

I-2 サンゴ礁の機能と現状

I-2-1 サンゴ礁の多様な機能

サンゴ礁には、多種多様な生物を共存させる機能、漁場としての機能や水質浄化の場としての機能、防災機能、美しい景観が有する観光機能、文化や教育研究の場としての機能、地球環境変動の指標としての機能などがある。

【解説】

サンゴ礁は海洋面積の1%にも満たないが、93,000種以上の動植物の棲息場所となり、浅海の生物の35%以上の種を保持している。サンゴ礁は地域社会の維持にも重要で、世界人口の実に2割、80以上の国の数え切れない地域社会が収入と食料をサンゴ礁に依存している。1km²のサンゴ礁が、年間15tの食料を生産し、それは、1,000人以上を養うに十分である（Kimble, 2002）。

サンゴは体内に褐虫藻という藻類が共生しており、光合成によって海中の無機栄養塩から有機物を生産する。そして、サンゴは褐虫藻による光合成産物や海中のプランクトン等の有機物で成長し、海中のカルシウムを固着させ石灰化する。このような共生関係の結果、複雑な空間地形が形成され、多種多様な生物が共存する。この多様性をベースに漁場としての機能や物質循環による水質浄化の場としての機能、リーフ地形による波浪から海岸を護る防災機能、美しい景観を有する観光機能、文化や教育研究の場としての機能、さらに地形地質の分析から地球環境変動の指標としての機能を有している（図I-2-1-1）。

大量のサンゴの白化、オニヒトデによる食害あるいは赤土汚染などによりサンゴ礁が大きな攪乱を被ると、これらの機能が減少あるいは消滅し、漁獲量の減少や観光収入の低下など大きな社会問題を呈することとなる。

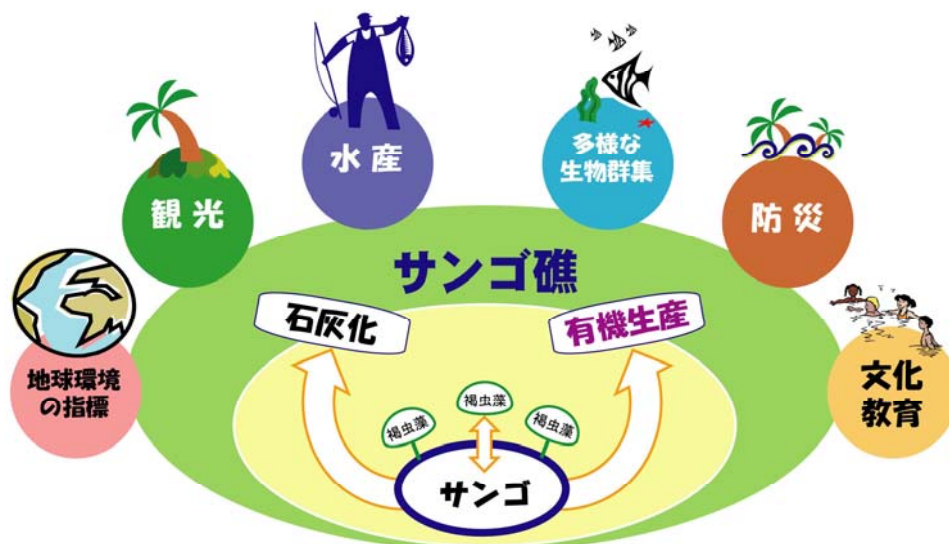


図 I-2-1-1 サンゴと褐虫藻の共生関係によって形成されるサンゴ礁の主な機能
サンゴの石灰化、褐虫藻の有機生産による多様な生態系の形成は、人間生活に豊かな恩恵を与える

1) 多種多様な生物を共存・生産する機能

全海水魚類の約4分の1の4000種がサンゴ礁魚類であり(Spalding et al. 2001)、サンゴ礁は、生物種の最も豊富な生態系の一つである。サンゴ礁域は貧栄養塩濃度の海域であるが、サンゴの体内に共生する褐虫藻によって基礎生産が行われ、サンゴから放出される粘液が多く魚類の餌になり、複雑な食物連鎖が形成される。熱帯・亜熱帯の海洋では透明度が高く栄養塩濃度が低いことから、生産性が低いように誤解を受けるが、寒冷な海洋とは異なり、溶存有機物質は食物網を通じてすみやかに可視的サイズの生物に捕食されるので清澄なのであり、生産性が低いわけではない。また、海中のカルシウム分を蓄積した骨格による立体構造は、多種多様な生物の生活場所を提供する(写真I-2-1-1)。さらには、サンゴ礁の海底に堆積した砂質地盤には海藻藻場が形成され、サンゴと同様、一次生産等の役割を担う。サンゴ礁の生物多様性が高いことも、十分な生産性があるからこそ成り立っている。

地球上の生物相は、基本的には太陽光を同化することができる植物を一次生産者として形成されており、一次生産量の高い地域ではそれらを利用する動物の環境収容力が高くなる。海域では、一次生産量の高い地域が水産資源量の高い海域であると言い換えることができる。表I-2-1-1に地球上の主な純一次生産量の一覧表を示す。海域は、外洋、湧昇流海域、大陸棚、藻場とサンゴ礁、入江に区分されており、藻場とサンゴ礁では単位面積当たりの純一次生産量の平均値が2,500g/m²/年で最も高く、陸域の熱帯多雨林の値(2,200g/m²/年)以上であり、地球上で最も生物生産の高い地域であることを示している。藻場とサンゴ礁が併記されているのは、サンゴは体内に共生する褐虫藻の光合成量が藻場と同程度であることを示している。



写真I-2-1-1 サンゴ礁には多様な生物が共存している

表I-2-1-1 主な生態系の純一次生産量

生態系のタイプ	面積 10 ⁶ km ²	単位面積あたりの純一次生産 g/m ² /年		世界の純一次生産 10 ⁹ t/年	単位面積あたりの生物量 kg/m ²		世界の生物量 10 ³ t
		範囲	平均		範囲	平均	
熱帯多雨林	17.0	1000~3500	2200	37.4	6~80	45	765
熱帯季節林	7.5	1000~2500	1600	12.0	6~60	35	260
外洋	332.0	2~400	125	41.5	0~0.005	0.003	1.0
湧昇流海域	0.4	400~1000	500	0.2	0.005~0.1	0.02	0.008
大陸棚	26.6	200~600	360	9.6	0.001~0.04	0.01	0.27
藻場とサンゴ礁	0.6	500~4000	2500	1.6	0.040~4	2	1.2
入江	1.4	200~3500	1500	2.1	0.010~6	1	1.4
海洋合計	361.0		152	55.0		0.01	3.9

出典：ホイタッカー著、宝月欣二訳(1979)生態学概説、培風館

サンゴ礁に流入してくる有機態の浮遊物や海底に堆積した有機物はサンゴや他のベントスによって摂食され、その量が減少する。海水中の懸濁態粒子は、サンゴや有孔虫由来の砂により濾過され、海底上のベントスの糞は底質中のバクテリアによって分解されて無機化される。このようにサンゴ礁はサンゴを中心とした物質循環を通して、海水を浄化する機能を有している。

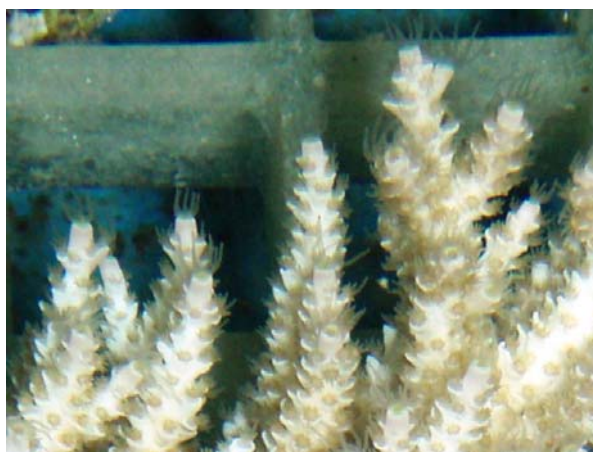


写真 I-2-1-2 触手を伸ばして海中の有機物を摂餌

2) サンゴ礁の水産機能

サンゴ礁域には色鮮やかな魚を始め、さまざまな生き物の格好の生息地になっている。サンゴ礁は海洋生物の繁殖・成育・索餌場の機能を持つので、資源涵養の場であり、好漁場としての機能を持つ。沖縄県の水産業は、かつては沖合や遠洋漁業の拡大に力を入れ、漁業生産の増大を遂げてきた。排他的経済水域の定着に伴いサンゴ礁域を活用する漁業やサンゴ礁が形成する静穏域内での養殖業にシフトした（図 I-2-2-1）。離島の多い沖縄県では、食糧需給において地先の水産物への依存度が依然として高い。そこで、養殖や保護育成礁など放流先となる増殖場の整備が行われている。また、水産資源保護のための保護水面の設定や、資源管理のための禁漁区(期)の設定なども行われている。

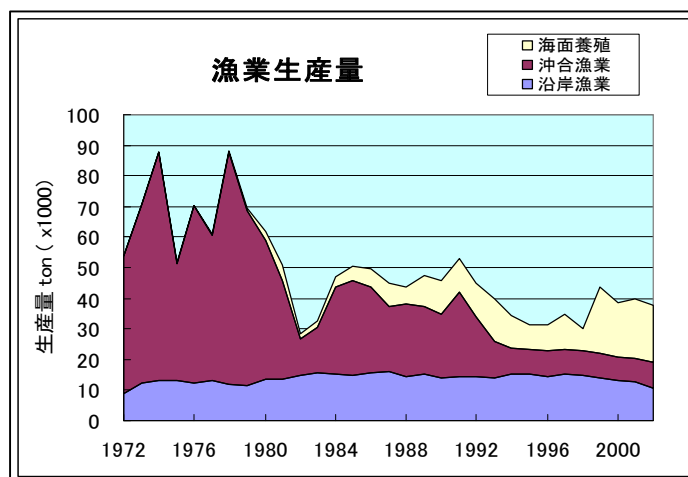


図 I-2-2-1 沖縄県の漁業生産量の推移
(沖縄県の水産統計より作成)

沖縄県のサンゴ礁域では、伝統的に一本釣、底延縄、小型定置網、潜水漁業、追い込み網漁、刺し網、採貝漁業が行われてきた。独特な漁法である追い込み網や電灯潜り漁では、タカサゴ類、ブダイ類、ハタ類等を漁獲している。典型的なサンゴ礁漁業では、魚類だけ



写真 I-2-1-3 サンゴ礁で漁獲される色彩豊かな魚介類

で 100 種以上が漁獲されており、温帯域に比べ漁獲対象魚種が多い（鹿熊，2004）。サンゴ礁で漁獲される主要な魚種は、ブダイ類、アイゴ類、タカサゴ類、その他のフエフキダイ類、ハタ類、イセエビ類、タコ類、ウニ類、シャコガイなどの貝類、モズクやヒトエグサなどの海藻類である。養殖業では、サンゴ礁内あるいはサンゴ礁に囲まれた静穏域を利用して、オキナワモズク類、シャコガイ類、魚類などが生産されている。

また、南西諸島では、専門の漁民でなくても、村落の住民がサンゴ礁の水産資源を利用してきた歴史がある。最近では、リゾート・観光産業と連携した「観光漁業」と呼ばれる新しい漁業形態も導入されている。サンゴ礁域で行われる海人体験、海辺のエコツアー、定置網漁業体験、ハーリー体験、サバニ体験などである。サンゴ礁域を漁場とする漁業者は、民宿経営や遊漁、ダイビング、ホエールウォッチングなどの観光やマリンスポーツ事業等との兼業も多く、漁業だけでなく多様化しており、地域的には「海業（うみぎょう）」としての事業が進められている。健全なサンゴ礁の生態系でなければ、海業は成立できず衰退してしまう。このように、サンゴ礁の水産的機能は漁村や漁村を中心に生活している住民に大きな影響を与えている。



イノの魚垣(ナガキ)



追い込み網



電灯を用いた素潜り漁

写真 I-2-1-3 サンゴ礁域での伝統的漁法



ハーリー* *石垣市提供



カゴ網漁業の体験



タコ突き漁業の体験

写真 I-2-1-4 ハーリー見学や体験漁業

3) 観光・景観機能

美しいサンゴ礁域の海岸は、海水浴、マリンレジャーの場として利用されている。また、伝統行事やイベントなども開催され、地域における交流の場として活用されている。平成 19 年の沖縄県の観光統計によると、県外からの観光客数は 589 万 2300 人である。そのうち、サンゴ礁と関係する「海水浴・マリンレジャー」、「ダイビング」、「釣り」の観光客数

はおよそ 191 万人 (35.9%) であり、多くの観光客がサンゴ礁の恩恵をこうむるために集まってくる。



写真 I-2-1-5 美しいサンゴ礁の景観は安らぎを与え、レジャーの場となる

4) 防災機能

海岸線がサンゴ礁に取り囲まれていることで、津波や台風などの高波浪を砕波し、背後集落の人命・財産を海岸災害から保護している。この場合のサンゴ礁は自然の防波堤と言える。また、サンゴの骨格や有孔虫の殻はサンゴ礁内の砂となり、砂浜の形成に大きく貢献するとともに、海岸保全の重要な役割を果たしている。



サンゴ礁は大波浪から島を護る

サンゴの骨格や有孔虫の殻で砂浜が造られる

写真 I-2-1-6 サンゴ礁は防波堤の機能を持ち、サンゴは海浜を造る

5) 文化・教育研究の場としての機能

サンゴ礁域の住民は生活・文化・経済等においてサンゴ礁に大きく依存しており、サンゴ礁との関わりの中から神事や行事などの独自の文化が発達している。海の幸や航海の安全を祈願した海神祭やハーリーなどの神事のように、サンゴ礁がもたらす豊富な漁獲物なくして、これらの伝統的な文化の継承も難しい。健全なサンゴ礁生態系の存在は、これらの地域の持続・発展にとって重要である。

人間活動と環境との関わり方の理解と認識を養う環境教育の場や、学問研究の場としてもサンゴ礁は利用されている。特に、サンゴ礁の衰退が問題化されているが、サンゴの断片移植が比較的容易な技術なので、一般市民ダイバーなどの賛同を得て、沖縄の数カ所で移植活動が行われている。衰退したサンゴ礁の再生は重要なテーマであり、環境を考える良い機会を与えているが、環境教育として自然観察会や保全活動を進めるための人材育成

も急務である。



市民によるサンゴの移植(イキイキサンゴ大作戦; 渡嘉敷村)*

*山里祥二氏提供



環境教育の風景(石垣島)

*吉田稔氏提供

写真 1-2-1-7 環境教育の場としての機能

6) 地球環境変動の指標としての機能

サンゴの発育は地球の環境変動の影響を受け、残された骨格を調査することで過去の環境条件が推察できる。例えば、大型のハマサンゴからコアを採取してその年輪を用いて過去数百年にわたる水温や降水量の復元を試みることができる。また、骨格の中から 酸素同位体比やマグネシウム／カルシウム比など古気候のよい指標となる化学成分の探索が可能である。サンゴ礁の分析から、エルニーニョと沖縄の気候の関係などが明らかにされるなど、サンゴ礁は地球環境変動の指標になっている。

7) その他

沖縄では、古くからサンゴが岩石化した琉球石灰岩を切り出し石垣の石としたり、漆喰の材料としたりして利用されてきた。最近では、サンゴやイソギンチャク、カイメンなどのサンゴ礁域の有用生物が医薬品などとしても注目されており、他の産業にも利用可能な物質が得られる可能性もある。また、十分に解明されていないが、サンゴ礁は炭酸カルシウムの貯蔵場として、その保全が地球温暖化の対策としても期待されている。

I-2-2 サンゴ礁の価値

サンゴ礁の価値を分類すると、利用価値と非利用価値に分けられる。利用価値は漁業や観光などの直接利用価値、海岸防護や漁業生産基盤となる間接利用価値に分けられる。非利用価値には遺産価値や存在価値がある。

【解説】

サンゴ礁の機能に対応して、サンゴ礁の価値を検討する試みがなされている。サンゴ礁の価値を分類すると、まず「利用価値」と「非利用価値」に分けられる(例えば、Cesar, 2002)。利用価値はさらに、漁業生産、観賞魚の漁獲、建設建材(石灰岩や砂)、観光(ダイビング、マリンレジャー、海水浴、エコツアー、魚釣り、ビーチリゾート)などの直接利用価値と、海岸保護や漁業生産の基盤となる生態系の維持などの間接利用価値に分かれる。これらはその価値を試算しやすく、Cesar et al. (2002)は、日本のサンゴ礁の利用価値としての経済利益を試算している。

一方、非利用価値としては、子孫に残す遺産価値や美しい景観や貴重な生態系が継続するような存在価値がある。NGOなどの多くの寄付は遺産概念であり、サンゴ礁で行われる祭事などは存在価値になる。これらの価値は一般的には試算しにくい。呉(2008)は、2002年に慶良間諸島の渡嘉敷島、阿嘉島、沖縄本島の恩納村、那覇市内でアンケート調査し、CVMによってサンゴ礁の非利用価値を求め、その額はかなり高いことを示している。このアンケートは沖縄で行われ、サンゴ礁に対する保全意識が高い人たちの意見が反映されたところもあるだろうが、サンゴ礁の価値がかなり高いことが確認された。

I－2－3 サンゴ礁の現状

近年のサンゴ礁の状況は、温暖化等による大規模な白化現象、陸域からの排水や土砂の流出等の人為的な影響、オニヒトデ等による食害による被害など、サンゴ群集の衰退が各地で深刻化している。サンゴ礁の衰退により、水産資源の漁獲も大きく影響を受けている。

【解説】

わが国最大のサンゴ礁域である沖縄県石西礁湖において、国立環境研究所他が平成 20 年に実施した調査では平成 15 年から平成 20 年にかけての 5 年間に石西礁湖のサンゴが 18.7km²(1870ha)から 6.2km²(620ha)となり約 7 割が失われていたとして報告されている(国立環境研究所・朝日新聞, 2008)。

また、第 4 回自然環境保全基礎調査(環境庁, 1995)によると、奄美以南では昭和 54 年～平成 4 年までに 1,510ha のサンゴ礁(礁池)が失われ、それ以前のものも加えるとサンゴ礁全体の 2.4%にあたる 2,308.9ha が消滅したと報告されている。消滅原因としては、以下のような人為的・自然的要因があげられている。

- 沿岸開発による埋立・浚渫、生物資源の乱獲、陸域からの排水等による海洋汚染
- 森林伐採や農地開発に起因する表土の流出などの人間活動に伴う人為的要因
- 地球温暖化等による大規模な白化現象
- 台風によるサンゴ礁の破壊
- オニヒトデなど食害動物による被害
- 病気の増加

さらに、後述するように、平成 10 年(1998 年)には世界的にサンゴの白化が観察され、サンゴ礁は危機的状況にある。地球規模サンゴ礁モニタリングネットワーク(GCRMN)が発行した平成 14 年の報告(Wilkinson, 2002)では、世界のサンゴ礁の 20%が破壊され、さらに 24%は危険な状況にあり 10～20 年後には破壊されるおそれが高いとされている。また、米国、オーストラリア、インドネシアなどの国際研究チーム(Carpenter et al., 2008)は、世界の増礁サンゴの 704 種のうち、32.8%のサンゴの絶滅が危惧され、この十年間で急激にサンゴが衰退していることを発表した。

わが国でも平成 10 年(1998 年)のサンゴの白化後、各地でサンゴ礁が衰退した報告がなされているが、全域にわたるサンゴ礁の実態調査がなされていないので、早急な全体調査が要望されている。以下に、主なサンゴの衰退原因である「白化現象」及び「オニヒトデによる食害」並びに「赤土等の流出による影響」について概説する。

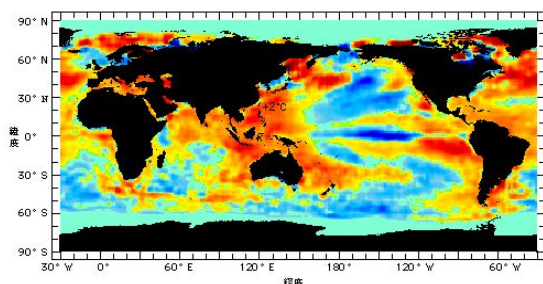
1) 白化現象によるサンゴ礁の衰退

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とされている。造礁サンゴに共生している褐虫藻が喪失、あるいは、減少することでサンゴの白い骨格が透けて見える現象である。

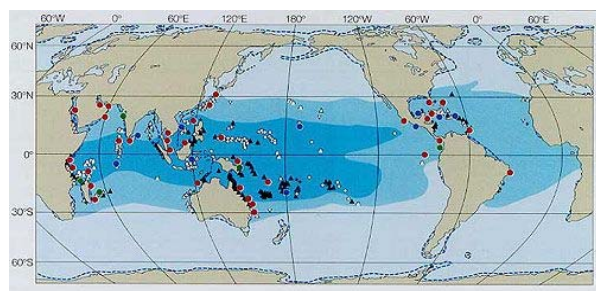


写真 1-2-4-1 サンゴの白化現象

この状態が続くと、サンゴは共生藻からの光合成産物を受け取ることができず、へい死にいたる。



人工衛星 NOAA の表層水温(1998 年 8 月)



1998 年のサンゴ白化の分布図

図 I-2-4-1 温暖化とサンゴの白化 (日本サンゴ礁学会 HP より)

サンゴの白化の要因には、高水温、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考えられるが、近年の白化の主要因は、温暖化等による海水温の上昇（高水温）と考えられている。特に、平成 9～10 年(1997～98 年)にかけて全世界的な水温上昇に伴い大規模な白化が生じ、サンゴ礁が大きな打撃を受けた (図 I-2-4-1)。わが国では、昭和 55 年に初めて大規模な白化現象が観察され (図 I-2-4-2)、その後、昭和 63 年、平成 13 年などエルニーニョの年と重なって白化現象が頻発している。

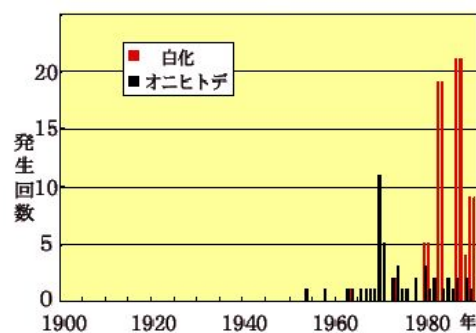


図 I-2-4-2 日本における白化現象とオニヒトデに食害の発生回数(日本のサンゴ礁, 2004)

なお、温暖化の原因とされている二酸化炭素濃度の増加は、海水中に二酸化炭素が溶けて弱アルカリの海水を酸性化することが問題になっている。酸性化の結果、炭酸カルシウムの骨格を持つサンゴの成長が阻害される可能性が高く、今後、大きな問題になることが予想されている (例えば、Kleypas et al., 2006)。これらの海水温の上昇や酸性化がサンゴに与えるグローバルなインパクトは、各地先で対応できるものではない。

2) オニヒトデによるサンゴの衰退

ナマコやウニと同じ棘皮動物の 1 種であるオニヒトデは、サンゴと同じ低緯度の海域に分布する。オニヒトデはサンゴを好んで食べるため、大量発生が繰り返されるとサンゴ礁は危機的な被害を受ける。

わが国でも、沖縄島、宮古島、八重山諸島など各地でオニヒトデが周期的に大発生を繰り返し、サンゴ礁が被害を受けている。その後、一時期オニヒトデの密度は正常化し、一部のサンゴ礁では回復がみられている。サンゴの成育環境が良好であれば、このような回復が見ら



写真 1-2-4-2 オニヒトデによる食害

れるが、沿岸域の開発などがサンゴの生育環境に悪影響を与えている場所ではサンゴ礁が回復できず衰退している。沖縄島恩納村や慶良間列島、奄美群島などで再びオニヒトデが大量発生しており、その対策が求められている。食害動物としては、オニヒトデの他にシロレイシガイダマシが問題になることもある。

これらはローカルなインパクトに位置付けられ、対策も可能である。食害対策の基本は食害動物の駆除である。ただし、ローカルなインパクトとは言え、広大なサンゴ礁の全てをオニヒトデの食害から保護することは困難である。沖縄でのこれまでの取り組みでは、広範囲なオニヒトデの駆除に取り組むのではなく、サンゴ礁内に保護海域を設定し、駆除の集中と継続的なモニタリングによる大発生の予測・早急な対応、繰り返し徹底した駆除が重要とされている。

3) 赤土などのサンゴへの影響

サンゴ礁海域への陸上からの赤土等の土壌（以後、赤土とする）の流出は、南西諸島海域に共通する課題である。赤土の流出は海中の光量を低下させ、サンゴの成長阻害を招き、海底の基盤上に浮泥が堆積するとサンゴの新規加入が阻害される。

また、赤土の流出状況について継続的なモニタリングを実施し、サンゴへの影響に関する研究を進めるとともに、その評価手法を確立することや海域環境の保全的な観点からの環境指針を作成するなど適切な対応が必要である。

赤土流出被害を防止するために、漁協がチェック機関としての機能を担ったり、赤土による濁度の観測を継続的に実施したりしている例もある。海域の赤土汚染をモニタリングするため、1985年に沖縄県衛生環境研究所はSPSS簡易測定法（SPSS；content of Suspended Particles in Sea Sediment；底質中懸濁物質含量）を開発した。この測定方法は簡便な器材と簡単な操作で科学的なデータが得られ、検査にかかる時間が短く、実験施設がなくても検査できる（大見謝，2004）。このSPSSの量とサンゴの被度や汚染の程度との関係がわかっているので、サンゴ礁の健全度を知るためにも定期的な観察が望まれる。

赤土ほど被害が明瞭ではなくても、人間活動の影響により、河川を通して栄養塩が海中に流出し、富栄養化が進行すると、透明度の低下による光量不足や競合する藻類の増殖促進によるサンゴの幼生の加入場所の減少など、サンゴへの悪影響が危惧されている。これらの赤土や栄養塩の流出に対しては、その負荷量を低減させることが基本であり、陸域での対策が重要である。



写真 I-2-4-3 赤土の流出

4) サンゴ礁の衰退がもたらす水産業への影響

上記に示されたような白化現象、食害、赤土被害、富栄養化、沿岸開発によるサンゴ成育場所の減少等により、沖縄県のサンゴ礁の衰退が指摘されている。昭和47年(1972年)の沖縄の日本復帰後、大規模開発で赤土が流出し、サンゴへの影響が危惧された。1980年

代にはオニヒトデの大発生、平成 10 年(1998 年)には大規模な白化現象によるサンゴの衰退が確認されている。

平成 7 年(1995 年)の第 4 回自然環境保全基礎調査以降、サンゴ礁の広域な実態調査がなされていないので、現時点では、サンゴ礁の衰退した面積は明らかではない。そこで、沖縄県の漁獲統計からサンゴ礁域で漁獲される魚介類の漁獲量を抜き出し、図 I-2-4-3 に経年変化を示した。これによると、すべての種で漁獲量は減少傾向にある。20 年前の漁獲量に対して、漁獲量の多い「その他のタイ類（フエフキダイ類）」は約 20%に、「ブダイ類」は 37%に落ち込んでいる。全体でも 3 分の 1 以下に落ち込んでしまった。タカサゴ類（地方名；グルクン）は昭和 56 年(1981 年)に 1200 t 以上あった漁獲量が、平成 17 年(2005 年)には 200 t 強に減少し、その主因は労働力不足による大型追込網の統数の減と考えられるが、CPUE(努力量当たりの漁獲量)も減少しており、資源の減少が心配される(鹿熊, 2007)。

このように、漁獲量の減少は、過剰な漁獲とともに、サンゴ礁の衰退による生息環境の悪化が主因であると考えられる。この減少傾向がさらに進むと、漁業のみでなく、観光業やその他の事業への悪影響が危惧される。沖縄県の沿岸漁業の回復には、適切な水産資源の管理とともに、健全なサンゴ礁の回復・保全が急務である。

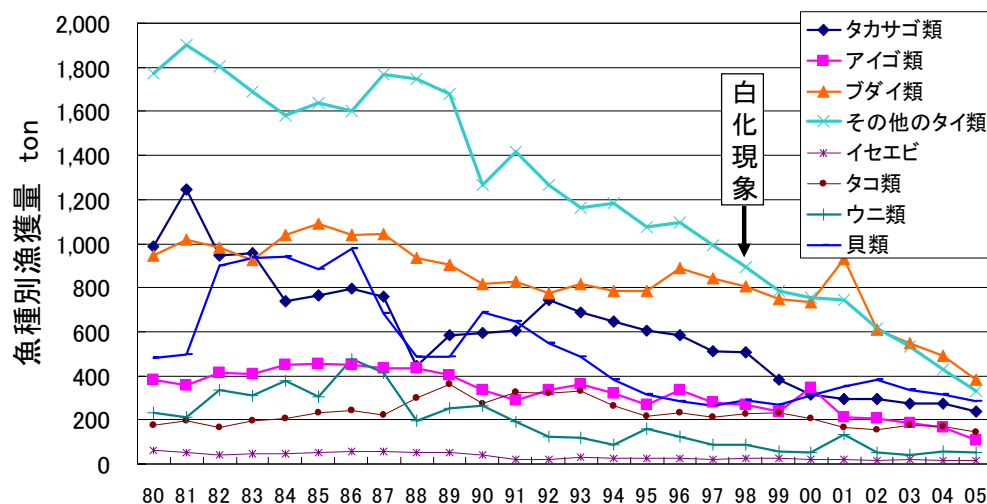


図 I-2-4-3 サンゴ礁域の主な魚介類の漁獲量の推移（沖縄県漁獲統計より作成）

このように、サンゴ礁の衰退が水産業に与えるインパクトは大きいですが、一方で、水産業がサンゴ礁に与えるインパクトも無視できない。魚類の乱獲によって植食性魚類が減少すると、付着場所をめぐる競合生物である藻類が優占し、サンゴ礁が衰退することが危惧されている（例えば、Bellwood et al., 2004）。また、わが国ではすでに実施されていないが、東南アジア地域で大きく問題視されるダイナマイトや青酸化合物を利用した漁業は明らかにサンゴ礁を破壊し、伝統的な漁業を駆逐してしまう恐れがある（鹿熊, 2007）。したがって、健全なサンゴ礁を維持しつつ、持続可能な水産業をめざすには、節度ある漁業とバランスのとれたサンゴ礁の賢い利用が望まれる。

沖縄県の魚種別漁獲量についてのホームページ

<http://www.pref.okinawa.jp/suisan/4topic/1suisangyou/7catch-gyosyu.xls>

参考文献

- 大見謝辰男(2004) ; 2-5 陸域からの汚濁物質の流入負荷, 日本のサンゴ礁, 環境省・日本サンゴ礁学会編, 財団法人自然環境研究センター, pp. 66-70.
- 鹿熊信一郎(2004) ; 4-4 漁業, 日本のサンゴ礁, 環境省・日本サンゴ礁学会編, 財団法人自然環境研究センター, pp. 122-126.
- 鹿熊信一郎(2007) ; 第1章 6. 漁獲統計調査, 平成18年度持続可能な漁業・観光利用調査(石西礁湖自然再生事業), 環境省自然環境局・亜熱帯総合研究所, pp. 15-22.
- 鹿熊信一郎(2007) ; 東南アジアにおける破壊的漁業と養殖ーサンゴ礁保全とサンゴ礁漁業・養殖の両立をめざしてー, 地域漁業研究, 47, 1, pp. 137-160.
- 環境庁(1995) ; 第4回自然環境保全基礎調査
http://www.biodic.go.jp/reports2/4th/coralreef/4_coralreef.pdf
- 国立環境研究所・朝日新聞(2008) ; 朝日新聞 2008年9月10日記事 及び 国立環境研究所ホームページ
<http://www.nies.go.jp/topics/2008/20080910/20080910.html>
- 呉錫畢(2008) ; 環境・経済と真の豊かさーテーゲー経済学序説ー, 日本経済評論社, 170pp.
- ホイタッカー R.H. 著、宝月欣二訳(1979) 生態学概説、培風館, 363p.
- Bellwood et al. (2004) ; Confronting the coral reef crisis, NATURE, vol. 429, pp. 827-833.
- Carpenter K.E. et al. (2008) ; One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts, Science 321, 560 p.
- Cesar, H. et al. (2002) ; Economic valuation of the coral reefs of Hawaii, Hawaii Coral Reefs Initiative, University of Hawaii, Hawaii, US.
- Cesar, H. (2002) ; "Coral reefs: their functions, threats and economic value", in H. Cesar (ed.) "Collected Essays on the Economics of Coral Reefs", CORDIO, Kalmar University, Kalmar, Sweden.
<http://www.earthmind.net/marine/docs/cesar-coral-reefs-values.pd>
- Kimble, M(2002) ; Coral jewels;
<http://www.unep.org/OurPlanet/imgversn/142/kimble.html>
- Kleypas et al. (2006) ; Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers: A Guide for Future Research, Report of a workshop sponsored by NSF, NOAA, and USGS
http://www.isse.ucar.edu/florida/report/Ocean_acidification_res_guide.pdf
- Spalding, Mark et al. (2001) ; World atlas of coral reefs, University of California Press, Berkley, 424p.
- Wilkinson C. (2002) ; Status of coral reefs of the world 2002, Australian Institute of Marine Science(AIMS), Global Coral Reef Monitoring Network(GCRMN), Townsville, Australia, 378p.