

第2章 サンゴ礁の攪乱

ある種の自然環境への攪乱は、しばしば人為的な要因と自然現象の複合的要因に起因するものが多い。この章で紹介するサンゴ礁の攪乱事例のうち、埋め立てなどの開発行為や赤土などの流入による攪乱は、現代社会における人為的要因が原因である。世界的な規模でのサンゴの白化現象は、気候変動を引き起こしている人間活動との関係が濃厚である。オニヒトデなどの肉食生物やある種の海綿のようなサンゴに害を与える動物の異常発生や病気の発生によるサンゴの減少と言った群集動態の歪みは、大筋では自然現象として捉えられる。実証は大変難しいが、これらについても人間活動が関与しているという意見もある。各事例を俯瞰することによって、サンゴ礁保全に必要な多角的な施策があぶり出されてくるだろう。これらをバランス良く統合し実践する必要がある。

2-1 地球環境変動と白化現象

中野義勝

1 はじめに

1997年から1998年にかけて見られた「サンゴ礁の白化現象」は、世界的な規模のものとして多くのサンゴ礁研究者によって記録された。Wilkinson (1998) はインターネットを駆使して世界中で見られた白化現象を把握し、速報的なものとしてこの事態が汎世界的な広がりを持つことを記録として知らしめた。国内で起こった白化現象も、日本サンゴ礁学会のホームページ*¹等を通じて同時に多くの人々に周知された(茅根 2002)。

まさに、インターネット時代を象徴するようなできごとで、技術文明の進歩と地球環境の変化が平行して進行していることを強く印象づけた。さらに、この現象は従来から見られていたサンゴ礁での攪乱とは異質のもので、短期間の内に大規模に起こったという点で特徴的であった。これを契機に、世界中で造礁サンゴの白化現象を研究する動きが加速された。同様に、国内でも調査研究が行われ、行政を含めた多くの調査報告書が出版された(財 亜熱帯総合研究所 1999; 環境省自然環境局 2002など)。

以下、現在地球で最も古い生態系の一つとも言われるサンゴ礁生態系(Veron 1995)とその主役である造礁サンゴに、今何が起きているのか、最新の学会・報道等によって報告された日本の現状をも含めて概観する。

2 サンゴと褐虫藻の共生

造礁サンゴ(以下サンゴ)とは、単細胞の藻類と共生している刺胞動物門に属するいくつかの分類学上のグループにまたがった動物の総称である。花虫綱イシサンゴ目の大部分の種・共莖目・根生目・ヒドロ虫綱アナサンゴモドキ目の種がこれに相当する(西平・Veron 1995)。

この共生藻は「褐虫藻(zooxanthellae)」と呼ばれる、直径が $10\mu\text{m}$ 程の渦鞭毛藻の*Symbiodinium*属の仲間(写真1)、サンゴの内胚葉組織である胃層の細胞内に共生している(Kawaguti 1944; Muscatine 1980)。相互の共生関係をかいつまんでみると、サンゴの呼吸によって生じた二酸化炭素の一部は褐虫藻によって光合成に利用され、褐虫藻は光合成によって生産したグリセロール等をサンゴの活動エネルギー源としてサンゴに提供し(Grant *et al.* 1999)、サンゴの代謝産物として排出されるアンモニウムやリン酸塩などの老廃物を摂取して成長する。この相互関係を獲得したことによって、サンゴは貧栄養な熱帯の海で繁栄することに成功した。

さらには、褐虫藻の存在はサンゴの石灰化過程を促進することから(日高 2002)、サンゴ褐虫藻共生体はサンゴ礁形成において重要な位置を占めており、このことが「造礁サンゴ」の名称の由来となっている。

褐虫藻はその細胞数で数えた場合、サンゴ群体の組織表面 1cm^2 当たりにも百万の単位で見られる。褐虫藻はサンゴ組織内で分裂と成長の細胞サイクルを日単位で繰り返し、加齢等で機能不全に至った細胞は放出される。このサイクルはサンゴと褐虫藻の相互作用によってコントロールされ、結果的に周辺環境条件に適応した褐虫藻密度を維持している(Smith and Muscatine 1999)。

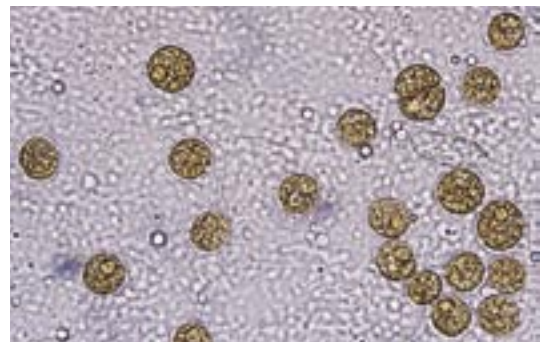


写真1 直径 $10\mu\text{m}$ 程の褐虫藻(zooxanthellae)。細胞分裂中のもも見える

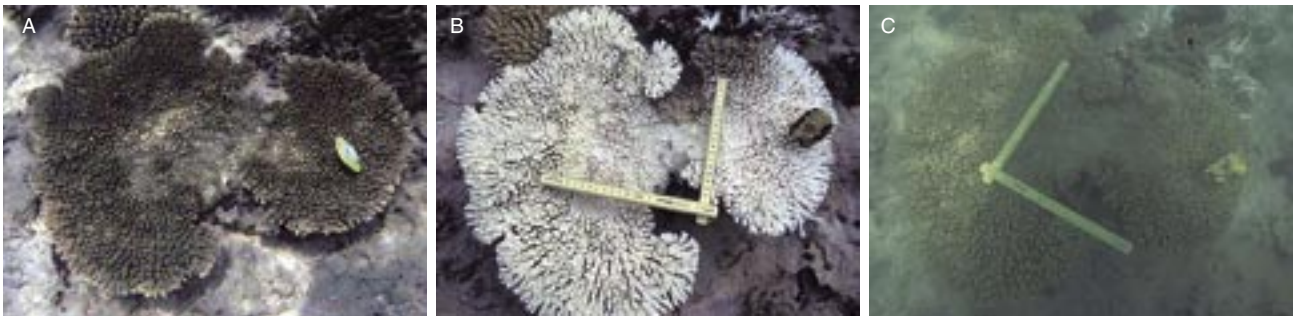


写真2 琉球大学熱帯生物圏研究センター瀬底実験所前面の礁原上、水深2mにおける、A：健康なクシハダミドリイシ (*Acropora hyacinthus*) 群体 (1998年4月撮影)、B：白化しているAと同一の群体 (1998年8月撮影)、C：死亡し、骨格表面が藻類とシルトに覆われたAと同一の群体 (1998年10月撮影)

3 サンゴの白化現象とは何か？

急激な環境変化はサンゴにストレスとして働き、この共生関係の維持を困難なものとする。共生関係が崩れると、サンゴから褐虫藻が抜け出てしまう白化現象が見られる。褐虫藻は文字通り褐色で数も多いので、健康なサンゴは褐色に近い色をしている (写真2A)。

ところが、サンゴの組織はほとんど色素を持たない上に薄いので、褐虫藻が大量に抜けてしまうと石灰質の白色の骨格が透けて見えることから、このような状況を「サンゴの白化現象」と称している (写真2B)。白化現象とはストレスにより引き起こされる一つの症状であり、この状態ではサンゴの組織は生きている。

白化現象を引き起こす環境因子としては、温度、光、塩分などが挙げられる (中野 2002a)。これらがサンゴと褐虫藻の適応範囲を外れて高くても低くてもストレスとなり、白化現象を引き起こす。白化現象の発症過程としての褐虫藻の放出過程には、環境ストレスの変動の程度に応じて、幾つかのパターンが見いだされている。

- 1) 変動が急激で大きな場合、サンゴの組織破壊が先行して起こり褐虫藻が放出される (Muscatine *et al.* 1992)。このような場合、放出された褐虫藻には健全なものが多く見られる。急性的な白化現象とも捉えられ、サンゴにとっては重篤な状態である。
- 2) 比較的変動が緩やかな場合は、サンゴの組織に目立った損傷はなく褐虫藻が徐々に放出される。放出された褐虫藻は色素を失っていたり細胞の萎縮を起こしたりして、褐虫藻の障害が大きくなったためにサンゴから放出されたことが判る (Kuroki and van

Woesik 1999)。慢性的な白化現象と捉えることも出来るよう。

この状態が長期にわたるとサンゴはエネルギーの供給を絶たれ、組織に蓄えた脂質も消耗し尽くすなどして死亡することがある (写真2C)。

白化現象を起こしたサンゴの生死の境界について、Jones (1997) は褐虫藻数の減少のみが観察される内は回復可能であるが、数の減少と褐虫藻に含まれる光合成色素の喪失が同時に起こった場合は回復が不可能になると述べている。

同様な白化現象を引き起こす因子として病気も報告されているが、発症の機序については未解明な点が多い (Kushmaro *et al.* 1996；中野・山城 2002)。

4 高水温下でのサンゴの反応

Wilkinson (1998) によって報告された1997～1998年の大規模なサンゴ礁の白化現象を引き起こした主原因が、世界規模での海水温上昇であることに異論はない。Jokiel and Coles (1990) は、夏期の1℃の水温上昇が白化を引き起こし、長期的には斃死することを述べている。1997～1998年に世界的な規模で見られたサンゴの白化現象も、その後の多くの調査研究により通常の夏期の平均水温より1～2℃高い状態が続いたことが主な原因とされた。

高水温は、褐虫藻内で活性酸素等の有害物質の生産を促進する (Lesser *et al.* 1990)。不安定な電荷を持つ活性酸素は高エネルギー状態にあり、細胞内小器官に障害をもたらすと同時に、「光化学系II」にも障害をもたら

し光合成を阻害する (Lesser 1997)。このため、サンゴは自己防衛のために褐虫藻を放出すると考えられる。

さらに、高水温によって褐虫藻の光合成量は減衰し、サンゴ褐虫藻共生体の呼吸量は増加するため、細胞内の二酸化炭素濃度の上昇がおり、白化を起しやすいたく況を作り出しているとする報告もある (Pecheux 1998)。

また、紫外線を含めて光条件が異なると高水温下でのサンゴの反応も異なることが知られている (Glynn *et al.* 1992; Hoegh-Guldberg and Smith 1989)。高橋ら (2001) は、一般的なサンゴ礁で優占するコユビミドリイシ (*Acropora digitifera*) では、水温28°Cの時に光量子量250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上で光阻害を起すのに対して、32°Cでは100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で光阻害を起し、30°Cを過ぎると光阻害の回復速度が、それより低い温度に比べて、急激に低下する事を報告している。この例でも、高温が褐虫藻の光合成能に影響していることが示されている。

一方、白化現象に対するサンゴの生体防御機構として、熱ショック蛋白質 (Heat shock protein) の合成 (Sharp *et al.* 1994; Black *et al.* 1995) や細胞内カルシウムイオン濃度の調整 (Fang *et al.* 1997) による高温への対応が行われている。サンゴの紫外線吸収物質合成 (Glynn *et al.* 1992) も、光による相乗効果の軽減策の一つとして機能していると考えられている。

サンゴ群体内の褐虫藻には遺伝的に異なるいくつかのタイプが混在している (Rowan and Knowlton 1995)。中にはストレス耐性の高い褐虫藻タイプも知られており、このタイプを豊富に共生させているキクメイシモドキ (*Oulastrea crispata*) では (Chen *et al.* 2003)、1998年にも白化現象は見られなかった (中野 未発表資料)。環境変動によりこれらの褐虫藻組成が変化することによって、群体の白化現象の起り方には差異が生じると考えられる。バリカメノコキクメイシ (*Goniastrea aspera*) では、1998年には調査群体の半数が白化したが全て回復し、2001年には全く白化しなかったことが観察されている (中野 2002b)。また、群体上で褐虫藻がタイプ毎に偏在することがあれば、白化現象の出現部位が異なることもある。サンゴ自体の遺伝子型の違いと高温時の白化現象への感受性の違いも、ハマサンゴ属 (*Porites*) に見いだされている (Edmunds 1994)。これらの現象の遺伝学的検討は今後期待されることである。

5 白化によるサンゴへの影響とサンゴ礁への影響

環境条件が好転し白化現象による斃死を免れて生存しても、その回復過程において感染症に冒されるサンゴが増加したことが観察されている (Williams and Williams 1990)。また、翌年の生殖時に影響が見られた例もある。1998年に白化した後回復したイボハダハナヤサイサンゴ (*Pocillopora verrucosa*) では、1999年の産卵群体数も受精率も低下していた。同様に回復したエダコモンサンゴ (*Montipora digitata*) の1999年の生殖時期には、卵母細胞と精巣の数が減少し、人工受精胚では正常発生が見られなかったことが報告された (Hirose and Hidaka 2000)。Glynn and D'Croz (1990) も、白化現象を引き起こしたサンゴ群体は、生殖を含めて正常に回復するまでに2年を要したとしている。これは、親群体の白化による死亡がその後の加入幼生の減少を引き起こすばかりか、生き残った群体にも一時的にせよ後遺症として生殖不全が起り、白化現象を起こしたサンゴ個体群ないし群集の再生産に支障を来すことを示している。

高温による影響は、成長が早く樹枝状に生育するミドリイシ属 (*Acropora*) など現世のサンゴ礁で優占するグループに顕著であった (Loya *et al.* 2001)。このため、1998年の白化現象に引き続いて起こったミドリイシ属を中心としたサンゴの大量斃死の影響は、サンゴ礁生態系全体に波及する事となった (写真3)。

サンゴはサンゴ礁生態系の基礎生産者と見なすこと



写真3 優占するほとんどのミドリイシ類 (*Acropora*) が死滅した、部瀬名岬前の礁原 (1998年9月撮影)。草食魚ばかりが目立つ

ができ、サンゴ礁群集を構成する他の生物の生息場所として多様な構造をも提供している。優占種を失ったサンゴ礁では極端なサンゴの被度の低下により、サンゴ礁全体の基礎生産力と生息環境の多様性を失った。これに伴って、魚類については一部の草食性の魚類ばかりが増え種組成の多様性が減少したり (Shibuno *et al.* 1999)、サンゴ食魚の数そのものの減少が起きており (Kokita and Nakazono 2001)、サンゴに共生する甲殻類などの無脊椎動物についても同様である (Tsuchiya 1999)。さらに、サンゴが死んで出来上がった裸地には草食性のウニなどの増加もみられ、硬い歯で石灰質の基盤を餌の海藻といっしょに削り取る生物侵食 (グレイジング) の加速も懸念される (Glynn 1990)。このような生物の増加は定着したての幼サンゴの嚙り取りの頻発にもつながり、群集の再生の初期過程に影響を及ぼす (Suefuji and van Woesik 2001)。

6 1997年以前に日本で見られたサンゴの白化現象

Yamazato (1981) は、沖縄島北部の本部半島に隣接する瀬底島の琉球大学瀬底実験所前の礁原上において、1980年の夏に比較的規模の大きなサンゴの白化現象を観察した。白化現象は8月から観察され始め、このときの

干潮時の礁池内の水温は30~31℃であった。翌年までの定点観察によると、調査区内のトゲサンゴ (*Seriatopora hystrix*) は100%、ショウガサンゴ (*Stylophora pistillata*) は80%が死亡した。一方、ミドリイシ属・コモンサンゴ属 (*Montipora*)・ハマサンゴ属は50%以上が回復し、キクメイシ類では全てが回復した。表1に過去に記録された白化現象を示すが、文献としてはこれが国内はじめての白化現象についてまとめた記録ではないだろうか。この年、石垣島では白化現象は観察されなかった (Williams and Williams 1990)。

八重山群島では、1983年夏期にサンゴの白化現象が観察された (亀崎・宇井 1984)。礁池ないし礁斜面上部の水深3m以浅で白化現象を起こしたサンゴのうち、ミドリイシ属・トゲサンゴ属 (*Seriatopora*) などが大量に死亡し、キクメイシ類やクサビライシ属 (*Fungia*) では回復したものが多かった。ハマサンゴ属では、白化現象を起こしたものは見られなかった。7~8月の間、石垣島では水温が30℃を超えており、天候の安定による晴天が続いていた。この年8月、上述の瀬底実験所前の礁原でもサンゴの白化現象が観察され、筆者は実験用サンプルとして白化したキクメイシ類を採集している (中野 1984)。

宮古島では、1986年に白化現象が起こったことが新聞で報道されている (沖縄タイムス 1986年8月11日夕刊)。6~8月にかけて、宮古島の夏期の平均水温から1℃上

表1 1997年以前に白化現象の情報のある地域。○は白化現象が観察されたことを、×は白化現象がなかったと確認できたことを示す

年	徳之島	沖縄島・周辺離島	宮古群島	八重山群島	出典
1980		○		×	Yamazato (1981) ; Williams and Williams (1990)
1981					
1982					
1983		○		○	亀崎・宇井 (1984) ; 中野 (1984)
1984					
1985					
1986	○	○	○		沖縄タイムス1986年8月11日 ; Tsuchiya <i>et al.</i> (1987)
1987					
1988					
1990				○	西海区水産研究所
1991		○			Imai (1992)
1992					
1993			○	○	沖縄県企画開発部 (1994)
1994		○		○	藤岡 (1994)
1995		○			中野 (未発表資料)
1996		○			中野 (未発表資料)
1997					

回る水温が記録されていたという。同時期における、沖縄島残波岬と徳之島での観察例も紹介されている。同年夏期、沖縄島では比較的広範な白化現象が観察された (Tsuchiya *et al.* 1987)。さらに、Tsuchiya *et al.* (1987) は、沖縄島南部の礁原に生息するナガウニ (*Echinometra mathaei*) が高温によると見られる大量死を起こしたことを報告している。

西海区水産研究所によると、1990年に石垣島で白化現象が観察された。翌1991年夏期には、沖縄島と周辺離島である水納島・久高島および石垣島で白化現象が観察された (Imai 1992)。

1993年夏期には、宮古群島・八重山群島で白化現象が観察された (沖縄県企画開発部 1994)。さらに、同年の白化現象は波照間島でも見られたことが報道された (沖縄タイムス 1993年8月1日)。

1994年夏期には、石垣島および沖縄島本部半島で白化現象が観察され、ミドリイシ類の斃死も見られた (藤岡 1994)。1994年には瀬底島でも白化現象が観察され、白化から回復したシナキクメイシ (*Favites chinensis*) とリュウキュウノウサンゴ (*Platygyra ryukyuensis*) を追跡調査したところ、1995年、1996年にも同一群体の一部が白化現象を起こすのが観察された (中野 未発表資料)。

1997年以前のサンゴ礁の白化現象の国内の記録は、サンゴ礁への関心の度合いの偏りもあって沖縄に偏在している。これらの白化現象については、島ごと、あるいは地域ごとにその程度が大きくばらついていた。また、一部のサンゴの斃死を伴う規模のものでも、陸域からの影響の出やすい浅い礁原から礁斜面上部にその被害がとどまっていた。野外では環境変動は複合的に起こるのが普通で、陸域の影響の強い浅所の白化現象には淡水の流入や赤土の流出等も関係してくることから、地域差が出ることは当然視されていた。このため、白化現象の要因をストレスの種類ごとに論じる事は容易ではなかった。

さらに、同一種のサンゴにおいても高温等のストレスへの反応に遺伝的な違いが見られる (Edmunds 1994) ことを考慮すると、サンゴの種が代わればさらに大きな反応の変異が見られることは容易に推察される。1997年以前に野外で見られた白化現象では、まさに同一種においても白化現象が一部地域に限られていたので (Yamazato 1999)、その要因となる環境因子もその都度個別に検討されてきた。

7 1998年以降のサンゴ礁の白化現象と地球環境変動との関係

1983年夏、エルニーニョの影響でガラパゴス諸島沿岸は高水温が続き、サンゴ群集を構成するほとんどの種に白化現象が現れ死亡したものも多かった。さらには、幾つかの固有種が絶滅したとされる (Glynn 1991)。

サンゴ礁域では、動物と藻類の共生関係はサンゴと褐虫藻に留まらず、他の無脊椎動物にも広く見られる (弥益 1988)。ガラパゴスではこれらの共生関係も障害を受け、様々な共生種に白化現象が見られた。Glynn (1993) は、サンゴと褐虫藻との共生関係への障害に留まらない、このような大規模な白化現象を「サンゴ礁の白化現象」と称する事を提唱している。

1997年にオーストラリアのグレートバリアリーフから始まった大規模なサンゴ礁の白化現象は、1998年7月には北半球のサンゴ礁域で広範に見られるようになった。サンゴ礁の白化現象を引き起こした主な原因は、高水温であった。各地にサンゴ礁の白化現象が飛び火していく状況を人工衛星画像と重ねることによって、「ホットスポット」と命名された高水温塊が海洋を移動して白化現象を引き起こしている様が、米国海洋大気局 (NOAA) *² によって明瞭に示された (図1)。

この高水温塊は日本にも達し、南西諸島はじめ各地でサンゴ礁の白化現象が引き起こされた (表2)。各地の様子は第6章に詳しく述べられている。沖縄では1998年7月頃から大規模なサンゴ礁の白化現象として現れ、沖縄島西岸ではミドリイシ属のサンゴをはじめ多くの優占種が壊滅的ダメージを被った (写真4) 結果、サンゴの被度の低下と群集組成の変化が生じた (Loya *et al.* 2001)。

琉球列島では、局地的にサンゴが死滅した地域がある一方、多くのサンゴが白化から回復した地域も見られた。このような差異は、高水温の平均水温からの偏差や高水温に曝された期間、あるいは光条件や潮流、濁り等の二次的な複合要因の有無と程度によるものと考えられる。被害程度が大きいとされた沖縄島西岸域に隣接し、比較的被害の小さかった慶良間諸島では、浅い陸棚が陸棚自身よりも遙かに深さを持った巨大な暖水塊の接近を阻んだことで、長期間暖水塊に曝されることがなかったため、



写真4 優占するミドリイシ類 (*Acropora*) を中心に白化した、瀬底島南西のサンゴ群集 (1998年8月撮影)。サンゴ礁右上部の大型群体はソフトコーラルと呼ばれる八放サンゴ類

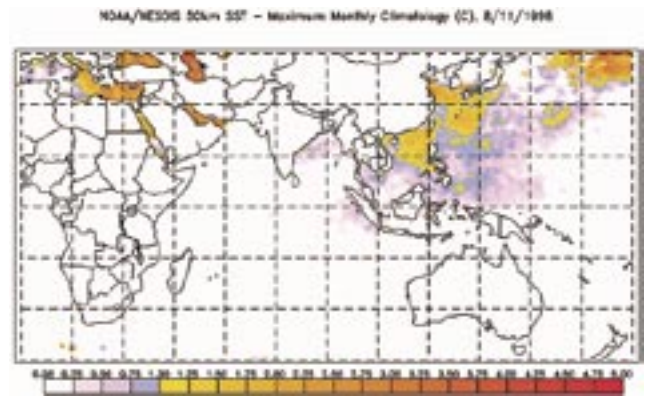


図1 米国海洋大気局 (NOAA) の衛星観測による1998年8月11日のホットスポット (高水温塊) の様子。琉球列島を含む西日本沿岸の表層水温が、1℃以上平年値よりも高かったことが分かる (http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/orad/coral_index.html)

表2 1998年に各地で起きた白化現象の様子

白化した地域	白化の記録日	白化した時期	白化した水深	白化した種・グループ	幣死した時期	幣死した水深	幣死した種・グループ
熊本天草	98/9/8		2 から 5m	ハナヤサイサンゴ他			
鹿児島錦江湾	98/9/4		2 から 5m	卓状ミドリイシ			
鹿児島串木野	98/9/4	8月中旬		ミドリイシ他			
鹿児島桜島	98/9/6		3 から 5m	ミドリイシ他			
鹿児島中之島	98/9/6			ミドリイシ他			
種子島西海岸	98/9/2	8月初旬	2 から 5m	ミドリイシ他			
屋久島	98/9/8						
奄美大島笠利湾	98/9/9	8月中旬	2 から 10m	ミドリイシ他		2 m	ミドリイシ他
奄美大島竜郷湾	98/9/4	8月中旬	2 から 10m	ミドリイシ他			
喜界島	98/9/3						
徳之島	98/9/3						
沖永良部島	98/9/3						
与論島	98/9/3						
伊是名・伊平屋島	98/8/20						
沖縄本島辺野古	98/9/13			ミドリイシ他			ミドリイシ他
沖縄本島備瀬崎北	98/9/	8月初旬	2 から 5m	ミドリイシ他			ミドリイシ他
沖縄本島備瀬崎南	98/10/7	8月中旬	礁池内	ミドリイシ他		礁池内	ミドリイシ他
沖縄本島部瀬名岬	98/9/15	8月中旬	30m まで	ミドリイシ他		5 m まで	ミドリイシ他
沖縄本島真栄田岬	98/9/20		30m まで	ミドリイシ他			ミドリイシ他
伊江島	98/9/20	7月中旬		ミドリイシ他			ミドリイシ他
水納島	98/9/	7月初旬	30m まで	ミドリイシ他	8月下旬	5 m まで	ミドリイシ他
瀬底島	98/9/	7月初旬	30m まで	ミドリイシ他	8月下旬	5 m まで	ミドリイシ他
久米島	98/9/9						
阿嘉島	98/9/20		20m まで	ミドリイシ他		5 m まで	ミドリイシ他
座間味島新田浜	98/9/25		20m まで	ミドリイシ他		5 m まで	ミドリイシ他
座間味島北岸	98/9/20			ミドリイシ他			
渡嘉敷島阿波連ビーチ	98/9/20		12m まで	ミドリイシ他			ミドリイシ他
宮古島	98/9/20		浅瀬	ミドリイシ他		浅瀬	ミドリイシ他
石垣島白保	98/9/20	8月中旬		ミドリイシ他			
石垣島川平	98/9/20	8月中旬	15m まで	ミドリイシ他	9月上旬	2 から 3m	ミドリイシ他
石垣島大崎	98/9/20	8月中旬	5 から 6m	ミドリイシ他			
竹富島	98/9/20		5 から 6m	ミドリイシ他			

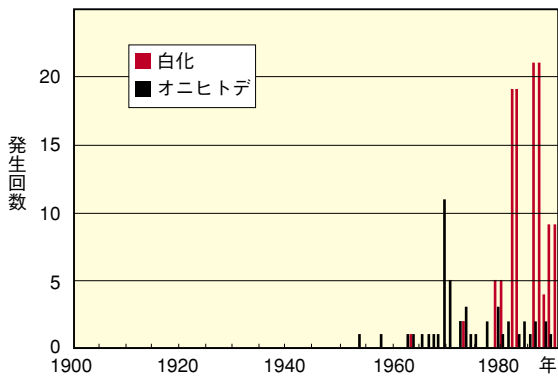


図2 世界のサンゴ礁におけるオニヒトデ (*Acanthaster planci*) の大発生による食害とサンゴの白化現象の発生頻度。白化現象は1980年以降急激に増加している (Glynn 1993を一部改変)

白化の程度も軽くサンゴの回復が良好であったと推定されている (Nadaoka *et al.* 2001)。

1990年までに世界のサンゴ礁域で起きたサンゴ礁の白化現象は Glynn (1993) によって集計された (図2)。そこでは、オニヒトデ (*Acanthaster planci*) の食害とそれに引き続くサンゴ礁の白化現象によって多くのサンゴが減少してゆく様子が示された。サンゴ礁の科学的観測は、戦後まもなくスキューバ潜水技術が導入されたことによって飛躍的に発展した。さらに、1950年代から頻発したオニヒトデの大量発生による食害が顕著になったことを契機として、モニタリングも盛んに行われるようになった。これらを背景として考えると、1970年代後半から急に観測され始めたサンゴ礁の白化現象は、それ以前にはなかった現象であると推定できる。とりわけ、人間活動によって引き起こされている地球温暖化とサンゴ礁の白化現象の相関を憂慮した Glynn は、サンゴ礁をかつて炭坑でガス発生を知らせるために飼われたカナリアにたとえて、「地球環境の悪化をサンゴ礁が知らせている」として、地球全体の問題として取り組むよう警鐘を鳴らした。

それでも1993年当時はまだ、地域ごとの発生に留まっていたサンゴ礁の白化現象は、1998年には地球的な規模で発生し、サンゴの総死亡量はオニヒトデによるそれをはるかに越えてしまったと思われる。このサンゴ礁生態系の壊滅的危機を招いた原因である海水温上昇は、地球温暖化と強い相関があることが、コンピューター・シミュレーションにおいても資料統計学的解析においても明瞭に示唆された (Barnett *et al.* 2001)。

2001年と2003年の夏にも、沖縄島ではサンゴ礁の白化現象が記録され、回復途中のサンゴ群集は再び攪乱を受けた (中野 2002b; 中野未発表資料) が、幸いこの白化現象は世界的な規模のものではなかったようだ。この時の白化現象では、衛星その他を使った観測体制が整備されていたこともあり、沖縄近海を取り巻く大きな暖水塊の挙動がはっきり確認された (下条ら 2001)。黒潮流域が全体に高水温化したこの時期、分布範囲を北上させ、新しい場所へ加入したサンゴの種も報告されている (野島 2001)。これが、再生産を行い地域個体群として定着していくのか、無効分散として消えて行くのかはまだ分からない。仮に定着できたとしても、このような例はごく僅かだろう。生物の進化の時間スケールを考慮した場合、最近3回の大規模なサンゴ礁の白化現象のような頻度で攪乱されてしまえば、短期間に起こった環境の変動に合わせて生息域を変えたとしても、それぞれの種が新しい生息域に完全に適応するかどうかは疑わしい。さらには、様々な耐性を獲得し適応力を変化させるには、とてい間に合わないだろう。

これは、サンゴ礁生態系にとって、どの程度の危機なのだろうか。われわれは、評価を急ぐとともに、緊急に各自でとりうる行動を起こす必要に迫られている (サンゴ白化問題に対する日本サンゴ礁学会1998年大会アピール)。

引用 URL :

* 1 : <http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/main.html>

* 2 : http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/orad/coral_index.html