

#### 四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ群集 ~保全と持続可能な利活用に向けて~

2023年6月 WWF ジャパン発行

無断転載をお断りします。転載をご希望の場合は WWF ジャパンまでご一報ください。

#### 執筆者:

#### 目﨑拓真

公益財団法人黒潮生物研究所 専務理事・研究所長・事 務長。研究所では有藻性サンゴ類を担当。幼少の沖縄 時代にサンゴ礁の海と出会う。大学で初めて訪れた高 知県のサンゴに感動し、高緯度サンゴの魅力を全世界 に発信しようと活動。2008年に黒潮生物研究所に入所 し、サンゴの産卵生態及び気候変動によるサンゴ群集 の分布の変化等の研究、高緯度サンゴ群集の保全活動 を行う。近年では、こうちサンゴ沿岸生態系適応ネッ トワーク等、高緯度サンゴ群集域の沿岸生態系の保全 体制の構築に取り組む。

#### 佐々木小枝

WWF ジャパン 海洋水産グループ サンゴ礁生態系保全 担当。民間企業、青年海外協力隊、国際 NGO において、 上下水道整備や水と衛生、水関連災害に関する国内・ 海外プロジェクトの企画・運営・評価を実施。その後、 企業のサステナビリティ部において、気候変動や水リ スクに関する情報開示や改善業務に従事。2021年12 月 WWF ジャパンに入局。サンゴ礁生態系保全を通じ て環境保全と人間の暮らしの調和を実現するため、国 内・海外での新規フィールドプロジェクトを推進中。

編集協力:三間淳吉(WWF ジャパン)

本件に関するお問い合わせ:

公益財団法人世界自然保護基金ジャパン (WWF ジャパン)

海洋水産グループ

fish@wwf.or.jp Tel: 03-3769-1718

東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル3階

WWF は 100 カ国以上で活動している環境保全団体で、 1961年にスイスで設立されました。人と自然が調和 して生きられる未来をめざして、サステナブルな社会 の実現を推し進めています。急激に失われつつある生 物多様性の豊かさの回復と、地球温暖化防止のための 脱炭素社会の実現に向けて、希少な野生生物の保全や、 持続可能な生産と消費の促進を行なっています。

※全掲載写真の著作権は黒潮生物研究所に帰属します。



## 目次

はじめに		
第1章	四国沿岸域の海洋環境	
1	四国南太平洋沿岸の海洋環境と生態系	
2	海の恵み(生態系サービス)	
3	海洋の変化	
第2章	有藻性サンゴとは	(
第3章	高緯度サンゴとは	1
1	サンゴ礁と高緯度サンゴ群集	1
	(1) サンゴ礁	1
	(2) 高緯度サンゴ群集	1
2	四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ	1
3	高緯度サンゴに見られる変化	1
第4章	写真でみる四国南太平洋沿岸の	
	高緯度サンゴ	20
第5章	高緯度サンゴの保全	3
1	なぜ保全が必要か	3
2	高緯度サンゴのかく乱要因	4
	(1) 夏季の高水温	4
	(2) 冬季の低水温	4
	(3) サンゴ食害生物	4
	(4) 気象現象	4
	(5) 人間の活動	4
第6章	四国南太平洋沿岸の	
	高緯度サンゴの保全と	
	持続可能な利活用	48
1	保全と持続可能な利活用に向けて	4
2	継続的な現状把握とモニタリング	5
3	普及啓発・意識向上	5
4	かく乱要因とその影響の回避・軽減	5
5	持続可能な利活用の検討と実施	5
6	今後に向けて	5
参考資料	・文献リスト	6

# はじめに

人間は日ごろから、多様な生きものが関わりあう生態系から貴重な自然の恵み(生態系サー ビス)を得ています。特に、海からの恵みとしては、魚介類等の食料や薬品等に使われる遺 伝資源等の資源の「供給サービス」、気候の安定や水質の浄化等の「調整サービス」、海水浴 等のレクリエーションや精神的な恩恵等の「文化的サービス」および栄養塩の循環や光合成 等の「基盤サービス」が挙げられます¹。

ところがいま、かつてない速さで気候変動が進み、海洋では90%弱の牛物種がすでに気候変 動の影響を受け<sup>2</sup>、海からの自然の恵みや、その恵みに頼る人間の暮らしに変化をもたらして います。人間が今後も海からの自然の恵みを得て豊かな暮らしを営むためには、気候変動の 影響による急激な変化から、海の環境を守る必要があります。また、海からの自然の恵みが これまで同様ではないことに目を向けて、環境の変化に適応しつつ、持続可能な利活用を進 めていくことが重要です。

四国南太平洋沿岸の海も例外ではありません。海水温の上昇傾向や、アワビやサザエの餌と なるカジメの藻場や温帯性の藻場は磯焼けの拡大傾向が見られ3.4、海中景観や獲れる漁業資 源や水産資源にも変化が現れています。その変化に気づき、持続可能な利活用を行うための 手がかりとして重要かつ有用なのが、本資料のテーマである高緯度サンゴです。

高緯度サンゴとは、宝石サンゴとは異なり、石灰質の骨格を形成し褐虫藻と共生する有藻性サ ンゴ(造礁サンゴ)のうち、高緯度域(北緯30度以北)に生息するサンゴのことで、四国南 太平洋沿岸にも生息しています。高緯度サンゴ自体、すでに気候変動の影響やサンゴ食害生 物等のかく乱要因の脅威に晒され、生息環境の悪化や減少が予測されており、保全が必要な 生きものです。同時に、サンゴの生態や、海洋生態系における役割といった特徴を踏まえると、 高緯度サンゴは海の変化の現状や傾向を知り、人間にとってのリスクや機会を検討するため の手がかりとなる情報を与えてくれます。

幸運なことに、四国南太平洋沿岸では90年以上前からサンゴ調査が行われています。サンゴ の被度を記録した測線調査、海中の景観写真、骨格標本等、過去のさまざまな情報が利用で きる珍しい海域です。それらの情報から、高緯度サンゴは約90年前から四国各地に分布して いたことが知られています。近年は気候変動によって在来種の分布範囲が拡大したり、南方 から種が加入したり、高水温や低水温といったかく乱を受けサンゴが死滅したりして分布状 況は常に変化をしています。

サンゴ調査やそこで得た情報の活用、保全や持続可能な利活用に向けた実施体制の構築、人 材確保、多様な関係者の連携等、保全や持続可能な利活用を進める上で必要な取り組みは、 すでに四国南太平洋沿岸の各地で行われているものの、海の急激な変化に対応するには、そ の強化・拡大が欠かせません。

そこで本資料では、四国南太平洋沿岸における海洋環境と高緯度サンゴの概況とともに、な ぜ高緯度サンゴが海の変化に気づき適応するための手がかりとなるのか、また、高緯度サン ゴを含む沿岸生態系の保全や持続可能な利活用の現状や、今後どのような取り組みが必要か についてまとめました。

第1章では、四国南太平洋沿岸の海洋環境と海の恵みに起きている変化を紹介します。第2 章では、高緯度サンゴを含む有藻性サンゴを生態学的視点から解説します。第3章と第4章 では、四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴの多様性や特徴、変化をこれまでに行われた調査研 究の結果や、各地で撮影された海中写真を交えて紹介します。第5章と第6章では、現在行 われているあるいは今後期待される保全や持続可能な利活用の取り組みの具体例をまとめま した。

四国南太平洋沿岸の海から自然の恵みを得ている皆さんにとって、本資料が地元の海の現状 や変化を知るきっかけとなり、日々の業務や生業、暮らしに役立てていただければ幸いです。 また、執筆者も第6章に示した取り組みの担い手の一人として、高緯度サンゴの保全と持続 可能な利活用に関わっていきたいと考えております。

なお、本資料では、人間が海洋生物多様性や生態系を直接・間接的に利用する際の価値(海の 自然の恵み/牛熊系サービス)に焦点を当て、自然の内在的価値については触れていません。



## 1 四国南太平洋沿岸の海洋環境と生態系

日本列島は南北・東西に広がり、亜熱帯から亜寒帯に至る幅広い気候帯に属し、近海には南 からの黒潮(暖流)や北からの親潮(寒流)が流れることから、多様な海洋環境が存在して います。

四国南太平洋沿岸の海は、黒潮・ 亜熱帯海域の黒潮・本州海域に属 し、世界有数の暖かい海流である 黒潮の影響と、その沖合の亜熱帯 水域を南西に流れる黒潮反流の影 響を受けています。この海域は亜 熱帯域に分布中心を持つ生物種と 温帯域固有の生物種とが混在する ユニークな場所で、世界的に見て も海洋生物の多様性が非常に高い 海域です。小型動物プランクトン、 中深層性魚類、貝類、小型浮魚類、 大型回遊魚類、海鳥類、鯨類を含 んだ複雑な生態系が見られます 5,6。



## 2 海の恵み(生態系サービス)

海の恵み(牛熊系サービス)は、人間の牛存と良質な生活(福利)に大きく関わっています。 海の恵みは、スーパーで売られ食卓に上る魚のように普段目にするものから、大気中の炭素 貯蔵による気候調節等、目に見えないものまで、さまざまな事柄を含む広い概念です。

四国南太平洋沿岸においても、人間は古くから現在 に至るまで、海の恵みを得ることで豊かな暮らしを 築いてきました。カツオやマダイ、ブリ等、沿岸海 域で獲れる魚は、この地域の人々にとって長年食料 や生業の糧、地域活性の資源として重要な役割を 担ってきました。中村貝塚(高知県四万十市)から カツオの骨が出土していることは縄文時代から土 佐の人にとってカツオが馴染みのある魚であった こと、中世武士階級の間で贈答品として土佐のカツ オ節が用いられたことは水産加工物が地域外との 交流や地位獲得に役立てられたことを示していま す。気候や地形によってさまざまな特徴を持つ桂浜 や白浜海岸、須ノ川海岸、日和佐海岸等の沿岸海域 の自然は、地域にとって歴史や文化、心の原風景の 一部となり、景勝地として貴重な観光資源にもなっ ています。人間の福利には海の恵みが大きな役割を 果たしているといえます。

# 供給サービス



- 魚介類等の食料
- 薬品等に使われる

## 調整サービス



- 飼料等の原料
- 遺伝資源
- 気候の安定
- 水質の浄化
- 防波等局所災害の緩和

# 文化的サービス



- 海水浴等のレクリエー ションや観光の場と機会
- 精神的恩恵
- 神秘的体験

## 基盤サービス



- 栄養塩の循環
  - 炭素の循環
  - 光合成による有機物

表 1. 海の恵み(生態系サービス)の概要



## 3 海洋の変化

海の中は常に変化しています。しか しいま、20世紀後半から明らかに なっている気温の上昇傾向に代表さ れる、人間活動を主要因とする気候 変動の影響が、海洋環境に広範かつ 急激な変化を引き起こしています 7。

その代表的な例が、海水温の上昇や 海水面の上昇、海洋の酸性化、海流 パターンの変化です。それぞれ、海 洋生態系等への影響が観察・予測さ れています<sup>8,9</sup>。

四国南太平洋沿岸でも、海水温の上 昇傾向が確認されています。図1は 1973年~2003年の33年間におけ る土佐湾全体の平均表面水温を月ご とのデータを元に高知県水産試験場 が試算した表面水温の推移です11。 これによると、30年余りの間に、土 佐湾の表面水温は約1.2℃上昇して います。約0.04℃/年という上昇率 は、全球の年間上昇率 0.005℃/年 を大きく上回るものです 12。

気候変動の影響による 海洋の変化の事例	変化による海洋生態系や 自然の恵み等への影響
海水温の上昇	<ul><li> 藻類及び動物プランクトンの発生量増加</li><li> 獲れる魚種とその場所の変化</li></ul>
海水面の上昇	<ul><li>● 低海抜地域の浸水</li><li>● 湿地の消失</li><li>● 沿岸の河口における塩分濃度上昇</li></ul>
海洋の酸性化	<ul> <li>有藻性サンゴ、ウニ、貝類等の発育不良</li> <li>海中での貝殻の溶解<sup>10</sup></li> <li>植物プランクトンの増殖速度加速</li> </ul>
海流パターンの変化	<ul><li>海洋生態系の生産性の変化</li><li>海洋のCO<sub>2</sub>吸収量の変化</li><li>陸上植生への影響</li></ul>

表 2. 気候変動の影響による海洋の変化とその影響

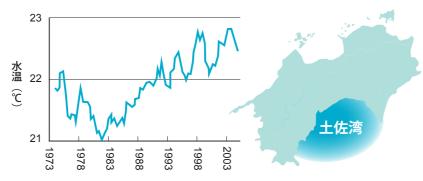


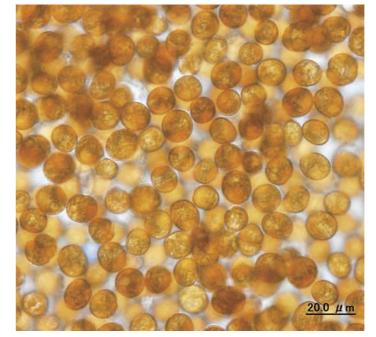
図 1. 土佐湾における表面水温の推移

こうした影響は、海の恵みにも変化をもたらします。愛媛県南部に位置する宇和海では1980 年代後半からの約30年で海水温が約0.8℃上昇したことが確認されています。これにより、 真珠養殖に用いるアコヤガイの赤変病によるへい死の増加が予想されています<sup>13</sup>。また、マダ イ養殖に悪影響をもたらす赤潮も、海水温上昇が原因の一つと考えられます<sup>14</sup>。

藻場の変化や磯焼け(藻場の急速な衰退)も海水温の上昇が影響していると考えられます。 高知県沿岸の主要な藻場は、元々温帯種のホンダワラ類が優占していましたが、海水温の上 昇が一因となり、1980年代以降には南方系の海藻が広がり、温帯種は減少しています。また、 その後1990年代後半には藻場自体が急速に縮小・消失しました15。高知県香南市では、磯焼 けにより温帯種のホンダワラ類だけでなく、大型のカジメ等の海藻も減少し、あわび等の漁 獲量の減少が確認されています 16,17。



四国南太平洋沿岸の海とその恵みの変化に気づき、適応していく手がかりの一つである高緯度 サンゴは、「有藻性サンゴ」のうち高緯度域に生息するものを指します。有藻性サンゴ(以下、 サンゴ)とは石灰質の骨格をもち、褐虫藻と呼ばれる藻類が体内に共生している刺胞動物の総 称です。刺胞動物とは、クラゲやイソギンチャク等、刺胞という毒針を持っているグループに 含まれており、サンゴも刺胞を持っています。サンゴの多くは、サンゴ礁地形の形成に関係す ることから、「造礁サンゴ」と呼ばれることもあります(有藻性サンゴのことを造礁サンゴと 呼んでいたことがあり、多くのサンゴは造礁サンゴと共通していますが、正確には異なります)。





サンゴの白化/白化現象(高知県香南市)

#### **◆サンゴの体内に共生する褐虫藻**

サンゴそれぞれの適温の範囲外等になると、体内の褐虫藻が少 なくなり、サンゴの骨格が透けて見えて白くなることがありま す。これを白化又は白化現象と呼び、白化状態が長く続くとサ ンゴは弱り死ぬこともあります。白化しても、短期間で水温が 正常になると、回復して元の色に戻ることがあります。

「サンゴ」という言葉は多くの人が知っていますが、サンゴの種名を言える人はほとんどいないでしょう。その理由の一つは、一般に手に入るサンゴの図鑑が非常に少ないことです。また、サンゴは光や波当たり等の環境によって、姿形を変化させることができるため、1~2枚の写真を見ただけでサンゴを見分け、名前を言い当てるのは、慣れた人でも難しいことです。本資料では、サンゴを分かりやすく理解するために、以下の写真のようにその形から大きく6種類に分けました。



枝状サンゴ

卓状(テーブル状)サンゴ





塊状(ドーム状)サンゴ

葉状/板状サンゴ



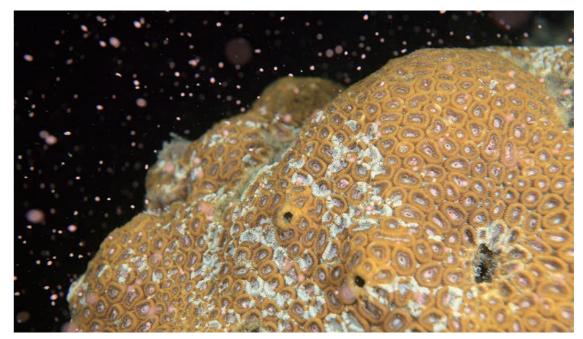


被覆状サンゴ 円盤状サンゴ

サンゴは、海水温が高くなる時期に卵や精子を放出する産卵を行い、次世代にサンゴを残します。産卵開始の時期は、沖縄県の石垣島の辺りでは  $4\sim5$  月頃から、沖縄本島は 5 月頃から、高知県では 6 月頃からとなり、桜前線のように北上します。産卵は数ヶ月ほど続き、その間に多くの種がそれぞれのタイミングで産卵しています。年に数回、高知県では下弦の頃、沖縄県等では満月前後等、多くのサンゴが産卵する一斉産卵があり、その光景はとても神秘的です。各地でスキューバダイビングによる観察ツアー等が開催され、徳島県海陽町竹ケ島ではグラスボートによるサンゴの産卵観察ツアーもあり、海に潜れない人でも産卵の神秘を体験することができます。



枝状ミドリイシの産卵の様子



塊状サンゴの産卵の様子

一斉産卵等で海中に放出された卵や精子 は受精して、プラヌラ幼生になります。 プラヌラの間は、自ら移動することがで きるため、終の棲家となる場所を探して 海を旅します。旅の期間や距離はサンゴ によって異なり、短いものだと親サンゴ のすぐ近くに、長いものでは1週間以上 海流に乗って移動することもあります。 プラヌラがどれだけ海域にやって来るか は、サンゴ群集の回復や発展に大きな影 響を与えることになります。稀にしかプ ラヌラが来ない海域では、大規模にサン ゴ群集が失われると回復には非常に長い 年月がかかります。



サンゴ(ヒユサンゴ)のプラヌラ幼生 大きさは約 0.2 mm程度。表面のせん毛をつかって泳ぐことができます。

プラヌラは岩等に定着すると変態して、イソギンチャクのようなポリプになります。その後 徐々に骨格形成がはじまり、クローンを作ってどんどん大きくなっていきます。そして、ま た産卵できるようになるまで、四国では早いものでも $4\sim5$ 年かかります<sup>18</sup>。



人工基盤に定着した 幼サンゴ 中央の丸い穴が口で、体内に 見えるたくさんの茶色い小さ い粒が褐虫藻。白い円形のも のが、できはじめの骨格。



## 1 サンゴ礁と高緯度サンゴ群集

## (1) サンゴ礁

地球全体で見ると、サンゴは主に赤道を挟んで北緯30度から南緯30度の辺り、熱帯や亜熱 帯の海に広く生息しています。この地域をサンゴ礁域と呼びます。日本では、主に北緯24~ 30 度に位置する大隅諸島、トカラ列島、奄美群島、沖縄諸島等の南西諸島でサンゴ礁が見ら れます。

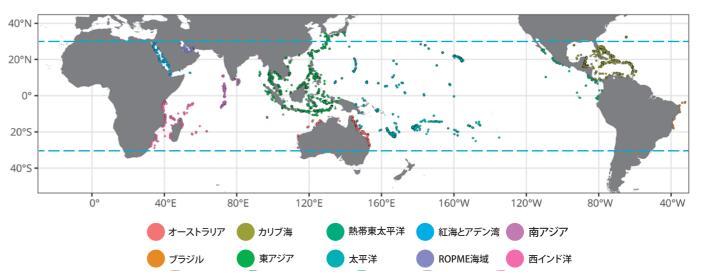


図2. サンゴの分布域(点線はそれぞれサンゴ礁の分布北限と南限。色分けされた点はサンゴの分布場所。)19

サンゴ礁とは、サンゴや石灰質の生物 の遺骸等が積み重なってできた地形の ことです。例えば、サンゴ礁地形は右 の写真のように、島の周りを囲むよう に発達し、波等の浸食から島を守る天 然の防波堤の役目をすることもありま す。また、サンゴ礁は海の熱帯雨林と 呼ばれるほど、生物多様性が豊かな環 境を形成しています。

現在、四国南太平洋沿岸では沖縄県で 見られるようなサンゴ礁地形は確認さ れていません。四国南太平洋沿岸では、 サンゴ礁ではなく、生きたサンゴが集 まってできるサンゴ群集が各地で見ら れ、地域の海洋生態系を支える重要な 生きものであると考えられています。

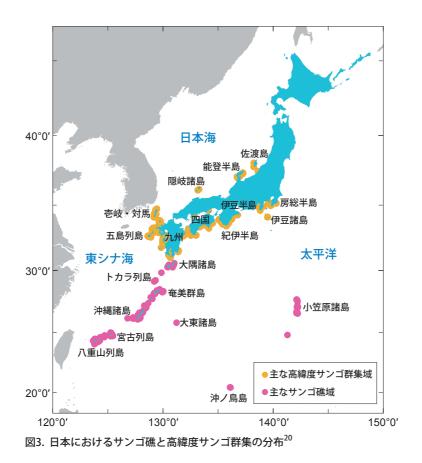


島を囲むように発達するサンゴ礁地形(沖縄県下地島・伊良部島)

## (2) 高緯度サンゴ群集

高緯度サンゴ群集とは、サンゴ礁域よりも北方の 浅海域におけるサンゴの集まりです。通常、地形 としてのサンゴ礁は形成されませんが、各地の 環境に応じて多種多様なサンゴが群集をなすた め、地域ごとに多様な海中景観を生み出します。

日本では、鹿児島県天草、長崎県対馬、島根県隠 岐諸島、和歌山県紀伊半島、新潟県佐渡、千葉 県館山等、北緯30~38度の各地に高緯度サン ゴ群集があり、四国南太平洋沿岸(愛媛県、高知 県、徳島県) もその一つです。こうした地域を高 緯度サンゴ群集域と呼びます。高緯度サンゴ群集 域は、温帯域、又はサンゴ礁が形成されないので 非サンゴ礁域と呼ばれることもあります。一般的 に、高緯度とは、より高い緯度を指しますが、こ こではサンゴ礁域の緯度と比較して、サンゴが生 息できる範囲としては高緯度という意味で用いて います。



## 2 四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ

ここでは、四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ群集域に生息するサンゴを、高緯度サンゴと呼 ぶことにします。高緯度サンゴの中には、サンゴ礁域に共通して生息している種もあります が、エダミドリイシ等、高緯度サンゴ特有の温帯性サンゴも生息しています。高緯度サンゴは、 この地域の生物多様性、生態系にとって重要な存在です。世界では約800種のサンゴが確認 されていますが、四国南太平洋沿岸の海には温帯性と熱帯性あわせて約140種以上が生息し、 日本の高緯度サンゴ群集域の中ではサンゴの多様性が高い海域の一つです。南西諸島等のサン ゴ礁域と比べて、サンゴの多様性は低く、サンゴの色も地味で、サンゴの生息密度も低い一方、 内湾等の安定した環境では、高緯度サンゴ独自の群集が見られます。

四国南太平洋沿岸のようにニホンアワサンゴやエダミドリイシ等の温帯性サンゴと、イタア ナサンゴモドキやクサビライシ等の熱帯性サンゴが牛息する地域は世界的にも珍しく、サン ゴの分布域の北限として貴重であることに加え、他の生物に生息場所を提供し、四国南太平 洋沿岸の豊かで複雑な海洋生物多様性や生態系を築く担い手の一つとなっています。

四国南太平洋沿岸を代表するサンゴ群集がある竜串湾では、平成14年から平成24年にかけ て、環境省の足摺字和海国立公園竜串地区の事業として、多くの生物群調査が行われており、 4 界 20 門 42 綱 118 目 363 科 709 属 1.479 種の生物種が確認されています。 魚類では特定 の調査範囲内で324種、海藻類では190種が記録されています。

また、ダイビングスポットで有名な高知県大月町では、これまでに 1.000 種以上の魚類が記 録されており、これは国内で記録されている魚類の約4分の1の数に相当します。

サンゴ類や魚類に限らず、四国南太平洋沿岸では、温帯性の種に加えて、南方系の種の両方 が共存する独自の生態系が築かれているのが特徴です。今後、気候変動による環境の変化に より、これまでに記録された生きものの出現は変化することが予想されます。海に生息する 生きものとその変化をモニタリングすることは、気候変動の影響を予測し、環境の変化に適 応しつつ、持続可能な利活用を進めるためにますます重要になります。

四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ群集域を地理的分布から5つに 分けると、それぞれのエリアには次のような特徴が見られます。

#### 愛媛県南部

愛媛県では県南部の八幡浜市、宇和島市、愛 南町周辺で高緯度サンゴ群集が発達していま す (P. 22 ~ 24)。本地域では、内湾、離島、 沖の瀬等多様な地形にサンゴ群集が発達して います。内湾では長寿サンゴや枝状ミドリイ シ優占の群集が見られ、離島や沖の瀬では、 卓状ミドリイシ優占や固い骨格をもたないソ フトコーラル優占の群集が見られます。また、 本海域は南北に広くサンゴが分布しています が、南から北にかけて徐々にサンゴが少なく なっていく様子が観察できます。愛南町では グラスボートやダイビング等観光でのサンゴ の利用が盛んに行われています。瀬戸内海で は、ニホンアワサンゴとキクメイシモドキの 2種のサンゴが確認されており、山口県周防 大島では、ニホンアワサンゴの大きな群集が 見られ海域公園に指定されています。



高知県

図4. 四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ群集域

#### 高知県西部

土佐湾内の大月町西岸と南岸から、沖の島(宿毛市)、足摺岬の西側の 竜串(土佐清水市)、双海(四万十市)、田野浦や佐賀(黒潮町)にかけ ての地域 (P. 25 ~ 30)。土佐湾側では内湾的な環境は少なく、海岸も礫 浜や砂浜が多く岩礁域が少なくなります。足摺岬の西側では、湾や岩礁 域等複雑な地形があり、宿毛市では沖に沖の島等離島があります。黒潮 が四国に流れ込む玄関口にあたる海域で、地形の複雑さもあり、内湾性 の枝状ミドリイシ優占や特定類優占のサンゴ群集、外洋性の卓状ミドリ イシ優占の群集、沖の瀬の深場では多種混成の群集、南方系のサンゴ等 多様なサンゴ群集が見られます。また、ダイビングが盛んなエリアでも あり、マリンアクティビティが楽しめます。水族館や海中展望塔、グラ スボートがあり、海に潜らなくても海中の様子を見ることができます。



土佐清水市



グラスボートでのサンゴの観察

## 徳島県南部

徳島県は県南部の牟岐町大島や海陽町 竹ヶ島周辺で高緯度サンゴ群集が発達 しています (P. 37, 38)。この地域の サンゴ群集は、内湾に発達しており、 安定した環境のため、長寿なサンゴが 多いことが特徴です。牟岐の千年サン ゴや竹ヶ島の巨大ムカシサンゴ等が代 表的なものです。また、竹ヶ島ではレッ ドデータブック絶滅危惧 II 類(VU) に掲載されているエダミドリイシの広 大な群集が見られ、グラスボートや シーカヤック等、観光の利用も盛んに 行われています。

## 高知県中央部

四万十町から須崎市、土佐市、高知市、南国 市、香南市にかけての地域(P.31~33)。 四万十町から高知市の辺りでは浦ノ内湾や横 浪半島等海岸地形が複雑になり、沿岸部まで 岩礁域が広がる場所が増えます。高知市から 東側は単調で内湾的な環境が少なく、高知県 東部と似た環境で護岸された海岸が多くなっ ています。波浪の影響を受けにくい場所で は、サンゴ群集が発達します。

#### 高知県東部

安芸市から田野町、奈半利町、室戸市、徳島県との県 境の東洋町にかけての地域 (P.34~36)。海岸線は単 調で内湾的な環境は少なく、離島もほとんどありませ ん。太平洋の荒波が直接海岸に当たる場所が多く、海 岸線はところどころで護岸されています。その護岸に よってできた内側の静穏域や、サンゴが育つ基盤の少 ない場所では消波ブロックが岩の代わりになり、その 人工基盤上にサンゴ群集が発達するのが特徴です。

現在、四国南太平洋沿岸では、南西諸島のサンゴ礁域で見られるようなサンゴに深く結びつ いた文化や経済活動は稀です。しかし、『時事通信』(時事通信社、1964年)の特集記事「奇観・ 造礁サンゴの大群落 海中公園構想で国立昇格へ」によると、当時高知県が観光資源として 渭南海岸(土佐清水市竜串・見残し~大月町柏島)のサンゴに着目していたことがうかがえ ます。この時期に日本自然保護協会、京都大学臨海実験所、太平洋資源調査会等が行った海 中資源調査によると、竜串・見残しのサンゴは奄美大島を除けば日本一の大群落と確認され、 多様なサンゴが生息し、熱帯動植物の北限地として貴重なものだと記録されています。現在 はあまり目立たない高緯度サンゴ群集ですが、その存在とポテンシャルは半世紀以上前に見 出されていたといえます。

## 3 高緯度サンゴに見られる変化

近年、四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴはその種類や被度、分布域に変化が見られます。この 地域での入手可能な最も古いサンゴ調査の記録は1931年にまでさかのぼることができ、当時 高知県の室戸、手結、須崎、三崎と愛媛県の宇和島の5地点で行われた調査では、41種類の サンゴが確認されています。以降、各地でサンゴのモニタリング調査が継続され、現在は41 地点で継続的な調査が実施され、これまでに確認されたサンゴは約140種にのぼります。そ の中には、イタアナサンゴモドキ、コモンキクメイシ、サボテンミドリイシ、クサビライシ 等南方系のサンゴが含まれています。



イタアナサンゴモドキ



コモンキクメイシ



サボテンミドリイシ



円盤状のクサビライシ

また、高知県香南市夜須町手結(大手の浜周辺)では、1990年代初めから 2010年代にかけ て藻場からサンゴ群集に遷移したり、サンゴの被度が増加したりする傾向が確認されていま す。1993年と2011年の同地点でのサンゴ種と被度の比較調査によると、わずか18年間で 調査対象域全体でのサンゴ平均被度が 11.1%から 41.9%に上昇しました。優占種は、海水温 の変化によって、温帯域の代表種であるミドリイシから、熱帯域から温帯域まで広く分布す るクシハダミドリイシに置き換わりが見られました<sup>22</sup>。

サンゴの種や被度が増加した要因は、サンゴ調査地点の増加や、調査手法や分類の技術が発 達したことに加え、気候変動の影響による海水温の上昇も挙げられます。特に、冬季の海水 温が下がりにくくなったことで、より浅い場所でサンゴが越冬できるようになり、生息範囲 が拡大し、サンゴの被度が増加したと考えられています。

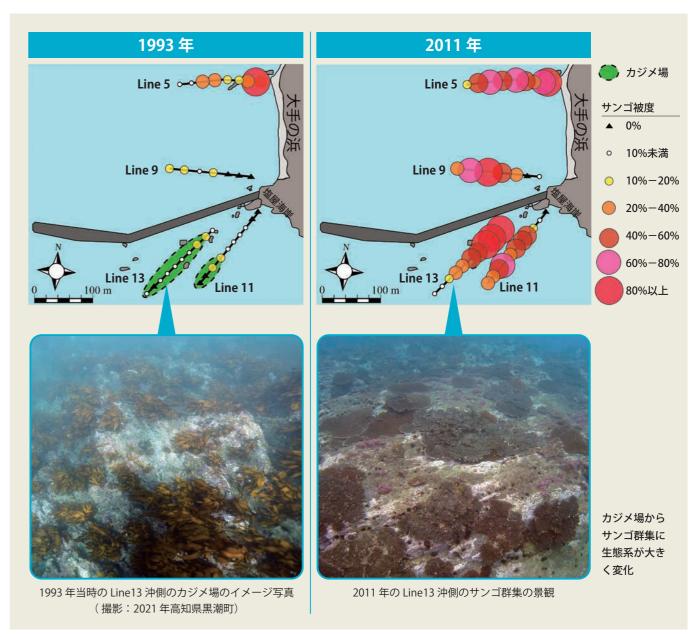


図5. 1993年(左) と2011年(右)の各調査測線上のサンゴの被度とカジメの分布域

# 第4章

# 写真でみる 四国南太平洋沿岸の 高緯度サンゴ

## 1大島





大型コマルキクメイシが群生する。

## 5大月町西岸



巨大なタイハイミドリイシの群生。

## 7大月町南岸



長寿のハナガタサンゴの仲間。

## ②戸島



枝状と卓状ミドリイシ類が混成。

#### 4横島



イシサンゴ類とソフトコーラルが多い。

## 6沖の島



浅場は卓状ミドリイシ類が群生する。

## 8竜串



#### (2)戸鳥

③須ノ川-

4横島

⑤大月町西岸→

6沖の島→

⑦大月町南岸

10田野河

9双海

## 9双海・10田野浦



## 11佐賀



## 四国南太平洋沿岸ではさまざまな地点で、高緯度サンゴが見られ ます。サンゴといえば、沖縄県等南の島々の生きものと思われて いることがありますが、実はこの海域にも特徴的なサンゴの集 団、サンゴ群集が広がっています。この章では、四国南太平洋沿 岸の高緯度サンゴの集団を写真と簡単なデータで紹介します。

#### データ項目

- Ⅱ. サンゴ被度 | 生存サンゴが生育可能な海底を占める被覆率 (%) を数値化したもの
- Ⅲ. 生育型 | その海域で代表するサンゴの特徴
- IV. サンゴ群集や海域の特徴等



15桂浜 16大手の浜 --- (14)野見 17沖の離岸堤

18海浜センター



19椎名

## ⑫志和・⑬久礼・⑭野見



②③4の土佐湾西部では、低水温やオニヒトデの影響でサンゴが減少。

13久礼

12 志和



分布密度は低いが、18種のサンゴが生息する。

17沖の離岸堤

## 16大手の浜



外洋側に卓状ミドリイシ類が多い。

## 18海浜センター



消波ブロック上に卓状ミドリイシ類が多い。

## 19椎名



## 20甲浦



浅場では卓状ミドリイシが多く、深場では被

## ②竹ヶ島



エダミドリイシやカワラサンゴ等内湾性のサ

## 22大島



# 愛媛県南部

## 1大島

1. エリア名

大島 (八幡浜市)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満

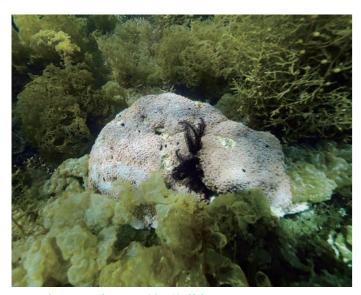
Ⅲ. 生育型

枝状ミドリイシ優占、多種混成

**Ⅳ. サンゴ群集や** 八幡浜市の沖にある大島では、サンゴ群集の発達は限定的で、海藻類が多く見られる。レッ 海域の特徴等 ドデータブック絶滅危惧 Ⅱ類 (VU) に掲載されているエダミドリイシが優占している。



エダミドリイシと海藻類



ハナガササンゴ属の一種と海藻類



エダミドリイシと海藻類



ヘンゲカメノコキクメイシと海藻類

## 2戸島

1. エリア名

戸島、竹ヶ島、菰渕等(宇和島市)

Ⅱ.サンゴ被度

5%未満~ 20%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、枝状ミドリイシ優占、多種混成、ソフトコーラル優占

Ⅳ.サンゴ群集や 海域の特徴等

宇和島市は離島が多く、リアス式海岸の複雑な海岸線が特徴。離島や潮通しの良い環境では 卓状ミドリイシ優占、内湾では温帯性のエダミドリイシが構成種の枝状ミドリイシ優占、多 種混成のサンゴ群集が見られる。愛南町や海陽町のように、長寿のコマルキクメイシやムカ シサンゴが見られる。海岸線が複雑で未調査の範囲が多く、驚くようなサンゴ群集が見つか る可能性が高い海域。





長寿のコマルキクメイシ



温帯性のエダミドリイシが優占する群集



長寿のムカシサンゴ

# ③須ノ川・4横島

1. エリア名

| 須ノ川、横島等(愛南町)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~60%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、枝状ミドリイシ優占、多種混成、特定類優占、ソフトコーラル優占 **Ⅳ. サンゴ群集や** 愛南町の沿岸及び離島、沖の瀬にサンゴ群集が発達している。潮通しの良い場所では卓状ミ

海域の特徴等 ドリイシ優占やソフトコーラル優占、内湾や深場では多種混成、特定類優占、枝状ミドリイシ 優占のサンゴ群集が見られる。内湾では長寿のハマサンゴやコマルキクメイシ等が見られる。

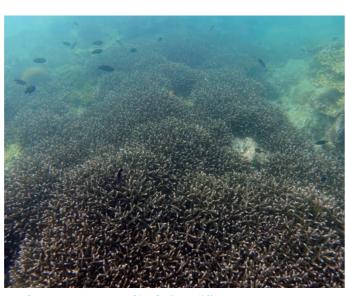


サンゴとソフトコーラルの混成

サンゴとソフトコーラルの混成



長寿のコマルキクメイシが優占する群集



スギノキミドリイシが優占する群集

# 高知県西部

## ⑤大月町西岸

1. エリア名

柏島、安満地、龍ケ迫(大月町)

Ⅱ.サンゴ被度

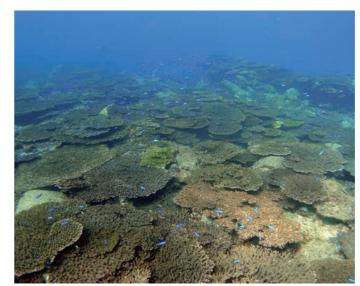
5%未満~60%

Ⅲ. 生育型

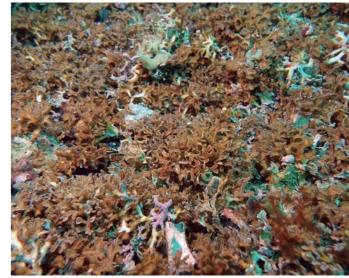
卓状ミドリイシ優占、特定類優占、多種混成

Ⅳ.サンゴ群集や 海域の特徴等

小さな湾や島の内側等で枝状ミドリイシ優占、多種混成、ヒメエダセンベイサンゴ、コモチ ハナガササンゴ、シコロサンゴ等の特定類優占のサンゴ群集が見られ、潮通しの良い外洋側 では卓状ミドリイシ優占のサンゴ群集が多く見られる。巨大な長寿のシコロサンゴやタイハ イミドリイシも見られる。



卓状ミドリイシ類が優占する群集



ヒメエダセンベイサンゴが優占する群集



砂地に優占するコモチハナガササンゴの群集



シコロサンゴが優占する群集

## 6沖の島

1. エリア名

| 沖の島、鵜来島(宿毛市)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~40%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、多種混成、ソフトコーラル優占

海域の特徴等

Ⅳ. サンゴ群集や 宿毛市の離島で、浅場では卓状ミドリイシ優占、深場では多種混成の群集が見られる。黒潮 の影響を強く受ける海域で温暖なため、サンゴ礁域で見られるような南方系のサンゴが最も 多く出現し、四国ではここでしか見られないサンゴがいる。



キンギョハナダイの群れと卓状ミドリイシ類が優占する群集 多様性の高い深場の多種混成のサンゴ群集



円盤状のマンジュウイシ属の単体サンゴ





多種混成のサンゴ群集

## ⑦大月町南岸

1. エリア名

| 西泊、尻貝、古満目(大月町)

Ⅱ.サンゴ被度

5%未満~60%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、特定類優占、枝状ミドリイシ優占、多種混成

Ⅳ.サンゴ群集や 海域の特徴等

小さな湾や島の内側等の岩礁域で枝状ミドリイシ優占、多種混成、シコロサンゴ等の特定類 優占のサンゴ群集が見られ、潮通しの良い外洋側では卓状ミドリイシ優占のサンゴ群集が多 い。巨大な長寿のハナガタサンゴも見られる。



スギノキミドリイシが優占する群集



長寿のハナガタサンゴ



多種混成のサンゴ群集



シコロサンゴとサオトメシコロサンゴの混成の群集

## 8竜串

1. エリア名

竜串 (土佐清水市)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~60%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、特定類優占、枝状ミドリイシ優占、多種混成

Ⅳ.サンゴ群集や

足摺岬の西側に位置する竜串は、足摺宇和海国立公園を代表する海域で、竜串湾内には卓状 優占等多様なサンゴ群集が見られる。長寿のハマサンゴやシコロサンゴも見られる。



クシハダミドリイシが優占する群集



長寿の塊状コブハマサンゴ



スギノキミドリイシが優占する群集



長寿のシコロサンゴが優占する群集

## 9双海・10田野浦

1. エリア名

| 双海(四万十市)、田野浦(黒潮町)

Ⅱ.サンゴ被度

5%未満~10%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占と多種混成

Ⅳ. サンゴ群集や | 四万十川の河口に近く、サンゴ群集は近年発達したような若いサンゴ群集が多い。高知県内 **海域の特徴等** では数少ないカジメの藻場が残されているが、藻場の周辺ではサンゴ群集が増加傾向にある。



大型海藻のカジメとサンゴの混成



海藻類とサンゴの混成



大型海藻のカジメと卓状ミドリイシ類の混成



卓状ミドリイシ類が優占する群集

# 高知県中央部

## 12志和・13**久礼・14野見**

1. エリア名

| 志和(四万十町)、久礼、矢井賀(中土佐町)、野見(須崎市)

Ⅱ.サンゴ被度

5%未満~20%

Ⅲ. 生育型

多種混成

Ⅳ. サンゴ群集や 土佐湾の西側で海岸まで岩礁域が広がる。近年は、オニヒトデによる食害や低水温によるか 海域の特徴等く乱の影響で、サンゴ被度が低い地点が多い。

## 11佐賀

1. エリア名

佐賀(黒潮町)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~40%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、多種混成

**Ⅳ. サンゴ群集や** 波当たりの強いところが多く、岬のような飛び出た地形の内側や港等でサンゴが発達してい **海域の特徴等** る。被度が高い地点は卓状ミドリイシ類のサンゴが優占している。



人工基盤上の卓状ミドリイシ類の群集



卓状ミドリイシ類が優占する群集



人工基盤上の多種混成のサンゴ群集



海藻のホンダワラ類とサンゴの混成



多種混成のサンゴ群集



低被度の多種混成のサンゴ群集



ハナガササンゴの一種が優占する群集



コモンサンゴの一種

## 15桂浜

1. エリア名

桂浜(高知市)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満

Ⅲ. 生育型

ソフトコーラル優占

Ⅳ. サンゴ群集や

桂浜は、高知市浦戸湾の湾口の外側で波当たりが強い環境。坂本龍馬像等で有名な観光地の 海域の特徴等 目の前で、港湾区域になっているため、基本的には遊泳禁止の海域。サンゴの被度は低く小 型のサンゴが多い。サンゴのような固い骨格をもたないソフトコーラルが多い場所もある。



ソフトコーラルが優占する群集





コシバミドリイシ スリバチサンゴ

## 16大手の浜

1.エリア名

| 大手の浜、塩谷海岸(香南市)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~ 40%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、多種混成

Ⅳ.サンゴ群集や 海域の特徴等

大手の浜は、消波ブロックの内側の静穏域にサンゴ群集が広がり、卓状ミドリイシや枝状ミ ドリイシの群集や多種混成の群集、大型のハマサンゴ等が見られる。消波ブロック外側の塩 谷海岸では、潮通しがよく卓状ミドリイシ優占のサンゴ群集が見られる。磯遊びや海水浴等 で利用されている。







多種混成のサンゴ群集



長寿のコブハマサンゴ



卓状ミドリイシ類が優占する群集

# 高知県東部

## 17沖の離岸堤・18海浜センター

1. エリア名

| 沖の離岸堤(田野町)、海浜センター(奈半利町)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~30%

Ⅲ. 生育型

卓状ミドリイシ優占、枝状ミドリイシ優占、多種混成

Ⅳ. サンゴ群集や 田野町や奈半利町では、沖の離岸堤にある消波ブロックに卓状ミドリイシ類や多種混成の群 **海域の特徴等** 集が見られる。離岸堤内側の静穏域では、枝状ミドリイシ優占のサンゴ群集等が発達している。



人工基盤上の卓状ミドリイシ類



スギノキミドリイシが優占する群集



人工基盤上の卓状ミドリイシ類が優占する群集



人工基盤上の多種混成のサンゴ群集

## 19椎名

1. エリア名

| 椎名漁港と小碆(室戸市)

Ⅱ. サンゴ被度

5%未満~ 10%

Ⅲ. 生育型

多種混成

Ⅳ.サンゴ群集や 海域の特徴等 椎名漁港では、室戸岬の東側で波当たりが強く港の離岸堤に守られた内側や消波ブロック上 でサンゴ群集がわずかに見られる。室戸市東側の土佐湾内にある小碆では、漁礁に卓状上ミ ドリイシ類や塊状サンゴが見られる。どちらの地点もその大きさからほとんどが 10 年以内 の若いサンゴ群集と見られる。



椎名漁港



人工基盤上のサンゴ群集



低被度のサンゴ群集



人工基盤上のサンゴ群集

# 徳島県南部

## 20 甲浦

1. エリア名

甲浦(高知県東洋町)

Ⅱ. サンゴ被度

20 ~ 60%

Ⅲ. 生育型

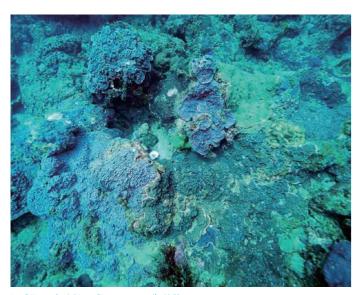
特定類優占型、多種混成

Ⅳ. サンゴ群集や 海域の特徴等

甲浦の内湾環境では、隣接する海陽町竹ヶ島と同じようなエダミドリイシ、カワラサンゴ、 大型のムカシサンゴ等が見られる。外洋側では、浅場で卓状ミドリイシ類が発達する群集が 見られ、水深 10m 以深の深場ではキッカサンゴやウスカミサンゴ等の葉状サンゴや塊状の サンゴが卓越する多種混成群集が見られる。葛島の内湾では、ハマサンゴ類が卓越した四国



卓状ミドリイシ類が優占する群集



深場の多種混成のサンゴ群集



多種混成のサンゴ群集



ハマサンゴの一種が優占する群集

## 21竹ヶ島

1. エリア名

竹ヶ島 (徳島県海洋町)

Ⅱ.サンゴ被度

30 ~ 50%

Ⅲ. 生育型

枝状ミドリイシ優占、多種混成

Ⅳ.サンゴ群集や 海域の特徴等

室戸阿南海岸国定公園の海域公園1~2号。1号地には竹ヶ島を代表するサンゴの一つであ り、高緯度サンゴ群集域に多いエダミドリイシの大規模な群集が見られる。竹ヶ島のサンゴ 群集は主に内湾に発達しており、ミドリイシ以外にカワラサンゴやウミバラといったサンゴ が卓越し、大型のムカシサンゴやハマサンゴが見られるのも特徴。周辺のグラスボート観光 や水族館等で高緯度サンゴを見ることができる。



エダミドリイシが優占する群集



ウミバラが優占するサンゴ群集



カワラサンゴ



長寿のムカシサンゴ

## 22大島

1. エリア名

大島 (徳島県牟岐町)

Ⅱ. サンゴ被度

Ⅲ. 生育型

多種混成

海域の特徴等

Ⅳ. サンゴ群集や | 大島周辺の室戸阿南海岸国定公園の海域公園1~3号地。写真(左)にあるタケノコのよ うなサンゴは地元で「千年サンゴ」と呼ばれるハマサンゴ<sup>23</sup>。地域には千年サンゴ等を守る NPO があり<sup>24</sup>、オニヒトデの駆除やサンゴ等の成育調査等が実施されている。離島で観光化 されていないため、一般の人が島に行ける機会はほとんどないが、徳島県を代表するサンゴ 群集の一つ。





多種混成のサンゴ群集



大型の塊状サンゴの群生





## 1 なぜ保全が必要か

四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ群集域は、多様なサンゴ種を育む地となっています。また、 サンゴの種や被度の増加傾向を踏まえると、高緯度サンゴは今後この海域の生物多様性や生 態系にとってより大きな役割を果たすと考えられます。

加えて、高緯度サンゴの保全を通じて得られる情報は、海とその恵みの急激な変化の現状や 傾向を知り、将来を予測するための重要な手がかりとなります。変化の主要因である気候変 動の影響を捉えるためには、次のようなサンゴの生態や特性が役立ちます。

- サンゴの卵や幼生の移動分散能力が高く、海水温上昇に伴う分布範囲の変化が他の生きも のより早く現れるため、気候変動の海への影響の早期把握や予測につながる。すでに、サ ンゴの分布域の北上は、四国南太平洋沿岸をはじめとする各地で確認されている 25。
- サンゴは固着性の種が多く、同じ場所で成長し続けるため、プランクトンや魚類、海鳥等 の移動性の生きものに比べ、同一地点での継続的な情報収集や分析を行うことができる。
- サンゴは海水の温度、清澄度、塩分濃度、栄養塩濃度、光環境、流速等、生息環境の変化 に非常に敏感で、ストレスを受けると色や状態に現れるため、サンゴの外見から海中環境 の変化の把握が行いやすい。

## 2 高緯度サンゴのかく乱要因

これまでの調査によると、四国南太平洋沿岸の海では90年以上前からサンゴが生息し、近年 はサンゴの種や被度の増加、分布域の拡大が見られる地点があります。しかし、それは必ず しも今後その傾向が続くことを示してはいません。現在も、サンゴの定着や成長をかく乱す る要因が複数存在しています。ここでは、四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴを知り、保全す る上で重要な、主なかく乱要因とその影響を紹介します。

## (1) 夏季の高水温

サンゴのかく乱要因の一つとして、夏季の海水が高温になることが挙げられます。サンゴの 生育の最適水温は概ね 18  $\mathbb{C}$   $\sim 28$   $\mathbb{C}$  、生育可能水温は 12  $\mathbb{C}$   $\sim 35$   $\mathbb{C}$  とされています。夏季の気 温が高い時期に、海水温(海水面温度)が上昇し、30℃を超える水温が数週間、さらに水温 が高い場合には数日間続くと、サンゴは高温のストレスによって白化します。

サンゴの白化及び白化現象とは、水温や塩分濃度の変化(環境ストレス)を受けることによっ て、サンゴ体内に共生する褐虫藻の密度が減少し、サンゴの見た目が白っぽく見える現象で す。白化によってサンゴ体内の褐虫藻の密度が低下することで、サンゴは光合成による栄養 が不足し、次第に弱っていきます。短期間のうちに海水温が下がれば褐虫藻が戻り、サンゴ も回復しますが、弱った状態が長く続くと、サンゴが死滅してしまうこともあります。

水温の変化は面的な広がりをもって発生するため、夏季の高水温による白化や死滅の影響は 比較的広範囲に及ぶ傾向があります。



サンゴの白化

高水温による地球規模でのサン ゴの白化が初めて確認されたの は1997~1998年、エルニー ニョ現象等に気候変動の影響が 加わったことによるものでし た。その後2010年、2014~ 2015年と、世界規模での白化 が続きました。近年は、気候変 動の影響による海水温の上昇が 進んでおり、エルニーニョ現象 等の気象現象を伴わないサンゴ の白化の発生、死滅の被害が世 界や日本の各地で増えています。



水上からでもわかるサンゴの白化 (2010年、高知県大月町)

四国南太平洋沿岸の高知県南西海域の場合、年間の平均海水温は約21~22℃、夏季(7~ 9月)の最高海水温は28~30℃程度です。小規模な白化は毎年のように浅い内湾のエリア で見られますが、大規模な白化が起こった年は、2008年、2010年、2017年、2018年、 2022年です。白化は必ずしも沿岸の全域で起こるわけではなく、内湾、潮通しの良い場所、 水深等によって被害が異なります。本海域では、夏から初秋にかけて台風の襲来がなく日照 りが続くと、温められた海水が停滞して29℃以上の高水温の期間が長くなり、サンゴが白化 すると考えられています。

四国南太平洋沿岸の夏季の海面水温は、気候変動の影響を受けて過去 100 年間で 1.10℃上昇 しており、今後 21 世紀末にかけて上昇するとされています <sup>26</sup>。現在のところ、高水温により 白化したサンゴは水温の低下とともに回復することが多く、大量の死滅は確認されていませ んが、今後はサンゴが高温ストレスに晒され、サンゴ礁海域のように白化のリスクが高まる ことが予想されます。



図 6. 高知県大月町西泊において サンゴが白化した 2008 年及び 2010年と白化しなかった 2009 年の日平均水温の推移(2008~ 2010年、7月1日~9月30日) (黒潮牛物研究所, 2010.)



## (2) 冬季の低水温

冬季の極端な低水温も、サンゴにとってストレスとなります。寒波の影響等によって冬季の 海水温が通常に比べて2~3℃低下し、生息可能水温を下回る状態が数日程度続くと、サンゴ はストレス状態にさらされ、高水温と同様に白化が起こります。

高水温による白化が日本や世界各地の海で確認される一方、低水温による白化は主に高緯度 サンゴ群集域に限られます。例えば、オーストラリア 西オーストラリア州 州都パース (緯度 32 度) では、2016 年に海水温が過去 10 年間の最低記録(15.3℃)まで下がり、17℃未満 の期間が最大19日間続いたことで、一部のサンゴ群集に白化が見られました27。

四国南太平洋沿岸(緯度 32 ~ 33 度)は、冬季の平均水温が 16℃~17℃のため、海水温が 2~3℃低下することで、サンゴによっては生息可能温度を下回る環境になります。これまで も低水温によるサンゴの白化と死滅が確認されており、徳島県海陽町の竹ケ島では、1981年 2月に寒波と紀伊水道から南下する内海系水の影響によって海水温が9℃に低下する日が半月 ほど続き、エダミドリイシとシコロサンゴの多くが死滅しました<sup>28</sup>。近年は、徳島県海陽町と 高知県東洋町(2017年2~3月)、高知県香南市・奈半利町(2018年2月、2023年2月)、 高知県大月町(2022年12月)等で寒波による異常低水温が発生し、サンゴの白化と死滅が 起こりました。

高知県沿岸では、例年の冬季水温の上昇等により、干潮時に干上がるような浅い水深までサ ンゴが進出できるようになりました。一方で、四国南太平洋沿岸では、2017年頃から黒潮の 大蛇行が記録史上最長となるほど継続しており、四国沖の黒潮の流路にも影響が出ています。 場所によっては、黒潮の流路が離れ、暖かい海水が流れ込みにくくなり低水温が助長された り、干潮時の低水位によってサンゴが海面から露出して冷たい空気に触れたり、夜間の干潮 時に寒波が襲来して水温がさらに低下したりすることが、低水温の追加的なストレスとなる のも特徴です。

四国南太平洋沿岸では、今のところ夏季の 高水温よりも、冬季の低水温による被害が 大きくなる傾向があります。サンゴの生息 範囲が拡大して、これまで生きることので きなかった水深の浅い場所にもサンゴが生 息できるようになりましたが、同時に冬季 の低水温に晒されるリスクが高くなるとい えます。今後も本海域では低水温によるサ ンゴの状態を把握することが重要になって きますが、いずれ気候変動により冬季の水 温の上昇や寒波の減少が認められれば、冬 季の被害は少なくなる可能性もあります。



海中に白く見える白化したサンゴ群集 (2023年2月17日、高知県奈半利町)



低水温で白化した枝状サンゴ(中央)と、その周りのすでに死滅したサンゴ(2023年1月23日、高知県大月町)

## (3) サンゴ食害生物 29

サンゴを捕食する生物として、オニヒトデやサンゴ食巻貝類等がいます。これらのサンゴ食生 物は、成長の早いミドリイシ科のサンゴを好んで食べる傾向があります。それによって、成 長の遅い他のサンゴが生息できたり、稚サンゴが加入するための裸地が提供されたりします。 そのため、これらのサンゴ食生物はサンゴの種の多様性に貢献していると考えられています。

#### オニヒトデ



持つ大型のヒトデ 長は直径 40 cm を超 洋、紅海等の世界各 地のサンゴ生息地で 見られます。沖縄県

のサンゴ礁域では通常 1ha あたり 1 から 5 個体の密度で 生息し、一般的に夜間にサンゴを食べ、日中はサンゴの 下や岩陰に隠れています。大量発生すると昼夜問わずサ ンゴを食べる機会が増え、サンゴへの被害が拡大します。 天敵となる生物はホラガイですが、オニヒトデの大発生 を抑えるほどの生息密度ではなく、サンゴ群集を保全す る上では、オニヒトデの生息密度を通常の範囲に抑える ことが必要になります。

日本では 1970 年代~ 1980 年代と 2000 年頃の 2 度にわ たって、沖縄諸島や奄美群島等のサンゴ礁域や、九州や 四国、和歌山等の高緯度サンゴ群集域で数千から1万匹

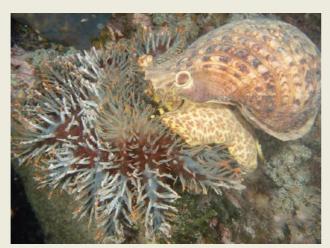


オニヒトデの食害を受けるサンゴ群集(高知県土佐清水市)

体表面に有毒な針をを超す大量発生が同時多発的かつ長期的に起こりました。

で、成体になると体 大量発生が起こると、多くの地域でサンゴが食い尽くさ れ、壊滅的な被害が出た地域もあります。その後、稚サ え、太平洋、インドンゴの新規加入が見られた地域もありますが、生存サン ゴ被度は低下する傾向が見られます。

> 四国南太平洋沿岸でも、1970年代に大量発生し、1980 年代初めには収束したものの、2000年頃から再び増加傾 向が見られ、2008年~2012年にかけて発生数が増えま した。この時期に足摺岬から西の太平洋南岸や土佐湾内 の西岸では、オニヒトデ駆除が行われていなかった地点 のほとんどのサンゴ群集が壊滅的な被害を受けました。 その後徐々にオニヒトデの数は減少しましたが、2013年 以降も出現が継続している地域があり、今後の大発生に ついては可能性が否定できません。すべてのサンゴ群集 域の守ることはできませんが、重点保全区域の継続的な 駆除活動によって、サンゴ群集への被害を抑えている海 域もあります。



ホラガイに食べられるオニヒトデ

しかし、稀に局所的な大量発生が起こると、サン ゴに壊滅的な被害をもたらすことがあります。オ ニヒトデやサンゴ食巻貝類の大量発生は世界各地 で報告されており、多くのサンゴ生息地に深刻な 被害をもたらしてきました。そのため、これらの 種は「サンゴ食害生物」とされています。

オニヒトデもサンゴ食巻貝も大発生の原因はよく 分かっていません。自然の営みではありますが、 大量発生によってサンゴが深刻な被害を受ける と、その地域のサンゴや海洋生物の多様性、生態 系に深刻な影響が及ぶことが考えられます。



駆除された大量のオニヒトデ (高知県土佐清水市)

#### サンゴ食巻貝類30



食巻貝は、サンゴの 成してミドリイシ科

等の樹枝状サンゴやテーブル状サンゴが形成する枝の隙 間等に生息します。しかし、稀に 1000 個体以上が大量発 生し、大集団を形成することがあります。

れ、その後沖縄諸島を起点として、黒潮流域に位置する



サンゴ食巻貝による食害

Drupella 属等サンゴ 各地で連続的に発生が記録されています。

組織を摂餌する殻長 オニヒトデに比べると被害の範囲は小さい傾向にあり、 2~4cmの肉食性貝 地域全体が壊滅的な影響を受ける被害にはなりません 類です。本属の貝類が、大量発生した場所には局所的なサンゴの壊滅が見ら は、通常1から10 れ、その他のかく乱要因が加わった場合のサンゴ群集の 個体程度の集団を形 荒廃の進行が懸念されます。

四国南太平洋沿岸では、1989年に高知県大月町尻貝で大 量発生が確認されて以降、高知県竜串や愛媛県愛南町で も大量発生が起こり、2000年頃までにピークを迎えたと 考えられます。その間、軽微なものから大規模なものま 日本では、1976年に三宅島で初めて大量発生が記録さ で各地でサンゴの食害被害が確認されました。現在はサ ンゴ食巻貝の発生数は小康状態を保っています。



ダイバーによるサンゴ食巻貝の駆除。サンゴの下に隠れている貝 をピンセットで捕獲する

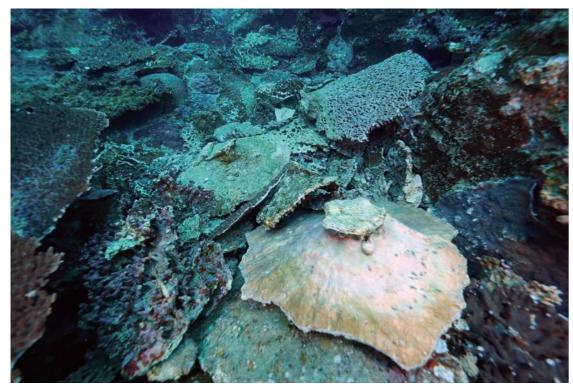
## (4) 気象現象

台風や豪雨は、サンゴの生息地に強い風や波浪、陸域からの土砂流入や、海中の堆積物や栄養 塩の流入等をもたらします。これにより、サンゴは剥離や破損、転倒といった物理的な破壊や、 海岸の法面の崩壊等生息地の地形の改変といった被害を受けます。

台風は夏季の海面水温を低下させるため、サンゴの生息環境を守る働きもしますが、局所的な かく乱要因にもなっています。高知県室戸岬が「台風銀座」と呼ばれるように、四国南太平洋 沿岸は台風の通過や上陸が多く、その影響を受けやすい地域です。高知県の有名なダイビン グスポットの一つである柏島では、2004年や2005年の台風の影響で大きな被害を受けて、 サンゴ被度が大きく低下しました。その後、卓状ミドリイシ類の大規模な加入があり、10年 とかからずにサンゴ群集の急速な回復が見られました。

また、この地域での気象現象によるサンゴの被害事例として、2001年9月に土佐清水市、大 月町、宿毛市で発生した高知西南豪雨による足摺海域への土砂流入があります。土佐清水市 の竜串湾内では河川から、大月町の尻貝海中公園では斜面崩壊により大量の土砂が海に流入 し、サンゴが土砂に埋まる等大きな被害が出ました。その後、台風の働きや環境省等による 除去作業によって堆積した土砂は減少しましたが、一部では濁りによる水質悪化をもたらし、 サンゴの生育に影響したと考えられています 31。

気候変動の影響に伴って、台風の強度増大や大雨の発生頻度増加が予測されており、四国南 太平洋沿岸においても、かく乱要因が増す可能性があります 32。



台風の波浪で破損や 剥離したサンゴ (高知県宿毛市)

## (5) 人間の活動

四国南太平洋沿岸では高緯度サンゴを基盤とする文化・生業・産業が限定的なため、人間の活 動とサンゴの関係性や、人間の活動のサンゴへの影響について明確ではないことが多い状況で す。ただし、沿岸海域では、沿岸の開発や埋め立て、ダイビングや海水浴等のマリンレジャー、 船渡、養殖漁といった人間の活動が行われ、高緯度サンゴのかく乱要因となる事例も確認さ れています。

1996年、運輸省(当時)によってエコポート(環境共生型港湾)事業が導入され、高知県夜 須町での新整備計画が実施されました。当時、夜須町の海岸域では、港の整備による海岸の 埋立て、人工海水浴場やヨット斜路設置のための旧海水浴の一部埋立て等が実施され、海岸 の大規模な改変が行われました。自然の渚の形が歪められたことにより、残された海岸や海 中の堆積環境のバランスが崩れ、サンゴの生息する大手の浜では、砂礫によるサンゴの埋没 等が確認される等の影響が顕在化しました。

また、1990年代から2000年代前半には、高知県大月町柏島においてダイビングによる高緯 度サンゴの過剰・不適切な利用も見られました。当時、柏島でのダイビングが盛んになり、 ダイビング船によるサンゴ群集への無秩序なアンカリングがサンゴを破壊していることが指 摘されました。さらに、柏島周辺の海域利用に関して、ダイビング事業者と地元漁業者との 間で調整が難航したこともあり、特定のダイビングスポットに観光客が集中しました。繁忙 期には、後の浜の 500 mの幅に設置された 10 個のブイに十数隻のダイビング船が連なり、 海底には百人を超えるダイバーが入り乱れる状況も見られ、サンゴをはじめ沿岸海洋生態系 に悪影響が及ぶことが心配されました<sup>33</sup>。

この他にも、イセエビ漁の際にサンゴが巻き上げられ破損する事例や、赤潮によるサンゴの 死滅の事例が確認されています。

人間の活動が、高緯度サンゴを含む沿岸牛熊系にとってかく乱要因となり得ることを理解し、 関係性や影響に配慮しなければ、不可逆的な影響を与える可能性があることには今後も留意 が必要です。またその際には、四国南太平洋沿岸の高緯度サンゴ群集域の海岸延長が 1.599km に及び、地域ごとに海の状況や利用形態が多様であることから、他地域の事例を参考にしな がら、各地域固有の状況を把握することが重要です。



## 1 保全と持続可能な利活用に向けて

海は絶えず変化していますが、近年の気候変動の影響による変化は急激です。

人間がその変化に構わず、海との関わり方を変えずにいた場合、必要な保全が行われない、こ れまで通りの人間の活動が高緯度サンゴを含む沿岸生態系に対するかく乱要因となる、といっ た事態を招き、藻場も高緯度サンゴ群集もない牛物相の貧しい海に変化するという最悪のシ ナリオさえ予測されます。

経済・社会・環境の多方面において、海からの自然の恵みを享受している四国南太平洋沿岸 の地域では、地域の継続性・存続のためにも、海とその恵みが一世代前、一昔前とは異なっ ていくことを理解し、その変化にスピード感を持って対策を講じることが求められます。サ ンゴは P. 39 に挙げたような特徴を持っており、サンゴを知り、守ることが、生物多様性や生 態系の変化について現状把握や将来予測を行い、変化に対応することにも役立ちます。

四国南太平洋沿岸には、足摺宇和海国立公園(1972年制定)や室戸阿南海岸国定公園(1964 年制定)があり、市民・事業者・市町村・県・国等のさまざまな関係者によって地域の自然 の保全や継承が目指されてきました。すでにサンゴの調査や保全が行われている地域もあり、 こうした歴史と実績は高緯度サンゴや沿岸生態系の保全と持続可能な利活用の大きな助けと なります。

また、公益財団法人黒潮生物研究所(高知 県大月町、以下「黒潮生物研究所」)の存在 も貴重です。黒潮生物研究所は、人と自然 が共存する社会の実現を目指して、高緯度 サンゴを含む黒潮流域の生態系に関する調 査研究や、海洋生物と海洋環境に関する基 礎研究の発展、普及啓発・保全等の活動の 推進を行っています。科学的アプローチで 包括的な事業を行う研究機関が地域に存在 することは稀であり、海の変化を知り、適 応していく大きな支えとなります。

四国南太平洋沿岸はこうした特性を活かし て、高緯度サンゴや沿岸生態系の保全と持 続可能な利活用に取り組むことができる貴 重な地域といえます。

高緯度サンゴの保全と持続可能な利活用を 検討・実施するにあたっては、環境省や水 産庁が示す枠組み(表3・表4)が有用で す。本章では、これらの枠組みを参考に、 四国南太平洋沿岸における現状の取り組み と今後の期待を紹介します。

活動の区分	活動の内容
現状を把握する活動	<ul><li>サンゴのモニタリング調査 (リーフチェック等)</li><li>赤土の流入等陸域からの負荷の 監視</li><li>漁場の監視</li></ul>
普及啓発活動	<ul><li>活動の広報</li><li>環境・体験学習の実施</li><li>地域や一般市民との連携</li></ul>
意識向上のための活動	<ul><li>サンゴ礁保全のための研修会</li><li>ダイビング事業者や有識者との 学習会</li><li>全国事例の視察</li></ul>
保全活動	<ul> <li>オニヒトデの駆除</li> <li>サンゴの移植</li> <li>その他の関連する保全活動</li> <li>ウミガメの産卵場保護</li> <li>ビーチクリーン</li> <li>マングローブの保全</li> </ul>

#### 表 3. サンゴ礁の保全活動の具体的な内容

(株式会社水土舎. "平成 18 年度環境・生態系保全活動支援調査委託事業 沿岸域 の環境・生態系保全活動の進め方(暫定指針)".水産庁.2007.)34一部表記順序と 内容を修正

目 的	「自然」と「人間による自然利用」のバランスをとること。
課題	近代以降、自然が許容する限界を超えて、人間の自然利用が行われ、 バランスが大きく損なわれてきた。
管理手法	<ol> <li>自然のシステムをより明らかにし、自然の現状をモニターすること。</li> <li>人間による過度あるいは不可逆的・破壊的利用による悪影響を把握・認識すること。</li> <li>過度あるいは不可逆的・破壊的利用を制限すること。</li> <li>劣化した自然の回復を手助けすること。</li> <li>持続的な自然利用を可能にする技術、システムを開発すること。</li> <li>以上の内容を社会的に共有し、持続的自然利用をベースにした社会の形成と、そのためのルールづくりを行うこと。</li> </ol>

表 4. 自然環境保全における、持続的な利用を実現するための管理手法 (環境省・日本サンゴ礁学会. "日本のサンゴ礁". 環境省. 2004.)35

## 2 継続的な現状把握とモニタリング

#### 概要

高緯度サンゴとそれを含む沿岸生態系の現状把握と継続的モニタリングは、保全と持続可能 な利活用に欠かせません。

現状把握は、高緯度サンゴの健康状態を現地で調査し、情報を収集・理解することです。例 えば、スポットチェック法というサンゴのモニタリング方法では、サンゴ被度(海底に占め る生きたサンゴの割合)、白化率、サンゴ生育型、大型卓状ミドリイシ5群体の平均サイズ、 オニヒトデやサンゴ食巻貝の発生状況等が調査項目となっています<sup>36</sup>。これは、1地点につき 15 分間、50m 四方の範囲を調査する簡易的な手法で、サンゴ礁域や高緯度サンゴ群集域では 年に1回、同じ方法でモニタリングが実施されています。

モニタリングとは、現状把握を継続し、突発的なかく乱を記録したり、過去の記録と比較し てその変化や人間活動の影響を把握・分析し、未来を予測することです。これにより、保全 活動の優先順位付けや適切なオプションの選択、異常事態や問題が抽出された場合の効果的 な対策立案、活動の効果測定を行うことができます<sup>37</sup>。



#### 四国南太平洋沿岸での取り組み

2022年現在、41カ所でスポットチェック法によるモニタリングが行われています。環境省 モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査における正規調査対象となっている 16 地点に加え、 25 地点でボランティア等による調査が行われています。

黒潮生物研究所や、各地域のマリンレジャー事業者、拠点施設(海洋自然博物館マリンジャ ム、YASU海の駅クラブ、カアナパリ、オランクダイバーズ、むろと廃校水族館、奈半利町海 浜センター海辺の自然学校)が協力して実施し、互いに比較可能な調査項目や調査手法を採 用しているのが特徴です。また、こうちサンゴ沿岸生態系適応ネットワーク(2022年2月設 立、会員18団体)を通じてモニタリング情報の共有が行われています。

継続的な現状把握や過去の文献調査により、四国南太平洋沿岸では約140種のサンゴが確認 されており、高知県沿岸では、長期的にサンゴの分布域とサンゴの種数が増加していること も確認されています。一方で、オニヒトデによる食害、冬季の低水温によるサンゴの死滅、 台風の波浪の影響等によるかく乱によって大きな被害を受けた手結や土佐湾西側の須崎市か ら矢井賀周辺では、被度のみならずサンゴの種の減少が確認されています。



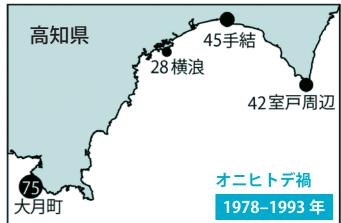






図 7. 高知県の沿岸域におけるサンゴ種数の変化(1931年、1978~1993年、2002~2012年、2019年~2021年の比較) (高知県. サンゴ分布調査委託業務報告書. 2022.)

## 3 普及啓発・意識向上

#### 概要

地域内外の関係者が、高緯度サンゴ群集や沿岸生態系、その人間との関わり、保全や持続可 能な利活用に関して理解を深め、取り組みへの関心と参加意欲を高めるためには、意識向上・ 普及啓発に関する活動が重要です。具体的には次のようなものが挙げられます。

- ポスターやチラシ、パンフレットの作成・配布
- ウェブサイトやSNSを活用した情報発信と交流
- 学校や地域のイベントでの講演や展示活動
- 環境学習プログラムの実施

- サンゴ観察会やビーチクリーンの開催
- 学習会やセミナー、会議、シンポジウム の開催
- 優良・先進事例の視察

#### 四国南太平洋沿岸での取り組み

これまで地域の社会経済において必要性が高くなかったこ とを背景に、高緯度サンゴを含む沿岸生態系、その人間と の関わり、保全や持続可能な利活用への認知度は概して低 い状況にあります。一方、情報発信やイベント開催等を通 じて、意識向上・普及啓発に取り組む事例もあります。

- 愛媛県愛南町内海中学校 38 中学校3年生を対象としたサンゴのモニタリング活 動・文化祭での活動発表
- 高知県奈半利町奈半利小学校 39 小学校4・5年生を対象とした海の活動体験・サンゴ 学習の実施
- 徳島県海陽町宍喰小学校 40 小学校5年生を対象としたサンゴの活動体験・サンゴ 学習の実施
- 黒潮生物研究所 ウェブサイトや機関誌『Current』での情報発信、サン ゴのモニタリングイベントの実施、地元児童を対象と したサマースクールの開催





海とその恵みについて触れ、知ることができる磯の生きもの観察

## 4 かく乱要因とその影響の回避・軽減

#### 概要

P. 40~47 に記載したように、高緯度サンゴに対する主なかく乱要因には、夏季の高水温、 冬季の低水温、サンゴ食害生物、気象現象、人間活動(沿岸の開発や埋め立て、ダイビング や海水浴等のマリンレジャー、船渡、養殖漁)があります。現状把握とモニタリングで得ら れた情報を元に、こうしたかく乱要因とその影響の回避・軽減を図ることが、高緯度サンゴ の保全と持続可能な利活用の中核となります。

かく乱要因	影響	回避・軽減の取り組み						
夏季の高水温	環境ストレスに よるサンゴの白 化や死滅、サン	沿岸生態系は全体として変化しているため、地域での取り組みにより広範または局所的に夏季の高水温を回避・軽減することは困難です。サンゴが高水温のストレスに晒される場合に備えて、各地域で他のかく乱要因によるサンゴの死滅や生育環境の劣化をできるだけ減らすことが対応策となります。						
冬季の低水温	ゴ群集の減少	冬季の低水温を回避・軽減することは困難なため、サンゴが低水温のストレスに晒される場合に備えて、他のかく乱要因によるサンコの死滅や生育環境の劣化をできるだけ減らしておくことが対応策となります。						
サンゴ食害生物 の大量発生	食害によるサン ゴの死滅、サン ゴ群集の減少	オニヒトデやサンゴ食巻貝の大量発生やその影響を回避・軽減する ためには、サンゴ食害生物の現状把握とモニタリング、大量発生や その兆候の早期発見、戦略的な個体の駆除が有効な手段です。						
気象現象	生育環境の劣 化・減少、サン ゴの死滅	気象現象の発生を回避・軽減することは困難なため、その発生に備えて、他のかく乱要因によるサンゴの死滅や生育環境の劣化をできるだけ減らしておくことが対応策となります。また、影響の進行・拡大を防ぐために、発生後の生育環境への効果的な対策(泥や土砂の除去、壊れて海底に落ちたサンゴの移植等)を図ることも有効です。						
人間活動	生育環境の劣化・減少、サンゴの死滅、サンゴ群集の減少	沿岸の開発や埋め立て、ダイビングや海水浴等のマリンレジャー、 船渡、養殖漁は、回避・軽減を図ることができます。このとき、回 避・軽減の取り組みによって、これらの人間活動を通じて得られる 海の恵みにも影響が生じる可能性があること、これまで通りの海の 恵みが得られるとは限らないことに留意が必要です。高緯度サンゴ の保全と海の恵みの享受が両立できる持続可能な利活用へと現状の 変容を図ることが対応策となります。						

表 5. 高緯度サンゴに対する主なかく乱要因とその影響の回避・軽減の概要

#### 四国南太平洋沿岸での取り組み

#### サンゴ食害生物の駆除

環境省自然環境局生物多様性センター(『環境省モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査 2003 - 2017 年度取りまとめ報告書』) 及び、こうちサンゴ沿岸生態系適応ネットワーク (第 2回ネットワーク集会)によると、近年各地でさまざまな主体によって、サンゴの保全事業と してオニヒトデの分布調査や駆除活動が行われています。

令和3年度(2021年度)のオニヒトデ駆除数は約2.696個体、令和4年度(2022年度)は 約1.177個体となっており(一部地点を除く)、全体的にオニヒトデの出現数は概ね減少傾向 にあります。ただし、局所的に出現が多い地点もあり、モニタリングの現況に応じた駆除活 動の継続が必要です。

行政区	事業名	実施主体	駆除対象
愛南町	マリンワーカー事業	環境省(宇和海海中資源保護対策協議会)	オニヒトデ サンゴ食巻貝
	宇和海海域公園サンゴ保護対策事業	宇和海海中資源保護対策協議会請負(県補助)	オニヒトデ サンゴ食巻貝
	水産多面的機能発揮対策事業	愛南サンゴを守る協議会(水産庁交付金事業)	オニヒトデ
	水産多面的機能発揮対策事業	宿毛湾環境保全連絡協議会 (水産庁交付金事業・県市町補助)	オニヒトデ サンゴ食巻貝
宿毛市 大月町	マリンワーカー事業	環境省	オニヒトデ
703.3	大月パークボランティアサンゴ 保全活動	足摺宇和海国立公園大月地区パークボランティア	オニヒトデ サンゴ食巻貝
	水産多面的機能発揮対策事業	みんなの海を育てる会(水産庁交付金事業)	オニヒトデ サンゴ食巻貝
土佐清水市	マリンワーカー事業	環境省	オニヒトデ サンゴ食巻貝
	土佐清水市補助事業	NPO 竜串観光振興会	オニヒトデ
香南市	香南市補助事業 (手結オニヒトデ分布状況調査)	香南市・黒潮生物研究所・YASU 海の駅クラブ	オニヒトデ
宿毛市大月町	マリンワーカー事業	環境省	オニヒトデ
	水産多面的機能発揮対策事業	宿毛湾環境保全連絡協議会(水産庁交付金事業)	オニヒトデ
四万十町志和	サンゴ保護業務	高知県(四万十ダイブ・黒潮生物研究所)	オニヒトデ

表 6. 四国南太平洋沿岸での主なサンゴ食害生物の駆除活動

#### 人間活動とその影響の回避・軽減

四国南太平洋沿岸では、高緯度サンゴの存在やその沿岸生態系における役割、人間との関わ りについての認知度は低い傾向にあります。しかし、自らの事業活動が地域の海域環境に影 響を及ぼすことを認識する地元企業や自治体等が協力して、サンゴの保全活動を行っている 事例もあります。

徳島県海陽町では、地元漁協によるサンゴの移植(1986年~)や、竹ヶ島海中公園自然再生 協議会の発足(2005年~)、近年では海陽町による竹ヶ島海域公園魅力化プロジェクトの実 施等、竹ヶ島周辺の海域環境とサンゴの保全が行われています。海洋自然博物館マリンジャ ムでのサンゴの生育実験や、移植放流、サンゴモニタリング調査、小学生によるサンゴの移 植体験が、地域内外の人材や資金を得て実施されています 41。

また、高知県奈半利町では、高知県「環境先進企業との協働の森づくり事業」の一つとして、 2006年から日本たばこ産業株式会社(JT)が所有する「JT の森 奈半利」での森林保全を 通じた川・海の自然環境及びサンゴ等流域の生きものが暮らす環境の保全活動が行われてき ました。森林の水源涵養機能の向上によって、サンゴの生息する奈半利町周辺の海域環境を 保全することを目指し、スギやヒノキ林の間伐や、広葉樹の植栽・育成、地域関係者の交流、 環境学習が行われました <sup>42, 43, 44</sup>。

過去には、サンゴ保全を目的に沿岸開発を取りやめた事例もあります。1987年、運輸省(当 時)、高知県、夜須町によって、観光振興を目的に、手結港マリンタウンプロジェクト(沿岸 総合利用モデル事業)が計画され、大手の浜の高緯度サンゴ群生地を埋め立てて、マリーナ 建設を行う計画が示されました。これに対し、地元団体である大手の浜・なぎさの会を中心 にサンゴ観察会やサンゴ保全の呼びかけと実施が行われ、その結果、マリンタウンプロジェ クトの計画が変更となり、マリーナの建設は中止となりました。

マリンタウンプロジェクトをめぐっては、多くの自然保護活動と同様に、事業提案・実施主 体ならびに地元の賛成派と、地元の反対派ならびに環境保護団体が対立しました。沿岸開発 の取りやめによってサンゴの生息地が守られた一方、対立によって地域住民の間に生まれた 心理的な隔たりやわだかまりは負の結果として残りました。これからの保全と持続可能な利 活用においては、利害関係者が対立する構造ではなく、対話と協働、調和を重視することが よりよい成果につながると考えています。

## 5 持続可能な利活用の検討と実施

自然の恵みを人間が持続可能なかたちで利活用するということは、新しい考え方や取り組み ではありません。例えば、1975年に発効された湿地保全とワイズユースが目的であるラムサー ル条約では、湿地の保全と人間による持続可能な利用の両立を強調しています。ラムサール 条約では、ワイズユースについて次のように定義されています 45。

- 湿地のワイズユース(賢明な利用)とは、持続可能な開発の文脈の中で、生態系アプロー チの実施を通じて達成される生態学的特徴の維持。(2005年、改訂後の定義)
- 湿地のワイズユース(賢明な利用)とは、生態系の自然特性の維持と両立する方法で人類 の利益のために持続的に利用すること。(1987年、最初の定義)

こうした考えは、四国南太平洋沿岸の海にもあてはまります。高緯度サンゴを含む沿岸生態 系の保全と、海の恵みの持続可能なかたちでの利活用の両立を図ることで、地域住民の暮ら しの豊かさを維持し、将来の世代にも引き継ぐことが必要です。

さらにこれからの取り組みにおいては、こうした考えに加えて、気候変動の影響による海と その恵みの変化を理解し、適応するという考えも重要です。海とその恵みが変わる中でも目 指す地域の未来像に近づくために、今から何に取り組むと良いかを検討し実施することが望 まれます。そのために必要な情報や将来予測、取り組みへの示唆は、現状把握やモニタリン グを通じて得ることができます。

こうした気候変動の影響を踏まえたサンゴの保全と持続可能な利活用は、まだ一般的ではあ りませんが、環境省の事業として慶良間諸鳥国立公園(沖縄県)のサンゴ礁を対象とした試 行検討の事例があります。

#### 慶良間諸島国立公園(モデル保護区)における気候変動への適応策検討事例

ねらい	生物多様性分野における気候変動への適応策(気候変動による影響を低減するために健全な生態 系を保全・再生する対策)を、地域の保護区等(国立公園等)の保全管理や種の保存、野生鳥獣 の管理等に役立て、組み込むことを目的としたモデル保護区での検討試行。					
実施期間	平成 28 年度(2017 年度)~平成 30 年度(2019 年度)					
実 施 地	慶良間諸島国立公園(沖縄県)					
実施事項	ステップ 1基礎情報の収集・整備ステップ 5関係者の認識や意見の把握と計画の検討ステップ 2評価対象のデータ収集ステップ 6保全や利用に関する計画の策定ステップ 3将来分布・景観予測ステップ 7順応的管理*ステップ 4適応オプションの検討※検討試行には含まない適応策検討のステップ。					
成果	1.5℃あるいは 2.0℃の水温上昇いずれにおいても、サンゴの分布域は慶良間諸島国立公園内で減少すると予測された。保全オプションとして「内部の避難地の確保」及び「保護区外の避難地の確保」、利用管理オプションとして「従来の利用維持」あるいは「利用の制限」の検討が挙げられた。関係者との意見交換の結果、サンゴ食害生物の駆除活動の継続を考慮しつつ、サンゴが白化・死亡しにくい場所を重点的に守る方法が検討された。1.5℃水温上昇シナリオのもとで、サンゴを保全しつつダイビングポイントとして利用するのに適した場所を選択することが提案された。具体的には、現在サンゴ被度が高く、保全努力が行われているダイビングポイントのうち、各シナリオにおいて比較的サンゴ死亡回数が少ない場所で、具体的な場所を7カ所選定した。					

#### 表 7. 環境省による試行検討の概要

(環境省自然環境局. "国立公園等の保護区における気候変動への適応策検討の手引き". 生物多様性センター. 2019) <sup>46</sup>

また、足摺宇和海国立公園とその周辺を対象とした調査研究(阿部博哉他. 足摺宇和海国立 公園周辺海域における沿岸生態系の利用・保全状況とサンゴ群集・海藻藻場の分布、日本サ ンゴ礁学会. 2021. vol.23, p.1-19.) 47 によると、対象地域では土佐清水市から宇和島市に かけての広い範囲にサンゴが分布している一方、一部の地域ではサンゴが生息していること への認知が低く、実際にサンゴが分布する海域と保全活動や観光利用が実施されている地域 が異なり、空間的なギャップが生じていることが明かになっています。

例えば、西予市から宇和島市にかけてはサンゴが分布し、一部で小規模にダイビング利用さ れていますが、観光資源としての認識は非常に乏しく、保全活動も行われていません。また、 このように認知と保全・利用活動の状況に空間的ギャップがある場合、今後海水温の上昇に 伴う沿岸生態系の変化によって、この地域でオニヒトデ等が大量発生した場合、対応への着 手が遅れるリスクがあると指摘されています。

県・市町		愛媛県			高知県					
		伊方町	八幡浜市	西予市	宇和島市	愛南町	宿毛市	土佐清水市	大月町	
調査地域		三崎	大島	明浜	津島	須ノ川 西海	藻津	竜串	西泊 柏島	
水温		低							高	
	イシサンゴ類					エンタク・クシハダミドリイシ				塗りつぶしは 表記の種の成 育が潜水調査
	イシサンゴ類					ハナヤサイサンゴ				
生物 分布	オニヒトデ				•		オニヒトデ			により確認さ
	コンブ類	クロ	コメ							れたこと、● は表記の種の
	温帯性ホンダワラ類	AVIIIA					分布が確認さ れていること			
	熱帯性ホンダワラ類			ヒイラギモク					を示している	
保全活動	サンゴ食害生物									<ul><li>■は食害生物</li><li>駆除が行われ</li><li>ている</li></ul>
	大型海藻食害生物				•					
観光業 利用	ダイビング			•		•		•		●の大小は利
	遊漁(磯釣り)					•		•		用強度を表し ている
水産業利用	磯根資源の採捕			•		•				• •
	魚類•二枚貝類養殖		•						•	高 低

図 8. 研究対象域における生物分布、保全活動、観光業、水産業の実施場所及び利用強度の南北勾配を示した概念図 ("足摺宇和海国立公園周辺海域における沿岸生態系の利用・保全状況とサンゴ群集・海藻藻場の分布")

#### 四国南太平洋沿岸での取り組み

サンゴを活用した観光やレジャーの歴史は長く、足摺宇和海国立公園内にある足摺海底館の 海中展望塔は 2022 年に開業 50 周年を迎えており、グラスボート観光(高知県土佐清水市竜 串)も古くからサンゴに親しめる場を提供しています。現在では、愛媛・高知・徳島の各県 でグラスボートが運航されており、高緯度サンゴを海で間近に見ることができます。その他 にダイビングやシュノーケリング、シーカヤック、サップ等のマリンアクティビティによる 海域利用も各県で行われています。

サンゴに特化した観光やレジャーはサンゴ礁域のように盛んではありませんが、今後の高緯度 サンゴの分布状況によっては、観光やレジャーでのサンゴの利用が進むことも予想されます。 その際には、高緯度サンゴの保全と持続可能な利活用の両立を目指す視点を持つことが必要 となります。

これらの事例や調査研究の結果、本資料等を参考に、四国南太平洋沿岸において、今後高緯 度サンゴと沿岸生態系の保全と持続可能な利活用の検討と実施が進むことを期待しています。

## 6 今後に向けて

公益財団法人黒潮生物研究所と公益財団法人世界自然保護基金ジャパン(WWF ジャパン) は、2023年1月11日、四国南太平洋沿岸における高緯度サンゴ群集生態系の保全と持続可 能な利活用に向けて協働するため、協定書を締結しました48。

今後、地域内外の関係者とともに、P. 48~58に挙げた活動に取り組んでいく予定です。協 働での活動においては、次のことを重視していきます。

#### ■ 継続的な現状把握とモニタリング

#### 【対象範囲の拡大や調査頻度の向上、担い手の確保】

四国南太平洋沿岸の海域は、高緯度サンゴ群集域の中では高緯度サンゴに関する調査研究が 活発で継続的に行われている地域です。しかし、高緯度サンゴの分布は愛媛・高知・徳島の3 県の海岸線総延長 1.599km に及ぶ広がりがあり、その中には海域によって特徴の違うサンゴ 生育状況や生態系が見られます。そして、それぞれの生態系や海との関り合いの違いで、気候 変動適応に対する課題が異なります。調査対象範囲を拡大することで、各地での課題の解決、 保全や持続可能な利活用に役立つとともに、四国南太平洋沿岸の海域全体で見たときの変化 の把握や将来予測も行いたいと考えています。

また、サンゴ礁域・高緯度サンゴ群集域が共通して抱える課題として、調査の担い手不足が 挙げられます。ダイビング経験者やサンゴ専門家の協力を得ると同時に、そうした技能や知 識を有しない市民からも協力を得られるよう、新しい調査手法の開発や既存手法の発展も行 う予定です。また、ダイビングをしない市民や将来の保全の担い手となり得る子どもたちが、 継続的なモニタリングを行えるよう、グラスボート、海中展望塔、水族館、仮想現実(VR) 技術等を利用したトレーニングも検討しています。

#### ■ 普及啓発·意識向上

#### 【多様な関係者との情報共有や対話】

高緯度サンゴ群集生態系の保全と持続可能な利活用の推進における主体は地域です。海の恵み を受けている地域の住民や事業者、沿岸利用者、教育機関、自治体、コミュニティ等が、活 動の目的について共通理解を持つと同時に、各自の立場や日常の文脈で意義を感じなければ、 興味関心や活動への参加、フィードバックを得ることはできません。また地域外にも、関係 省庁や県、業界団体、研究機関、メディア、地域を訪れる人等、活動に欠かせない関係者が 存在します。そこで、地域内外の関係者に対して活動に関する情報の共有や対話を積極的に 行いたいと考えています。

また、愛媛・高知・徳島の3県とその市町村には、地域ごとに多様な自然条件や環境、産業 やインフラの状況、生活環境や文化があり、保全と持続可能な利活用においては、共通項と 差異を学び合い、連携することが有効です。3 県やその市町村の関係機関、地域の拠点施設や 研究機関を主な対象とする広域ネットワークを構築し、情報共有や相互理解、連携につなげ ていく予定です。

#### ■かく乱要因とその影響の回避・軽減

#### 【新しい考えの理解促進とより効果的な実施方法の検討】

サンゴ食害生物の駆除活動や気象現象への対策、人間活動とその影響の回避・軽減が、気候 変動の影響を受ける高緯度サンゴの保全につながることは、あまり知られていません。なか でも影響範囲や被害が比較的大きい台風や豪雨による海岸の崩壊や河川からの土砂や濁水の 流入への対策が、高緯度サンゴの保全として有効な手段となることについて、担い手や関係 者の理解を促し、活動の継続と拡大を図っていきたいと考えています。

また、現在さまざまな主体によって対策活動が行われていますが、人手や資金が限られる中 では、全体としてより効果的(場合によっては効率的)な実施方法が必要です。実施主体や 担い手の協力を得ながら、その検討を進めていく予定です。

#### ■持続可能な利活用の検討と実施

#### 【社会実装への仕組みづくり】

持続可能な利活用の検討や実施が遅れたり、行われなかったりした場合、沿岸生態系の劣化 や、地域社会や経済・文化の衰退、地域力の低下につながりかねません。

各関係者とすでに実施している対話において、そのリスクへの理解は比較的得られやすい一 方、社会実装を図るうえでの大きな課題は、仕組みだと考えています。地域内外の関係者が、 互いの範囲内で活動に協力・参加しながら、それらが断片化しないよう、仕組みづくりや全 体調整を行っていきます。



# 参考資料・文献リスト

- 1. 環境省. "第3章 海洋の生物多様性及び生態系サービス". 海洋生物多様性保全戦略. 2015. https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/guideline/05-1.html
- 2. 熊谷直喜. "温暖化による生物・生態系への影響 2019 年版". 理科年表オフィシャルサイト. 2019. https://official.rikanenpyo.jp/posts/6304
- 3. 国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所 吉田五郎. "気候変動の沿岸環境と水産業への影響-特に藻場と藻類養殖について 瀬戸内海の事例から". 農林水産省. 2021. https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/seminar/attach/pdf/r2seminar-48.pdf
- 4. 香川県水産試験場 主任研究員 藤原宗弘. "2010 年秋季からみられる藻(海藻)場の衰退について". 香川県. 2012. https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/19779/tp037aigo.pdf
- 5. 環境省. "第4章 海洋生物多様性の保全及び持続可能な利用の基本的視点". 海洋生物多様性保全戦略公式サイト. 2015. https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/guideline/06-3-table.html
- 6. 環境省自然環境局 自然環境計画課. "環境省\_黒潮・本州海域 | 生物多様性の観点から重要度の高い海域". 環境省\_生物多様性の観点から重要度の高い海域.
  - https://www.env.go.jp/nature/biodic/kaiyo-hozen/kaiiki/hyoso/407.html#:~:text=%E9%BB%92%E6%BD%AE%E3%81%AB%E3%82%88%E3%82%8A%E6%9A% 96% E6% B0% B4% E6% 80% A7% E3% 81% AE% E9% A1% 9E% E3% 81% 80% E8% B1% 8A% E5% AF% 80% E3% 81% A7% E3% 81% 82% E3% 82% B8% Em3% 80% 82
- 7. 気象庁. "AR6 統合報告書 政策決定者向け要約". 気象庁. 2023. https://www.jma.go.jp/jma/press/2303/20a/ipcc\_ar6\_syr\_a.pdf
- 8. The World Bank. "Climate Explainer: Oceans and Climate Change". The World Bank. 2022.  $https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/02/08/what-you-need-to-know-about-oceans-and-climate-change \#: \sim: text = First \%2C\%20 climate \%20 cli$ change%20is%20causing,concurrently%20oxygen%20levels%20are%20decreasing
- 9. R. K. パチャウリ. "気候変動の予測及び海洋生態系に対する影響". 環境省. 2013. https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/iccccrc2013/pdf/year2013629/keynote/pachauri.pdf
- 10. 国立研究開発法人国立環境研究所. "アメリカの科学者チーム、西海岸大陸棚の海洋酸性化で貝の殻が溶解していると発表". 環境展望台:国立環境研究所 環 境情報メディア. 2014. https://tenbou.nies.go.jp/navi/metadata/80354
- 11. 高知県. "海洋観測". 高知県. 2009. https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/040409/topix-column-kaiyokansoku.html
- 12. 飯國芳明・森牧人・木下泉. 沿岸海域の温暖化と適応: コモンズの視点から (特集 黒潮圏沿岸海域の温暖化と適応策). 海洋と生物. 2012, vol.34, no.4,
- 13. 愛媛県. "愛媛県の気候変動の影響と適応の推進". 愛媛県. 2021. https://www.pref.ehime.jp/h15600/tekiousaku/documents/leaflet.pdf
- 14. 山内正信・横溝秀明・泉喜子・二宮千秋、"愛媛県における気候変動影響と課題"、愛媛県、2020. https://www.pref.ehime.jp/h25115/book/documents/2020\_01\_05.pdf
- 15. 平岡雅規・田中幸記・田井野清也・蜂谷淳, 温暖化最前線の藻場変動と対応策 (特集 黒潮圏沿岸海域の温暖化と適応策). 海洋と生物. 2012, vol.34, no.4,
- 16. JF 全漁連. "池ノ浦・久通磯焼け対策部会 全国の取組情報 活動組織紹介". ひとうみ.jp. 2023. https://hitoumi.jp/torikumi/wp/jisseki/2740
- 17. 高知県. "高知の藻場の減少~うちの○○がヤバい!!~ | COOL CHOICE". 高知県. 2017. https://www.youtube.com/watch?v=VaGNEvkZ5Gg
- 18. 林徹・岩瀬文人. 四国における人工繁殖によるクシハダミドリイシの成長と成熟について. Kuroshio Biosphere. 2010, vol.6, p.15-26. http://kuroshio.or.jp/wp-content/uploads/2019/06/KuroshioBiosphere\_06\_15-26\_Hayashi-Iwase.pdf
- 19. The Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN). "Status of Coral Reefs of the World 2020 Summary for Policymakers". UNEP. 2021. https://gcrmn.net/wp-content/uploads/2022/05/Status-of-Coral-Reefs-of-the-World-2020-Summary-for-Policymakers.pdf
- 20. 環境省自然環境局 自然環境計画課. "サンゴ礁生態系保全行動計画 2022-2030(全文掲載版)". 環境省 \_ サンゴ礁保全の取り組み. 2022. https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/pamph/C-project2022-2030\_F.pdf
- 21. 環境省 中国四国地方環境事務所. "平成 29 年度竜串地区自然再生事業推進のための情報基盤構築業務報告書". 土佐清水ジオパーク. 2018. https://tosashimizu-geo.jp/learn/pdf/2/h29\_2.pdf
- 22. 目崎拓真・久保田賢. 高知県沿岸海域における造礁サンゴ群集の変遷 (特集 黒潮圏沿岸海域の温暖化と適応策). 海洋と生物. 2012, vol.34, no.4, p.332-337.
- 23. 目崎拓真. 徳島県牟岐大島の千年サンゴと周辺のサンゴ相について. CURRENT. 2009, vol.10, no.1, p.6. https://kuroshio.or.jp/wp-content/uploads/2020/02/CURRENT-Vol.10-No.1-36%E5%8F%B7.pdf
- 24. 千年サンゴと活きるまちづくり協議会. "千年サンゴとは「奇跡の遺産」です". 千年サンゴと活きるまちづくり協議会. 2016. https://www.sennensango.com/about/
- 25. 独立行政法人国立環境研究所. "記者発表 2011年1月21日海水温上昇にともなうサンゴ分布の北への急速な拡大について (お知らせ)". 国立環境研究所. 2011. https://www.nies.go.jp/whatsnew/2011/20110121/20110121.html
- 26. 気象庁. "海洋の健康診断表 海面水温の長期変化傾向(日本近海)". 気象庁. 2023. https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index\_gw.html
- 27. Chenae Tuckett Thomas Wernberg. High Latitude Corals Tolerate Severe Cold Spell. Frontier in Marine Science. 2018, Vol.5, Article.14. https://www.researchgate.net/publication/322823784\_High\_Latitude\_Corals\_Tolerate\_Severe\_Cold\_Spell
- 28. 環境省・日本サンゴ礁学会. "日本のサンゴ礁 6 日本各地のサンゴ礁の現状 6-2-4 四国". 環境省 \_ サンゴ礁保全の取り組み. 2004. https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/reference/mokuji/060204j.pdf

- 29. 喜多村鷹也. "サンゴ食害生物の大発生メカニズムを解明せよ!". 公益財団法人黒潮生物研究所. 2019. https://kuroshio.or.jp/project/%E3%83%97%E3%83%AD%E3%82%B8%E3%82%A7%E3%82%AF%E3%83%88%EF%BC%99/
- 30. 喜多村鷹也・岩井俊治・重松佑依・三浦智恵美・三浦猛. 四国西南部におけるサンゴ食巻貝の大発生と近年の発生状況. 保全生態学研究. 2022, vol.27. no.2. p.247. https://www.jstage.jst.go.jp/article/hozen/advpub/0/advpub\_2124/\_pdf
- 31. 竜串自然再生協議会. "竜串自然再生全体構想". 環境省. 2008. https://www.env.go.jp/content/900494171.pdf
- 32. 文部科学省・気象庁. "日本の気候変動 2020(詳細版)". 気象庁. 2020. https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020\_shousai.pdf
- 33. 新保輝幸・高知大学. サンゴの海のワイズユースをめざして:海洋生物資源の最適利用と資源管理に関する生物学的・社会学的研究. 文部科学省科学研究費 補助金研究成果報告書, 2004-2006,
- 34. 株式会社 水土舎. "平成 18 年度環境・生態系保全活動支援調査委託事業 沿岸域の環境・生態系保全活動の進め方(暫定指針)". 水産庁. 2007. https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/sankou/
- 35. 環境省・日本サンゴ礁学会、"日本のサンゴ礁". 環境省. 2004. https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/reference/mokuji/0401j.pdf
- 36. 環境省 自然環境局生物多様性センター、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)。 環境省 自然環境局生物多様性センター. 2013. https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/spot-check\_ver5.pdf
- 37. 環境省 自然環境局 自然環境計画課. サンゴ礁研究・モニタリング活動推進事業業務報告書(平成12年度). 財団法人海中公園センター. 2001.
- 38. 愛南町立内海中学校. "内海中学校生活". 愛南町立内海中学校. 2017. https://uchiumi-j.esnet.ed.jp/H29diary
- 39. 黒潮生物研究所. "暑さに負けるなサンゴたち!!". 公益財団法人黒潮生物研究所. 2022. %81%9F%E3%81%A1%EF%BC%81%EF%BC%81/
- 40. 海陽町立宍喰小学校. "サンゴ保全活動". 海陽町立宍喰小学校. 2022. https://school.e-tokushima.or.jp/es\_shishikui/news/1016956/
- 41. 徳島県海陽町. "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". ふるさと納税 ふるなびクラウドファンディング. 2022. https://fcf.furunavi.jp/Project/Detail?projectid=311
- 42. 高知県. "環境先進企業との協働の森づくり事業". 高知県. 2023. https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030101/kyoudounomori.html
- 43. 高知県、"協働の森づくり事業ホームページ用のフォーマット (IT の森奈半利~サンゴを守る森~ 2012 年秋の森林 (環境) 保全活動)"、高知県、2012.  $https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030101/files/2014013100587/2014013100587\_www\_pref\_kochi\_lg\_jp\_uploaded\_life\_99916\_372484\_misc.pdf$
- 44. 日本たばこ産業株式会社. "森林保全活動「JT の森 奈半利」〜サンゴを守る森〜 協働の森づくりパートナーズ協定を 5 年間更新". 日本たばこ産業株式会社. 2016. https://fs2.magicalir.net/tdnet/2016/2914/20161011410307.pdf
- 45. The Ramsar Convention Secretariat. "The Ramsar concept of "wise use"". Convention on Wetlands. 2007. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007-07-e.pdf
- 46. 環境省自然環境局. "国立公園等の保護区における気候変動への適応策検討の手引き". 生物多様性センター. 2019. https://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/library/files/tekiou\_tebiki.pdf
- 47. 阿部博哉・三ツ井聡美・鈴木はるか・北野裕子・熊谷直喜・山野博哉. 足摺宇和海国立公園周辺海域における沿岸生態系の利用・保全状況とサンゴ群集・海 藻藻場の分布. 日本サンゴ礁学会. 2021, vol.23, p.1-19. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcrs/23/1/23\_1/\_pdf/-char/ja
- 48. WWF ジャパン. "WWF ジャパン初の高緯度サンゴ保全活動を、四国南太平洋沿岸で展開 黒潮生物研究所との協働決定、協定書を締結". WWF ジャパン. 2023. https://www.wwf.or.jp/press/5227.html





人と野生生物が共に自然の恵みを 受け続けられる世界を目指して、 活動しています。

together possible ... wwf.or.jp

© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund) ® "WWF" is a WWF Registered Trademark. WWF, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Switzerland – Tel. +41 22 364 9111; Fax. +41 22 364 0332.