"/>	杭やブイなど（目印用） ※必要であれば	PVC（塩化ビニル）素材の杭やブイなど調査地点の目印となるもの。目印となり流失しにくいものであればよい。設置にはスキューバ潜水による作業が必要。
<input type="checkbox"/>	シュノーケリングセット ※箱メガネ	マスク、シュノーケリング、フィン、ウェイト等。 ※箱メガネは船上から観察する場合に必要。
<input type="checkbox"/>	ウェットスーツ ※ライフジャケット	浮力確保用、体温低下防止。 ※ライフジャケット着用については、船上調査では必須とし、シュノーケリングでは着用を推奨する。
<input type="checkbox"/>	調査シートなど	調査シート（A4；耐水紙がよい）、野帳ばさみ、鉛筆。
<input type="checkbox"/>	水中カメラ	防水ハウジングのあるデジタルカメラ・ビデオ。
<input type="checkbox"/>	広角レンズ	可能であれば準備する。
<input type="checkbox"/>	コンパス	方位確認用（防水）。 ※防水のスマートフォンがあれば、アプリでも可。
<input type="checkbox"/>	地図または海図	－
<input type="checkbox"/>	野帳	山だてや目印、その他補足情報の記録用。

5) 調査シート

調査データの記録にあたっては、図 3-18 に示す調査シートを使用します。調査者は、調査地点の現況に近い写真を選択するとともに、主なサンゴの形状（枝状・塊状・テーブル状・被覆状、または混在等）（図 3-16）、藻類の繁茂状況や白化の有無、赤土の堆積等について記録します。白化については、サンゴの色が薄い部分があると考えられる場合は、白化群体として捉えましょう。

また、調査日時や潮汐、水温、水深等の環境条件も記録します。

地域の活動団体（モニタリング実施主体）から提供された調査シートについて、地方公共団体は国立環境研究所 気候変動適応センターへ提出します。

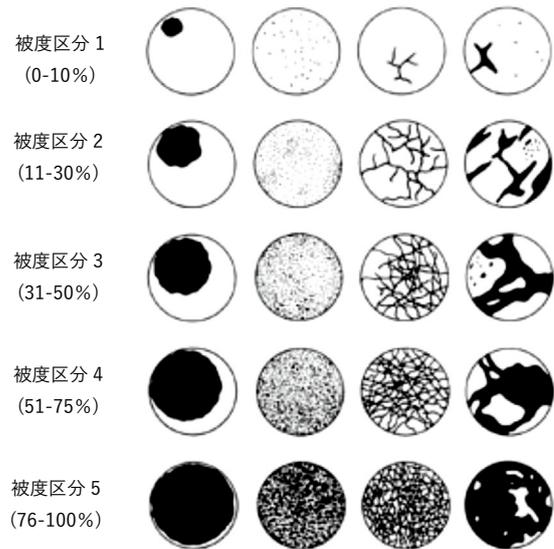


中村崇氏提供（塊状・テーブル状・被覆状）

図 3-16 形状別のサンゴの一例

6) サンゴ被度の目安

サンゴ被度の目安を図 3-17 に示します。これは、被度記録トレーニングでよく使われる図ですので、モニタリングの際に参考にしてください。



【出典】 J. Hill and C. Wilkinson (2004) : METHODS FOR ECOLOGICAL MONITORING OF CORAL REEFS. Australian Institute of Marine Science
S. English, C. Wilkinson and V. Baker (1997) : Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science : pp.378

図 3-17 被度算出の目安

調査者名：

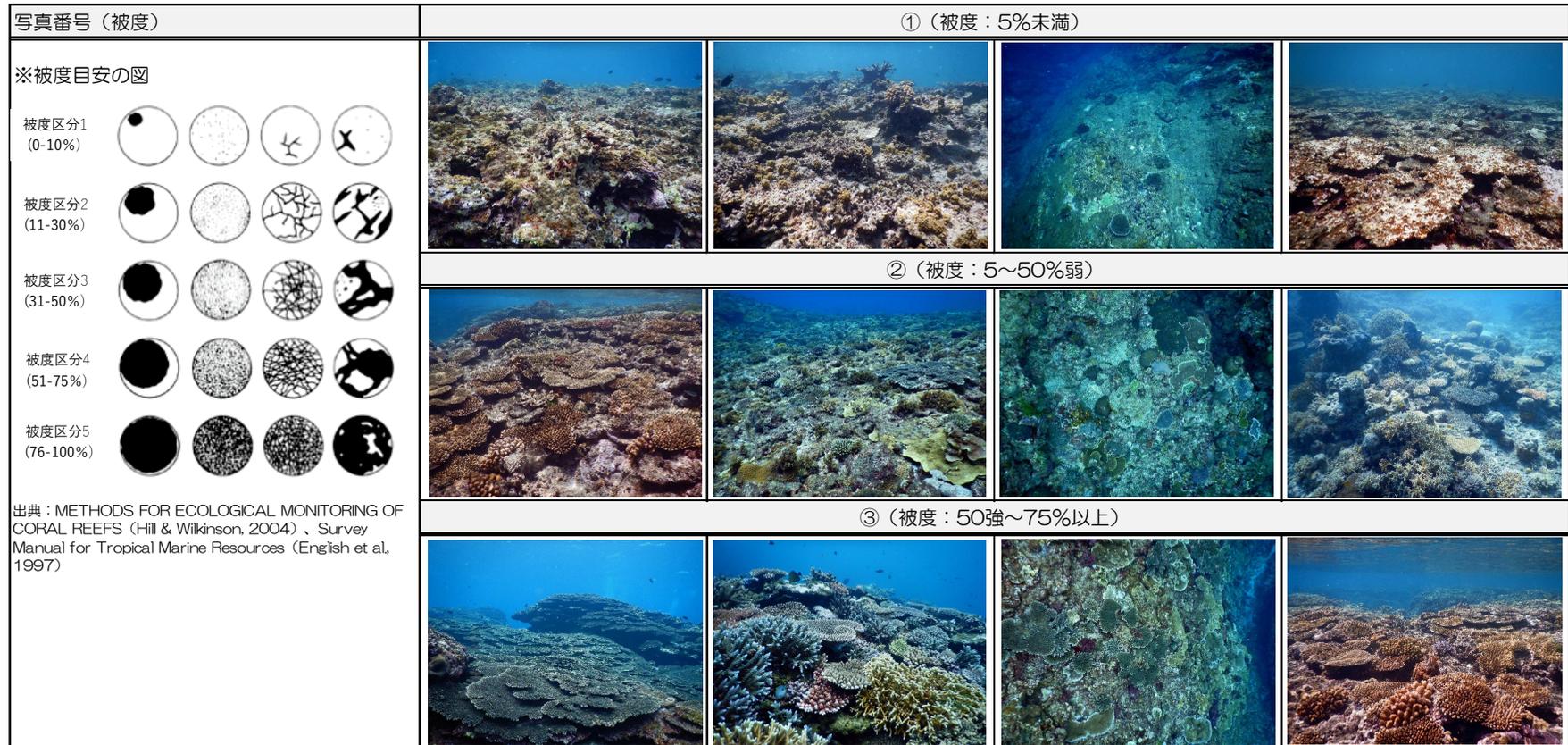
調査日時		令和*年*月*日		
地先名		*県*市*地先		
地点名		St.1	St.2	St.3
地点座標（基点の座標）		N**°**'**" E**°**'**"	N**°**'**" E**°**'**"	N**°**'**" E**°**'**"
調査手法		シユノーケル・船上観察・スキューバ	シユノーケル・船上観察・スキューバ	シユノーケル・船上観察・スキューバ
環境条件	調査時間	11:00~11:30		
	潮汐	上げ潮・下げ潮・満潮・干潮	上げ潮・下げ潮・満潮・干潮	上げ潮・下げ潮・満潮・干潮
	天候	快晴		
	波高・うねり	波高：0.5m、うねり：有・無	波高： m、うねり：有・無	波高： m、うねり：有・無
	水温	22.5℃		
	水深	5.5m		
サンゴの生息状況等	被度（別紙写真①~③参照）	①・②・③	①・②・③	①・②・③
	主なサンゴの形状	枝状・塊状・テーブル状・被覆状	枝状・塊状・テーブル状・被覆状	枝状・塊状・テーブル状・被覆状
	白化の有無 ^{※1}	無・10%程度・30%程度・50%以上	無・10%程度・30%程度・50%以上	無・10%程度・30%程度・50%以上
	赤土・浮泥の堆積	有・無	有・無	有・無
	藻類の繁茂状況 ^{※2}	無・10%程度・30%程度・50%以上	無・10%程度・30%程度・50%以上	無・10%程度・30%程度・50%以上
	写真の記録	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
備考		<ul style="list-style-type: none"> ・オニヒトデがみられる。 ・大型藻類が増加した。 		

※1：観察されたサンゴに対しての割合を記載してください。

※2：藻類が生育可能な海底面に対しての割合を記載してください。

図 3-18 調査シート

調査シート（別紙）



写真：中村崇氏提供

図 3-19 調査シート（別紙）

7) 留意点

軟組織が死滅したばかりのサンゴは骨格がむき出しとなり白く見えるため、生きたサンゴとの区別は容易ですが、時間が経つと、表面に藻類などが付着するため、見分けづらくなります。サンゴが生きている状態、死んだ骨格に藻類やバクテリアが付着した状態の区別は、見分け慣れるまでは、できるだけ接近してサンゴの生存しているポリプの有無や、粘液の存在を確認する必要があります。

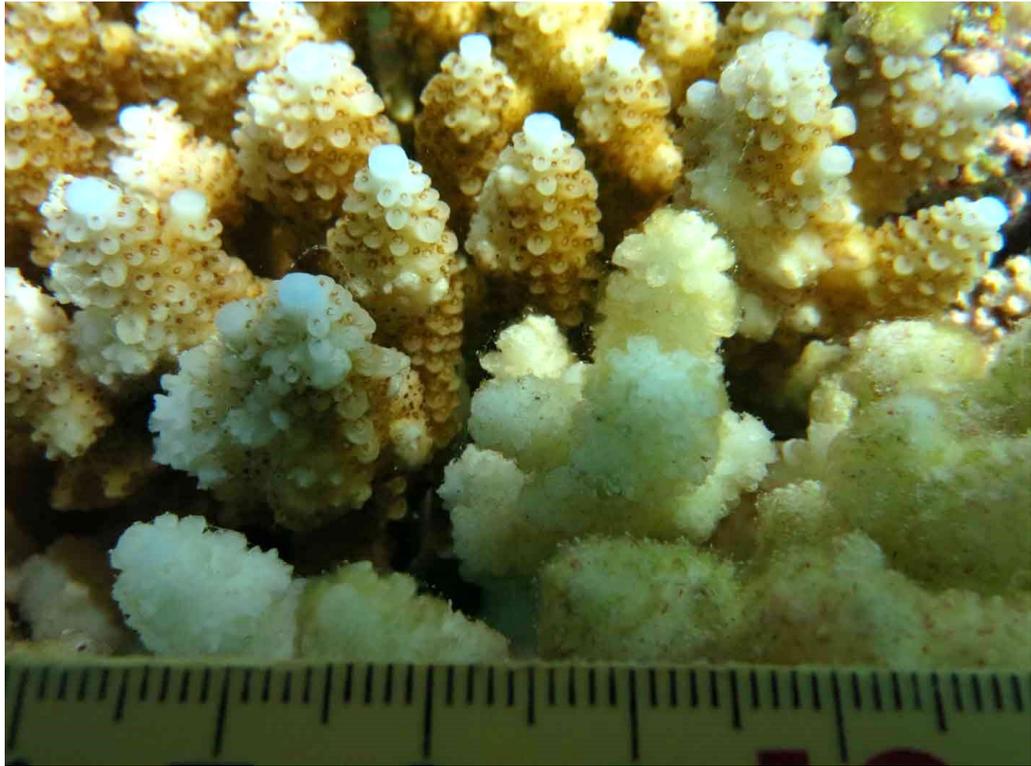
図 3-20～図 3-25 に生きたサンゴ、藻類等が付着した死滅サンゴ、その上に付着した稚サンゴ群体等の写真を例示しましたので、モニタリングの際の参考にしてください。



※生存している軟組織がより濃い茶色の点のように見える

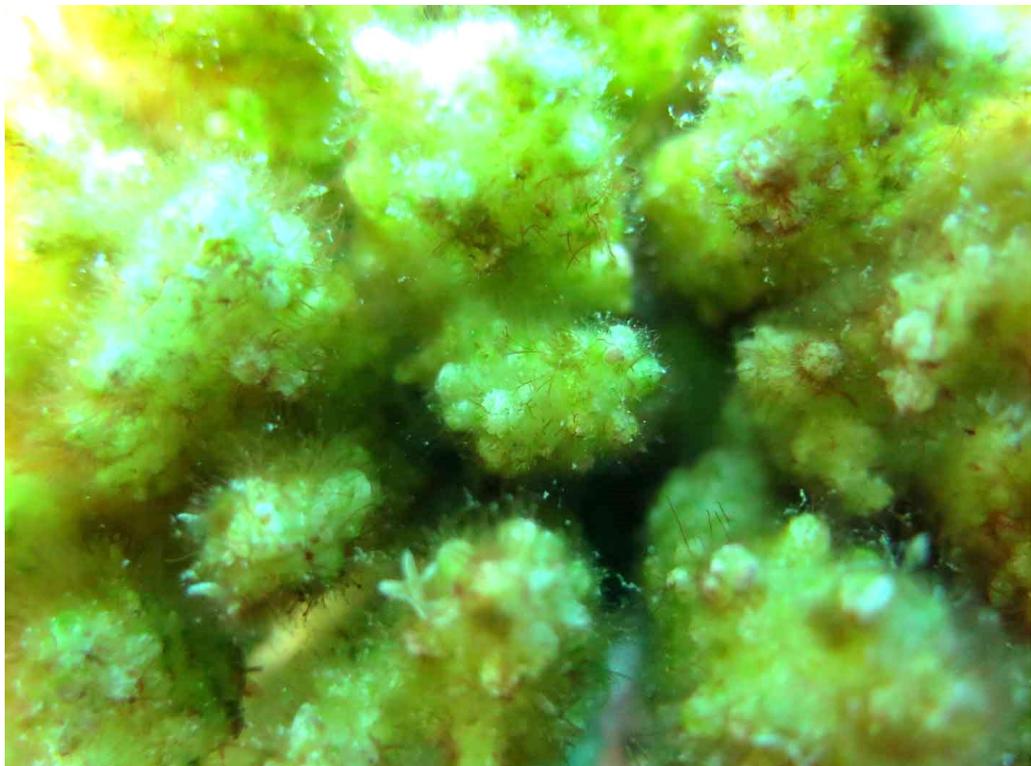
中村崇氏提供

図 3-20 健全なサンゴ（ミドリイシ属）



中村崇氏提供

図 3-21 一部が死亡し、うっすらと藻に覆われている状態（ミドリイシ属）



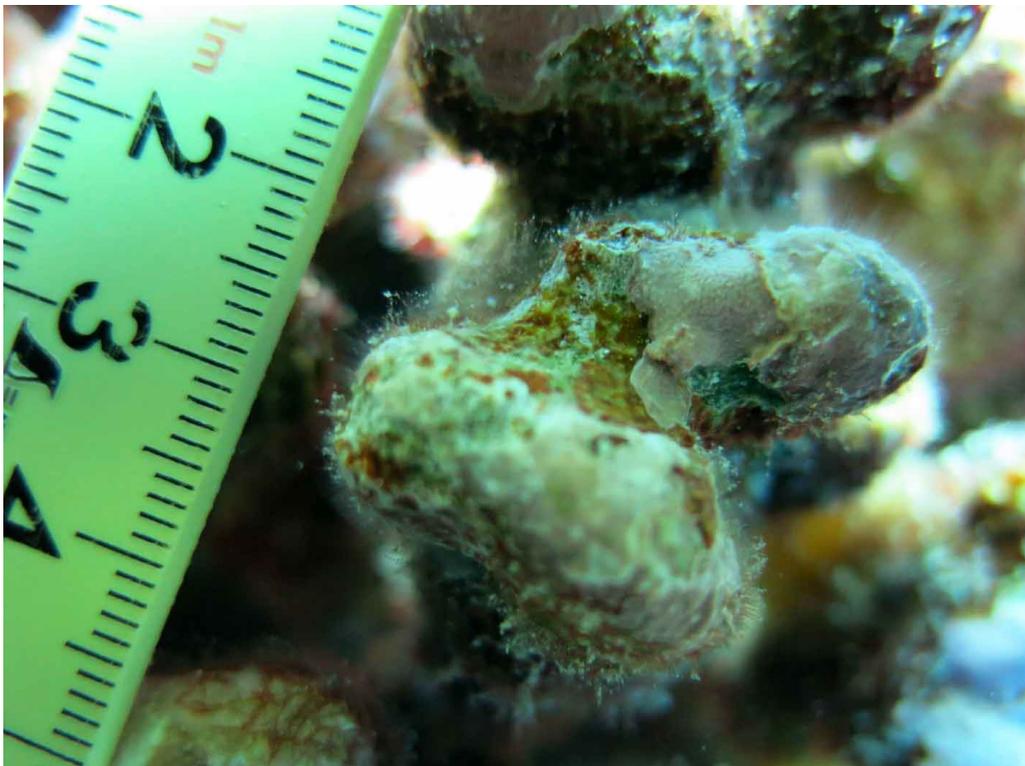
中村崇氏提供

図 3-22 死亡後に様々な藻類が繁茂しだしている状態（ミドリイシ属）



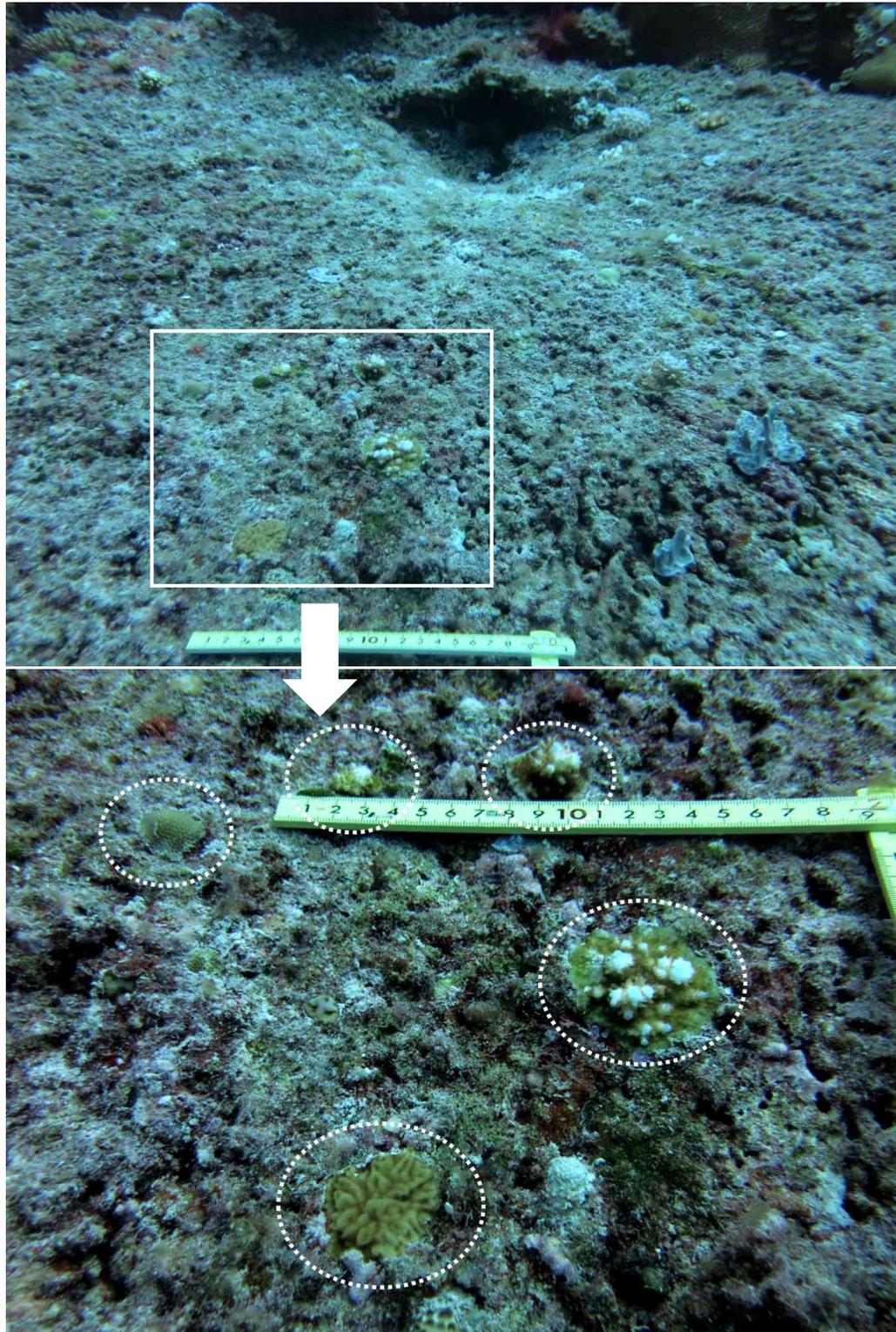
中村崇氏提供

図 3-23 死亡後に芝状藻類と石灰藻が覆い始めた状態（ミドリイシ属）



中村崇氏提供

図 3-24 石灰藻やラン藻類が表面のほとんどを覆った状態（ミドリイシ属）



中村崇氏提供

図 3-25 死亡したテーブル状ミドリイシ属の骨格上に
新たに成長を始めている稚サンゴ群体

3-2-4 参考となる既存の広域モニタリング

(1) 調査地点

既存の広域モニタリングには、モニタリングサイト 1000 やリーフチェックなどがあります。一例として、モニタリングサイト 1000 とリーフチェックの九州および沖縄島周辺海域におけるモニタリング地点を図 3-26 に示します。このように、既に多くのモニタリング地点が設置されており、これらのデータを活用することで、広域かつ経年的な変化を捉えることができます。したがって、簡易モニタリングなど新たにモニタリングを実施しようとする場合は、これらの地点を踏まえてモニタリング地点を検討することになります。調査地点の検討にあたり、Excel 形式などデータが必要な場合は、以下の窓口にお問い合わせすることで入手可能です。

また、その他のモニタリングの情報については、サンゴ礁生態系保全行動計画に関連する検討会等（コラム（3-13 ページ）参照）を通じて、関係行政機関等からの情報収集が可能ですので、そちらも併せて確認いただくとよいでしょう。

【モニタリングサイト 1000】

窓口：環境省生物多様性センター

〒 403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1

Tel : 0555-72-6033

mail : biodic_webmaster@env.go.jp

HP : <http://www.biodic.go.jp/moni1000/index.html>

※HP 上でもモニタリング地点の情報は公開されています。

【リーフチェック】

窓口：コーラル・ネットワーク

〒 359-1111 埼玉県所沢市緑町 1-6-18-807

Tel : 090-6300-5898

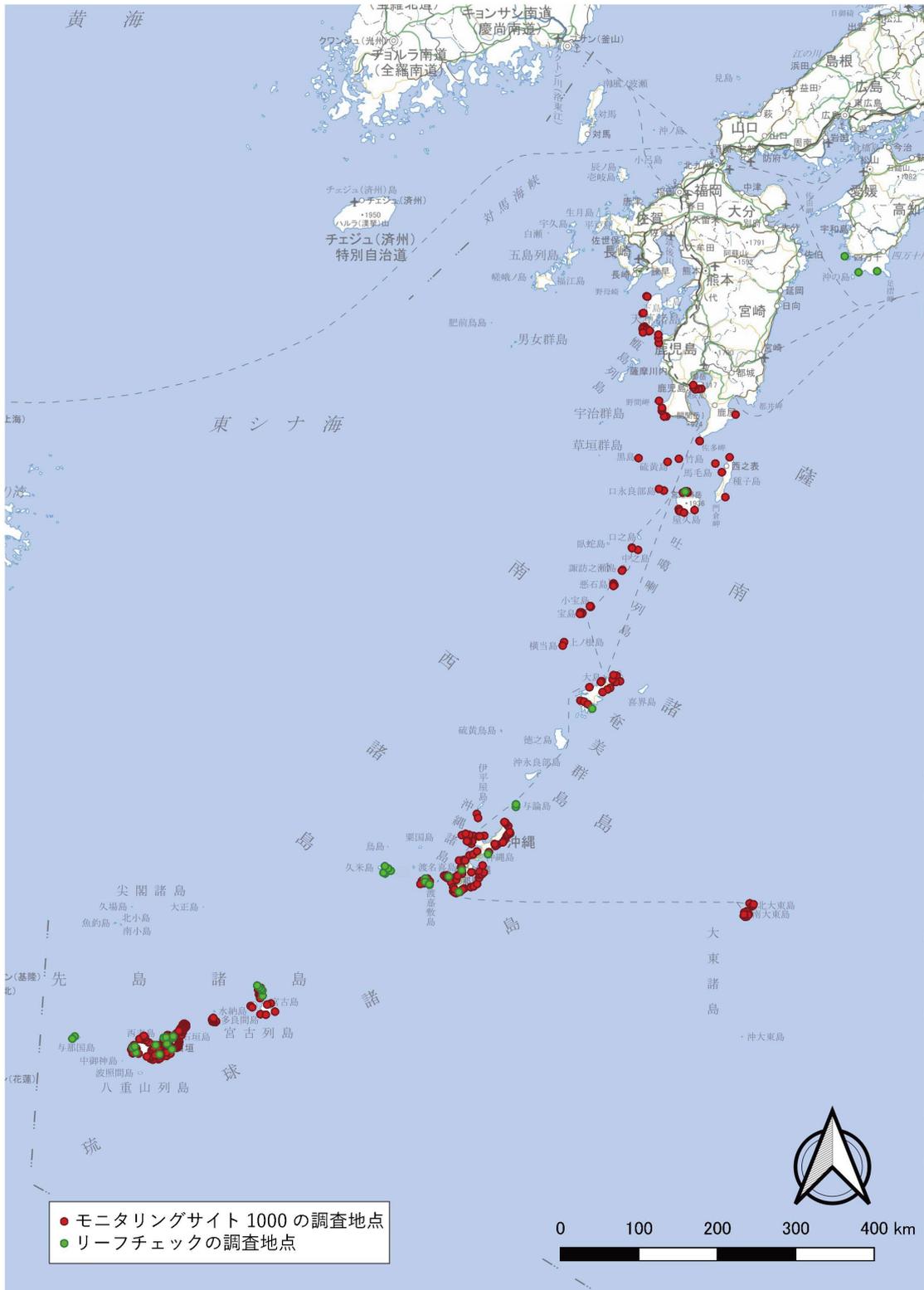
mail : cn-info@coralnetwork.jp

HP : <http://coralnetwork.jp/>

※コーラル・ネットワークホームページ

<http://www.reefcheck.jp>

※リーフチェックホームページ



※リーフチェック：コーラル・ネットワーク提供データより作成

図 3-26 九州および沖縄島周辺におけるモニタリング地点
(モニタリングサイト 1000 およびリーフチェック)

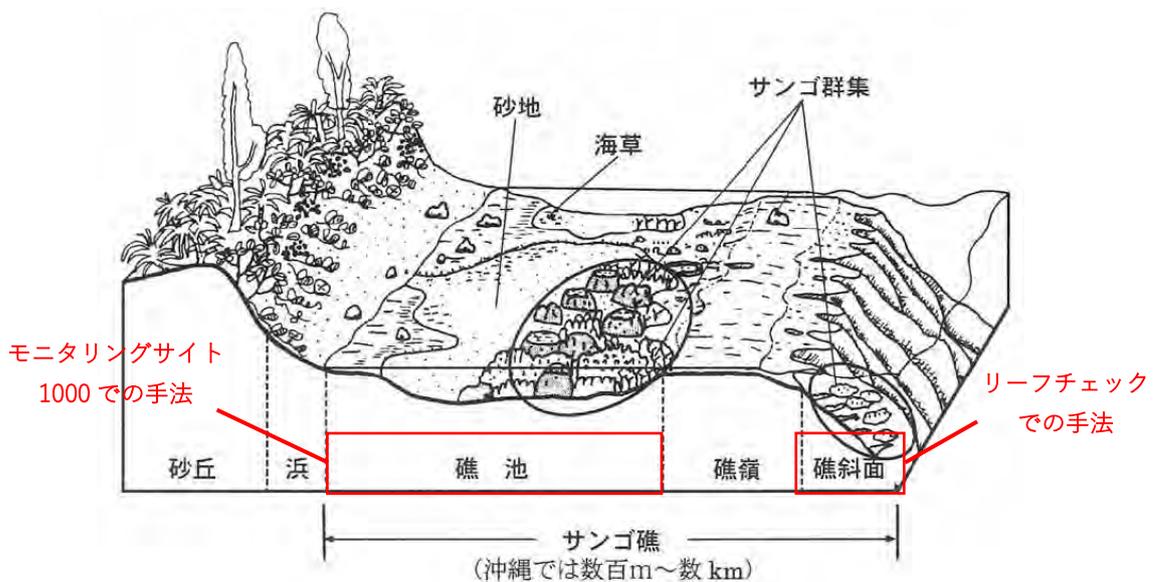
(2) 調査手法

スキューバ潜水などの専門技術やサンゴ被度算出などの詳細なデータ記録が必要になりますが、モニタリングサイト 1000 やリーフチェックと同様の手法でモニタリングが実施可能な場合は、これらの手法を踏襲することで、既存のデータを活用し広域的・経年的な変化をみることができます。

各モニタリング手法は、簡易な方から順に、簡易モニタリング（本マニュアル）＜モニタリングサイト 1000＜リーフチェックとなります。比較的浅い礁池内でのリーフチェックの実施は難しい場合が多いので、例えば、礁池・礁湖内であればモニタリングサイト 1000、礁斜面であればリーフチェックなど、状況に応じて手法を選択します（図 3-27）。

なお、モニタリングサイト 1000 やリーフチェックの調査手法は下記のホームページにマニュアルとして詳しく記載されています。

- ・モニタリングサイト 1000：<https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/>
- ・リーフチェック：<http://reefcheck.jp/>



【出典】「海の自然再生ハンドブック第4巻サンゴ礁編」 2003年 海の自然再生ワーキンググループ
 図 3-27 状況に応じた手法の選択の概略

3-2-5 モニタリング対象ごとの調査項目

ここでは地域の実情・ニーズに応じて、モニタリング対象を選定できるよう、対象別に調査項目・概要を整理しました。モニタリングサイト 1000 等のデータの活用や簡易モニタリングの実施と併せて、各調査項目のデータを取得することで、減少要因の特定や具体的な対策に繋げることができます。

(1) モニタリング対象と調査項目

モニタリング対象	調査項目	調査概要
陸域からの流入負荷 (赤土や栄養塩類の流入影響)	栄養塩類、濁度、透明度、SPSS (底質中懸濁物質含有量)	SPSS の簡易測定法は、モニタリングサイト 1000 のサンゴ礁調査マニュアルに掲載されている。
サンゴ群集の状況	サンゴの被度・白化状況・形状、大型藻類の有無・被度	ランダムに複数個所にコドラートを置き、その平均+標準偏差を求める方法、対象海域の地域資源として重要な場所や保護区での代表的な場所に永久コドラートを設置する方法など。永久コドラートは設置にあたり、関係機関への事前許可、潜水による設置・メンテナンス作業が必要。
外的影響要因 (食害や病気による影響)	食害生物 (オニヒトデ・シロレイシダマシ等) の駆除・発見数	努力量 (時間×人数など) あたりの駆除・発見数の記録など。
	病気の確認数	調査対象群体数あたりでの罹患数の計測など。季節変動があるため、調査実施時期を揃える。
魚類群集	魚類の種別個体数	水中の一定の空間 (立方体など) に対して行う調査が一般的。一定空間あたりで確認できた魚類の種別個体数の記録など。漁獲対象種であれば、魚市場で漁獲物を記録する方法もある。
人的要因	利用者 (観光客) 数	対象とする区画に対して時間当たりの利用者数、対象海域へつながる駐車場のレンタカー車両数の記録など。
	破損したサンゴ群体	一定範囲内のサンゴ群体で破損した群体数の割合の記録など。
	海洋ごみ	調査時間あたりに発見されるごみの数や種類の記録など。
環境要因	水温など	気象庁や海上保安庁などの公開データの活用 (後述)。

(2) 環境要因の記録

前述したモニタリング対象のうち、特に環境要因は気候変動影響の直接的な指標になるとともに、サンゴの白化と密接に関連しています。これらは気象庁や海上保安庁などでデータが公開されているため、これらを活用することをお勧めします。

<各種データの入手先>

- ・気象庁「海面水温の長期変化傾向(日本近海)のデータ」

https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm_data.html

- ・福岡管区気象台「沿岸域の海面水温情報(九州北部地方(山口県を含む))」

https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/kaikyo/mean_sst/index_fk.html

- ・福岡管区気象台「沿岸域の海面水温情報(九州南部・奄美地方)」

https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/kaikyo/mean_sst/index_kg.html

- ・沖縄気象台「沖縄海域の海面水温情報」

<https://www.data.jma.go.jp/okinawa/know/kaiyo/engan.html>

- ・海上保安庁

<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/>

なお、上記のデータは、一定の広さを持つ海域を代表する海面水温であり、モニタリングで対象とする特定の海域の海面水温と必ずしも一致しないことに留意が必要です。

現地で海水温を観測する方法として、小型水温データロガーによる連続観測もあります。調査地点の海中や海底に設置することで、海水温データ等をピンポイントで観測できます。一方で、パソコンほか電子機器やデータ回収・電池交換などの定期的なメンテナンスが必要であり、一定の労力とコストがかかります。さらに、台風などで流失するとデータが回収できなくなるため、留意も必要です。

3-3 従来の保全再生の取組の継続

3-3-1 適応アクションの概要

「1-4-1 沿岸生態系における適応とは」でも触れましたが、従来の保全再生の取組を継続して実施することは、地域特有のストレス低減や生態系ネットワークの構築によって、気候変動に対するレジリエント（回復力のある）で健全な生態系を構築することになります。すなわち、気候変動により変化する沿岸環境に適応する上で、非常に重要なプロセスの一つとなります。

ここでは、地域特有のストレス低減や生態系ネットワークの構築に必要な手法等を紹介します。各手法等は概説程度ですので、詳細な手順や利点・留意点、使用する装置の材料等は、ウェブ上で公開されている既存マニュアルや報告書等（下表）を参照してください。

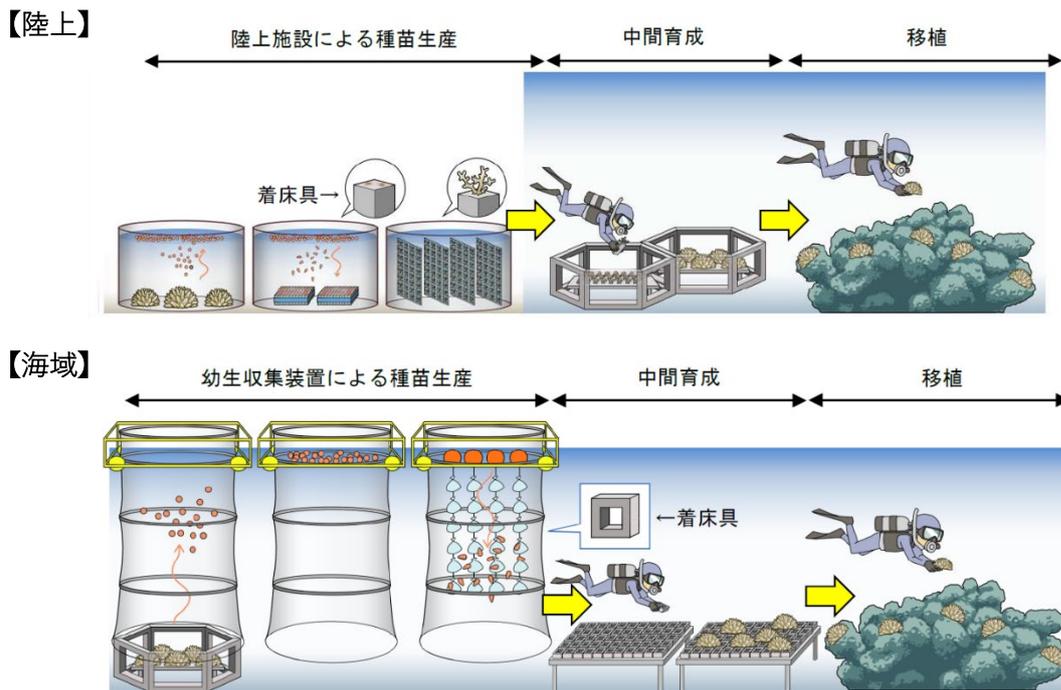
取組・対策	参考文献
サンゴの増殖技術	改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き 平成 31 年 3 月 水産庁漁港漁場整備部
	日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会（2008）：造礁サンゴ移植の現状と課題。日本サンゴ礁学会誌 第 10 巻：73-84
	厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書 令和 2 年 3 月 水産庁漁港漁場整備部・一般社団法人 水産土木建設技術センター・株式会社エコー・国際航業株式会社・国立研究開発法人 水産研究 教育機構
	沖縄県サンゴ移植マニュアル 平成 20（2008）年度版 沖縄県文化環境部自然保護課
	大森 信（2019 年）：総説 さんご礁の修復のための研究と技術の進歩：私たちはこれまで何をどれほど学んだか（M. Omori（2019）：Coral restoration research and technical developments: what we have learned so far. Marine Biology Research 15(7)：377-409 邦訳）
赤土等の流出対策	赤土流出防止プロジェクト https://redsoilproject.jp/ 沖縄県農林水産部営農支援課
オニヒトデ駆除	オニヒトデ総合対策事業報告書 平成 24～29 年度 沖縄県環境部自然保護課
	オニヒトデ駆除マニュアル 酢酸の注射による駆除手法の適用 平成 24（2012）年 3 月 環境省中国四国地方環境事務所（財団法人 黒潮生物研究財団）
その他（地域の取組事例等）	水産多面的機能発揮対策情報サイト ひとつみ.jp https://hitoumi.jp/ JF 全漁連（水産庁委託事業）

3-3-2 サンゴの増殖技術

(1) 有性生殖法と無性生殖法⁶

サンゴを増殖する技術として、有性生殖法と無性生殖法があります。有性生殖法は、産卵を利用して卵と精子を受精させ、幼生からサンゴ種苗を育てる方法です。陸上または海域での種苗生産、海域での中間育成、目的地への植付（移植）の工程で行います（図3-28）。

無性生殖法は、サンゴの枝を折るなど断片からサンゴ種苗を増やす方法です。養殖等によってサンゴから分割したサンゴ片を元に、陸上での種苗生産、海域での中間育成、目的地への植付の工程で行います。



【出典】改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き 平成31年3月 水産庁
 図3-28 有性生殖法によるサンゴ増殖（イメージ）

サンゴの養殖は、天然海域から採取したサンゴの断片を陸上で養殖するほか、海底に立てた鉄筋やパイプ上や生簀で養殖します。

無性生殖法の場合は、養殖したサンゴから分割したサンゴ断片を植え付けます。種苗生産は陸上施設にて、親サンゴから多数のサンゴ片（種苗）をつくり、それらが基盤に活着するまでの短期間で行われることが一般的です。生産した種苗は、できればサンゴの成育に適し、育成管理が可能な海域に設置した中間育成施設に取り付け、中間育成します。成長したサンゴは中間育成施設から取り外し、目的地へ基盤ごと固定して植付します。中間育成を行うのは、大きく育ててからサンゴ断片を植付した方が生残しやすいとされているからです。

有性生殖法の場合は、養殖サンゴから採卵する、あるいは、幼生収集装置や天然のスリック（産卵の翌朝に海に漂っている受精卵の塊）を採集することで行います。幼生が着生可能になった段階で、着床具と呼ばれる人工基盤に着生させて育てることが一般的です。着床具

に着生させた後は、無性生殖法より時間はかかりますが、中間育成を経て目的地へ植付する工程は同様になります。

無性生殖法より工程が複雑で時間もかかる有性生殖法の利点は、種苗にクローンを含まないため、遺伝的多様性が高いこと、植付後の種苗間の受精効率が高いことが挙げられます。これにより、植付後の高い幼生供給能力が期待できます。

植付するサンゴ断片は、養殖している漁協などから購入することができ、後述する水中ポンド等による種苗の固定などで、比較的簡易に実施することができます。一方で、植付に際しては留意すべき点もあり、遠隔地の親(ドナー)から取ったサンゴを移植することで交雑がおき、その場のサンゴのもつ遺伝子情報が乱されるおそれがあったり、移植片の採取により親サンゴを傷つけたりすることがあります。また、移植が不必要な開発行為の免罪符等に使用されることのないよう、注意しなければなりません。

なお、沖縄県や鹿児島県ほかでは漁業調整規則により天然サンゴからサンゴ断片を折り取って採取したり、自然に折れた断片をそのまま移植したりすることは原則認められていません。ただし、試験研究や養殖目的などに限り、県から特別採捕許可をとることで採取が可能になる場合もあります^{7,8}。

植付によるサンゴ増殖を計画する場合、最終ゴールの設定が重要となります。船の座礁などで元々健全なサンゴ群集が局所的に破壊された場合は、その範囲内の海底への直接植付が有効かもしれません。しかし、大規模白化現象など広範囲に衰退したサンゴ群集に対しては、やみくもに海底に植え付けるだけでは効果は限定的です。そこで、近年では、幼生供給源を整備する考え方が採用されつつあります。無性あるいは有性で生産した種苗の配置や設置法を工夫することで、幼生供給能力を高めて、複数世代に渡ってサンゴ再生に寄与させるという考え方です。

(2) 水中ポンドによるサンゴ断片の固定

水中ポンドによるサンゴ断片の固定は、これまで最も多く行われてきた手法で、サンゴの植付に初めて取り組もうとする地域でも、選択できる手法です。漁業協同組合などから購入した断片を水中ポンドで海底の岩盤等に接着します(図3-29)。

沖縄県では密漁防止のため、漁業協同組合が養殖したサンゴ断片を販売する際は、断片を基盤に付けて販売することを義務づけており、恩納村の場合、基盤としてマグホホワイト(自然環境にやさしい土壌硬化剤で砂等を固めた基盤)を使用しています。水中ポンドはいくつかの種類が比較的安価(100gで300円程度)で市販もされています⁷。



【出典】沖縄県サンゴ移植マニュアル
平成20(2008)年度版 沖縄県

図3-29 水中ポンドによる固定

コラム

サンゴ移植の課題

サンゴ移植最大の課題は、荒廃したサンゴ礁域に比べて、移植域があまりにも小さいというスケールギャップです。このため、移植したサンゴを産卵させ、周辺海域のサンゴを増やすという方針を取ることが増えています。サンゴが減少すると親間の距離が離れ、受精が起こりにくくなります。近年では、慶良間諸島でサンゴが減少し、ミドリイシ類の一斉産卵が起こりにくくなったとも言われています。

Zayasu & Suzuki (2019)⁹によると、人為的に集めて密集させたヤングミドリイシは、天然のものより1,400倍幼生供給能力が高いと推定されています。同種で遺伝的に多様なサンゴを密集移植することが、受精率を高める上で重要になります。

(3) 天然の幼生加入を促進する手法（岩盤清掃）

岩盤清掃は最もコストが安価な取組の一つです。サンゴと海藻は光合成に必要な光をめぐる競争しています。岩盤が海藻に覆われていると、そこにサンゴの幼生が付着することができません。そこで岩盤を金属ブラシ等で掃除し、海藻類等を除去することで、サンゴ幼生の付着を促すという手法です（図3-30）。例えば、沖縄県の伊江島海の会が水産庁の水産多面的機能発揮対策事業で実施し、取組開始前に被度10%未満だった場所が、取組開始後に被度が75%以上になっています。



【出典】ひとうみ.jp（沖縄県伊江村）
<https://hitoumi.jp/>

図3-30 岩盤清掃のようす

これらは科学的に効果が実証されたものではありませんが、環境省では2021年より石西礁湖で実証試験を行い、本手法の効果を検証しています。

(4) 各段階での手法

1) 親サンゴの維持管理（養殖）

天然から採取したサンゴの断片は、海底に立てた鉄筋上や海面の生簀などで維持管理を行います。具体的には、ひび建て式、小割生簀式、架台式、フロート式などがあり、地形や場所等、地域の環境に合わせた手法を選択・改良することが重要です。いずれも海底と親サンゴとの距離をとっていることが特徴で、海底に直接植え付けたサンゴよりも生残率が飛躍的に向上しました。この理由として、海底よりも浮泥の影響が少ないことや流れが速いこと、食害生物の影響を受けにくいことなどが考えられます。



鹿熊信一郎氏提供

図 3-31 恩納村でのひび建て式養殖

例えば、「サンゴの村宣言」を行っている恩納村では、恩納村漁協を中心に「ひび建て式」でのサンゴ養殖を行っているほか（図 3-31）、八重山漁協では、「小割生簀式」や「フロート式」のサンゴ養殖を行っています。

OIST（沖縄科学技術大学院大学）の研究者によると、恩納村で養殖しているサンゴは、同じ群体から取ってきた断片もありますが、多くは遺伝的に非常に多様であることが分かっています。同種で遺伝的に多様なものを密に養殖することで受精率を飛躍的に高めることが可能であり、養殖場そのものが幼生供給源として機能していると考えられます。

2) 幼生の確保・飼育⁶

ア. 事前準備（着床具の事前処理と親サンゴの採取）

幼生の着生率を決めるのは材質ではなく、着床具表面の石灰藻やバクテリアであることが知られています¹⁰。そのため、着床具を海域に1か月間程度浸漬させる事前処理が必要です。

卵と精子を受精させる有性生殖を行うためには、遺伝的に異なる複数の群体から放出された卵と精子が必要となります。同じ場所で同種の親サンゴを採取すると、それらが遺伝的に同一のクローンである可能性があるため、できれば異なる場所から複数群体の親サンゴを採取します。

なお、採取の際は、天然サンゴの再生産への影響に配慮して、親サンゴの採取数は必要最低限の数量とし、群体ごと採取するのではなく、ハンマーやタガネを用いて断片を採取することをおすすめします。ただし、養殖サンゴから採卵する場合はこの限りではありません。

後述の海域で採卵する場合、親サンゴは架台上に直置きします。波当たりが大きい、または荒天が予想されている場合は、結束バンド等を用いて架台に親サンゴを固定します。

イ. 陸上施設（水槽）での飼育

陸上施設（水槽）での種苗生産は（図 3-28 の上段）、海象条件に左右されず安定した種苗生産を行うことが可能ですが、サンゴの適正な飼育環境を保つため、海水の水温、流れ、光量等が調整できる種苗生産施設が必要です。

海域から採取した親サンゴを陸上の種苗生産施設で保管し、産卵された卵と精子を採集・受精させた後、受精卵を小型水槽に収容し飼育を開始します。受精卵は、約 2 日後に幼生となり約 4 日後には着生可能な幼生となります。着生可能かどうかは、紡錘形のプラヌラ幼生が、水槽の底面に垂直に付着しようとする行動を示すことにより判断できます。

幼生が着生可能な段階になったら、予め表面に着生誘引バクテリアを付着させた着床具を収容した水槽（着生用水槽）に幼生を入れて着生させます。着生期間は、基盤の状態により異なり、多量の石灰藻やバクテリアが付着している着床具では、幼生は 2 日程度で着生を完了しますが、石灰藻やバクテリアが少ない場合には、着生完了まで 1 週間程度を要する場合があります。

着生完了後、稚サンゴの付いた着床具を大型水槽へ移し、適切な環境のもとで稚サンゴの飼育を行います。水槽内では、数日～1 年間稚サンゴを飼育します。約 1 歳齢の稚サンゴは直径約 15mm に成長します。

ウ. 海域での飼育

静穏な海域であれば幼生収集装置を用いた種苗生産を行うことが可能です。幼生収集装置とは、網目の細かい（目合い 30 μ m）筒状のネットです（図 3-32）。サイズは、直径 1.7m、高さ 4m のものを使用する例が多いです。ただし、今のところ沖縄のサンゴ礁に優占するミドリイシ属サンゴに特化した方法です。

幼生収集装置を用いた種苗生産は、親サンゴを採取して架台に設置し、現地海域で「サンゴの卵・精子を収集・受精」させ、発生した幼生が「着床能力を有するまで装置内で保持」し、装置内に設置した角筒型着床具（詳細は後述）に「幼生を着生」させる手法です。1 m²あたり 100 万個以上の卵を収集し、着生能力を持つ 4 日齢まで幼生を生残率 90%以上で保持することが可能です。この手法の大きな特徴としては、静穏な海域であれば、種苗生産から中間育成、移植までの全ての工程を海域で行うことができるという点です。つまり、種苗生産のために必要であった陸上施設がない場所でも、種苗生産を行うことが可能となります（図 3-28 の下段）。



【出典】鈴木豪 (2019) : サンゴ礁再生への挑戦. FRA NEWS vol.60 : 18-20
図 3-32 サンゴ幼生収集育成装置

3) 中間育成

サンゴは、サイズが小さいほど移植後の生残率が低いため、移植適正サイズに成長させて

から予定海域へ移植する必要があります。中間育成では、種苗生産した稚サンゴが着生している床具を事前に準備した中間育成施設に設置します。その後は、モニタリングを行い移植適正サイズとなるまでの約1～2年間育成管理します。

中間育成施設の設置場所は、以下の条件に基づき選定します。

- ・赤土等の流入が少なく海水が清浄であること
- ・波浪等の影響が少ない静穏な海域であること
- ・水深が2～6mであること

台風等の接近がほとんどみられない波浪条件の穏やかな場所では、垂下式あるいは吊り下げ式中間育成施設を設置できます。一方、台風の来襲により高波浪の影響を強く受けることが多い場所では、海底固定式の棚型あるいはカゴ型の中間育成施設で中間育成を行うとよいでしょう。カゴ型の中間育成施設は、食害の影響が大きい海域で有効です（図3-33）。

また、中間育成では、サンゴを着生させる人工基盤（着床具）も重要となります。着生直後のサンゴは、岩盤表面をつつくようなグレーザーと呼ばれる魚類（ブダイ類等）の食害によって死亡することがあるため、魚につつかれず光量などを適切に保てる格子状構造が稚サンゴの生残率向上に効果があることが分かっています¹¹。さらに、格子状構造の機能を保ちつつ、1マスずつに分解した角筒型着床具（図3-34）は、保護カゴが必要なく、大量に並べ、生き残った種苗だけを利用しやすくなっています。素材も、プラスチックごみ問題等に対応するため、ほぼ海洋由来で製造されたものも実用化されています¹²。

4) 相談窓口

前述の幼生収集装置等を用いた手法は、サンゴの面的増殖技術として有効であるものの、専門的な知識・技術も必要です。そのため、これらの手法を試みる場合は、「有性生殖によるサンゴ増殖の手引き」を出版している以下の窓口にご相談することをおすすめします。

窓口：水産庁 漁港漁場整備部 整備課
〒100-8907 東京都千代田区霞が関1-2-1
Tel：03-6744-2390
HP：https://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango_tebiki.html



【出典】改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き 平成31年3月 水産庁
図3-33 カゴ型中間育成施設



【出典】鈴木豪 (2019)：サンゴ礁再生への挑戦. FRA NEWS vol.60：18-20
図3-34 角筒型着床具

(5) パッケージとしての各技術の利用

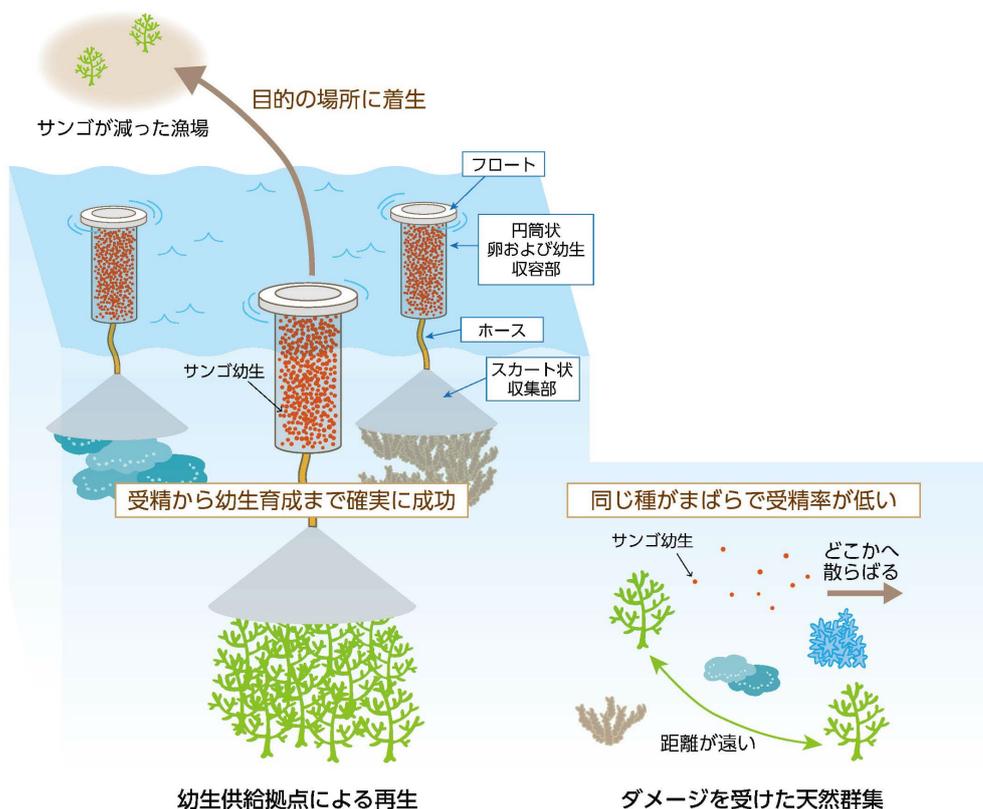
ここで紹介した技術を、各海域に応じた最適な手法で組み合わせて（パッケージ化）、一連の工程として取り組むことが重要です。

一例として、

1. 水槽での採卵⇒角筒型着床具への着生⇒海域での中間育成（垂下式中間育成施設）
⇒幼生供給拠点造成（ひび建て式）
2. 海域での採卵⇒格子状着床具への着生⇒海域での中間育成（棚型中間育成施設）
⇒幼生供給拠点造成（海域への植付）

といった組み合わせです。

天然のサンゴ群集は、広大な面積で多くの種が一斉に産卵することで、大量の幼生を供給して、次世代につなげています。白化やオニヒトデの食害によりサンゴの面積が半分になった場合、幼生の数は 1/10 や 1/100 に激減してしまうと予想されています。そこで、幼生供給拠点を整備し、卵の受精率や生活史初期の死亡率を改善することにより、天然サンゴ群集以上の再生力を実現できると期待されています（図 3-35）。



【出典】鈴木豪（2019）：サンゴ礁再生への挑戦. FRA NEWS vol.60 : 18-20

図 3-35 幼生供給拠点によるサンゴ再生のイメージ

3-3-3 赤土等・過剰栄養塩類の流出対策

琉球諸島や奄美群島などの地域では、粒子が細かく分散しやすい赤土が広く分布しています。赤土等が海域に流出すると、サンゴの上に赤土が堆積し、呼吸できなくなって窒息死したり、濁水により日光が遮られ、光合成ができなくなって死滅したりします。

気候変動に伴う大雨の増加により、赤土等の大量流出が頻発化すると、サンゴ礁生態系へ甚大な被害をもたらすリスクが増大することが予測されます。したがって、従来より取り組まれてきた赤土等の流出防止対策は、地域特有のストレスを低減し、生態系のレジリエンス（回復力）を高めるために、今後もより一層重要となり、取組の強化が求められます（図3-36、図3-37）。



沖縄県水産海洋技術センター提供

図3-36 陸域から河川および海域へ流出する赤土



沖縄県環境保全課提供

図3-37 赤土堆積によるサンゴの死亡状況

また、赤土流出とともに、流出する栄養塩類が要因となって、サンゴの幼生の加入や成長を阻害する海藻類が増えるほか、オニヒトデの大量発生につながるという説もあります。

オニヒトデはサンゴを食害するため、サンゴの主な減少要因の一つとなっています（図 3-38）。オーストラリア・グレートバリアリーフでの研究によると、オニヒトデの大量発生は生活史初期（浮遊幼生期および稚ヒトデ期）における生存率が高まるのが原因と考えられています^{13,14}。陸域から赤土・栄養塩類が流出して植物プランクトンが増殖すると、これを餌とする浮遊幼生の生存率が高まって大量発生に繋がるというプロセスです。大発生したオニヒトデは、ダイバー等による駆除活動がこれまで行われてきましたが、根本的な発生抑制対策としては、陸域から栄養塩類の流出を低減させることが有効です。

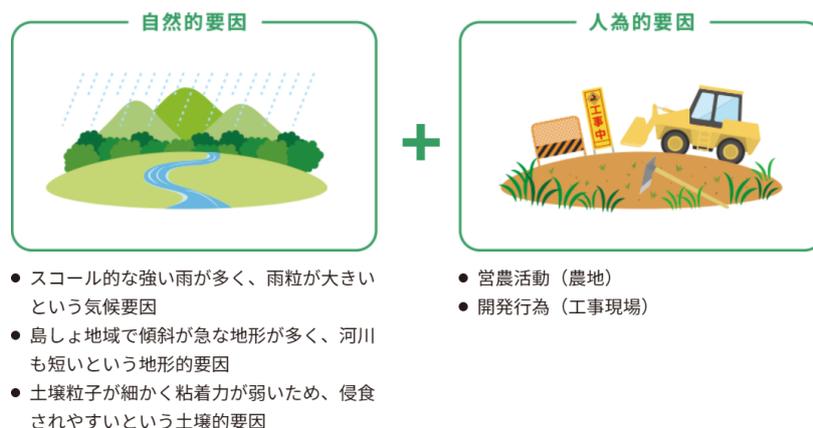


図 3-38 サンゴを捕食中のオニヒトデ

赤土等の流出は、降雨により農地や開発現場の裸地などの土壌が浸食され、雨水とともに赤土等が河川や海域に流れ込むことにより生じることから、流域の農地や開発現場等での赤土等流出防止対策の取組を推進する必要があります（図 3-39）。沖縄県では、沖縄県赤土等流出防止条例施行後、開発現場からの赤土等の流出量は大幅に削減されました。また、農地においても、沈砂池の整備や勾配修正等の土事的対策やグリーンベルト等の営農対策が進められ、赤土流出量は削減されていますが、依然として赤土等流出量に占める割合が多いのが現状です。農地での赤土等流出防止対策は、土壌保全や土づくりの圃場管理など農業従事者にとってメリットにも繋がるものもあります。

ここでは、農地での営農的対策の手法や地域の取組について紹介します。

● 赤土等流出は、自然的要因に人為的要因が加わることで加速します。



【出典】赤土流出防止プロジェクト 沖縄県農林水産部営農支援課
<https://redsoilproject.jp/redsoil/reason/>

図 3-39 赤土等流出の要因

(1) グリーンベルト

陸域からの赤土等流出防止対策の効果的な手法の一つにグリーンベルトがあります。グリーンベルトとは、裸地や畑の周辺等に植栽した、樹木や草木等による植生帯のことをいい、土粒子をせき止め、赤土および栄養塩類の流出を防止します。グリーンベルトが適切に植栽されれば、耕土流出を6割程度抑制する効果があります。植栽する種類はベチバー（カスカスガヤ）がよく使われますが、イトバショウ、ゲットウ、ヤブラン、リュウノヒゲ、キキョウラン、ハイビスカスなどの実績もあります。

コラム

グリーンベルトとして活用されるベチバー（カスカスガヤ）

ベチバーは、以下の特徴からグリーンベルトとしてよく活用されています（写真の赤枠）。

- ・発芽能力がないため雑草化の心配がありません。
- ・地上部は敷き草にも利用できます。
- ・トラクターで踏んでも再生します。
- ・病害虫も入りやすく栽培が容易です。



【出典】赤土流出防止プロジェクト 沖縄県農林水産部営農支援課 <https://redsoilproject.jp/>

(2) サトウキビの株出し栽培

「株出し」とは、サトウキビの栽培方法の一つで、サトウキビを収穫した後に、株をそのまま残して、株から芽を出させて栽培します（図 3-40）。3~4回ほど株出しでき、毎年植え付けする必要がなくなるので、大幅に労力とコストを軽減できます。さらに、農地が裸地となる期間が短縮されますので、春植えや夏植えと比べて土壌保全の程度がかなり高く、赤土流出防止対策としても効果を発揮します。



【出典】赤土流出防止プロジェクト
沖縄県農林水産部営農支援課
<https://redsoilproject.jp/project/>

図 3-40 サトウキビの株出し栽培

(3) 緩効性の肥料と施肥のタイミング

化学肥料の施肥により栄養塩類が海域へ流出し、サンゴ礁生態系へ影響を及ぼします。海域への栄養塩類の流出では、農業従事者と連携・協力した上流からの対策が重要です。栄養塩類の削減には、中西（2009）¹⁵が示すように、施肥の時期の調整、緩効性肥料の使用などによって施肥量を低減できます。また、サトウキビの反収が向上する効果もあります。

中西（2009）では、サトウキビ栽培で施肥される化学肥料の地下水への負荷低減方策について、いくつかの方法が示されています。

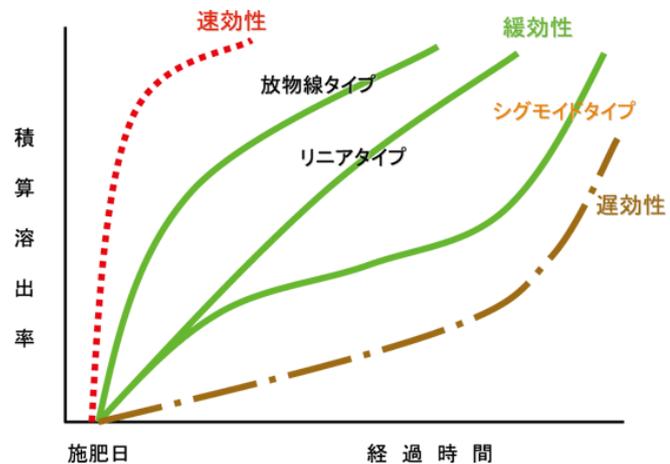
その方法の一つは、サトウキビの生育パターンに即した施肥方法に改善すること、具体的には、従来使用されてきた速効性肥料から、サトウキビ栽培用に既に開発されている緩効性肥料に切り替えることです。化学肥料は、成分溶出のそれぞれのパターンにより、いくつかのタイプに分けられます。そのうち緩効性肥料には図 3-41 の緑色線で示したように、比較的ゆっくりと、長時間にわたり肥料効果が持続するタイプです。夏植えサトウキビの窒素吸収パターンは、図 3-41 中のシグ

モイドタイプの溶出パターンとよく似ています。したがって、シグモイドタイプの緩効性肥料は、夏植えサトウキビの植付時のみに施すのが適していると考えられ、実際に「植付施肥一発型」の緩効性肥料が販売されています。ただし、サトウキビの芽も根も出ていない植付時に大量の緩効性肥料を一度に施用すると、過剰な施肥をしてしまうことになり、余剰部分は地下に流されかねません。緩効性肥料を施肥する時期は、夏植えサトウキビの発芽と発根が出そろい、分けつが旺盛になる頃、すなわち平均培土の際が最も適当だと考えられます。

一方、従来の速効性肥料を今後も使う場合は、植付前に緑肥やたい肥を施すことを推奨します。

このようなサトウキビの施肥・肥培管理を改善することは、価格が高騰する化学肥料を無駄にせず、サトウキビの生産性を向上させる方法でもあります。

また、有機栽培や循環型農業への転換などによっても、栄養塩類の流出を削減することができます。



【出典】中西康博（2009）：サンゴの島々の窒素循環
～持続的栽培に向けたさとうきび施肥管理～。
砂糖類情報 2009 年 12 月号 独立行政法人農畜産業振興機構
https://sugar.alic.go.jp/japan/example_02/example0912a.htm

図 3-41 肥料の種類による成分溶出パターンの違い

事例

サンゴ礁の海の環境保全につながる農地の土壌保全（赤土流出抑制）のための営農対策の推奨

八重山地方の農地の土壌保全ガイドライン（案）より

石西礁湖
サンゴ礁基金

特定非営利活動法人 石西礁湖サンゴ礁基金は、サトウキビの夏植栽培においても効果的な営農対策を含む土壌保全のガイドライン「八重山地方の農地の土壌保全ガイドライン（案）」を作成し、赤土等流出対策を推進しています。本ガイドライン策定の背景として、沖縄県の「赤土等流出防止条例」によって開発行為等の赤土流出は抑制されている一方で、農地からの流出が改善されていないこと、その対策として株出栽培を提唱し、その普及を具体化したものの、台風や干ばつへの対応のため、すべてを株出栽培に転換できないこと、などが挙げられます。

本ガイドラインでは、サトウキビの夏植で営農対策をしないと、土壌が流出することで、1年間で1haあたり約4万7千円の損失があること、特定の営農対策の組み合わせにより、無対策の場合よりも、その対策費用を含めても低い損失額に抑えることができることなどが示されています。赤土等流出対策について、農業従事者の理解と取組の推進が期待されます。

無対策と複合対策を実施した場合の年間流出土量と損失額（1haあたり）

内容	土壌保全の程度	年間流出量 (tf/年)	土壌損失額 (円/年)	対策費用 (円/年)	土壌損失額と対策費用の合計 (円/年)	損得(無対策との差額) (円/年)
サトウキビ夏植(無対策)	65.0%	33.9	¥47,155	—	¥47,155	—
グリーンベルト	82.5%	17.0	¥23,578	¥6,726	¥30,304	¥16,852
敷き草	87.8%	11.8	¥16,437	¥3,800	¥20,237	¥26,918
マルチ(葉ガラ)	93.0%	6.8	¥9,431	¥146,000	¥155,431	¥-108,276
深耕	83.2%	16.3	¥22,634	¥20,000	¥42,634	¥4,521
緑肥	76.9%	22.4	¥31,122	¥4,800	¥35,922	¥11,233
堆肥	76.9%	22.4	¥31,122	¥200,000	¥231,122	¥-183,967
葉ガラ梱包	75.5%	23.7	¥33,009	¥48,640	¥81,649	¥-34,494
緑肥+敷き草	91.9%	7.8	¥10,913	¥13,400	¥24,313	¥22,842
敷き草+グリーンベルト	96.0%	3.9	¥5,389	¥10,526	¥15,915	¥31,240
深耕+敷き草	94.1%	5.7	¥7,949	¥23,800	¥31,749	¥15,406
深耕+グリーンベルト	91.6%	8.1	¥11,317	¥26,726	¥38,043	¥9,112
深耕+緑肥等+敷き草	96.1%	3.8	¥5,254	¥71,800	¥77,054	¥-29,899
深耕+緑肥等+グリーンベルト	94.4%	5.4	¥7,545	¥74,726	¥82,271	¥-35,116
深耕+緑肥等+葉ガラ梱包	92.2%	7.6	¥10,509	¥116,640	¥127,149	¥-79,994

【出典】八重山地方の農地の土壌保全ガイドライン（案） 石西礁湖サンゴ礁基金
無対策と複合対策を実施した場合の年間流出土量と損失額

3-3-4 オニヒトデ駆除¹⁶

オニヒトデは、その見た目のグロテスクさとサンゴを食べるという生態から、よく“悪者”として扱われています。しかし、十分に低い密度であればサンゴが成長する量はオニヒトデが食べる量を上回っているため、駆除等の対策を講じる必要はありません。ではなぜオニヒトデが駆除の対象となるかということ、3-40 ページでも触れましたが、オニヒトデは時に大量発生することがあり、このような場合、サンゴ群集に与える影響は甚大で、数年で大量発生海域のサンゴ群集が全滅することがあるからです。大量発生の目安は、「モニタリングサイト1000（サンゴ礁調査）スポットチェック法によるサンゴ礁調査マニュアル 第5版」で、15分間の遊泳観察で観察される個体数によってオニヒトデの発生状況の目安が右表のように示されています。

15分観察数	発生状態
0～1	通常分布
2～4	多い（要注意）
5～9	準大発生
10以上	大発生

多くの場合、オニヒトデの大量発生を放置すれば、その海域では遅くとも数年以内にほとんどのサンゴが食べ尽くされます。そのため、サンゴ群集の保全を目的に、オニヒトデの駆除を実施する必要があります。オニヒトデの駆除は、サンゴの保全再生の取組として、これまでも各地域で実施されてきました。実効性がある駆除法として「採捕して陸上で処分」、「水中で切断・破潰」、「水中で袋詰め」、「薬剤の注射」などがあります。

「採捕して陸上で処分」は、最も一般的な方法です。手カギ、火バサミなどを用いてオニヒトデを1匹ずつ捕獲し、カゴや網袋などに集めて、陸揚げ・輸送し、焼却、埋設あるいは堆肥化などによって処理します。

「水中で切断・破潰」は、ナイフやハサミで切断する、ハンマーや石で叩き潰す、大きな石で押し潰すなどで実施します。切断面がオニヒトデの中心にある口を通るように4つ以上に切断するか、体盤を十分に潰します。

「水中で袋詰め」は、オニヒトデを土嚢袋などに詰め込み、逃げないように口を縛って流れていかないように海中に放置するだけです。オニヒトデは酸素欠乏に弱いため、2～3日で死んで1週間もすると砂のような骨片と針が残るのみとなります。

「薬剤の注射」は、連続注射器などを用いて海中でオニヒトデに薬剤を注射して駆除します。最も効率的な駆除法だといわれており、酢酸を用いた事例などがあります（図3-42）。



図3-42 酢酸の注射によるオニヒトデ駆除

3-4 生態系変化に対応した取組の実施

3-4-1 適応アクションの概要

近年、海水温上昇や短期集中強雨の頻発化、台風の激甚化、海洋酸性化等の気候変動が顕在化しており、既に沿岸生態系に変化がみられている地域もあります。

ここでは、気候変動により変化しつつある環境条件や生態系に焦点を当てた取組等について紹介します。なお、「-事例紹介-」の記載があるものは、研究段階の技術であるため、効果や手法が確立されたものではありません。

3-4-2 日よけ（遮光措置）

浅海域でのサンゴの白化の多くは、高水温と高日射のダブルパンチによりサンゴ共生藻（褐虫藻）が損傷を受けて機能不全を起こし、消化・排出されるために起こります。日射はもちろん光合成に必要ですが、沖縄地域のような透明度が高い海域では、夏季に必要量以上の日射が注ぐこととなります。高水温時の過剰な日射は、光合成機構における重要なタンパク質を破損させます。共生藻内部ではこれを補うための修復プロセスが働きますが、通常よりも数°C高水温になると、この修復速度が著しく遅くなります。その結果、高日射下でこの光合成タンパク質の破壊と高水温による修復力の低下が同時に起こり、共生藻の質が低下すると、サンゴが共生藻を消化・排出して白化がどんどん進行していきます（図3-44）。

高水温時に遮光ネット等で“日よけ”することで（図3-43）、少なくとも高日射による光合成タンパク質の破壊プロセスを和らげることができますので、高水温環境への適応として有効です。

日よけは、広い海域を対象に行うことは不可能ですので、「3-3 従来の保全再生の取組の継続」で紹介した幼生供給拠点など、供給源等として保全上重要な場所に限って行います。

なお、遮光ネット以外の対策として、高水温環境から退避するため、中間育成施設や幼生供給拠点を一時的に中深度へ移設する対策も検討されています。



鈴木豪氏提供

図3-43 遮光ネットによる日よけ

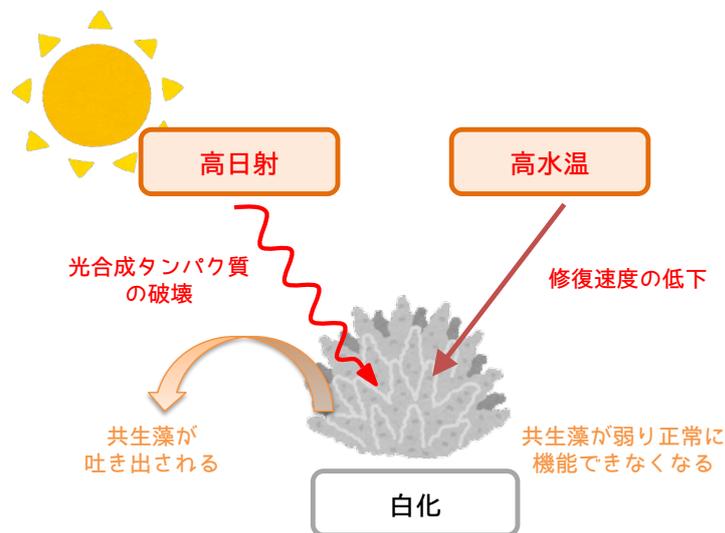


図3-44 高水温と高日射によるサンゴ白化のイメージ

3-4-3 リスキニング事例紹介

塊状の骨格を形成するハマサンゴ属やトゲキクメイシ属等のサンゴは、成長が遅いものの、高水温など環境変化への耐性が強いことが知られています。気候変動影響による沿岸環境の変化が顕在化する中、環境変化への耐性が強いサンゴの成長促進が期待されるリスキニング（岩などの表面に薄いサンゴ片を植え付ける手法）が注目されています。リスキニング（Reskinning）とは、遺伝子が同じ断片（クローン）が融合することに着目し、成長の遅いハマサンゴ属等の塊状サンゴを小さく断片化し、岩や人工基盤等にパッチ状に植え付け、各少片が水平方向に成長し融合することで、サンゴ群体を早期に再生する技術です（図 3-45）。Forsman et al. (2015)¹⁷では、ハマサンゴ属の小片を基盤に固定し、固定時の面積が 23 cm²であったものが、205 日後には 178 cm²と約 8 倍にまで成長しています。塊状ハマサンゴ属の成長は年間 0.5~2cm であるため¹⁸、リスキニングによる成長速度がかなり速いことがわかります。また、岩盤などをスキン（皮）状に覆うことで、通常塊状サンゴの成長よりはるかに速い速度で塊状のサンゴを形成できます。

水産庁では、小片サイズや切断厚、植え付け間隔等の条件を変え、生残率と成長率を把握する実証試験を沖縄海域や沖ノ鳥島海域で行い（図 3-46）、小片化することで面的な成長が早い可能性があること、初期サイズが小さいほうが、成長速度が早く成長率が高いこと、切断厚が成長に影響を与えることなどが示されています¹⁹。今後、リスキニングの最適条件の検討やモニタリングデータの蓄積等により、環境変化への耐性が強いサンゴのより効率的な増殖技術の確立が期待できます。

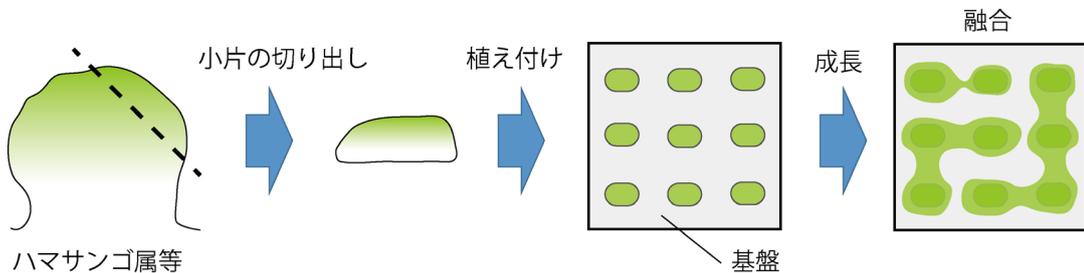
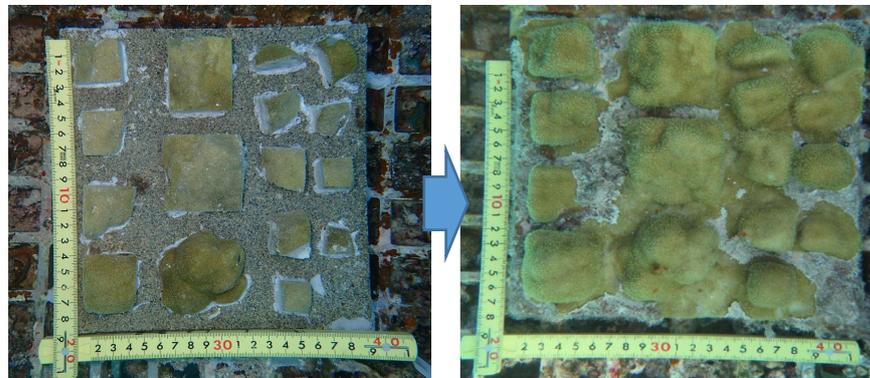


図 3-45 リスキニングのイメージ



【出典】 厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書
令和 2 年 3 月 水産庁ほか

図 3-46 移植直後の小片（左）と 1 年後の小片の生残・成長状況（右）の例（ハマサンゴ属）

3-4-4 高温耐性種の導入－事例紹介－

今後、避けられない水温上昇については、大規模な白化を前提とした適応方針を検討することも必要になります。

水温上昇への対策の一つとして、水産庁の「厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業（平成30～令和2年）」では、高温耐性褐虫藻の活用とサンゴ自体の高温耐性の活用について研究開発を行っています。

https://www.jfa.maff.go.jp/j/seibi/sango_houkoku_h30.html

研究区分	内容と成果進捗
高温耐性褐虫藻の活用	<p>【内容】 高温耐性褐虫藻を稚サンゴに取り込ませることにより、高水温での生残率を向上させるもの。</p> <p>【成果進捗】 高温耐性褐虫藻を稚サンゴに取り込ませる技術は、直径約10cmまでは有効である。しかし、その効果は成長とともに失われ、成熟サイズまで高温耐性褐虫藻を保持できず、高温耐性を継続させることが難しい。</p>
サンゴ自体の高温耐性の活用	<p>【内容】 高温耐性のある親サンゴを選定し、その精子と卵を受精させることで、高温耐性型サンゴの種苗生産を行うことを目標としている。</p> <p>【成果進捗】 高温耐性の異なる親サンゴ（高耐性、中耐性、低耐性）から得られた配偶子（卵と精子）をさまざまな組合せで交配して、稚サンゴを生産する。それらを高水温下で飼育し、どのような組合せが高水温耐性をもつかの検証を進めている。</p> <p>また、遺伝学的研究により、高温耐性に関与する可能性のあるDNA領域が明らかとなり、DNAマーカーを用いて簡易的にサンゴの高水温耐性を判別する手法についても開発の目途が示された。今後、DNAマーカーを用いた判別手法を確立するとともに、DNAマーカーにより親サンゴと高水温暴露実験で生残した稚サンゴのDNAを解析し、高温耐性に関する遺伝的特徴が次世代に引き継がれるかを確認予定。</p>

【出典】 厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業 成果報告書 水産庁より作成

一方で、高温耐性型サンゴの導入については、研究者の間でも様々な議論が行われています。高温耐性のあるサンゴは、その他のストレス耐性が低かったり、病気にかかりやすいとされていたりと、他の減少要因とトレードオフの関係にある可能性があります。また、高温耐性を持つサンゴだけを選別することにより遺伝的多様性が低下することも指摘されており、高水温以外のリスクも懸念されています。

第3章 引用・参考文献

- ¹ (参考資料) 気候変動影響評価報告書(詳細) 令和2年12月 環境省
- ² Y. Yara · M. Vogt · M. Fujii · H. Yamano · C. Hauri · M. Steinacher · N. Gruber · Y. Yamanaka (2012) : Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan. *Biogeosciences* 9 : 4955-4968.
- ³ 気候変動影響評価報告書(総説) 令和2年12月 環境省
- ⁴ 沖縄県営農支援課「赤土流出防止プロジェクト」 <https://redsoilproject.jp/>
- ⁵ サンゴ礁保全活動の手引き 平成27年3月 水産庁
- ⁶ 改訂 有性生殖によるサンゴ増殖の手引き 平成31年3月 水産庁漁港漁場整備部
- ⁷ 沖縄県サンゴ移植マニュアル 平成20(2008)年度版 沖縄県文化環境部自然保護課
- ⁸ 灘岡 和夫 (2008) : 造礁サンゴ移植の現状と課題 日本サンゴ礁学会誌 第10巻 : 73-84.
- ⁹ Y. Zayasu · G. Suzuki (2019) : Comparisons of population density and genetic diversity in artificial and wild populations of an arborescent coral, *Acropora yongei*: implications for the efficacy of "artificial spawning hotspots". *Restoration Ecology* 27 : 440-446.
- ¹⁰ 大森 信 (2016) : 連結式サンゴ幼生着床具は最良の Coral babe magnet ではない : すぐれたサンゴ幼生の着生基盤についての考察 日本サンゴ礁学会誌 第18巻 : 1-9.
- ¹¹ G. Suzuki · S. Kai · H. Yamashita · K. Suzuki · Y. Iehisa · T. Hayashibara (2011) : Narrower grid structure of artificial reef enhances initial survival of in situ settled coral. *Marine Pollution Bulletin* 62 : 2803-2812.
- ¹² G. Suzuki · W. Okada · Y. Yasutake · H. Yamamoto · I. Tanita · H. Yamashita · T. Hayashibara · T. Komatsu · T. Kanyama · M. Inoue · M. Yamazaki (2020) : Enhancing coral larval supply and seedling production using a special bundle collection system "coral larval cradle" for large-scale coral restoration. *Restoration Ecology* Vol. 28, No. 5 : 1172-1182.
- ¹³ 岡地 賢 (2010) : サンゴを脅かす生きものたち サンゴ礁学 : 日本サンゴ礁学会(編) 鈴木 款 · 大葉 英雄 · 土屋 誠 (責任編集) 東海大学出版会 : 209-238.
- ¹⁴ K.E. Fabricius · K. Okaji · G. De'Ath (2010) : Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar *Acanthaster planci* to the release of larval food limitation. *Coral Reefs* 29 : 593-605.
- ¹⁵ 中西 康博 (2009) : サンゴの島々の窒素循環～持続的栽培に向けたさとうきび施肥管理～ 砂糖類情報 2009年12月号 独立行政法人農畜産業振興機構 https://sugar.alic.go.jp/japan/example_02/example0912a.htm
- ¹⁶ オニヒトデ駆除マニュアル 平成24(2012)年3月 環境省中国四国地方環境事務所
- ¹⁷ Z. H. Forsman · C. A. Page · R. J. Toonen · D. Vaughan (2015) : Growing coral larger and faster: micro-colony-fusion as a strategy for accelerating coral cover. *PeerJ*, 3 : e1313.
- ¹⁸ 浅海 竜司 · 山田 務 · 井龍 康文 (2006) : 過去数百年間の古気候・古海洋変動を記録する現生サンゴ-数年～数十年スケールの変動と長期変動の復元. *地球化学* 40 : 179-194.
- ¹⁹ 厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証委託事業報告書 令和2年3月 水産庁漁港漁場整備部・一般社団法人水産土木建設技術センター・株式会社エコー・国際航業株式会社・国立研究開発法人水産研究 教育機構

第4章

藻場生態系の監視および取組 に関する適応アクション

4-1	藻場生態系の現状と課題	4-1
4-1-1	藻場生態系がもたらす生態系サービス	4-1
4-1-2	減少要因と気候変動影響	4-3
(1)	藻場の減少要因	4-3
(2)	藻場の生態系サービスへの影響	4-7
4-2	広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握	4-8
4-2-1	適応アクションの概要	4-8
(1)	モニタリングの必要性	4-9
(2)	広域モニタリングの概要	4-11
4-2-2	広域モニタリング実施体制	4-12
(1)	各地域での実施体制	4-12
(2)	広域での実施体制	4-12
4-2-3	簡易モニタリングの背景と手法	4-14
(1)	簡易モニタリングの背景	4-14
(2)	簡易モニタリング手法	4-17
4-2-4	参考となる既存の広域モニタリング	4-24
4-3	従来の保全再生の取組の継続	4-27
4-3-1	適応アクションの概要	4-27
4-3-2	ウニや魚類の食害対策	4-28
(1)	ウニの除去	4-28
(2)	ウニ対策用フェンス	4-28
(3)	魚類の除去	4-29
(4)	魚対策用フェンス	4-29
(5)	海水流動促進	4-29
(6)	投餌	4-30

4-3-3	海藻のタネ不足の解消	4-31
(1)	海藻のタネの供給	4-31
4-3-4	基質不足の解消、懸濁物質の増加対策	4-33
(1)	基質の提供：岩盤清掃	4-33
(2)	基質の提供：砂による埋没・浮遊砂対策	4-33
4-4	生態系変化に対応した取組の実施	4-34
4-4-1	適応アクションの概要	4-34
4-4-2	春藻場の造成	4-35
4-4-3	ウニ類、植食性魚類の有効利用	4-40

第4章 藻場生態系の監視および取組に関する適応アクション

4-1 藻場生態系の現状と課題

4-1-1 藻場生態系がもたらす生態系サービス

藻場は「海の森」に例えられる高い生物多様性をもつ生態系です。水産上有用な魚介類を含む多様な生物の棲み処となり、産卵場や稚仔魚の成育場を提供するほか、栄養塩類の吸収による水質の浄化、二酸化炭素の吸収・固定といったブルーカーボンとしての機能など、豊かな漁場や美しい海域を維持する上で大きな役割を果たしています。同時に藻場生態系は、下表のように地域の暮らしや人の生存にとってなくてはならない、多くの恩恵をもたらしてくれます。

区分	内容
豊かな漁場 (海藻自体も含む)	藻場を構成するカジメやワカメ、藻場を生息場や餌場とするアワビ、サザエ、ウニなどが海産物として利用されています。 藻場の水産的経済効果の試算 ¹ によると、コンブ場では1.5万円/m ² 、アラメ・カジメ場ではサザエ・ウニ・アワビ類などの餌場として1.7万円/m ² 、ガラモ場など磯漁の漁獲から2.0万円/m ² が見込まれています。
医薬品等の原料	藻場を構成するテングサから高品質な寒天原料が採取されるなど、医療やバイオテクノロジー分野に貢献しています。
海岸線の保全(波浪の抑制と底質の安定)	藻場は海中で立体的な構造をとるため、藻場が発達することで波浪を軽減させることができます。また砂泥に根を張るアマモ場では、海底の底質を安定化させます。
水質の浄化(高い透明度を維持など)	海藻は生長に伴い、藻体全体で窒素やリンを吸収します。これにより、沿岸海域の富栄養化を防止します。水質浄化機能を下水処理コストに適用すると、藻場1ha当たりの評価額は、窒素で2,312万～2,812万円/年、リンで1,034万～1,258万円/年と見積もられています ² 。
癒しや観光資源(スキューバダイビング、釣り)	藻場は海中公園(スキューバダイビング)、海中展望施設、釣り公園などの構成要素の一つであり、観光やレジャー産業資源となっています。
環境教育の場	一般市民や児童・生徒へ生態系の重要性の理解を深めるための啓発や環境学習の場となっています。
二酸化炭素の吸収と酸素の供給	海藻の光合成により海中に溶け込んだ二酸化炭素を吸収し、海中に酸素を放出します。ブルーカーボン生態系として、二酸化炭素の削減効果が期待されています。なお、藻場による二酸化炭素隔離量については、アラメ場で24.6t-CO ₂ /ha/年と試算されており、これを貨幣価格に換算すると、約71,217～91,020円/年と見積もられます ³ 。
高い生物多様性	多くの魚類や無脊椎動物の産卵場、幼稚仔の保育場、生息場や餌場として機能しているほか、寄り藻、流れ藻、打ち上げ藻などによる新たな生息・餌場環境を提供しています。

【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁より作成



中村洋平氏提供

図 4-1 豊かな漁業資源



中村洋平氏提供

図 4-2 産卵場や稚仔魚の育成場の提供

コラム

藻場の種類⁴

四方を海に囲まれ、豊かな自然と水産資源に恵まれた日本の沿岸域には、海域や水深、底質によって異なるタイプの藻場が立体的に存在しています。

藻場は構成する海藻の種類により、主にコンブ場、アラメ・カジメ場、ワカメ場、ガラモ場、テングサ場、アマモ場に区分されます。藻場を構成する主な海藻を下表に示します。

九州・沖縄地域には、温帯性海藻や亜熱帯性海藻で構成される藻場が成立します。温帯性海域の黒潮や対馬暖流の影響を受ける海域にはアラメ・カジメ場、ワカメ場、ガラモ場が、亜熱帯性海域の黒潮の影響が強い海域では、南方系ホンダワラ類によって構成されるガラモ場が成立しています。また、日本各地の沿岸の砂泥域を中心にアマモ場が成立しています。

《藻場のタイプと成立基盤等》

タイプ	構成種	底質	海域	分布
コンブ場	マコンブ、ガゴメコンブ、ナガコンブ、ミツイシコンブなどのコンブ類	岩礁域	中間～外洋域	北海道・東北
アラメ・カジメ場	アラメ、サガラメ、カジメ、アントクメ	岩礁域	外洋域	本州以南
ワカメ場	ワカメ	岩礁域	中間～外洋域	北海道～九州
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	岩礁域	内湾～外洋域	日本全国
テングサ場	マクサ、オオブサ、ヒラクサ、オバクサなどのテングサ目海藻	岩礁域	外洋域	北海道～九州
アマモ場	アマモ、コアマモ、タチアマモなどの海産種子植物	砂泥域	内湾域	日本全国

4-1-2 減少要因と気候変動影響

(1) 藻場の減少要因

藻場の減少要因には、①植食性魚類やウニ類による食害、②海藻が枯れる、③芽生えなくなる（更新の阻害）、④海藻の流出などがあります。これらの作用が藻場の成立条件の閾値を超えた場合、藻場の減少・消失（磯焼け）が引き起こされます。

水温上昇、大雨の増加、台風の激甚化などの地球規模でのストレスとそれが引き起こす地域（海域）特有のストレスは、藻場の減少要因をいずれも助長するものです（図4-3）。特に水温上昇による植食性魚類やウニ類の活発化や分布の拡大による影響は甚大で、各地で磯焼けを引き起こしているほか、九州沿岸では南方系種の侵入による藻場の構成種の変化やサンゴ優占域が確認されています⁴。

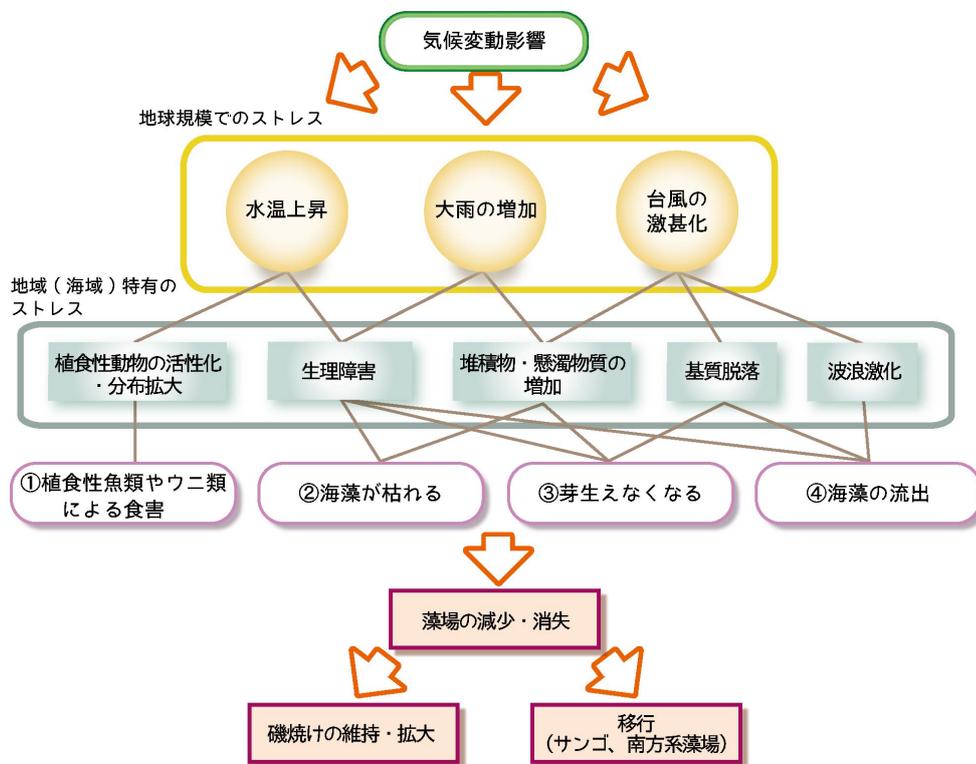


図 4-3 気候変動影響による藻場の減少要因

1) 水温上昇

2000年以降に行われた藻場調査によると^{5,6}、九州西岸と四国・本州南部太平洋岸で1989年～1991年の調査で確認された26,916haのうち44.7%が消失していました。同時に亜熱帯性の造礁サンゴの分布の北上と海藻藻場の南限の衰退が観測されています。

これらの主な原因として、海水温の上昇による海藻の生理障害、植食性魚類やウニ類の摂食活動の活発化による食害の増加による影響が挙げられます⁵。

ア. 植食性動物の活性化・分布拡大

植食性魚類やウニ類による食害の増加は、特に冬季に水温が低下しなくなったことによる影響が大きいと言われています。西日本の海域で藻場の減少に大きく関与している生物は、アイゴ、ブダイ、ノトイソズミなどの植食性魚類とムラサキウニ、ガンガゼなどのウニ類です。これらの植食性魚類やウニ類は昔から藻場の周辺で生息していた種ですが、これまでは秋季から冬季の水温低下とともに摂餌活動は低下し、冬季にはほとんど食べなくなっていました。それが近年の高水温化により、秋季から冬季にかけての水温低下が遅れ、摂餌活動の長期化、活発化をもたらしています。今後もこの傾向は続くことが想定されることから、植食性魚類やウニ類による食害圧は高まるものと考えられます^{4,7}。

コラム

アイゴの摂食量と水温の関係

アイゴなど、暖海性の植食性魚類の侵入・冬季定着は冬季最低水温が制限要因となっているほか、海水温と摂食量には関係性がみられます。

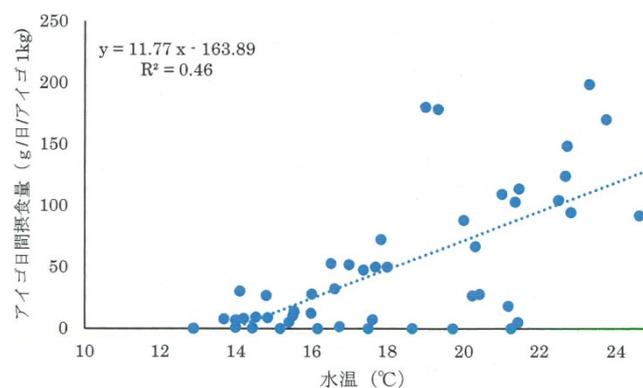
アイゴについての水温耐性実験⁸によると、水温低下に伴い摂餌活動が低下し、一定水温以下になると死滅することが知られています。

秋季から春季にかけての海水温を想定した 25°C以下の水温帯でのアイゴの日間摂食量（藻類）と水温に関する既存知見を整理したものを右図に示します。これによると、アイゴの日間摂食量と水温低下の関係性は、以下のモデル式で近似できることが示されました⁹。

$$\text{アイゴ日間摂食量 (g/日/アイゴ 1kg)} = 11.77 \times \text{日平均水温} - 163.89 \quad (N=49, R^2=0.457, p<0.01)$$

なお、徳島県で採取されたアイゴにおいて、飼育実験から 11.1°Cを下回ると低水温での斃死が生じ始めることが確認されています⁸。

《文献調査から整理したアイゴ日間摂食量と水温の関係》



【出典】地域適応コンソーシアム事業、中国四国地域事業

イ. 生理障害

夏季の高水温化による海藻の枯死が西日本において報告されています。

海藻・海草類の最適水温は、種類や季節によって異なることが知られており、海藻類の生育上限水温をみると、クロメ、アラメ、ヒロメ、ワカメといった暖海性コンブ類では、26～29℃、ジョロモク、アカモク、ヒジキ等のホンダワラ類では、27～34℃となっています。

2013年8月は日本海西部で水温が高く、一部では水温30℃以上の高水温環境が8日間連続しました。この高水温と9月上旬の台風接近に伴う波浪によって大量のカジメ類が茎部の根元付近から脱落・流出し海岸に打ち上がりました¹⁰ (図4-4)。

被害水域は長崎県対馬・壱岐から福岡県沿岸を経て、山口県北部にまで及びました。このうち、山口県下関市では、浅所で生育するアラメ(生育上限温度29℃)は短期間で広範囲にわたり衰退していたのに対し、同所に分布するノコギリモクやヤマタモク(生育上限温度31℃)は生残していました¹¹。これは種による水温耐性の違いを反映したものと推定されます¹²。

さらに、長崎県では2016年8月にも同様の高水温によるアラメ・カジメ類の流出が発生しています⁷。



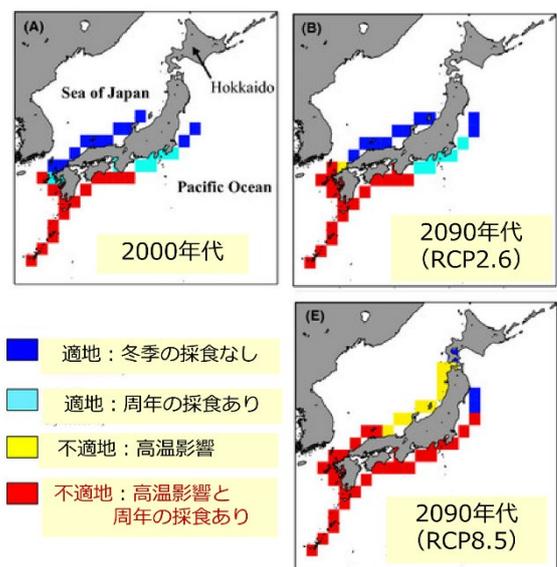
【出典】改訂磯焼け対策ガイドライン
平成27年3月 水産庁

図4-4 海岸に打ちあがったカジメ類の藻体

ウ. 水温上昇と藻場分布の将来予測

温帯域における藻場の減少は今後も継続し、地域的な絶滅のリスクが高まることが予測されています¹³。

西日本近海においても、水温の上昇や植食性魚類の北上に伴う藻場生態系の劣化や熱帯性のサンゴ礁生態系への移行がいくつかの研究から予測されています⁵。西日本の海藻藻場を形成する代表的な種であるカジメを対象に行われたTakao et al. (2015)¹⁴の予測によると (図4-5)、水温の上昇による生理的影響と、植食性魚類のアイゴの摂食活動の増大による種間相互作用を介した影響により、産業革命以前からの地球の平均気温が4℃上昇を仮定したシナリオ(RCP8.5)では2090年代に日本近海の生育適地が消失すると予測されています。一方、2℃上昇シナリオ下(RCP2.6)



【出典】S. Takao・N.H. Kumagai・H. Yamano・M. Fujii・Y. Yamanaka (2015): Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios. Ecology and Evolution, 5 (1): 213-223. を改変

図4-5 カジメの将来予測

においては、高水温による生理的影響は受けないものの、植食性魚類の摂食活動による影響が増大すると予測されています。

さらに、温帯における海藻藻場から磯焼けへの移行のメカニズムを検証した研究から、温帯性大型褐藻の生理的特徴や植食性魚類の北上に伴う食害の増加により、近い将来、海藻藻場が磯焼けへ移行する際、海藻植生は図4-6のような過程を経ることが示唆されています¹⁵。

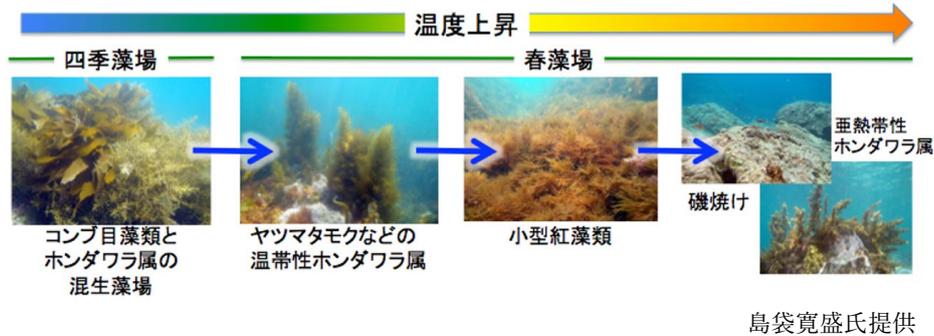


図 4-6 水温上昇が生理的な影響を与えて生じる藻場の変化

2) 大雨の増加

気象庁の予測によると、全国的に大雨が増加する傾向にあり、産業革命以前からの地球の平均気温が4°C上昇した場合（RCP8.5）、全国平均の発生日数は、大雨（日降水量100mm以上の降雨）が1.4倍、短時間強雨（1時間降水量50mm以上の降雨）が2.3倍に増加すると予測されています。第3章 図3-6に示したとおり、九州・沖縄地域（西日本日本海側、西日本太平洋側、沖縄・奄美）においては、もともと全国に比べて降水量も多く、大雨や短時間強雨の頻度がさらに増加する傾向にあります¹⁶。大雨の増加は、低塩分の長期化を招き、海藻自体の生理障害が回復せず枯れてしまいます⁴。

3) 台風の激甚化

文部科学省・気象庁の「日本の気候変動2020」によれば、気候変動により、日本近海の台風の強度は強まり、日本の南海上で猛烈な台風の存在頻度が増加すると予測されています。第3章 図3-7に示したとおり、例えば、気象研究所ほかによるシミュレーション結果によると、産業革命以前からの地球の平均気温が4°C上昇した場合、猛烈な台風が存在する頻度が現在よりも増加する地域（図3-7の暖色で示す地域）に、日本の南海上からハワイ付近およびメキシコの西海上までが含まれています。

台風の激甚化による波浪激化は、水温上昇のようなストレスと相まって、海藻の流出などを引き起こします。また、砂や堆積物を巻き上げることで海藻類の生育を阻害したり、基質が脱落・埋没することでタネや遊走子の着生を阻害したりするので、海藻類が枯れたり、芽生えなくなることにつながります⁴。

(2) 藻場の生態系サービスへの影響⁵

藻場生態系は水産資源として有用な種を含む多くの生物種のハビタット（生息地）として重要であり、沿岸漁業の基盤と考えられることから、これらの環境変化が漁獲対象種の変化等を通して沿岸域の地域社会等に与える影響は大きいと考えられます。加えて、漁村集落は藻場等の沿岸性の自然景観や漁獲対象種に依存した地域文化を形成していることが多いため、地域文化への影響もありえます。

現状でも温帯と熱帯境界付近の沿岸域において、水温の上昇や植食性魚類の分布拡大に伴う藻場生態系の劣化・衰退が報告されており、緊急性は高いと評価されます。一方、これらの基盤環境の変化が地域社会の文化や景観へ与える影響について検証した研究は確認できていません。

九州・沖縄地域の藻場生態系が将来的にどのような姿になるかは、今後の気候変動がどのように進行するかによって変わってきます。ただし、将来どのような変化が起こりえるのか、その概略を知っておくことは今後の対応を検討する上で必要なことです。最も深刻な影響を想定すれば日本沿岸の藻場の生息可能域がほぼなくなる可能性も指摘されています（4-5 ページ、「ウ．水温上昇と藻場分布の将来予測」参照）。

ただし、予測はこれから 100 年後の中長期的な将来を推定するものであり、不確実性の伴うものであること、対象とする生態系も動的な平衡を保ちながら徐々に変化していくものであることから、適宜、現状を把握しながら、変化に応じた順応的管理を行っていく必要があります。

次ページからは、第 1 章の「1-4-2 沿岸生態系における適応の進め方」に従い、各適応アクションを実行するための具体的な手法や体制等を解説します。

4-2 広域モニタリングによる生態系の現況・変化の把握

4-2-1 適応アクションの概要

水温上昇や植食性魚類の活性化のような気候変動影響により、既に磯焼けの拡大、南方系海藻類やサンゴの北上が進行しています。このように広範で変化する沿岸生態系に対応するためには、県や地域の境を越えた広域かつ長期的な視点で生態系の変化を把握するモニタリングの拡充が急務であり、情報交換・課題共有等を行いながら、地域ごとの適切な対策・予防に繋げることが求められます

全国規模の広域モニタリングの事例では、環境省のモニタリングサイト 1000 や自然環境保全基礎調査などがあります。しかし、藻場に関しては、例えば、モニタリングサイト 1000 では、九州・沖縄地域の地点数が、海藻藻場では 1 地点、アマモなどの海草藻場では 2 地点と限定的であり、その調査手法には専門知識と技術が必要です（図 4-7、図 4-8）。また地域単位では、継続的なモニタリングを実施しているところが少なく、実施していても地域ごとに調査手法が異なっています。

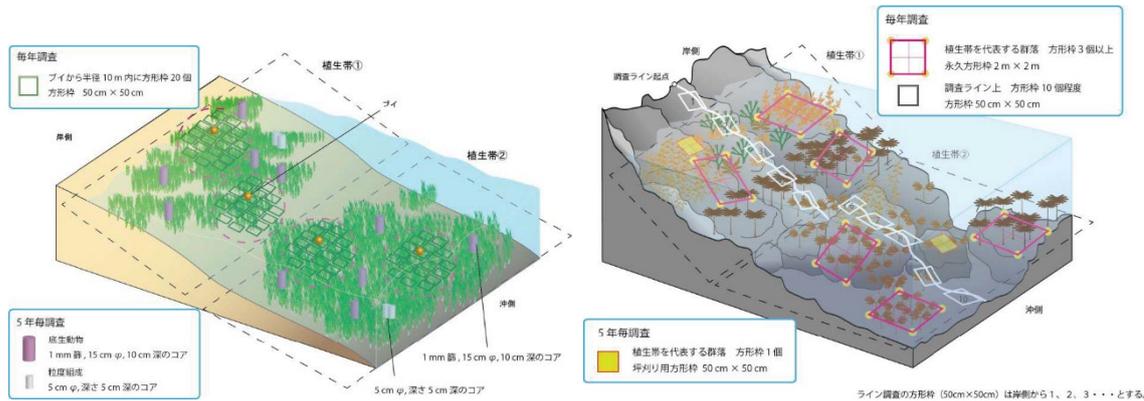
このような現状から、地域単位での継続的なモニタリングが推進されることを目的に、“誰でも実施可能な”をコンセプトとした簡易的なモニタリング（以下、簡易モニタリングという）を新たに提示します。さらに、各地域で取得されたモニタリングデータを集約・公開することで、広域モニタリングとなる体制を整えていきます。

簡易モニタリングは、地域の活動団体等が主体となって実施することを想定したものです。地域の沿岸生態系の変化を肌で感じることができ、多くの地域が参加することで広域的・長期的な視点が必要な気候変動影響に対して、“監視の目”を増やすとともに、継続性の面からも有効であると思われます。



【出典】2021年度 モニタリングサイト 1000 アマモ場・藻場調査報告書 環境省

図 4-7 モニタリングサイト 1000 におけるアマモ場・藻場調査地点



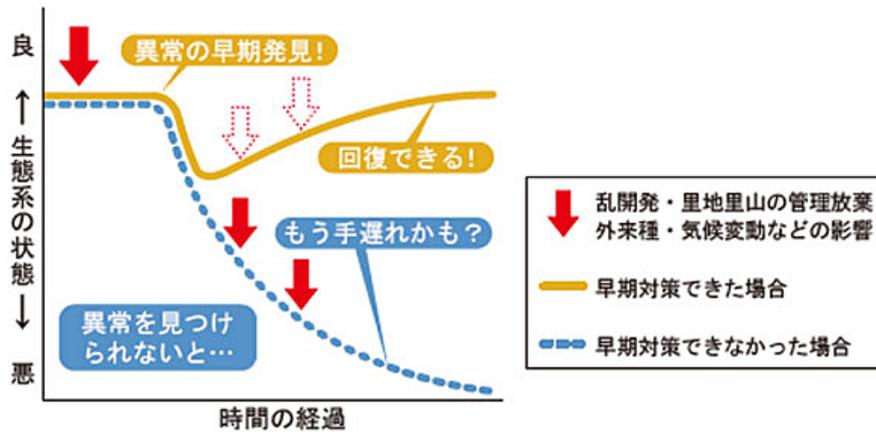
【出典】2021年度 モニタリングサイト1000 アマモ場・藻場調査報告書 環境省
 図4-8 モニタリングサイト1000での方形枠設置イメージ

(1) モニタリングの必要性

モニタリングとは、継続して調査・観察を実施することで、対象の状態や変化を読み取ることです。「昔に比べて藻場が減った」、「魚が獲れなくなった」のような感覚的な情報では、生態系変化の要因の特定やその対策等に繋げることができません。モニタリングは健康診断に似ており、定期的にチェックすれば、生態系で生じた異常を早く察知することができ、すぐに対策をすれば、回復も早く、費用も安く済みます。また、対策の効果をみるためにも、モニタリングが重要になります(図4-9)。

モニタリングは、ある地点において、同じ手法での調査を毎年繰り返し実施すれば、時間的な変化を把握することができます。一方で、生育する環境によってその変化が異なることがありますので、複数地点での比較も必要になってきます。時間的な変化、空間的な差異の観点を合わせてモニタリングを行っていくことが重要となります。広域モニタリングにより、九州・沖縄のどこで、どのような変化が生じているかが可視化できれば、地域ごとの対策・予防に繋げることができ、地域間の連携による取組も検討することができます(図4-10)。

「4-1-1 藻場生態系がもたらす生態系サービス」でも触れましたが、多様な海藻類から成る藻場は、産卵場や稚仔魚の成育場、アワビ・サザエ等の磯根資源の餌場となることで、我々に多くの恵みを与えてくれます。藻場は、それ自体が水産有用種となる海藻種を含むことで、食料利用ばかりが注目されがちですが、海のゆりかごと呼ばれるアマモ場は、多種多様な魚介類の産卵場・成育場となるため、アマモを保全することが水産資源の保全と持続的な利用を可能にします。例えば、水産有用種であるカジメやヒジキばかりに注目し、他の海藻類の保全をおろそかにしてしまうと、藻場の多様性・季節性が単調化し、魚類等の食害や高水温等の一時的なイベントの影響を受けて磯焼けしやすくなり、回復力も低下してしまいます。藻場を生態系サービスを提供してくれる一つの“場”と捉えて、水産有用種だけでなく、それ以外の海藻類も含めたモニタリングをしていく必要があります。



【出典】モニタリングサイト 1000 ホームページ
<http://www.biodic.go.jp/moni1000/necessity.html>

図 4-9 モニタリングの重要性

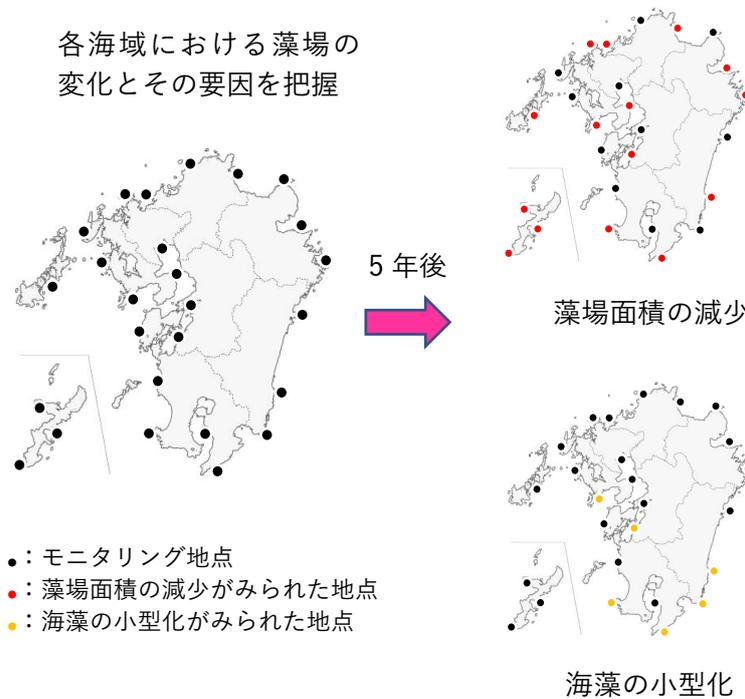


図 4-10 広域モニタリングによる変化の可視化と要因の把握のイメージ

(2) 広域モニタリングの概要

広域モニタリングでは、漁業協同組合、NPO、事業者、地域住民、ボランティア等の地域の活動団体が主体的に簡易モニタリングを実施し、地方公共団体や国立環境研究所等の多様な主体が連携し、各地域で取得されたモニタリングデータが「気候変動適応情報プラットフォーム（以下、A-PLATという）」に集約・公開されることで、広域的なデータ閲覧・検討ができる体制を目指します（図4-11）。

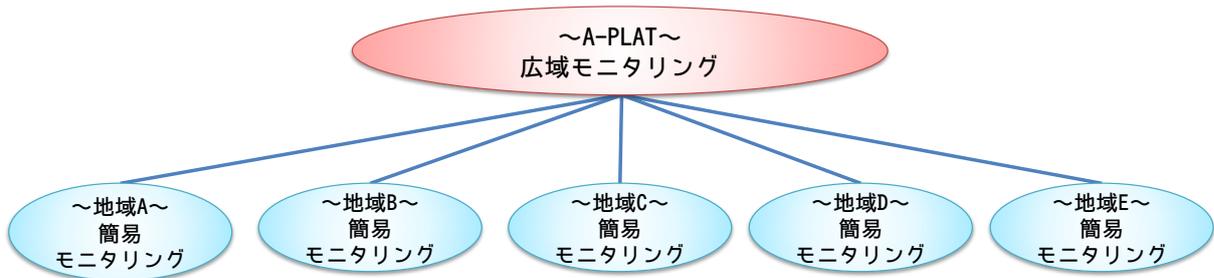


図4-11 広域モニタリング体制のイメージ

4-2-2 広域モニタリング実施体制

(1) 各地域での実施体制

継続的なモニタリングを行うためには、地域で活動する漁業協同組合、NPO、事業者、地域住民等の参加と協力を得るしくみを作ることが重要です。地方公共団体は、海域（地先）情報の収集、情報発信によるモニタリングの推進、モニタリング結果に基づく取組方針の検討等を行うため、地域の多様な主体が参画する会議体を作っていくことが望まれます（第1章「1-5-1 期待される各主体の役割と推進体制」参照）。

(2) 広域での実施体制

藻場の広域モニタリングの望まれる実施体制と手順を図4-12に示します。

1. モニタリングの実施

漁業協同組合、NPO、事業者、地域住民等の地域の活動団体は、本マニュアルおよび現地で作成する実施計画に基づき、簡易モニタリング（詳細な手法は後述）を実施します。

2. 各地域のデータ受付窓口への集約

簡易モニタリング実施主体により取得された各海域（地先）のモニタリングデータは、地方公共団体へ集約します。

3. 広域でのデータの集約・公開

地方公共団体は収集されたモニタリングデータを国立環境研究所 気候変動適応センターへ提出します。集約されたデータがA-PLAT上に公開されることで、誰でも閲覧可能となり、広域での沿岸生態系の変化を把握することができます。

4. 情報共有・意見交換／データ解析・評価等

水産研究・教育機構 水産技術研究所と連携することで、有識者からモニタリング結果やその後の取組方針に関する専門的助言や技術的提案を受けることができます。

5. モニタリング実施主体への情報発信

地方公共団体は、得られた情報・評価、取組方針や対策の提案・助言等についてモニタリング実施主体に情報発信します。これにより関係者間のモチベーションの維持が期待できます。

6. 広域モニタリング推進のための支援等

気候変動適応九州・沖縄広域協議会の枠組みを活用し、九州・沖縄地域内で定期的かつ継続的に情報を交換・共有することができます。また、広域モニタリングの推進等に関する地方公共団体からの質問や問合せに対しては、九州地方環境事務所・沖縄奄美自然環境事務所が個別に応じるなどの支援等を行います。

このほか、水産庁の水産多面的機能発揮対策報告会や全国磯焼け対策協議会、全国漁業協同組合連合会の全国青年・女性漁業者交流大会等の場を活用することで、各地域の取組の成果・課題等に関する情報を交換・共有することも考えられます。

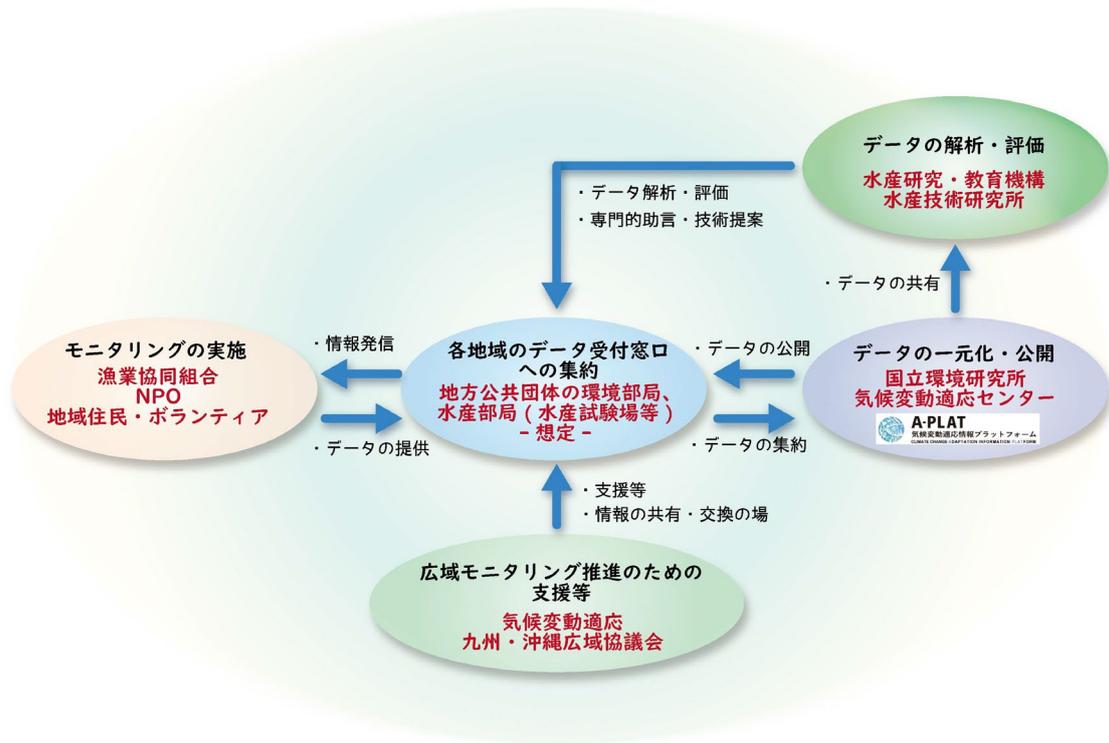


図 4-12 広域モニタリングの実施体制

本項で紹介しましたモニタリング等を実施する際の国および各県の相談・問い合わせ先を以下に示します。

相談・問い合わせ窓口	連絡先
環境省 九州地方環境事務所 環境対策課	Tel : 096-322-2411 Mail : KYUSHU-KANTAI@env.go.jp
福岡県気候変動適応センター	Tel : 092-921-9941 Mail : lccac-fukuoka@fihes.pref.fukuoka.jp
佐賀県県民環境部環境課	Tel : 0952-25-7079 Mail : kankyous@pref.saga.lg.jp
長崎県気候変動適応センター	Tel : 0957-48-7560 Mail : nagasaki-lccac@nagasaki.lg.jp
熊本県水産研究センター食品科学研究部	Tel : 0964-56-5111 Mail : suisankense@pref.kumamoto.lg.jp
大分県生活環境部脱炭素社会推進室	Tel : 097-506-3031 Mail : a13080@pref.oita.lg.jp
宮崎県環境森林部環境森林課	Tel : 0985-26-7084 Mail : kankyoshinrin@pref.miyazaki.lg.jp
鹿児島県環境林務部自然保護課	Tel : 099-286-2759 Mail : sizenko@pref.kagoshima.lg.jp
沖縄県環境部環境再生課	Tel : 098-866-2064 Mail : aa021100@pref.okinawa.lg.jp

4-2-3 簡易モニタリングの背景と手法

(1) 簡易モニタリングの背景

1) モニタリング調査を実施する上での課題

藻場のモニタリング調査を実施する上では、組織内での担当者の異動、潜水業務の禁止、漁業者の後継者不足と高齢化、財源不足、潜水調査（潜水技術、労働安全衛生法、保険など）、生物採取（都道府県漁業調整規則、海藻類・海草類に対する専門知識）などの課題があり、手続き（許可・届出等）や特殊な技術を持つ人材が必要です。

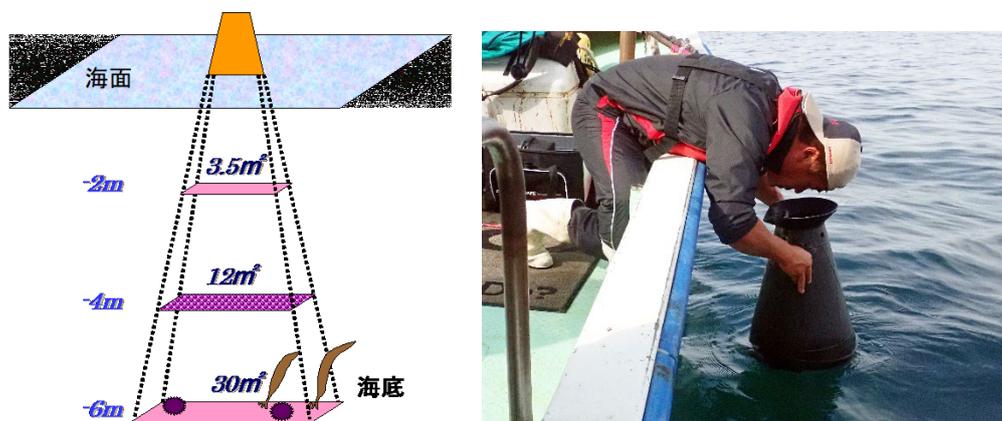
2) モニタリングで得るべき情報

水温上昇や植食性魚類の活性化など、藻場の生態系サービスに大きく影響する情報を得る必要があります。具体的には下記の情報を得ることが、影響の“早期発見・早期対策”に繋がります。

- 藻場の面積の変化
- 藻場の海藻構成種の変化
- 藻場の変化を引き起こしている可能性のある要因

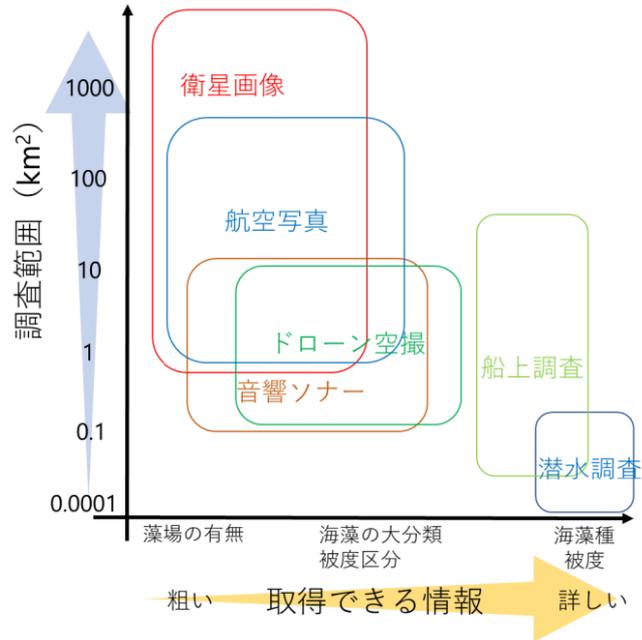
3) 簡易モニタリングの観点と地域の事例

上記の課題と得るべき情報から、「特別な技術が必要ない(スキューバ潜水、画像解析等)」、「費用があまりかからない」、「少ない労力(短時間)でできる」といった観点を踏まえ、本書で提案する簡易モニタリングは船上調査になります。具体には、船上から地先の海底を箱メガネや水中カメラを使って調べるといったものです(図4-13)。船上調査では、広範かつ詳細なデータを得ることができます(図4-14)。なお、この船上での簡易調査は、シュノーケリングでも同様に実施可能です。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン
令和3年3月 水産庁

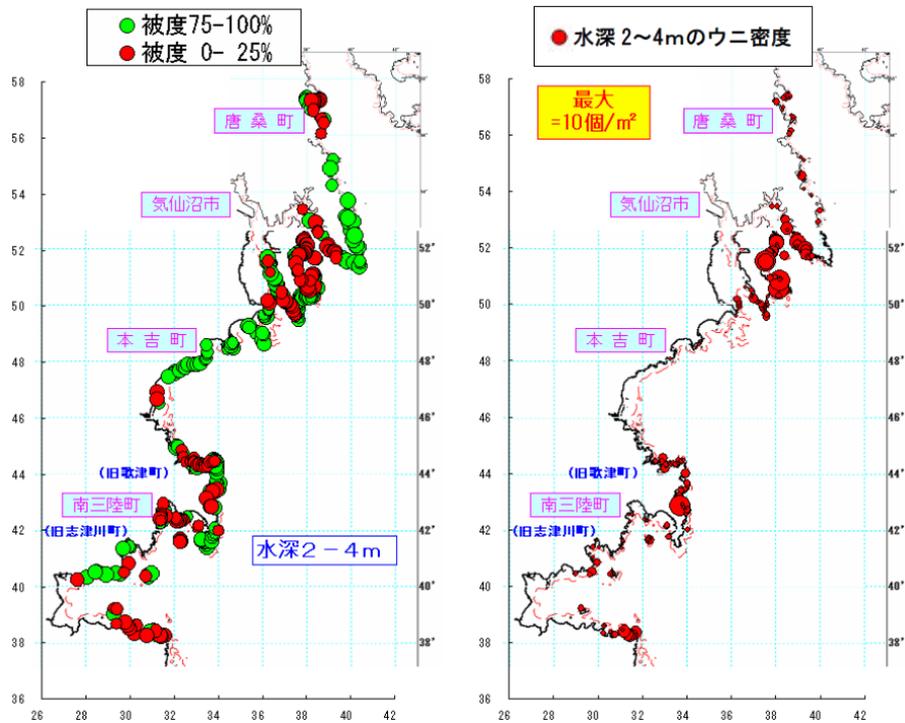
図4-13 水深と観察面積の関係(左図)と漁業者が行うモニタリングの様子(右図)



【出典】 広域藻場モニタリングの手引き 令和3年3月 水産庁

図 4-14 調査方法の精度・取得可能情報と調査範囲の関係の簡易図

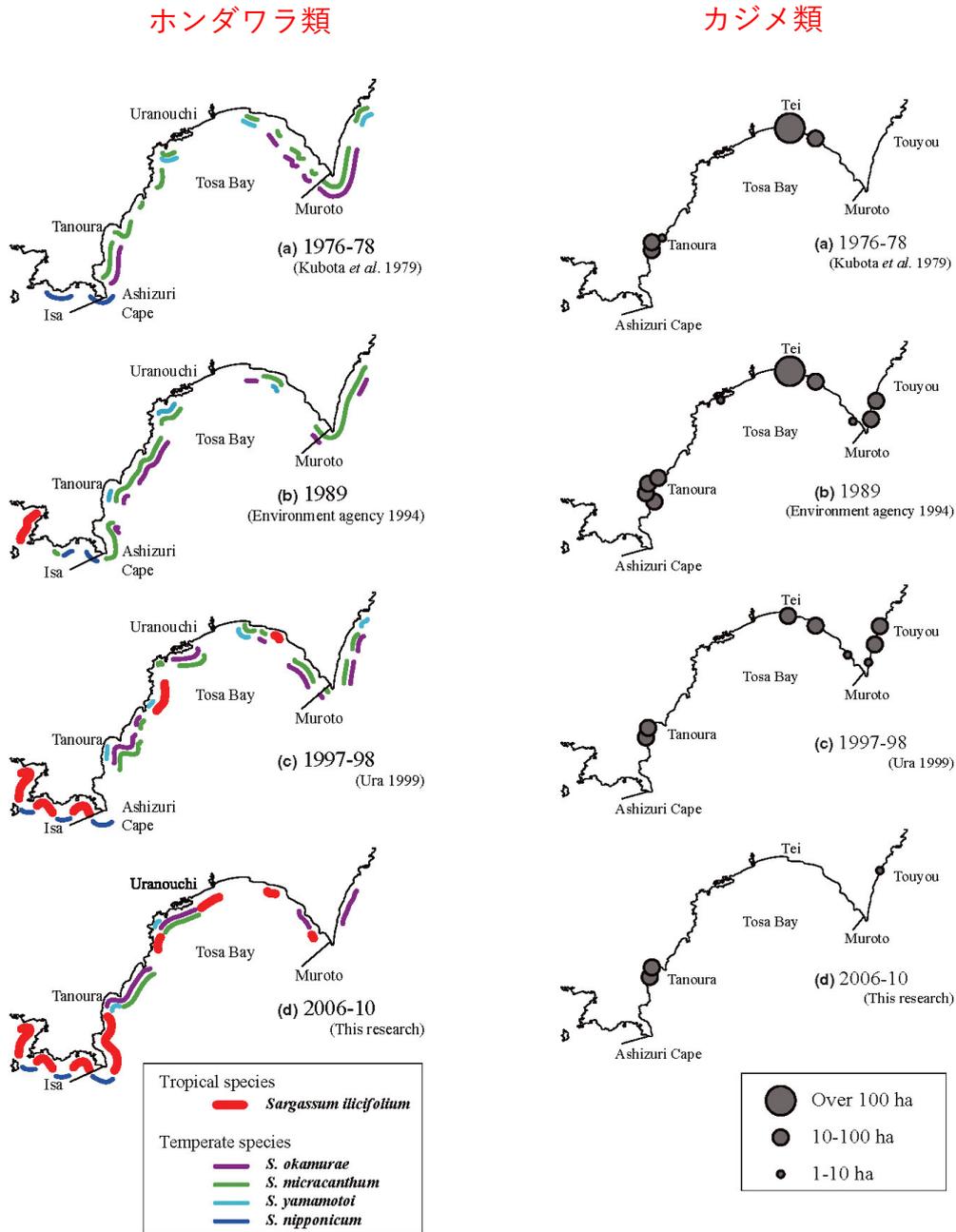
宮城県で実施された船上調査の事例では、広範にわたりデータが収集され、海藻類の被度が低い地先では、ウニの密度が高いことがわかりました（図 4-15）。



【出典】 第3版磯焼け対策ガイドライン令和3年3月 水産庁

図 4-15 宮城県沿岸の水深2～4mの海藻の被度（左図）とウニ密度（右図）

高知県の船上調査の例では、200~300m ごとに箱メガネを用いて水中を観察し、生育種とその被度(5m の方形区を想定)を記録しました。これにより、水温上昇等の気候変動に伴い、ホンダワラ類の種の変化とカジメ類の群落面積の減少が明らかとなりました¹⁷(図4-16)。



【出典】 K. Tanaka · S. Taino · H. Haraguchi · G. Prendergast · M. Hiraoka (2012) : Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy - forming seaweeds. Ecology and Evolution, 2(11) : 2854-2865

図4-16 ホンダワラ類の生育種(左図)とカジメ類の群落面積(右図)の変化

(2) 簡易モニタリング手法

“誰でも実施可能なモニタリング”をコンセプトとした簡易モニタリングは、以下の体制・手順に従って実施します。

1) 天候判断

調査を実施する前に、調査日の天候・海象条件を確認します。調査の実施基準は、実況および予報での注意報・警報の有無（雷・波浪・濃霧など）、現場での波高およびうねりの強さを参考に、調査の安全が十分確保できることを確認し、さらに調査者の体調も含めて判断します。天候および調査者自身の体調を踏まえ、少しでも危険があると判断される場合は調査を中止します。

2) 調査体制・手法

1. 調査体制

調査体制は、安全と調査員ごとの主観による差異をなくすことを考慮し、少なくとも2名1組とします。調査中はお互いに安全を確認し合ひましょう。データの記録にあたっては、後述の調査シートに、2人で確認・同意しながら行います。

2. 調査地点の設定

基本的には調査者の安全確保が最優先事項になります。したがって、潮流が速い場所や船の航行が盛んな場所は調査地点として避けなければなりません。その上で、地域として大切にしている場所や親しみのある場所などを選定するとよいでしょう。

調査したい藻場の縁辺と藻場内に調査地点をまんべんなく設定します（図4-17）。調査対象とする藻場や調査地点は、水面から海底がよく見える（透明度が高く、比較的浅い）場所とします。モニタリング調査は、毎年同じ位置で実施する必要がありますので、調査地点の位置（緯度経度）をGPS（電子コンパス付き）で登録します。山だてや目印なども別途写帳に記録するとよいでしょう。地点数設定の目安は、調査者の負担とならないよう、調査全体が2～3時間で終了できる地点数とします。

3. 調査方法／写真撮影

各調査地点では、概ね5m×5mの範囲を、船上から箱メガネを用いて目視観察します。紐で繋がれた基準棒（1m）を海底に落とすことで、観察範囲の目安とすることができます（図4-17）。1m×1mのような狭い範囲だと調査者が観察ポイントを選んでしまう可能性があります。調査地点の特定のポイントではなく、景観を見ていただきたいので、その目安として5m×5mと設定しました。

また、海中景観の写真は貴重な情報になりますので、可能であれば観察範囲の状況を海面より写真撮影します。防水カメラがあれば、カメラを両手で持って水面下に沈めた状態で観察範囲の海底を撮影します。船べりからの直接撮影が難しい場合は、箱メガネ越しに撮影します（1枚／1地点）。

調査後は、写真ファイルに日付・地点名が分かるように名前付けしておきます（名前付けの例：20220610_**県**市**地先_St.1）。

4. 調査シートへの記入

調査データの記録にあたり、海藻藻場を対象とする場合は図 4-19 の調査シート、海草藻場を対象とする場合は図 4-20 の調査シートを使用します。調査対象となる藻場タイプに合わせて調査シートを選択してください。

各調査シートには、観察範囲の藻場構成種（アラメ・カジメ類、ホンダワラ類、小型海藻類（褐藻、紅藻、緑藻）、裸地等のタイプ別で構いません）、海草の有無、植食性動物の食跡の有無（魚類、ウニ類）、サンゴ類の有無、その他の変化やその要因などを記録します。

調査地点の状況として該当する項目に○を記入するだけの簡易なものとしています。

5. 年間平均水温の記録

環境要因としては、年間平均水温を記録しますが、モニタリング実施主体ではなく、とりまとめ実施者（地方公共団体）が公開データをもとに、後述のとりまとめシートに記入します。

一方で、現地での水温情報は貴重な情報になります。現地観測する方法として、小型水温データロガーによる連続観測があります。調査地点の海中や海底に設置することで、水温データ等をピンポイントで観測できます。ただし、パソコンほか電子機器が必要であること、データ回収・電池交換などの定期的なメンテナンスが必要であること、台風などで流失するとデータが回収できなくなるなどがあり、留意も必要です。

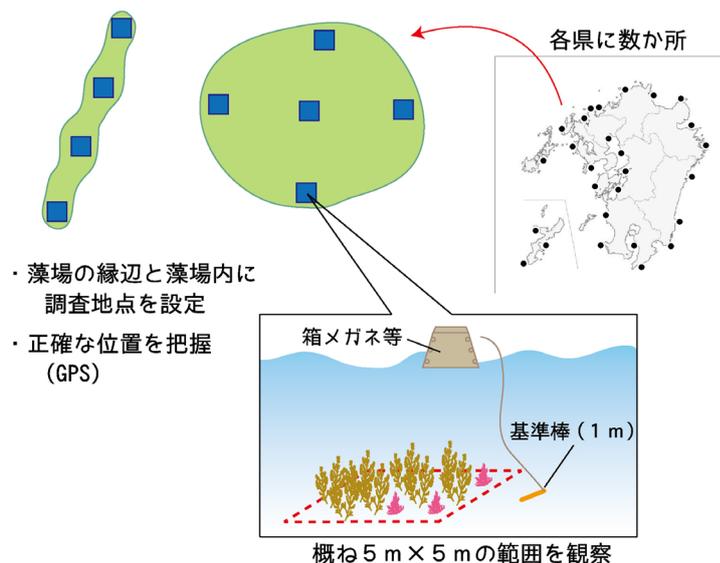


図 4-17 簡易モニタリングのイメージ

3) 調査時期・頻度

調査時期は、多くの海藻・海草類が生長する春～初夏としますが、地域により生長・繁茂期が変わるかもしれませんので、地域の実情に合わせた時期設定で構いません。

海草・海藻（特にホンダワラ類）は繁茂に季節性がありますので、以下の点に留意します。

- ・ 調査は当該海域の大型海藻／海草種の繁茂期に実施すること
- ・ 年によって調査時期が大きくずれないこと

調査頻度は、大型海藻／海草種の繁茂の時期に年1回とします。一方で、大型海藻類では気候変動により四季藻場から春藻場へと変化（コラム（4-26 ページ）参照）してしまう可能性があります。特にホンダワラ類における四季藻場から春藻場への種の変化は、海面から箱メガネによる観察では区別が難しく、見かけ上は変化していないように見えます。四季藻場から春藻場への変化を把握したい場合は、大型海藻類の繁茂期とそうでない時期の年2回調査を実施します。

4) 必要機材

	器材名	備考
<input type="checkbox"/>	調査船（小型のもの）	浅瀬を航行することができるもの。
<input type="checkbox"/>	GPS（ハンディタイプ）	電子コンパス付きのものが望ましい。
<input type="checkbox"/>	ライフジャケット	浮力確保用
<input type="checkbox"/>	箱メガネ	－
<input type="checkbox"/>	紐・ロープ	1m 基準棒に結ぶもの。長さは対象地点の水深に合わせて適正なものを用意。
<input type="checkbox"/>	基準棒（棒）	1m のステンレス製の棒
<input type="checkbox"/>	調査シートなど	調査シート（A4；耐水紙）、野帳ばさみ、鉛筆
<input type="checkbox"/>	水中カメラ	防水デジタルカメラ、防水ハウジングのあるデジタルカメラなど
<input type="checkbox"/>	広角レンズ	可能であれば準備する
<input type="checkbox"/>	地図または海図	－
<input type="checkbox"/>	野帳	山だてや目印、その他補足情報の記録用

5) とりまとめシート

地域の活動団体（モニタリング実施主体）から提供された調査シートをもとに、地方公共団体（とりまとめ実施者）は図4-21に示すとりまとめシートを作成します。地方公共団体は、調査シートおよびとりまとめシートを国立環境研究所 気候変動適応センターへ提出します。

地方公共団体は、調査シートでの情報とは別に、環境要因として、年間平均水温を記録します。モニタリング調査日は年によって多少異なるのが常ですし、異常気象によって海藻が消失するタイミングと調査日は必ずしも一致しません。そのため、年間平均値を記録することとします。年間平均水温は、後述の気象庁「海面水温の長期変化傾向(日本近海)のデータ」で公開されています。その他の気象・海象情報についても、気象庁や海上保安庁などでデータが公開されているため、これらも活用できます。

<各種データの入手先>

- ・気象庁「海面水温の長期変化傾向(日本近海)のデータ」

https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm_data.html

- ・福岡管区気象台「沿岸域の海面水温情報（九州北部地方(山口県を含む)）」

https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/kaikyo/mean_sst/index_fk.html

- ・福岡管区気象台「沿岸域の海面水温情報(九州南部・奄美地方)」

https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/kaikyo/mean_sst/index_kg.html

- ・沖縄気象台「沖縄海域の海面水温情報」

<https://www.data.jma.go.jp/okinawa/know/kaiyo/engan.html>

- ・海上保安庁

<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/>

モニタリング対象となる地先について、毎年、各調査項目の確認地点数を記入します。これにより、地先全体での藻場の面積・海藻構成種の変化を把握することができます(図4-18)。

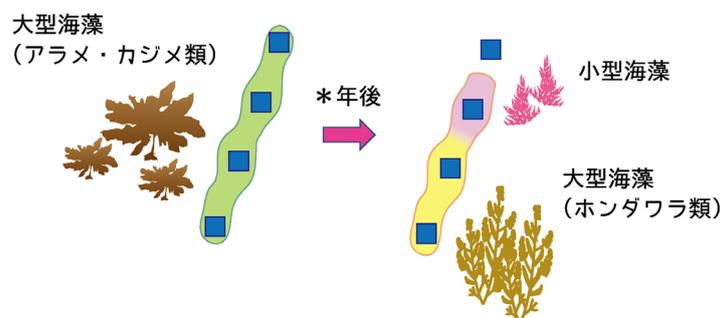


図4-18 とりまとめシートの整理による藻場の変化の把握イメージ

【海藻藻場を対象とする場合】※1

調査日時		令和5年4月30日				
調査地名		*県*市*地先				
地点名		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
地点座標		N**° **' **" E**° **' **"				
海藻類の有無	アラメ・カジメ類のみが確認できる※2	○	○			
	ホンダワラ類のみが確認できる			○		
	カジメ類+ホンダワラ類の混成である				○	
	小型海藻類しか確認できない※3					○
	海藻類は確認できない(基盤のみ)					
植食性動物の食痕の有無			○	○	○	○
植食性動物	イスズミ類					○
	アイゴ類	○		○	○	○
	ブダイ類	○			○	
	ウニ類		○		○	
その他の生物	サンゴ類					
	イガイ類					
備考※4						浮泥の堆積
年間平均水温(任意)		22.3℃				

※1 表中の空欄は確認されなかったことを示す。

※2 ワカメを調査対象とする場合は、カジメ類と読み替えて記録してください。

※3 小型海藻類は小型の褐藻・紅藻・緑藻などを指します。

※4 備考欄には、結果の解釈につながる重要な事項を記入してください。

図 4-19 調査シート(海藻藻場)

【アマモ場を対象とする場合】※1

調査日時		令和*年*月*日				
アマモ場名		*県*市*地先				
地点名		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
地点座標		N**°**'**" E**°**'**"	N**°**'**" E**°**'**"	N**°**'**" E**°**'**"	N**°**'**" E**°**'**"	N**°**'**" E**°**'**"
海草類の有無	アマモ類（アマモ、コアマモ等）	○		○	○	
植食性動物	アイゴ類					
	アメフラシ類			○	○	○
	ウミガメ類					
その他の生物	アオサ類					
備考※2						浮泥の堆積
年間平均水温（任意）		22.3℃				

※1 表中の空欄は確認されなかったことを示す。

※2 備考欄には、結果の解釈につながる重要な事項を記入してください。

図 4-20 調査シート（アマモ場）

【海藻藻場を対象とする場合】

調査地名		*県*市*地先				
調査日時		令和5年4月30日	令和6年4月10日	令和7年4月25日	令和8年4月12日	令和9年5月2日
全地点数		5	5	5	5	5
海藻類の有無	アラメ・カジメ類のみが確認できる	2				
	ホンダワラ類のみが確認できる	1				
	カジメ類+ホンダワラ類の混成である	1				
	小型海藻類しか確認できない	1				
	海藻類は確認できない(基盤のみ)	0				
植食性動物の食痕の有無		4				
植食性動物	イスズミ	1				
	アイゴ	4				
	フダイ	2				
	ウニ類	2				
		0				
その他の生物	サンゴ類	0				
	イガイ類	0				
		0				
備考		St.5で浮泥有				
年間平均水温		22.3℃				

図 4-21 とりまとめシート (例：海藻藻場)

4-2-4 参考となる既存の広域モニタリング

自然環境保全基礎調査の一環として、平成30年度から令和2年度までの3年間で藻場調査が行われました。藻場の分布情報の整備を目的としたもので、衛星画像の解析手法を用いて実施されました。一例として、福岡県博多湾周辺と沖縄県金武湾周辺の調査結果を図4-22、図4-23に示します。今後も調査が実施される予定であり、藻場分布の概要や調査地点の検討に活用できます。調査内容の詳細やGISデータは、環境省生物多様性センターのホームページで公開されています。

【自然環境保全基礎調査】

窓口：環境省生物多様性センター

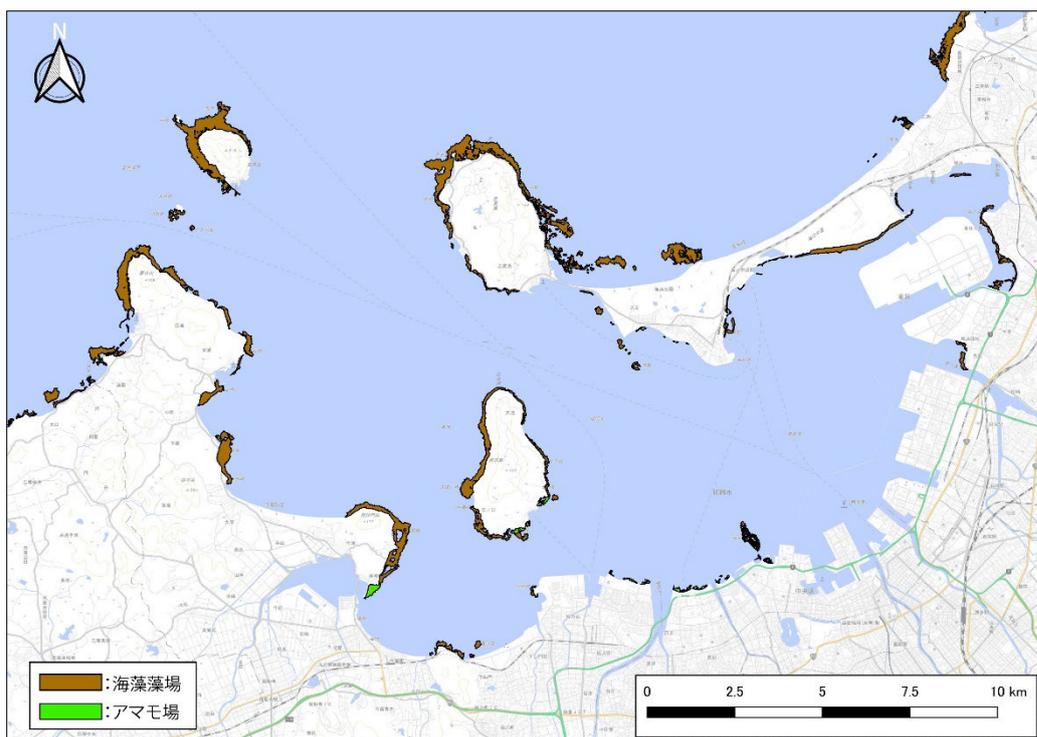
〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1

Tel：0555-72-6031

mail：biodic_webmaster@env.go.jp

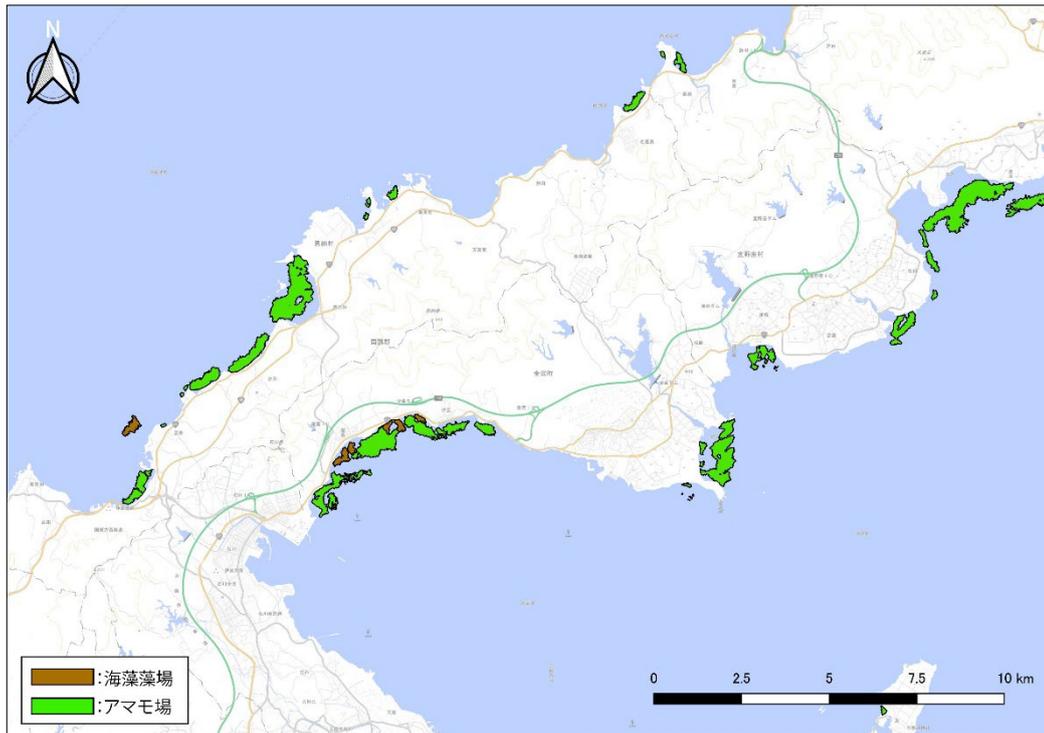
HP：http://www.biodic.go.jp/moba/

※HP上でGISデータは入手可能。



【出典】環境省生物多様性センター公開データより作成

図4-22 福岡県博多湾周辺の海藻藻場とアマモ場の分布



【出典】環境省生物多様性センター公開データより作成

図 4-23 沖縄県金武湾周辺の海藻藻場とアマモ場の分布

コラム

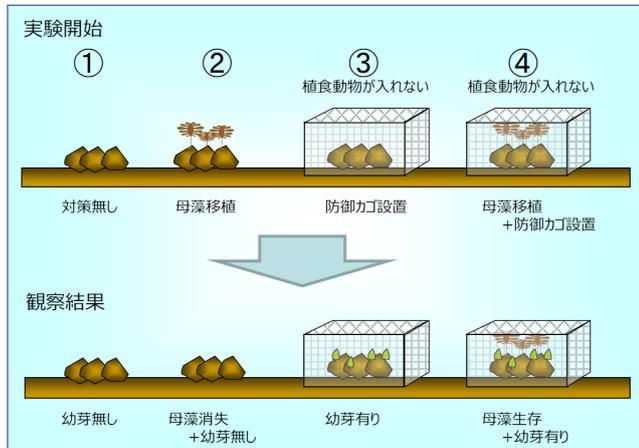
減少要因の特定⁴

モニタリングにより、藻場の減少や磯焼けの発生がみられた場合、減少要因を特定することがとても重要です。藻場の減少要因は、高水温や台風の激甚化などの物理環境の変化、ウニ類・植食性魚類の食害やカキ・イガイなどの競合生物の増加などが考えられます。減少要因の特定は難しい場合がありますが、簡易的な現地実験、あるいは磯焼け域と近隣藻場を比較する現地調査を行い、要因を特定することができます。

【簡易的な実験】

減少要因が明確にできなかった場合は、下図に示すような操作実験を磯焼け域において実施します。実験は、左から、①対策無し、②母藻（成熟した海藻）の移植、③植食動物の侵入防止カゴの設置、④は②+③の複合対策であり、実験開始時（上段）と観察結果（下段）を示しています。観察結果（下段）を見ると、②の母藻は消失、③と④では海藻の幼芽が認められ、また、④の母藻は消失することなく生存しています。これらのことから、次のことが予想されます。

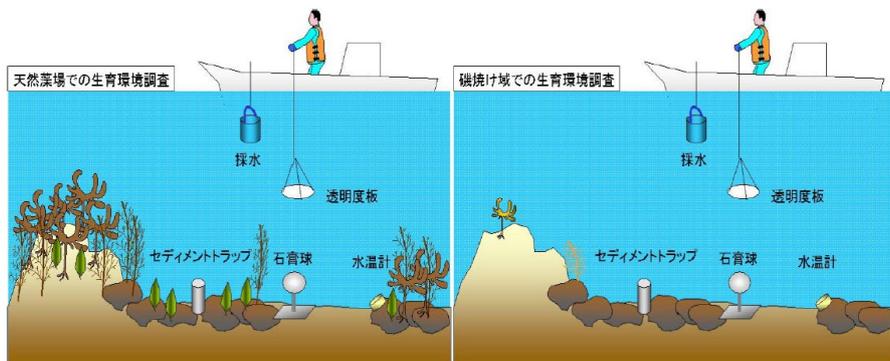
実験開始時に移植した母藻④は終了時にも生存していることから、この海域における物理環境は海藻の生育に問題ないことがわかります。また、実験開始時に移植した母藻②は実験終了時に消失したことから、植食動物による食害が予想されます。③と④に海藻の幼芽が見られることから、当海域には海藻のタネが供給され生育しようと考えられます。以上のことから、この磯焼け域では、物理環境の改善や海藻のタネまきをする必要はなく、植食動物の食害対策が必要であることがわかります。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁

【環境データを取得する調査】

磯焼け域と近隣（もしくは域内に部分的に残存している）藻場の2地点を比較し、要因を特定します（下図）。比較現地調査は、両地区において海藻被度とともに、ウニ密度（必要に応じて、サザエ、小型巻貝類、アメフラシ類、植食性魚類）、透明度、底質、懸濁物質、水温、流動、栄養塩などの時系列データを取得し、何のデータに、いつから、相違が生じるかを明らかにできれば、それが要因の解明につながると考えられます。調査項目によっては、観測機器や採水分析が必要となり、専門的な技術を要する場合がありますので、試験研究機関と協力して進めることが望まれます。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁

4-3 従来の保全再生の取組の継続

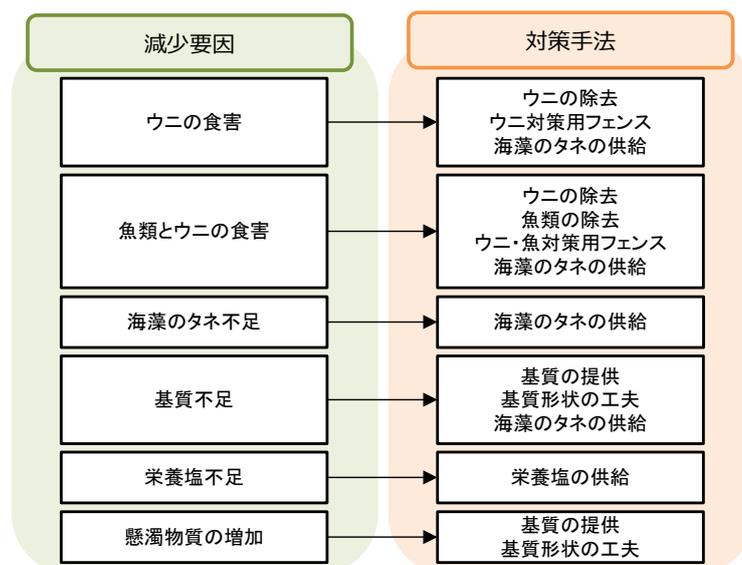
4-3-1 適応アクションの概要

「1-4-1 沿岸生態系における適応とは」でも触れましたが、従来の保全再生の取組を継続して実施することは、地域特有のストレス低減や生態系ネットワークの構築によって、気候変動に対するレジリエント（回復力のある）で健全な生態系を構築することになります。すなわち、気候変動により変化する沿岸環境に適応する上で、非常に重要なプロセスの一つとなります。

ここでは、簡易的に取り組める手法、確立された効果的な手法、実績は少ないものの効果が期待される手法（事例紹介）の3つの視点から、手法・技術を紹介します。各手法等は概説程度ですので、詳細な手順や利点・留意点、使用する装置の材料等は、水産庁の「第3版磯焼け対策ガイドライン（令和3年）」を参照ください。また、アマモの保全再生手法等については、熊本県より「漁業者のためのアマモ場造成マニュアル（平成26年）」、三重県より「アマモ場再生ハンドブック（2011年）」、水産庁・マリノフォーラム21より「アマモ類の自然再生ガイドライン」などが公表されています。

さらに、地域の事例については、水産庁の水産多面的機能発揮対策支援委託事業で行われた、全国で漁協関係者を中心としたさまざまな取組が「水産多面的機能発揮対策情報サイト ひとつみ.jp (<https://hitoumi.jp/>)」で紹介されています。

減少した藻場の保全再生を行うためには、減少要因を特定し、要因の除去・緩和を図る必要があります。そのために、磯焼け対策手法の中から適切な手法を選定し（図4-24）、年間の活動計画を立てます。その際、除去対象とするウニ類や植食性魚類が大量に発生するおそれがある場合は、それらの利活用を検討しておくといよいでしょう。人材・資金を地域内循環させる鍵となるかもしれません（4-40 ページ、「4-4-3 ウニ類、植食性魚類の有効利用」参照）。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁より作成

図4-24 磯焼け対策手法の検討フロー

4-3-2 ウニや魚類の食害対策⁴

(1) ウニの除去 – 簡易的に取り組める手法 –

藻場衰退の一因に、高密度となったウニによる食害があります。特に幼体のころの海藻類は、ウニの食害にあいやすいため、除去を行い、食害圧を低減させることで藻場の保全に貢献できます。ウニの除去は漁業者を中心に各地で実施されており、成功事例も多くなっています（図4-25）。

ウニの除去は、スキューバ等による潜水、素潜り、見突き（船上から箱メガネで海中を覗き、先端に金具を取り付けた竿で潰す方法）等で行われています。海底でウニを潰す方法か、潰さずに船上に回収する方法



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン
令和3年3月 水産庁

図4-25 ウニの潰し作業

に大別されます。潰す際は、完全に叩き潰すか、2つ以上に分割する必要があります。ウニを残存する藻場へ移植する、堆肥化などにより有効利用を図る場合は、スキューバ等による潜水や素潜りにより、手タモや専用の網袋に集めて船上に回収します。また、回収したウニ類の有効利用については、生ウニパックや塩ウニなどに加工したり、磯釣り（インダイ等）の餌として利用・販売したりすることも考えられます。

(2) ウニ対策用フェンス – 確立された効果的な手法 –

ウニ対策用フェンス（ウニフェンス）は、ウニの侵入を完全に阻止できるとは限りませんが、適切に設置し管理を行うことで侵入を大幅に抑制できます。フェンス設置後は、ウニ除去区内へのウニの侵入の有無、フェンスの状態や生物の付着状況などについて定期的に点検し、必要に応じて網目の補修、ブイの交換や追加、付着生物の除去などのメンテナンスを行います。現在の主流は一枚網を立たせた立網タイプで、比較的容易に製作できますが、波浪には弱いため、設置の場所や時期に注意する必要があります。図4-26（右）は、秋にウニフェンスを設置してウニ除去を行った場所の翌春の様子です。左側の対策域と右側の非対策域はウニフェンスを挟んで明確に景観の差異が見られています。ウニフェンスを設置すると、漁業者による藻場の回復状況の確認が容易になるだけでなく、モチベーションも高まります。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁

図4-26 ウニフェンス（左）、ウニフェンスを挟む景観の差異（右）

(3) 魚類の除去 – 確立された効果的な手法 –

植食性魚類の個体数を対象海域から減らすことにより、藻場への摂食圧を低減させて藻場を回復させます。植食性魚類の主な漁法としては刺網、延縄、定置網、潜水漁、カゴ、釣りおよび底曳き網が挙げられます¹⁸。これらの中から、魚種（アイゴ、ブダイ、ノトイズミ等）の生態特性と地先に合わせた最適な方法を選択します。漁業で漁獲される場合は、海上でリリース（再放流）せずに、持ち帰って可能な限り利用を図ります。このほか、アイゴやイスズミ類は引きが強く、釣り愛好家に人気が高い魚種であることから、磯焼け域では釣れた植食性魚類をリリースしないように周知することも必要です。植食性魚類は磯臭いため価格がきわめて低いので、そのまま投棄される場合がありますが¹⁹、これらを水産資源として積極的に利用するよう、我々の食文化も含めて適応していくことが重要です。沖縄県のアイゴ類や和歌山県のブダイなど、一部の地域では植食性魚類を積極的に利用しています。

(4) 魚対策用フェンス – 確立された効果的な手法 –

魚対策用フェンスは、植食性魚類から藻場を守るための確実な方法で、大きく分けて「仕切網」、「母藻防護ネット」、「カゴ付き藻場礁」があります。ウニ対策用フェンスと異なり、海底から水面までの網または天井網（海面まで届かない場合）が必要となるため、広範囲の藻場を守るには費用がかさみます。また、設置後もフェンスの機能を保つため、定期的なメンテナンス（付着生物の除去や破損時の補修など）が必要となり、費用と手間がかかるのが難点です。また、母藻防護ネットについては、台風接近時に補強や回収が必要になります。さらに、効果を維持するためには、台風通過後にできるだけ速やかな補修が不可欠です。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン
令和3年3月 水産庁

図4-27 母藻防護ネット

(5) 海水流動促進 – 実績は少ないものの効果が期待される手法 –

ウニやアイゴ等は波による流動が激しいと分布できません。食害で磯焼けが発生している海域の大半は水深が深かったり、波当たりが弱かったりする場所です。したがって、植食性動物が少ない浅い水深帯にブロック等に移設したり、嵩上げしたりすることで食害が軽減されます。ウニの口は、殻の下側（基質に付着する面）の中心部にあります。海藻を摂餌するためには、基質に付着させている管足の大半を外して海藻の上に登らなければならないが、海水が激しく流れている状況では不安定な体勢となり、無理な体勢で摂餌しようとするウニは剥がれ落ちてしまいます。

流速を大きくするには、水深を浅くする嵩上げが有効です。一方、捨石等で海底を嵩上げすると、ウニの生息場（隠れ場）も創出してしまうことになります。したがって、流動促進として、捨石で一様に嵩上げするのではなく、背が高くウニが登りにくいブロック等を使用して、離散的・部分的に嵩上げすることが望まれます。

(6) 投餌 –実績は少ないものの効果が期待される手法–

投餌は、間引きされた養殖コンブを磯焼け域に投餌し、天然藻場へのウニによる摂餌圧を分散させる技術です。しかし、高密度にウニが生息する場合、頻繁かつ大量の投餌が必要となり、試験では十分な成果が得られなかったようです。それでも、ホタテ、ホヤ、カキ、魚類の養殖ロープに付くコンブを活用したり、コンブ養殖ロープを増やしたりすれば、今後の展開の可能性はあると期待されます。

コラム

魚類の食害と磯焼け

藻場の減少と消失（磯焼け）を引き起こす要因にはさまざまなものがありますが、その主なものは魚類の食害です。しかし、魚類の食害は昔からあったはずですが、なぜ、現在のような状況になったのでしょうか。それは、気候変動により低水温期における植食性魚類の摂食活動期間が長くなったことで、藻場の現存量と魚類の摂食量のバランスが崩れ始めたことによるものです。また、食害を含め複合的な影響により、食圧を分散させるだけの藻場の現存量が以前に比べ減少したことも挙げられます。このような状況下で、気候変動に伴う高水温や台風等の藻場を破壊するイベントが頻繁に起こり、磯焼けへと移行、回復が困難になってきています。

藻場を回復させるためには、藻場の絶対量を増やす藻場造成などの取組と同時に、主な減少要因である魚類の食害対策を実施する必要があります。



母藻防護ネット



簡易型藻場礁



刺網によるノトイスマミの捕獲



捕獲されたノトイスマミ

【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁

4-3-3 海藻のタネ不足の解消⁴

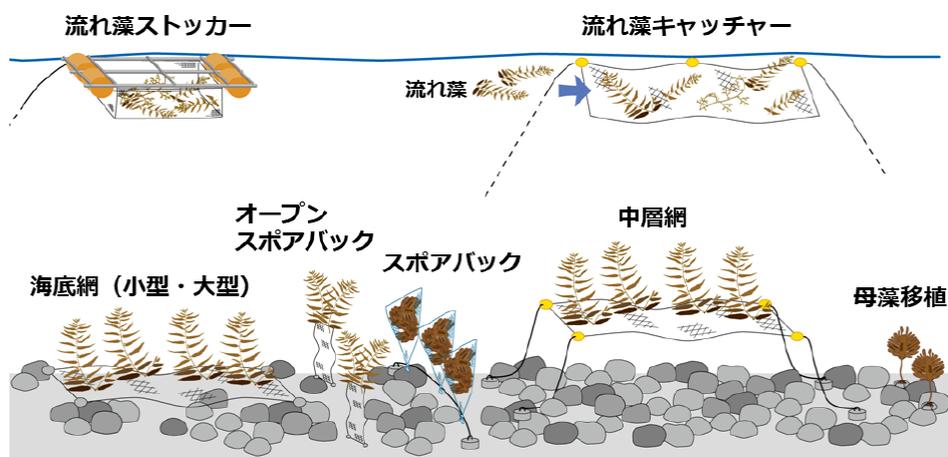
(1) 海藻のタネの供給 –簡易的に取り組める手法–

磯焼けが長期間継続すると、成熟した海藻（母藻）が減少し、タネの供給量不足で藻場が衰退することがあります。タネ不足が懸念される磯焼け域の海底では、タネを供給することにより藻場の回復を早めます。タネの供給方法には、成熟した母藻を移植する「母藻利用」と、母藻からタネを取って種糸等を作製し、発芽した種苗を海底に設置する「種苗利用」があります。

「母藻利用」はタネが出そうな母藻を現場に設置する方法で比較的簡易であり、各地で漁業者主体でも実施されています。母藻利用によるタネの供給方法の概要を次ページに示します（図4-28）。

なお、「種苗利用」は採苗施設（水槽）や専門技術等が必要になりますが、種苗生産会社等から購入することもできます。

タネの供給方法	概要
流れ藻キャッチャー	ホンダワラ類の流れ藻を表層で待ち受ける網（長さ 20m 位）に浮きを付け、両端をアンカーで係留する。母藻の入手が困難な場合に用い、流れ藻の流路に設置する。幼胚の拡散範囲はキャッチャーのほぼ直下で、それほど広くない。
流れ藻ストッカー	ホンダワラ類の流れ藻を回収し、筏のカゴに取り付けた網の中へ投げ込む。継続して流れ藻を投入すると、母藻から周囲の海底にタネが落ちる。
中層網	海苔網などの網地に海藻の成体を差し込み、海底から 1~2m の高さにブイで浮かす。移植した成体は生長し続けるので、未成熟でもよい。大量のホンダワラ類の母藻を流速の大きい場所に設置し、約 2ha に広がった事例がある。
スポアバッグ	成熟した成体を網袋等に入れて、錘を付けて海底に設置する。簡便だが、網袋の中の成体は長持ちしないため、実施時期は成熟期に限定される。母藻は詰め込み過ぎないように注意する。数個をまとめて設置すると受精率が高くなるので、数個をまとめて小区画に設置する。小区画の間隔は 5~10m 程度とする。海藻の幼体が発芽する範囲は、流れの状況によって異なるが、スポアバッグを中心にホンダワラ類で半径数 m、コンブ類・カジメ類で半径 10~20m 程度である。
オープンスポアバッグ	ホンダワラ類の成体を不織布や網袋に差し込み、下端の袋に石を入れて、海中へ投入する。成体は生長し続けるため、未成熟でもよい。安価で簡便である。タネの拡散範囲は袋詰めタイプと同じである。学校の環境教育でも使われている。
海底網（大型）	数 m 四方の網（目合数cm）を藻場内に設置し、小型海藻を天然採苗する。約 1 年後、磯焼け海域へ移設し、海底に土嚢等で固定する。この網は被覆網としても機能する。
海底網（小型）	園芸用の網（大きさ 2m×3m 程度、目合 10cm 程度）を用いて、母藻を結束バンドで縛り、海底に土嚢等で固定する。タネの拡散範囲は、ホンダワラ類でネットから 1m 程度、面積は約 20 m ² （4m×5m）である。
母藻移植	アラメ・カジメ類の仮根を瞬間接着剤や水中ボンド等でコンクリートブロックや岩に接着し、これを移植する方法 ²⁰ 。海底に樹脂ネットや U 字ボルトを水中ボンドで固定し、母藻を取り付ける方法 ²¹ がある。また、母藻が着生した礫や錘を付けた母藻投入などがある。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁
 図 4-28 母藻利用によるタネの供給方法

4-3-4 基質不足の解消、懸濁物質の増加対策⁴

(1) 基質の提供：岩盤清掃－簡易的に取り組める手法－

海藻の着生や発芽を促進させるには、基質面を巡って競合する生物を剥離・除去する必要があります。藻場造成のためにブロック等の構造物を設置しても、適切に管理しなければ、基質上に競合生物が優占し、海藻をうまく生育させることはできません。

競合生物には、石灰藻、カンザシゴカイ、ホヤ、カイメン、ソフトコーラル、二枚貝（ムラサキイガイやイワガキ）、対象種以外の海藻・海草（コンブ場でのホンダワラ類やスガモ）などがあります。

石川県富来漁港では、5月に設置したコンクリートブロックにイソモクが入植し、その後、順調に遷移しヤツマタモク、マメタワラが優占しました。しかし、9～10月に設置したブロックではイタボガキが付着し、数年経過してもホンダワラ類へ遷移しませんでした。そこで、ホンダワラ類が成熟する3月にイタボガキを除去したところ、同年10月にはホンダワラ類の幼体が確認できました（図4-29）。このように、ブロックに海藻を入植させるには、海藻の成熟期を考慮して施工時期を決定する必要があり、競合する付着動物が優占する場合は、海藻の成熟期前に付着動物を除去することが有効です。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン
令和3年3月 水産庁

図4-29 カキ殻除去後に確認されたホンダワラ類の幼体

(2) 基質の提供：砂による埋没・浮遊砂対策－確立された効果的な手法－

岩礁が砂に埋没したり浮遊砂によって摩耗されたりする場所では、砂の影響が及ばない高さの基質（ブロックや石材）を提供し、海藻の新規加入を促します。

藻場礁等の基質の設置時には、海藻の着生可能な面が海底から露出しているにもかかわらず、波浪の影響で砂が移動すると、砂に埋もれたり浮遊砂が堆積したりして海藻が生育できなくなります。海底の砂が大きく変動することが予想される場合は、海藻の着生面を砂面から露出させるため、藻場礁設置箇所近傍の砂面高さの変動幅や砂層厚を計測し、海藻の着生面の高さを決める必要があります。

脚式構造の藻場礁では、波が反射しにくく、流れの通り抜けがよいので、埋没や洗掘を防ぎ、海藻の着生面を確保できます（図4-30）。ただし、脚式構造は植食性魚類の隠れ処に、石材の空隙はウニ類の棲み処となりやすいので注意が必要です。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン
令和3年3月 水産庁

図4-30 脚式構造の藻場礁の設置例

4-4 生態系変化に対応した取組の実施

4-4-1 適応アクションの概要

近年、水温上昇や大雨の発生頻度の増加、台風の激甚化等の気候変動が顕在化しており、ガンガゼ等のウニ類、イスズミやアイゴ等の植食性魚類の活性化とも相まって、既に藻場生態系に変化がみられている地域もあります。藻場の変化は、段階的に進行していき、四季藻場が春藻場、最終的には磯焼け状態となり、そこから南方系（亜熱帯性）ホンダワラ類が侵入してきます（図4-6）。

ここでは、気候変動により変化しつつある環境条件や生態系に焦点を当てた取組や地域の事例を紹介します。

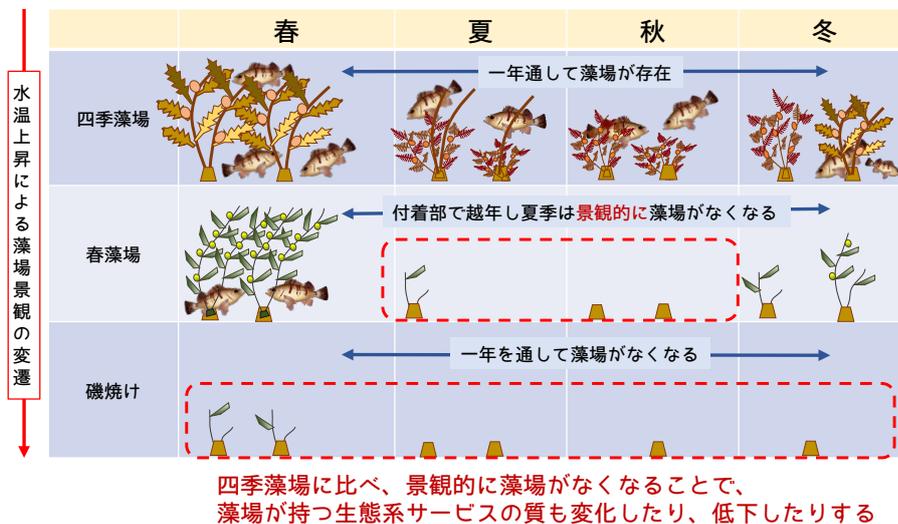
なお、水産庁より「気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン（令和4年）」も公表されているため、そちらも参照ください。

4-4-2 春藻場の造成

これまで地域で形成されていた藻場は、人々にさまざまな生態系サービスを提供してきました。全国的に磯焼けの問題が深刻化する中、地域の人々が慣れ親しんだ水産資源（食文化）を維持するためには、従来の藻場を再生・回復させることが必要になります。しかし、近年、気候変動影響による沿岸環境の変化が顕在化しており、従来の藻場の構成種から変化がみられている地域もあります。夏季の高水温や冬季に水温が低下しないことによる植食性魚類の活性化など、藻場を取り巻く環境の変化により、従来の藻場が維持できなくなった地域では、変化した環境に適応した海藻種の造成を検討する必要があります。

藻場の形成時期や構成種の変化など、藻場がどのような状況にあるのかをモニタリングにより把握し、藻場の変化の段階に応じた対策を講じなければなりません（図4-6）。藻場の構成種の変化や消失により、そこから提供される生態系サービスの質も変化したり、低下したりします（図4-31）。

繰り返しにはなりますが、気候変動影響による沿岸環境の変化は、人為的な対策で広範に抑制することは困難です。アラメ・カジメ類の生育に合わなくなった環境で、従来のアラメ・カジメ場を回復させようとしても、非常に難しいものがあります。変化した環境に適応した海藻種で構成される藻場の維持・回復を図り、そこから得られる生態系サービスを利用していくという、我々の食文化や資源利用の価値観等も変化（=適応）させていく必要があるでしょう。



島袋寛盛氏提供の図より作成

図 4-31 藻場の変化に伴う生態系サービスの変化

長崎県における磯焼け対策ガイドライン（長崎県）では、藻場の状態をタイプ分けした「藻場の類型表」を作成しています（図4-32）。これは、植食性魚類の食圧の程度から、藻場の形成時期の違いにより、“四季藻場”、“春藻場”、“磯焼け”に大別し、“アラメ・カジメ場”、“ガラモ場”、“ワカメ場”および“アントクメ場”、これらの“混生藻場”に小別し、それぞれの藻場の代表的な海藻種を整理したものです。

造成対象種は、図4-32の類型表に示す四季藻場と春藻場が該当しますが、環境条件や魚類の食圧の違いにより、地先によって生育する海藻種が異なる場合があります。そのため、モニタリングにより藻場の状態を観察し、現在の環境変化に適した種（造成対象種）が何かを見極める必要があります。そこで、以前と現在の藻場の構成種を比較して、海藻類の種類を3タイプに分けます。

消失種：以前は生育していたが、現在はみられなくなった種

維持種：以前と変わらず生育がみられる種

新出種：以前は生育していなかったが、新たにみられる種

維持種と新出種は、地先の環境変化に適応している種と考えられるため、造成対象種には、維持種や新出種を選定します。

項目	形成時期別区分	項目	構成種別区分	主要構成種	
				グループ分け	種類
A	四季藻場	A-1	アラメ・カジメ場	多年生コンブ類	アラメ、カジメ、クロメ等
		A-2	混成藻場	A-1,A-3のグループ	A-1,A-3の種類
		A-3	ガラモ場	多年生ホンダワラ類	ヤナギモク、ジョロモク、マメタワラ、ヤツマタモク、ノコギリモク、ヨレモク、トゲモク、イソモク、エンドウモク、ウスバノコギリモク等
B	春藻場	B-1	ガラモ場	多年生ホンダワラ類（南方系種）	キレバモク、ツクシモク、マジリモク、ヒイラギモク、ウスバモク等
				多年生ホンダワラ類	マメタワラ、ヤツマタモク、イソモク、エンドウモク、ウミトラノオ等
				1年生ホンダワラ類	アカモク、シダモク
		B-2	ワカメ場	1年生コンブ類	ワカメ
		B-3	アントクメ場	1年生コンブ類（南方系種）	アントクメ
B-4	混成藻場	B-1～3のグループ	B-1～3の種類		
C	磯焼け	C-1		小型海藻類（コンブ類、ホンダワラ類以外の海藻）	サンゴモ類（無節・有節） ミル類、アミジグサ類（ハリアミジグサ、シワヤハズ、ヘラヤハズ、ウミウチワ等）、カヤモノリ類（フクロノリ等）、テングサ類（マクサ、オバクサ等）、ムカデノリ類、ソゾ類等

【出典】長崎県における磯焼け対策ガイドライン（平成30年度改訂版） 長崎県

図4-32 藻場の類型表

ただし、従来の四季藻場から春藻場へと移行段階であり、両藻場が混在している場合は、四季藻場から春藻場への移行か、四季藻場の維持・回復かの見極めは非常に難しいです。

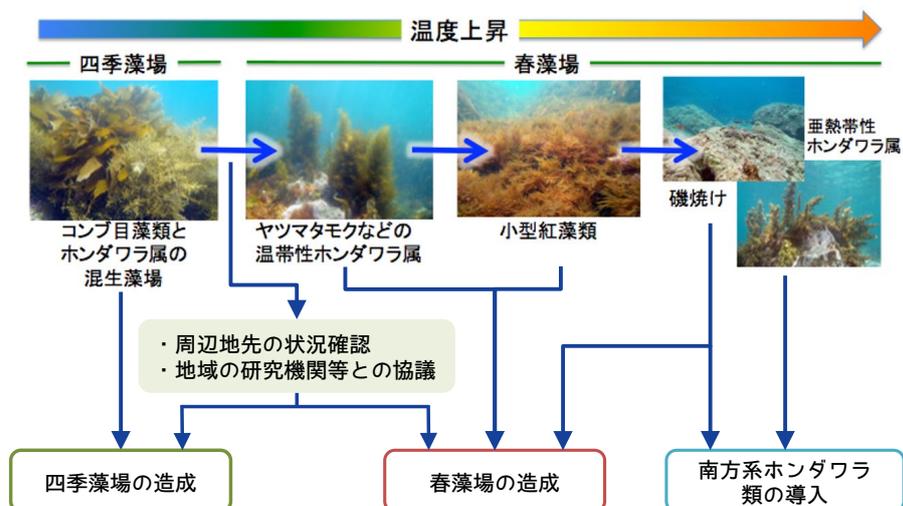
例えば、四季藻場を構成するヨレモクやノコギリモク等の生育がみられる場合、四季藻場は維持できる環境であると判断されますので、四季藻場を維持・拡大する取組が優先されます。ヨレモクやノコギリモク等が幼体しかみられないなど存続の危機があるような場合、生き残りやすい南方系ホンダワラ類を主体とした春藻場造成の取組を実施していくことになるかもしれません。このような過渡期の時期には、どちらに転ぶかわかりませんので、周辺の地先の状況も考慮し総合的に判断する必要があり、地域の研究機関や有識者等の判断も踏まえて検討していくことが望まれます（図4-33）。

南方系ホンダワラ類の造成方法は、スポアバック方式など従来の手法で実施可能であり、南方系種だからといって特殊な方法を実施する必要はありません。どのような手法を選ぶかは地域の予算や作業量に対応できる人手が確保できるかで選ぶことになります。

一般的な方法は、先ずはウニ類や巻貝類、できるところは魚類などの食害生物を除去し、タネや芽が生残できる状況を設定することです。次にタネを蒔く作業になりますが、研究機関や専門業者を除き、種苗から生産することは難しいため、簡易的な方法としては、タネが出せそうな母藻を採取してスポアバック方式で現場に設置することです。

なお、造成対象種については、藻場構成種の多様化とリスク分散のため、3種以上で実施することが望ましいです。海藻類の中には、魚類に好まれない・食べられにくい種があり、例えば、ノコギリモクやウスバモクなどです。ただし、これら好まれない種が“絶対に食べられない”わけではありません。多様な海藻類が生育している藻場であれば、魚類に好まれる種から食害されていきますが、摂食する選択肢がなくなってくると、嫌いなものでも食べざるを得ない状況となります。

磯焼けや藻場の衰退がみられている地域で、何が多く残されているかを確認することで造成対象種の候補を選定できます。それが今の地先の環境変化に適応した植生を反映している種ということになり、これらの種を軸としてできるだけ多様な種を造成することが、藻場を回復させる早道になります。



島袋寛盛氏提供の図より作成

図4-33 藻場の類型化に基づく造成する藻場の種類と造成対象種の選定イメージ

コラム

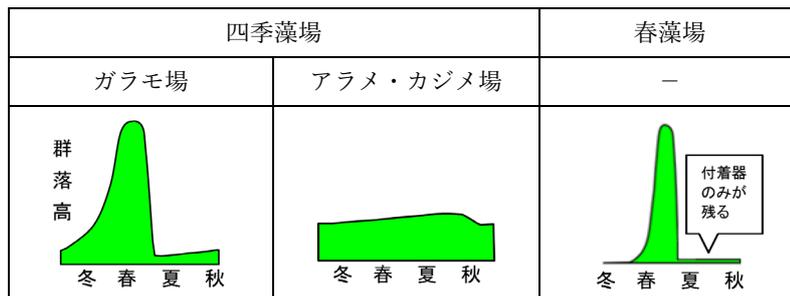
四季藻場と春藻場²²

藻場は季節的な消長により現存量が変化しますが、アラメ・カジメ場で代表されるような周年形成される藻場を「四季藻場」、春から初夏にのみ藻場が形成され、晩夏から冬には外観上海藻の生育がみられず、磯焼けの様相を示す藻場を「春藻場」として区別しています。

四季藻場は、周年海藻が分布していることから、魚の食害が比較的少なく、あるいは魚の食害があったとしても、海藻の現存量が多いため藻体あたりに受ける食害の影響が少ない環境で形成されます。

春藻場は、気候変動影響により魚の食害が強い環境で形成される藻場で、多年生および1年生ホンダワラ類からなるガラモ場、1年生コンブ類からなるワカメ場やアントクメ場、これらの混生藻場に区別されます（図4-32 藻場の類型表）。

四季藻場と春藻場を構成する大型海藻類は、四季藻場ではこれまでみられた在来種のなかで、ワカメやアカモク等の1年生種を除いた種であり、春藻場では、これまであまりみられなかった南方系ホンダワラ類を主体に、在来のマメタワラやヤツマタモク等の多年生ホンダワラ類、ワカメやアカモク等の1年生種が含まれます。ヤツマタモクやマメタワラ等は、生育状況によって四季藻場と春藻場の両方の構成種となります。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁の図より作成

コラム

魚類の食害に強い春藻場

従来の四季藻場を構成するホンダワラ類の多くは、春から初夏に成熟して最大となります。その後、主枝は枯れて流失しますが、次世代の芽が生えてきますので、外観的には一年中生い茂っているように見えます。

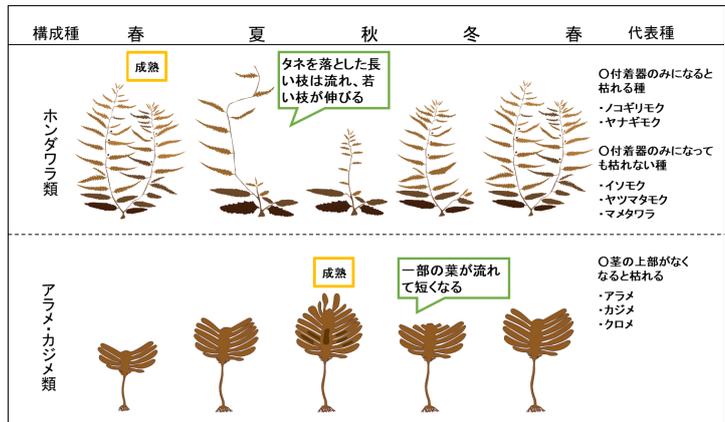
アラメ・カジメ類は秋に成熟して一部の葉片が流出し、藻体量は減少しますが、藻体自体は維持され一年中繁茂しています。魚類の食圧が目立ってくるのが秋～冬です。アラメ・カジメ類は成熟期であり、あまり生長しない時期になります。この

時期に食害を受けてしまうと藻体および再生産に影響が及びます。秋～初冬に魚の食害でアラメ・カジメが茎だけになってしまう現象は、高水温化が顕著となった1990年代後半以降、継続してみられるようになり、アラメ・カジメ類の衰退を助長しています。また、発芽した幼体は初夏までは生長しますが秋～初冬に食害され、減少・消失してしまいます。このような秋～初冬の魚の食害が継続することで、アラメ・カジメ類の藻場は、高年齢群から低年齢群、さらには当歳群へと構成年齢群が低年齢化し、消失する過程を辿ってしまいます。

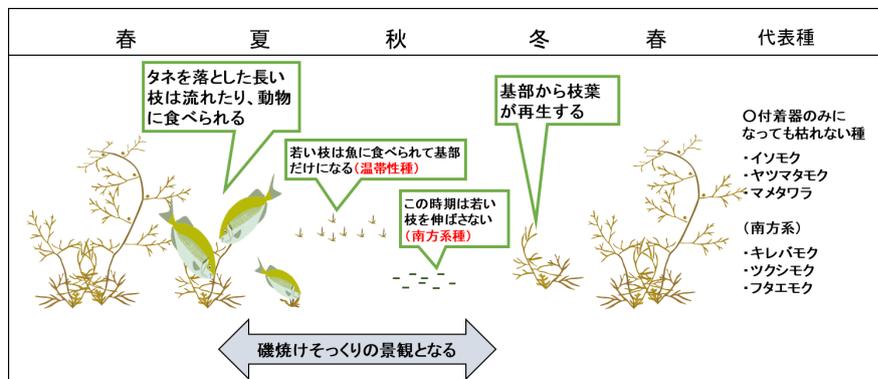
ホンダワラ類は多くは春成熟型で、秋～初冬に伸長が始まりますが、この生長初期に摂食されると、藻体は伸びては食べられを繰り返します。伸長が始まるのは食害が低下する時期からで、暖冬の年ほど翌春には極端な生育不良や消失を引き起こすこととなります。生育不良は再生へも影響し、このような食害が毎年継続すれば、やがてホンダワラ類も衰退・消失して生残できなくなります。

一方、春藻場を形成する南方系ホンダワラ類等では、春先に生長・成熟して卵を供給し、その後、主枝が枯死・流失あるいは食害により付着器のみとなります。その後、付着器のみの状態で冬季まで過ごすことができ、ちょうど食圧が低くなった冬季から発芽し始め、食圧の低い冬～春季にかけて一気に生長して次世代を残すことができます。南方系ではなく在来のホンダワラ類の多くは、付着器のみになると発芽できずに枯死しますが、一部の種では発芽できる種があり、マメタワラ、ヤツマタモク、エンドウモク等が該当します。

上記理由により、春藻場は魚類の食害が強い地域でも形成可能となります。



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁



【出典】第3版磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁

4-4-3 ウニ類、植食性魚類の有効利用

気候変動に伴う生態系サービスの変化に対しては、私たちの食文化等の社会・文化的観点からの適応も必要になります。植食性魚類は、身が磯臭く、処理にコツがいるため、水産物としての価値も低いですが、一部の地域で昔から食べられてきました。これらの地域を参考に、捕獲したウニ類や植食性魚類を有効利用できれば、藻場の保全再生（食害対策）と持続可能性の付加価値による地産地消の有望な商品ともなる可能性があります。地域の食文化や有効利用の事例について下表に紹介します。

概 要	図
<p><瀬戸内海東部でのアイゴの食文化>^{23,24,25,26,27}</p> <p>瀬戸内海東部では、植食性魚類のアイゴが鮮魚や干物加工品として地場消費されており（右図）、徳島県南部では皿をなめてしまうほど美味しいことから、「アイゴの皿ねぶり」と言われるほど珍重されています。新鮮な個体が手に入る漁師や釣り人の中には、ぜんまいと呼ばれる内臓部分を特に好んで食べる方もいます。</p>	 <p>香川県水産課提供</p>
<p><そう介プロジェクト（長崎県対馬市）>^{4,28}</p> <p>長崎県対馬市の有限会社丸徳水産は、磯臭いイスズミを食べることで、磯焼けの問題を知ってもらう「食べる磯焼け対策」に取り組んでいます（右図）。丸徳水産では、磯臭さをなくす独特のさばき方でイスズミ料理のレパートリーを増やしてきました。</p> <p>イスズミのメンチカツは、2019年の第7回 Fish-1 グランプリの「国産魚ファストフィッシュ商品コンテスト」でグランプリを受賞しました。受賞によって取組に対する理解者と仲間が増えたことで、イスズミの供給が安定し、自ら営むレストランの定食以外に、スーパーや学校・老人ホームの給食などにも提供できるようになりました。この売り上げの一部は、藻場の保全活動に充てられています。</p>	 <p>【出典】丸徳水産ホームページ</p>
<p><オリジナル缶で海の課題を解決>²⁹</p> <p>大分県立海洋科学高校では、株式会社成美、大分県漁業協同組合津久見支店等が協力して植食性魚類のブダイを材料としたオリジナル缶詰を作成し、高校生が地域と連携しながら缶詰を開発するアイデアコンテスト「LOCAL FISH CAN グランプリ」において2021年、2022年の2年連続で優秀賞（全国第2位）を獲得しました。</p>	 <p>大分県立海洋科学高校提供 '21「Spicy BUDAI」 '22「BUDAI MISSONI」</p>

事例

ソフトコーラル（ウミアザミ）の駆除

令和元年度磯焼け対策全国協議会（水産庁）より

熊本県
天草市

熊本県天草市の五和町では、藻場を構成する海藻自体やそこに生息する磯根資源を利用し、漁業者が生活を営んでいました。ところが、2008年（平成20年）頃から藻場（漁場）に変化がみられました。藻場を構成する海藻に代わり、ウミアザミというソフトコーラルが増加したのです。水深約5mの岩盤をウミアザミが覆い、主要な漁獲物であるトサカノリの漁獲量がゼロになりました。

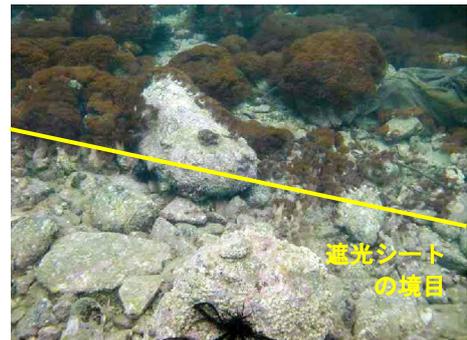
このような状況から、天草漁業協同組合五和支所によるウミアザミの刈り取りが実施されました。しかし、刈り取りを継続しても全く数が減らなかったため、熊本県水産研究センターでは、ウミアザミの刈り取り効果の検証試験を行いました。その結果、ウミアザミは刈っても再生し、さらに幼生も泳ぎ始めることがわかりました。

そこで考案された新たな駆除方法は、黒い遮光シートでウミアザミを覆い、一定期間、日光を遮断するというものです。これは、ウミアザミが褐虫藻と共生して光合成することに着目したものです。実施場所は、大部分がウミアザミに覆われてしまった漁場で、周辺にはホンダワラやクロメの藻場があり、駆除後にタネの供給が見込める海域です。

遮光シートを設置して、約1~2か月後にシートの撤去を行うと、シート直下のウミアザミは白化して死亡し、駆除効果が高いことがわかりました。駆除後、裸地に戻った海底にスポアバック（成熟した海藻を袋に入れて海底に設置し、タネや遊走子（孢子）を周辺に拡散させる方法）などの藻場造成を実施することで、藻場を回復させることができました（次ページ参照）。競合生物のいないリセットされた海底で藻場造成を実施することで、その効果を高めることができます。

以下、遮光シートの設置手順について簡単に説明します。使用した遮光シートは、黒いステンレスコーティングシート（遮光率95%、10m×10m）です。実施場所に到着したら、小型船舶やダイバーにより遮光シートを広げ、船上からおもりとなる砂袋を投入します。投入後は水中でダイバーがシートを広げながら位置等を調整し、シートが巻き上がらないよう砂袋を設置します（次ページ参照）。

今回の事例では、1シートあたり60個の砂袋を作成し、シート50枚を海底に設置するのに、4~5日かかりました。



天草市提供

遮光シートにより裸地となった海底
(写真下部)



天草市提供

海底を覆うウミアザミ



天草市提供

ウミアザミ駆除後に裸地となった海底



【出典】令和元年度磯焼け対策全国協議会 水産庁
藻場造成の取組により回復した藻場



天草市提供

船舶による遮光シートの運搬



天草市提供

船上からの砂袋（おもり）の投入



天草市提供

ダイバーによる砂袋の位置調整

遮光シートによるウミアザミの駆除と藻場造成による海底の変化（左）、
遮光シート設置手順（右）

第4章 引用・参考文献一覧

- ¹ 大野 正夫 (1996) : 電力発電所と共生する藻場の生態系 電力土木 262 : 1-6.
- ² 藻場による水質浄化 平成 22 年度 水産業・漁村の有する多面的機能に関する調査報告書 (2011) 水産庁 : 38-42.
- ³ ブルーカーボンー海洋における CO2 隔離・貯留とその活用 堀 正和・桑江 朝比呂 (著,編集)、所 立樹・渡辺 謙太・吉田 吾郎・仲岡 雅裕・宮島 利宏・浜口 昌巳・阿保 勝之・樽谷 賢治・杉松 宏一・信時 正人・小池 勲夫 (著) 地人書館 (2017) : 65-92.
- ⁴ 第3版 磯焼け対策ガイドライン 令和3年3月 水産庁
- ⁵ (参考資料) 気候変動影響評価報告書(詳細) 令和2年12月 環境省
- ⁶ 藻場を見守り育てる智恵と技術 磯焼け対策シリーズ③ 2010年 藤田大介・村瀬昇・桑原久実
- ⁷ A-PLAT「高水温化・魚の食害 VS 藻場造成! 地域に適した藻場回復に向けて」
https://adaptation-platform.nies.go.jp/articles/case_study/vol12_nagasaki.html
- ⁸ 上田幸男・棚田教生 (2018) : 飼育下のアイゴの生残および摂餌に及ぼす冬季の低水温と餌の影響 徳島水研報 12 : 11-19.
- ⁹ 地域適応コンソーシアム事業 中国四国地域事業 5-3 海水温上昇等による瀬戸内海の水産生物や養殖への影響調査
- ¹⁰ 八谷 光介・清本 節夫・吉村 拓 (2014) : 長崎県壱岐市郷ノ浦町地先におけるクロメ群落の現存量および生産量の季節変化 Algal Resources,7 : 67-77.
- ¹¹ 村瀬 昇 (2014) : 藻場が消えた?! ~2013年、夏から秋にかけての山口県日本海沿岸の藻場の異変~ 豊かな海 32 : 67-70.
- ¹² 気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン 令和4年6月改訂 水産庁漁港漁場整備部
- ¹³ 変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書 (IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書)
- ¹⁴ S. Takao・N.H. Kumagai・H. Yamano・M. Fujii・Y. Yamanaka (2015) : Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios. Ecology and Evolution, 5 (1) : 213-223.
- ¹⁵ 島袋 寛盛・吉田 吾郎・加藤 亜記・郭 新宇 (2018) : 今後 100 年間に生じる水温と藻場生態系の変遷を予測する 海洋と生物 236 : 233-242.
- ¹⁶ 気候変動影響評価報告書(総説) 令和2年12月 環境省
- ¹⁷ K. Tanaka・S. Taino・H. Haraguchi・G. Prendergast・M. Hiraoka (2012) : Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy - forming seaweeds. Ecology and Evolution, 2(11) : 2854-2865.
- ¹⁸ 本多 直人 (2006) : 植食性魚類の効果的な漁獲方法について 水産工学 43 : 59-64.
- ¹⁹ 秋山 清二 (2007) : 館山湾の大型定置網における漁獲物の投棄実態 日本水産学会誌 73 : 1103-1108.
- ²⁰ 平田 徹・青木 優和・倉島 彰・植田 一二三・土屋 泰孝・佐藤 寿彦・横浜 康継 (1997) : 海中造林のための接着剤を用いたカジメ藻体の移植 藻類 45 : 111-115.
- ²¹ 中嶋 泰 (2015) : 新しい播種方法とその考え方 水産工学 51 : 227-232.
- ²² 長崎県における磯焼け対策ガイドライン(平成30年度改訂版) 平成30年8月 長崎県水産部
- ²³ 香川県ホームページ「香川の魚」 <https://www.pref.kagawa.lg.jp/suisan/sogo/arekore/kagawanosakana.html>
- ²⁴ 山本 昌幸・棚田 教生・元谷 剛 (2020) : 瀬戸内海播磨灘におけるアイゴの漁獲量の年・季節変動 水産増殖,68 (3) : 287-292.
- ²⁵ 和田 隆史・棚田 教生 (2013) : 徳島県沿岸におけるアイゴの大量出現とその利用 黒潮の資源海洋研究第 14 号 : 109-114.

- ²⁶ 日本の食生活全集 36 聞き書徳島の食事 日本の食生活全集徳島編集委員会 社団法人農山漁村文化協会 (1990) : 170-219.
- ²⁷ 乾 政秀 (2006) : 利用文化.海藻を食べる魚たち－生態から利用まで－ 藤田大介・野田幹雄・桑原久実 (編著) : 167-174. 成山堂書店
- ²⁸ 丸徳水産ホームページ「そう介プロジェクト」 <https://marutoku-suisan.com/sosuke-prj>
- ²⁹ 大分県立海洋科学高校ホームページ「LOCAL FISH CAN グランプリ～海と日本プロジェクト～」
<http://kou.oita-ed.jp/kaiyoukagaku/subject/2local-fish-can-2021.html>

気候変動適応九州・沖縄広域協議会 生態系分科会（沿岸域）

（五十音順、職名は令和5年3月現在）

アドバイザー	土屋 誠 【座長】	国立大学法人琉球大学 名誉教授
	鹿熊 信一郎	国立大学法人佐賀大学 海洋エネルギー研究センター 特任教授
	島袋 寛盛	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所（廿日市拠点） 環境・応用部門沿岸生態システム部 主任研究員
	中村 崇	国立大学法人琉球大学 理学部海洋自然科学科生物系 准教授
	中村 洋平	国立大学法人高知大学 農林海洋科学部/黒潮圏科学部門 教授
	藤田 陽子	国立大学法人琉球大学 島嶼地域科学研究所 教授
	山野 博哉	国立研究開発法人 国立環境研究所 生物多様性領域/気候変動適応センター 領域長/センター長代行
オブザーバー	桐山 隆哉	長崎県総合水産試験場 水産加工開発指導センター 兼 種苗量産技術開発センター 所長
	鈴木 豪	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所（八重山庁舎） 環境・応用部門沿岸生態システム部 主任研究員
	山田 秀秋	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門沿岸生態システム部 主幹研究員
	文部科学省 気象庁 沖縄气象台	

気候変動適応九州・沖縄広域協議会 生態系分科会（沿岸域）

【問い合わせ先・サンゴ礁】



環境省 沖縄奄美自然環境事務所

〒900-0022 沖縄県那覇市樋川1丁目15番15号 那覇第一地方合同庁舎1階

【電話】098-836-6400 【FAX】098-836-6401

【問い合わせ先・藻場】



環境省 九州地方環境事務所

〒860-0047 熊本市西区春日2-10-1 熊本地方合同庁舎B棟4階

【電話】096-322-2411 【FAX】096-322-2446

