

3. サンゴ礁の危機

3. サンゴ礁の危機

サンゴ礁は、地球温暖化による海面上昇や海水温の上昇などの地球的規模で起こる環境ストレスに曝されています。加えて赤土の流入や海水の富栄養化などの地域的な環境ストレスが複合して作用するため、サンゴ礁は危機的な状況にあります。ここでは、サンゴ礁をとりまく環境ストレスについて紹介します。

3.1 地球規模で起こる環境ストレス

地球規模で起こる環境ストレスには、①海水温の上昇によるサンゴの白化、②台風の巨大化に伴う波浪の増大によるサンゴの破壊、③海洋の酸性化によるサンゴの石灰化機能の低下などがあります。これらの環境ストレスは、地球温暖化の影響が大きく関与しています。地球温暖化を止めるには、二酸化炭素の放出量を低減させる以外に対応策がありません。地球の将来に負の遺産を残さないために、国際協調によってできるだけ早期に問題を解決しなければなりません。しかし、このような状況にあっても、後述する地域的な環境ストレスを可能な限り低減させ、温暖化や酸性化に対して抵抗力の強いサンゴ礁を維持していくことが大切です。

3.1.1 高水温によるサンゴの白化現象

地球温暖化の影響により、高水温の発生する頻度が高くなり、高い海水温が継続するとサンゴに共生している褐虫藻が体内から喪失します。その結果、サンゴ自体の骨格が透けて、白く見えるサンゴの白化現象が起こります（写真 3.1）。さらに、この状態が長く続くとサンゴは褐虫藻から栄養を受け取ることができず、やがて死滅します。広範囲に及ぶサンゴの白化現象は、サンゴ礁の衰退を招く大きな原因の一つです。サンゴの白化現象は、高水温の他に低水温、強い光、紫外線、低塩分などの強いストレスが原因となることもあります。

我が国では、昭和 55 年（1980 年）に初めて大規模な白化現象が観察され、その後、各地で頻繁に白化現象が発生しています。近年では、平成 9～10 年（1997～1998）年にかけて起きた世界的な海水温上昇に伴う大規模な白化が、サンゴ礁に大きな影響を及ぼしました。



写真 3.1 サンゴの白化現象

3.1.2 台風の巨大化によるサンゴの破壊

台風が通過した後に、礁嶺に成育する大きなテーブル状のサンゴが根元から折れることがあります。台風の巨大化により、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、今後、サンゴの破壊が進行することが危惧されています（本郷，2013）。さらに、海面上昇によって多くの外洋の波浪エネルギーがサンゴ礁や海岸に到達することが予想され、台風の巨大化とあいまって、防災機能が損なわれたり、生息場としてのサンゴ礁の破壊が進むことが危惧されます。

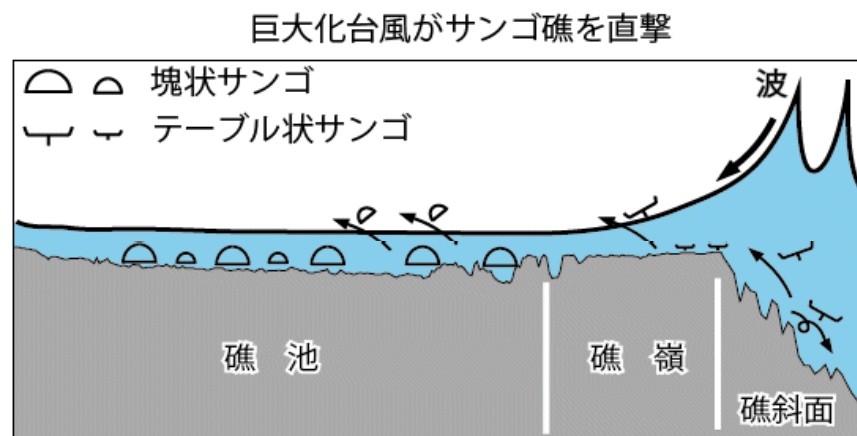


図 3.1 台風の巨大化によるサンゴ礁の破壊
(Hongo *et al.*(2012)より改図)



写真 3.2 根元から折れて転倒したサンゴ

3.1.3 海洋の酸性化によるサンゴの衰退の恐れ

二酸化炭素の増加そのものが海洋を酸性化し、サンゴ礁に大きな影響を与える恐れがあります。大気から海に取り込まれる二酸化炭素は、水と反応して pH を低下させます。海水は酸性には至りませんが、アルカリ性 (pH8.1~8.2) から中性 (pH7) に近づくため、この反応は「海洋の酸性化」と呼ばれています。「海洋の酸性化」は、石灰化に必要な炭酸イオン濃度を下げるため、炭酸カルシウムを主成分とするサンゴや有孔虫あるいは無節サンゴモなどの成長が阻害される恐れがあります。

「海洋の酸性化」は、一部の高緯度海域で数十年のうちに現れ始めると警告されています (Orr *et al.*, 2005)。温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) によると、2012 年の世界の二酸化炭素濃度の平均濃度は約 393ppm となっています。今後、大気中の二酸化炭素が毎年 1ppm 以上上昇すると、100 年以内に二酸化炭素濃度は 450~500ppm に達し、サンゴ礁の浸食が石灰化速度より上回ることが心配されています (Kleypas and Langdon, 2006)。

3.2 地域的な環境ストレス

地球規模の環境ストレスに対して、地先のサンゴ礁で発生する地域的な環境ストレスには以下のようなストレスが考えられます。

表 3.1 地域的な環境ストレス

ストレス	概 要
食害生物の増加	食害動物（オニヒトデやシロレイシガイダマシ類、ブダイなど）の増加によりサンゴの成長が阻害されます。特に、オニヒトデの大発生は広い範囲でサンゴの死滅をもたらします。
サンゴの加入量不足	白化現象や食害により、親サンゴが広範囲に死滅すると、海域の総産卵量が減り、受精の機会が減ってしまうため、幼生が不足し、幼生の加入が難しくなります。
海藻類の増加	海中の富栄養化や植食動物（アイゴ、タカセガイなど）の減少が原因で、海藻や微細藻類が繁茂し、これらが基質を優占すると幼生の加入が阻害されます。
瓦礫の移動によるサンゴの破壊	波によりサンゴ瓦礫が大きく移動する海底では、サンゴ瓦礫が海底を摩耗するため、幼生の加入や成長を阻害したり、破壊したりします。
透明度の低下と浮泥の堆積	汚濁河川水の流入により、濁りが透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと成長が阻害されます。また、浮泥の堆積は、幼生の加入や成長を阻害します。
赤土の流入	赤土の流入は、濁りで透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと、サンゴの成長が阻害されます。また、赤土の堆積は、サンゴのへい死をもたらします。
富栄養化	農地からの肥料や畜産ふん尿、あるいは生活雑排水が流入し、富栄養化となった海中は、基質上には海藻類が繁茂し、幼生の加入や成長を阻害することがあります。また、植物プランクトンが増殖しやすくなり透明度が低下し、サンゴの成長が阻害されます。
過剰な観光利用・乱獲	海水浴やマリンレジャーは、故意ではなくても踏みつけやフィンなどでサンゴを折損・破壊することがあります。また、乱獲による水産生物の減少は、サンゴ礁の生態系に影響を与え、例えば、藻食性魚類が乱獲によって減れば、海藻類が増えて、サンゴが減少することがあります。
サンゴの病気	近年、いろいろなストレスで弱ったサンゴにブラックバンドディーズ（黒帯病＝細菌による壊死）やホワイトシンドローム（サンゴの組織が帯状に白く壊死する病気）などの感染症や腫瘍（骨格形成異常）が広がっています。

3.2.1 食害生物の増加

食害動物（オニヒトデやシロレイシガイダマシ類、ブダイなど）の増加によりサンゴの成長が阻害されます。特に、オニヒトデの大発生は広い範囲でサンゴの死滅をもたらします。

【解説】

サンゴの食害生物としてはオニヒトデ、シロレイシガイダマシ類、一部のブダイ類、ガンガゼなどが代表的です。その中でも、オニヒトデやシロレイシガイダマシ類の大発生はサンゴ礁に大きな影響を与えます。それらをここで紹介します。

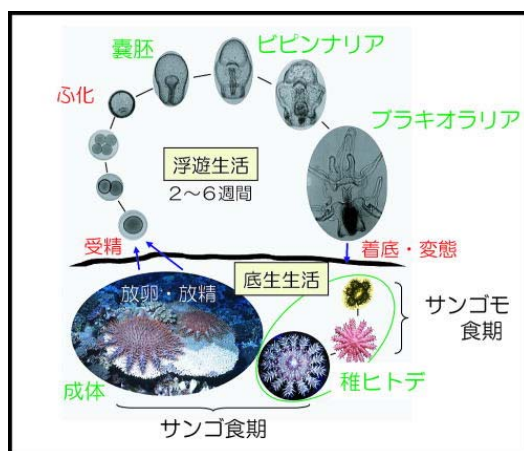
（１）オニヒトデ

太平洋やインド洋に分布し、大きいもので直径 50cm 位になります。腕は 13～15 本あり、背面は棘で覆われ、体色は灰色・オレンジ色・紫色で棘の先端は赤色です。6～7 月に産卵し、受精後、海面近くを浮遊幼生として数週間ほど漂い、着底後にヒトデ型に変態します。稚ヒトデは海藻のサンゴモ（石灰藻）等を餌料とし、直径 8～10mm に成長するとサンゴを捕食ようになります。寿命は 6～8 年です。摂食時は口から胃を出して裏返しに広げてサンゴに押し付け、消化吸収します。1 匹で 1 年に 5～13 m² のサンゴを食べます。天敵はホラガイ、フリソデエビ、フグの仲間、モンガラカワハギ等です。

沖縄県では、1970 年代に大発生し、1970 年代末には沖縄本島のサンゴ礁がほぼ全滅しました。1990 年代に入ればしばらくはオニヒトデが減少し、サンゴが回復する兆しがみられましたが、1990 年代末から 2006 年頃に再びオニヒトデが増加し、八重山諸島を含めて全域で食害による被害がみられました。オニヒトデの大発生の原因は明らかではありませんが、自然発生説と人為的な要因で沿岸域に流出した過剰な栄養塩がオニヒトデ幼生の餌となる植物プランクトンを増やし、結果としてオニヒトデの大発生につながるという説が有力です。また、オニヒトデ幼生の捕食者（魚類）の減少が一因ともされています。



オニヒトデによるサンゴの捕食



オニヒトデの生活史（横地洋之，2008）

図 3.2 オニヒトデ

(2) シロレイシガイダマシ類

シロレイシガイダマシ類は、時おり大発生してサンゴに被害を与える巻貝です。殻長は4cm以下で、多くは本州中部以南のサンゴ生息域に分布します。この種は歯舌によってサンゴの軟組織を掻き取るように食べます。これまで、東京都の三宅島、宮崎県の日南海岸、四国の足摺・宇和海、長崎県の日草などで大発生してサンゴに被害を与えています。琉球列島でもシロレイシガイダマシ類の食害が報告されていますが、オニヒトデのような広範囲にわたる被害には至っていません。

シロレイシガイダマシ類は分散して生息するのではなく、サンゴの1群体に数個から十数個が集団となって分布し、大発生すると1群体に数千個の貝が蟻集します。食害や外傷によるストレスを受けたサンゴが分泌する粘液に誘引されるようです(谷口, 2005)。



写真 3.3 シロレイシガイダマシ類とその食害によるサンゴの白化

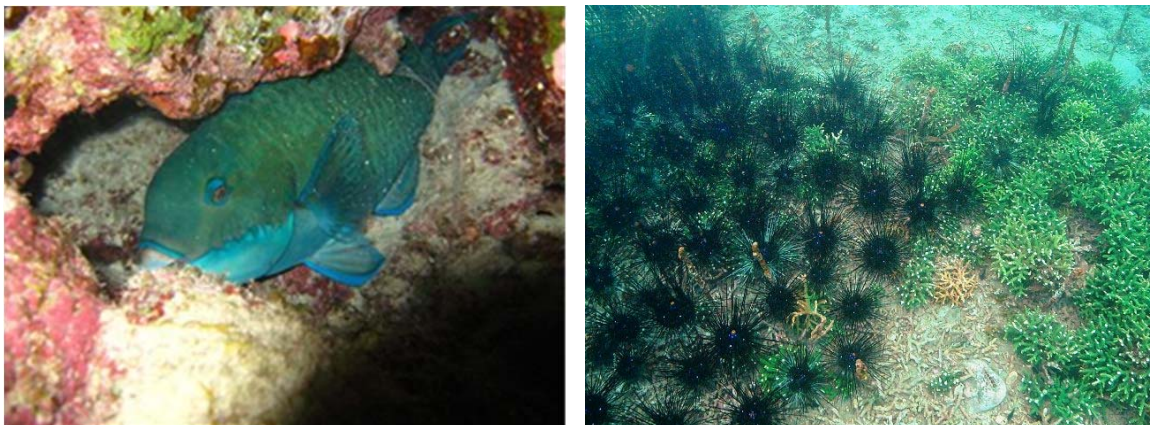


写真 3.4 他の食害動物 (左: ブダイ、右: ガンガゼ (提供: 松永育之氏))

3.2.2 サンゴの加入量不足

白化現象や食害により、親サンゴが広範囲に死滅すると、海域の総産卵量が減り、受精の機会が減ってしまうため、幼生が不足し、新規加入が難しくなります。

【解説】

サンゴの増え方には、有性生殖と無性生殖の2通りがあります。有性生殖は、成熟した親サンゴが産卵し、卵と精子が受精して幼生（プラヌラ幼生）となり、基質に着底して一つのポリプ（稚サンゴ）が発生します。無性生殖は、ポリプが次々と自分のクローンを作って群体を形成する増え方です。折れたサンゴの破片が海底に再固着し、無性的に群体が増えることを破片分散（フラグメンテーション fragmentation）と呼びます（図 3.3）。多くのサンゴは同じ種で違う親から生まれた卵と精子が受精します。同じ親から生まれた卵と精子は受精しません。したがって、受精のためには同じ種の複数の親群体が近くにある必要があり、それぞれの卵と精子が混じり合う必要があります。大規模な白化や食害で広範囲に親サンゴが衰退すると、海域の総産卵数が減ってしまい受精率が低下します。そうすると、幼生の不足で新規加入量が減少し、サンゴ礁の回復が遅くなります。

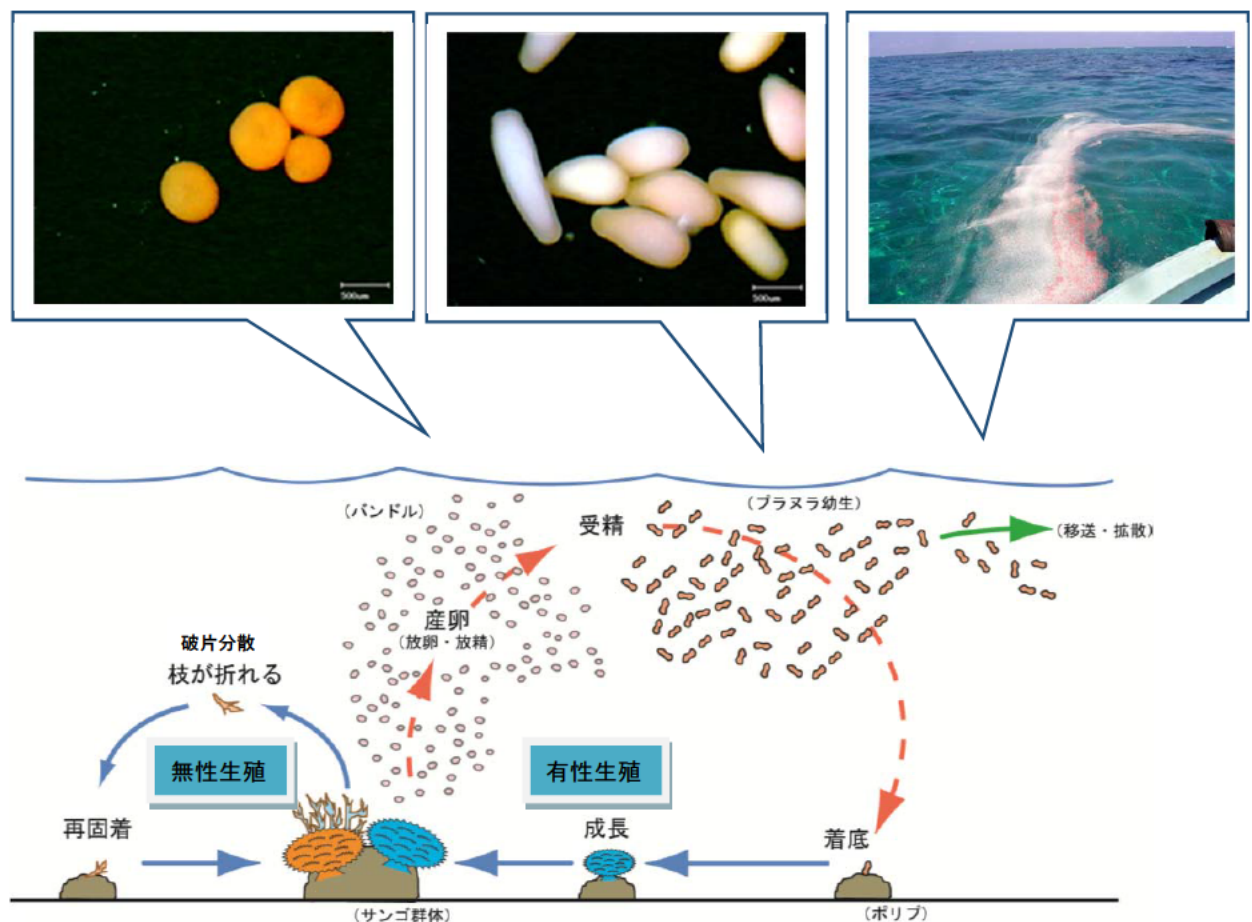


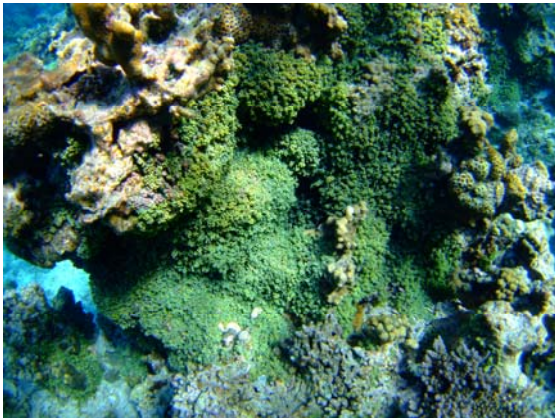
図 3.3 サンゴの生活史（ミドリイシ類(放卵放精型,雌雄同体)の例）

3.2.3 海藻類の増加

海中の富栄養化や植食動物（アイゴ、タカセガイなど）の減少が原因で、海藻や微細藻類が繁茂し、これらが基質を優占すると幼生の加入が阻害されます。

【解説】

サンゴが成育する岩礁には、イワズタ類やウミウチワ類、ホンダワラ類などの海藻も着生します。また、サンゴ群体がへい死すると、骨格上を覆うように生長の速いラン藻などが着生します。海藻類とサンゴは基質を競合する関係にあるため、栄養塩濃度の高い河川水が豊富に流入したり、藻食性魚類が漁獲されて数を減らした場所では、海藻類が著しく増えて基質面を覆い、幼生の加入や成長を阻害することがあります。



イワズタ類



ホンダワラ類



ウスユキウチワ
(提供：二宮早由子氏)



マット状に岩面を覆うラン藻

写真 3.5 サンゴ礁に分布する藻類

3.2.4 瓦礫の移動によるサンゴの破壊

波によりサンゴ瓦礫が大きく移動する海底では、サンゴ瓦礫が海底を摩耗するため、幼生の加入や成長を阻害したり、破壊したりします。

【解説】

死んだサンゴの骨格は、強い波や流れなどによって次第に崩壊し、瓦礫となって海底に溜まります。(写真 3.6)。海底近くに着底、成育したサンゴは、砂やサンゴ瓦礫の移動・衝突によって、壊れたり擦られたり、あるいは、砂に埋没して成長が阻害されることがあります(写真 3.7)。



写真 3.6 サンゴの瓦礫



写真 3.7 砂に埋没したサンゴ

3.2.5 透明度の低下と浮泥の堆積

汚濁河川水の流入により、濁りが透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと、成長が阻害されます。また、浮泥の堆積は、幼生の加入や成長を阻害します。

【解説】

サンゴに共生する褐虫藻は、光合成産物をサンゴに提供しています。しかし、濁った河川水の流入や海域の富栄養化によって、海水中の懸濁物が増えると透明度が低下し、褐虫藻（写真 3.10）の光合成が阻害されて、サンゴの成長が阻害されます。また、サンゴの上に積もった浮泥をサンゴは触手や粘液で払拭しますが、それにエネルギーを消耗し、摂餌をする機会が減少するため、成長が阻害されることもあります。



写真 3.8 透明度の低い海底の状況



写真 3.9 浮泥の堆積したサンゴ

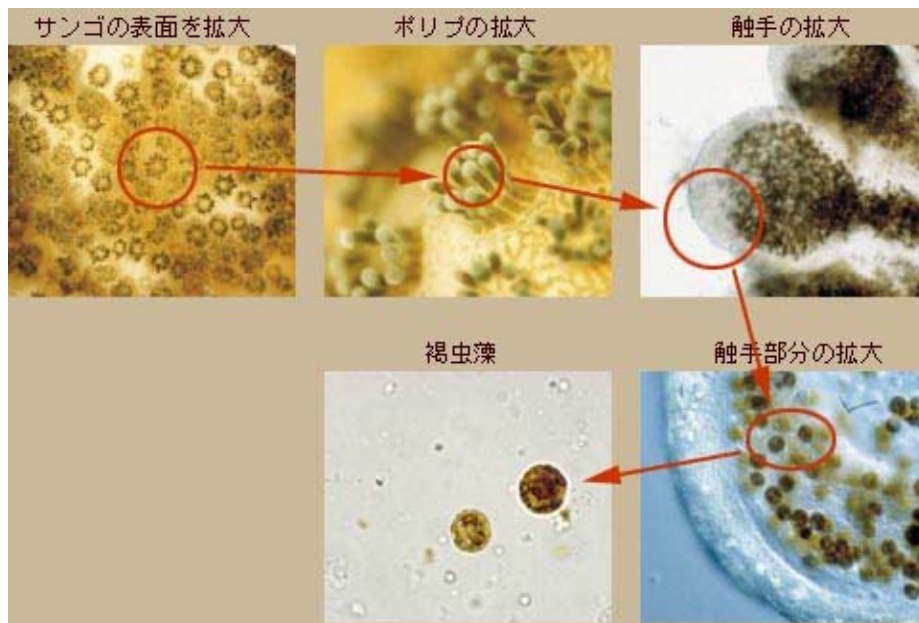


写真 3.10 褐虫藻^a

^a http://www.kahaku.go.jp/special/past/bisyoso/ipix/mo/1/1_9.html

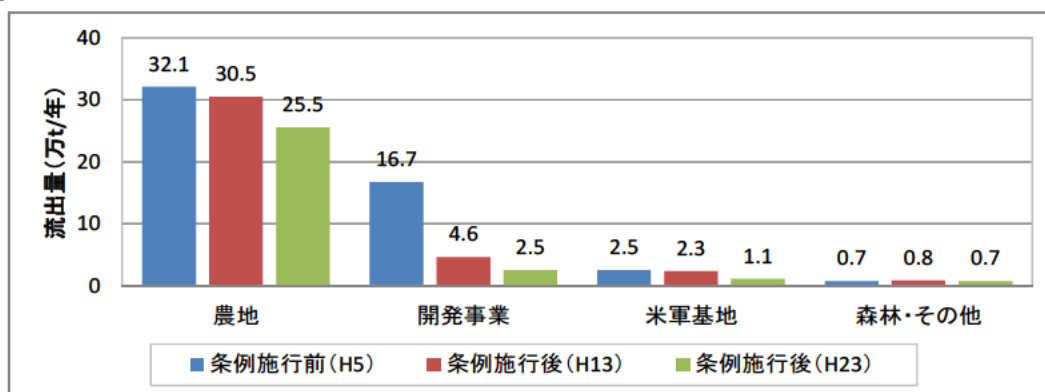
3.2.6 赤土の流入

赤土の流入は、濁りで透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと、成長が阻害されます。また、赤土の堆積は、サンゴのへい死をもたらします。

【解説】

サンゴ礁の島々を覆う粘土質の酸性土壌（赤土）は、降雨時に農地や開発地域などから海へ流れ込むことがあります。この粘土やシルト分が多い赤土は粒径が小さいため、水中での沈降速度が遅く、濁りが続きます。そのため、褐虫藻の光合成が阻害されて、サンゴの成長が阻害されます。また、赤土がサンゴの上に堆積すると、サンゴの呼吸が妨げられ、へい死に至ります。

沖縄県では道路建設や農地の改理事業で赤土の流出が増加したため、平成 7 年（1995 年）に「沖縄県赤土等流出防止条例」が施行されました。大規模な開発事業からの流出量は、施行前の平成 5 年（1992 年）の 16.7 万 t/年から平成 23 年（2011 年）の 2.5 万 t/年まで減少しました。しかし、農地からの赤土流出量は一向に減らない状況が続いています。



沖縄県赤土等流出防止対策基本計画（平成 25 年 9 月，沖縄県）を参考に作成。

図 3.4 赤土等の年間流出量の推定



写真 3.11 赤土の流入状況

3.2.7 富栄養化

農地の肥料や畜産ふん尿、あるいは生活雑排水が流入し、富栄養化となった海中は、基質上には海藻類が繁茂し、サンゴの幼生の加入や成長を阻害することがあります。また、植物プランクトンの増殖により透明度が低下し、サンゴの成長が阻害されます。

【解説】

降雨が続くと農地の肥料や畜産で発生するふん尿等から、窒素やリン等の栄養塩が海に流入することがあります。また、生活雑排水も河川を通じて海に流入することがあります。このような栄養塩濃度の高い水が海水交換の少ない湾や入江に流入すると、海水は富栄養状態へと移行します。サンゴ礁海域で富栄養化が進むと、着生場所を競合する海藻が優占し、サンゴが減少する傾向があります。

さらに富栄養化が進むと、海水中の植物プランクトンが異常に発生するなどして海水を汚濁するため、褐虫藻の光合成が阻害されて、サンゴの成長が阻害されます。また、付着藻類が増殖しやすくなり、基質にマット状の藻類が繁茂すると、サンゴの幼生の着底場所が不足します。仮に基質上にサンゴの幼生が着底できたとしても、付着藻類に覆われて、サンゴの成長が阻害されます。

3.2.8 過剰な観光利用・乱獲

海水浴やマリンレジャーは、故意ではなくてもサンゴを折損・破壊することがあります。また、乱獲による水産生物の減少は、サンゴ礁の生態系に影響を与えます。例えば、藻食性魚類が乱獲によって減ると海藻類が増えて、サンゴが減少することがあります。

【解説】

美しいサンゴ礁は、海水浴やマリンレジャーの場として利用されています。沖縄県の観光客は年間数百万人ですが、海水浴・マリンレジャー・ダイビング・釣などを楽しむ観光客はその 1/3 を占めています。ゴミの投棄、釣り餌の投棄、釣り糸の放置（写真 3.12）、サンゴ礁への立ち入り、遊泳による踏みつけ、不慣れなダイビングによるサンゴの折損、プレジャーボートの投錨によるサンゴの破壊（写真 3.13）等は、サンゴ礁に様々な悪影響を与えます。

サンゴ礁の漁業資源は、健全なサンゴ礁生態系が維持されないと保てません。水産生物の乱獲はサンゴ礁の破壊に繋がります（例えば、日本サンゴ礁学会, 2011）。特に、海藻を食べる食用魚のブダイ、クロハギやハクセイハギ等を乱獲すると、海藻を繁殖させ、サンゴ礁の衰退の原因となります。ブダイ類は沖縄県では好んで食べられ、大型になるため釣りの対象魚としても人気がありますが、獲りすぎに注意しましょう。

サンゴ礁生態系に悪影響があると言われている漁法には、爆弾漁、シアン化合物漁、養殖、カゴ漁、追込網などがあります。日本では爆弾漁やシアン化合物漁等の破壊的漁業は現在行われていません。また、日本ではカゴ漁や追込網による影響はそれほど大きくないと考えられていますが、カゴ漁はサンゴを折損することがあり、追込網もサンゴを破壊して魚を追いつめることがあるため、フィリピンやインドネシアでは禁じられています（鹿熊, 2007）。



写真 3.12 釣り糸が絡んだサンゴ
（提供：山木克則氏）



写真 3.13 投錨によるダメージ
（提供：松永育之氏）

3.2.9 サンゴの病気

近年、ブラックバンドディゼース（黒帯病＝細菌による壊死）やホワイトシンドローム（サンゴの組織が帯状に白く壊死する病気）などの感染症や腫瘍（骨格形成異常）が広がっています。

【解説】

近年、サンゴの感染症が世界各地で確認されています。高水温や水質汚濁を原因とする指摘もありますが、実際の因果関係ははっきりしていないため、今後の研究が待たれます。日本では表 3.2 に示す感染症や腫瘍が確認されています。

黒帯病は最も古くから確認されている病気です。サンゴの軟組織に細菌が侵入し、黒い帯状となるので容易に認識できます。また、ホワイトシンドロームはサンゴの体組織が壊死して剥がれ落ち、骨格が露出する病気で、病変部の拡大が速いのが特徴です。原因は解明されていなく、2003 年頃から石西礁湖や慶良間で確認されています。その他、ハマサンゴ類紅斑病は原生動物が原因の病気です。この病気によく似た色素沈着が、沖縄本島の備瀬の礁池などで確認されています（日本サンゴ礁学会、2011）。

腫瘍は骨格が盛り上がり、共生藻の密度が低下するので判りやすい病気です。骨格が脆くなり生殖異常を起こすため病気とされています。慶良間や与那国では、特定のサンゴ種に大量に発症していることが報告されています。

表 3.2 我が国で確認されているサンゴの主な感染性の病気

疾病名	英 名	略 号	病 因	罹患生物
黒帯病	Black band disease	BBD	シアノバクテリア	造礁サンゴ、八放サンゴ
ホワイトシンドローム	White syndrome	WS	不明	造礁サンゴ
ハマサンゴ類紅斑病	Porites pink blotch disease	PPBD	原生動物	造礁サンゴ



黒帯病

ホワイトシンドローム

ハマサンゴ類の
色素沈着

腫瘍

写真 3.14 サンゴの病気（日本サンゴ礁学会 2011 から転載）