

# 特集

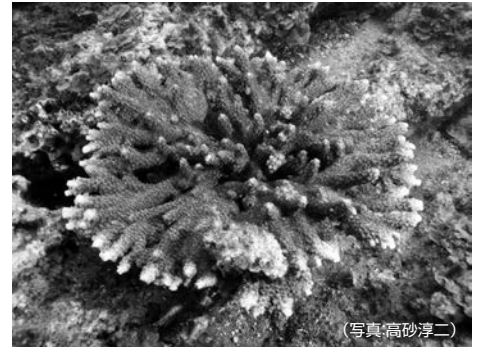
# 北限のサンゴの重要性、再び

～海洋酸性化の影響と固有種の保全～

文:山野博哉

(独立行政法人国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター生物多様性保全計画研究室室長)

2008年に本格的に開始したOWSの「北限域の造礁サンゴ分布調査プロジェクト」は、6年を経て、新たな取り組みに向けて準備を始めることになりました。これまでの活動を総括し、新たな展開を目指すにあたり、造礁サンゴを取り巻く環境変動の複合的な影響や調査の価値について、調査の協力研究者である国立環境研究所の山野博哉さんに解説いただきました。



## 気候変動の視点

2014年3月25日から29日にかけて、横浜で、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次評価報告書第2作業部会報告書(影響・適応・脆弱性)の内容が議論され、承認されました。エブオブ41号でご紹介した最近のサンゴの分布北上に関する論文1)、2)が

この報告書で引用され、地球温暖化にともなう水温上昇が沿岸生態系に影響を与えていることが科学的にも政策的にも広く認められるようになりました。

水温上昇がこのまま続くと、サンゴは北上を続けるのでしょうか。どうやらそうならないかもしれません。二酸化炭素が排出され続けると、その結果起こるのは

( $\text{HCO}_3^-$ )になります。水素イオン( $\text{H}^+$ )を中和するために炭酸イオン( $\text{CO}_3^{2-}$ )が使われ、炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )ができにくくなるのです。この現象はアルカリ性の海水のpHが低下し、酸性化するため「海洋酸性化」と呼ばれます。ただ、ここで注意していただきたいことは、海水が酸性になるわけではなく、酸性の方に向かうということです。

地球温暖化だけではありません。海では、二酸化炭素が海水に溶け込んで、「海洋酸性化」が起こるのです。

海洋酸性化は現在すでに進行しており、日本近海ではpHが10年に0.02の割合で低下していることが過去から現在にかけての観測により示されています。現在の世界の海水の平均pHは8.1程度で、幸いサンゴに深刻な影響は見られないようです。しかし、水槽で酸性化させた海水でサンゴを飼育する実験では、サンゴの成長や定着が阻害されることが示されています。さらに、実際の海域でもサンゴが海洋酸性化によって深刻な影響を受ける可能性を示す実例があります。日本やパプアニューギニアのいくつかの地点では、火山があり、海底から二酸化炭素が吹き出ている海域があります。そこでサンゴの分

図1をご覧ください。海水に二酸化炭素が溶け込むと、最終的に炭酸カルシウムでできたサンゴの骨格や貝殻ができにくくなることがわかりいただけると思います。海水に溶け込んだ二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )は、水( $\text{H}_2\text{O}$ )と結合して、水素イオン( $\text{H}^+$ )と炭酸水素イオン

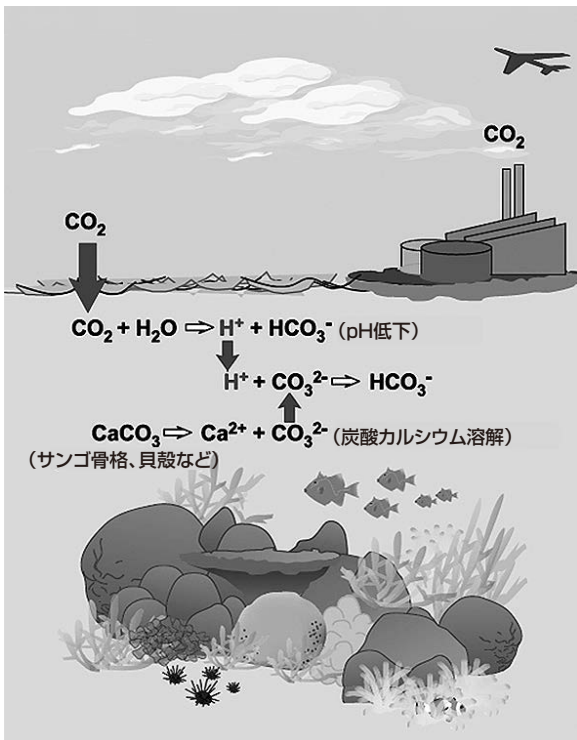


図1 二酸化炭素が海中に溶け込んだ場合の変化(諏訪ほか, 2010<sup>3)</sup>)

布を調べると、二酸化炭素が海底から吹き出ているところではサンゴはほとんど分布せず、代わりにソフトコーラルや藻類などが分布することが知られています(図2)。こうした水槽実験の結果や酸性化海域での調査結果は、海洋酸性化がサンゴに与える影響が深刻なものであることを示しています。

気候を予測するシミュレーションモデルによって将来の気候変動を予測することができます。シミュレーションモデルにより計算された水温と海洋酸性化のデータを用いて、サンゴの将来を予測しました(図3)。すると、我々がこのままの調子で二酸化炭素を出し続けるシナリオでは、

2070年代に日本近海でサンゴが生息できなくなってしまうという非常に悲観的な予測結果が得られました。一方で、二酸化炭素の排出をおさえ、低炭素社会を構築するシナリオでは、琉球列島周辺でサンゴが生息できると予測されました。これらの予測はサンゴが現在の環境に適応して分布しており、水温上昇と海洋酸性化に対して適応しないと仮定していますので、サンゴが適応力を上げることによって水温上昇と海洋酸性化に対応できる可能性は残されています。しかし、二酸化炭素の排出をおさえることが、サンゴの保全にとって非常に重要であることは間違いないでしょう。

図3をよく見ていただくと、水温上昇によって北限のサンゴが北上するポテンシャルがある一方、海洋酸性化の影響はそれよりはるかに大きく、北上が大幅に抑制されることがわかります。北限のサンゴは、水温上昇だけでなく、海洋酸性化の面でも気候変動影響の「最前線」にあり、



図3 シミュレーションにより得られたサンゴ分布変化予測(Yara et al., 2012<sup>4)</sup>)

最寒月平均水温10度=サンゴの分布限界、最寒月平均水温18度=熱帯・亜熱帯に分布するサンゴの分布限界、最暖月平均水温30度=サンゴが白化する水温。アラゴナイト飽和度は、海水中にサンゴの骨格を作るアラゴナイト(炭酸カルシウムの一つの形態)がどのくらいあるかを示す。アラゴナイト飽和度2.3=サンゴの分布限界、アラゴナイト飽和度3.0=熱帯・亜熱帯に分布するサンゴの分布限界。

図3a このまま二酸化炭素を排出し続けた場合、水温上昇により、北ではサンゴが北上するが、南ではサンゴが白化する海域が増加する。一方で、海洋酸性化によって、サンゴが生育できる海域が急速に縮小する。その結果、高水温と海洋酸性化により、2070年代には日本近海でサンゴが生息できる海域が消滅する。

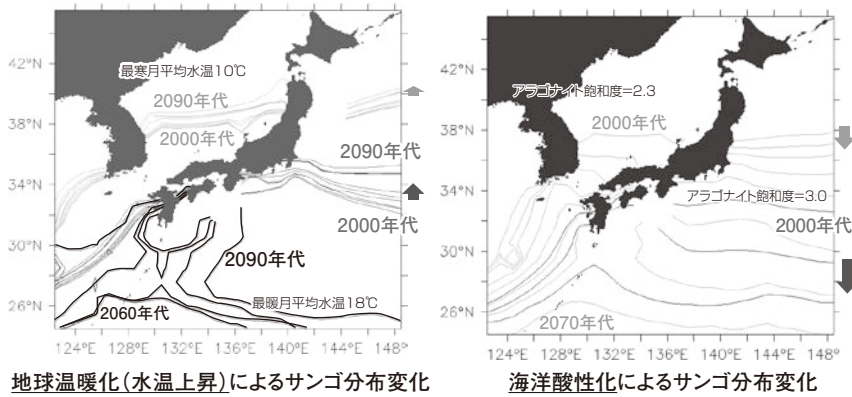
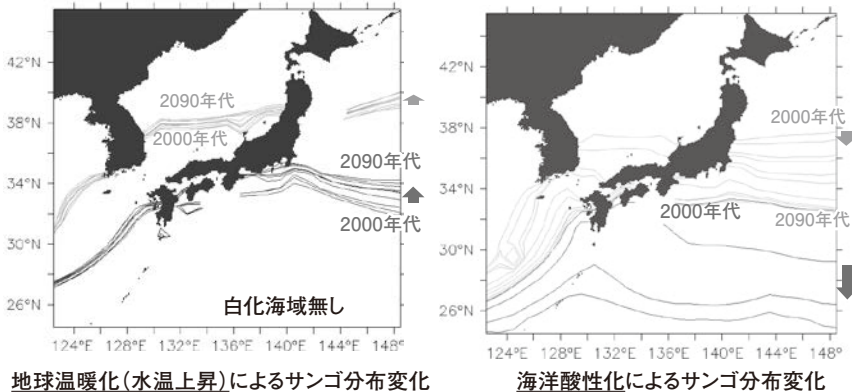


図3b 二酸化炭素の排出を抑制した場合、北でサンゴが北上し、南でサンゴが白化する海域は出現しない。海洋酸性化の影響は四国まで南下するが、琉球列島を含む四国以南でサンゴの生息が可能である。



継続的なモニタリングが必要です。

## 生物多様性の視点

北限のサンゴでもう一つ特筆すべきは、世界で日本近海にしかいない固有種が存在していることです。1980年代に調査を行ったオーストラリア海洋研究所のVeron博士により、ニホンアワサンゴをはじめとする数種類が固有種であることが指摘されています。二酸化炭素の排出をおさえるとともに、海洋保護区等の設定を行い、こうした固有種を保全することは世界的な課題であると考えられます。

2010年に名古屋で行われた生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)で採択された愛知目標では、海域の10%が保護地域等により保全されることが目標として掲げられています。

それに先立つ第9回締約国会議で、EBSA (Ecologically or Biologically Significant marine Area=生態学的、生物学的に重要な海域)の基準が示され、EBSAが海洋保護区設定の基礎資料になることが期待されています。EBSAの基準は表1に示す7つあり、うち3つに種の分布の情報が必要とされます。基準1にはその海域にしかいない固有種、3には絶滅危惧種、6には種の多様性(種数)の情報が必要です。

OWSが行っているサンゴ探索調査や、私の研究グループが一部OWSと共同で行っているモニタリング調査などにより、北限のサンゴの分布の実態が徐々に明らかになりつつあります。そうした結果と、今までに調査された報告書や論文などの資料から、種名とその出現地点(緯度経度)の情報をJAMSTECの国際海洋環境情報セン

ター(GODAC)が運用するBiological Information System for Marine Life (BISMaL)に格納し、日本全国のサンゴ種分布のデータベースを構築しています。現在、データベースにはOWSの探索調査のデータも含め、約30,000件のデータが登録されています。こうしたデータを用い、日本全国規模でサンゴ保全のためのEBSAを抽出する研究を進めています。また、これらのデータはBISMaLを経由して世界的な海洋生物のデータベースであるOcean Biogeographic Information System (OBIS)で公開される予定で、世界のデータと統合した世界規模でのEBSA抽出に活用されることが期待されます。

## おわりに

エブオブ41号の原稿<sup>1)</sup>で、OWSが行っているボランティアによる調査活動が、サンゴ北上の検出に貢献し、科学的・社会的なインパクトを持ったことを書きました。その後、北限のサンゴに関する成果はさらに広がり、本稿でご紹介したように科学的・社会的のみならず政策的にも貢献できる成果へと発展を続けています。再びで恐縮ですが、OWSの北限の造礁サンゴ調査分布プロジェクトのウェブサイトで私が書いた文章を紹介させていただきます。この文章を寄稿した後、OWSのプロジェクトも進展し、サンゴ探索調査やモニタリングでデー

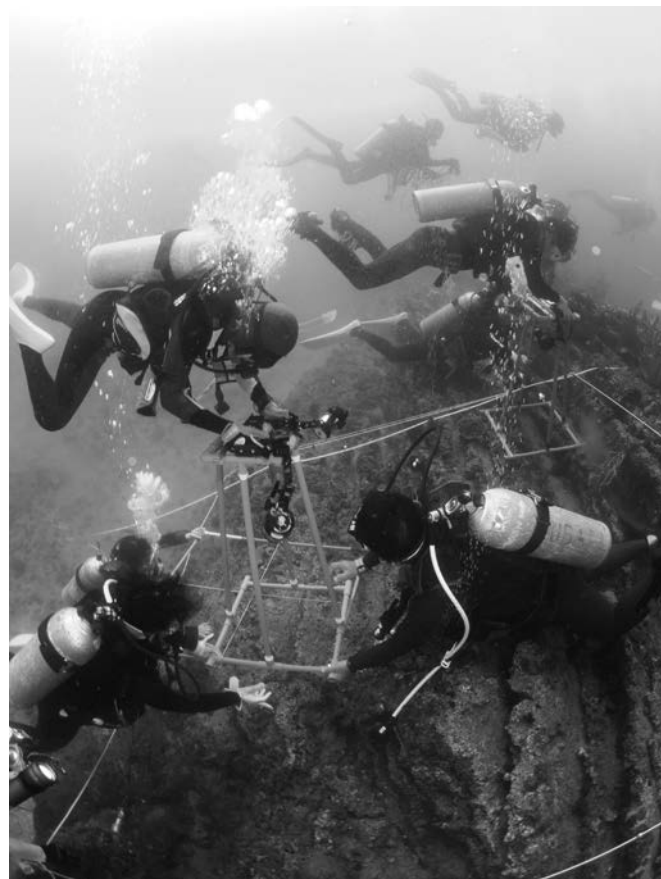
表1 EBSA基準

|   |   |
|---|---|
| EBSA: ecologically or biologically significant areas<br>生態学的また生物学的に重要な海域                      | EBSAの基準には、具体的な数値目標や生物種が記載されていない。海域状況を調査した結果から評価しなければならない。 |
| 1. Uniqueness or rarity<br>希少性と独自性  | 生物種あるいは生息環境として固有あるいは希少である。                                |
| 2. Special importance for life history stages of species<br>生活史における重要度                        | 産卵あるいは幼体の生育に必要な環境がある。                                     |
| 3. Importance for threatened, endangered or declining species and/or habitats<br>絶滅危惧種とその生息環境 | 絶滅危惧あるいは減少傾向の生物種と生息に必要な環境がある。                             |
| 4. Vulnerability, fragility, sensitivity, or slow recovery<br>脆弱性と回復力                         | 人間活動または自然現象に影響を受けやすい生物種と生息環境、または回復力に乏しい生態系がある。            |
| 5. Biological productivity<br>生物生産  | 生物生産に関わる生物種が生息している。                                       |
| 6. Biological diversity<br>生物多様性  | 生態系、生息場所、生物群集、生物種、遺伝子レベルにおいて多様性がある。                       |
| 7. Naturainess<br>自然性   | 人間活動からの影響が少ないあるいは受けていない環境である。                             |



タが得られつつあります。本稿でご紹介したように、得られたデータは、気候変動の影響の検出のみならず、北限のサンゴの多様性、特に固有種の保全に大きな力を発揮するものと思います。

「サンゴ礁、と聞くと、多くの方は、沖縄などの熱帯や亜熱帯をイメージされるかもしれませんが。でも実際には、サンゴは、サンゴ礁を作らなくても、日本海側では佐渡島、太平洋側では千葉県まで分布しています。こうした北限域に分布するサンゴは、地球温暖化による水温上昇に対して敏感に反応すると考えられます。実際に、熱帯性のサンゴが本州で見つかったというニュースを耳にする機会が増えました。水温上昇で熱帯のサンゴが白化して死んでしまうと懸念されている今、北限域のサンゴは、地球温暖化の影響を知る上でも、これからのサンゴの存亡を考える上でも、非常に大事な対象となることは間違いありません。それにもかかわらず、北限域のサンゴに関して、何が、どこに、どのくらいいるのか、という点に関して、断片的な情報しかありませんでした。OWSの活動により、関東でのサンゴ分布が明らかになることを期待しています。」



館山・坂田での調査(写真:高砂淳二)



#### 山野 博哉 やまの ひろや

1970年兵庫県生まれ。  
東京大学大学院理学系研究科地理学専攻卒業、博士(理学)。1999年より国立環境研究所に勤務。環境の変化に対するサンゴ礁の応答と保全策に関する研究を行っている。

#### 引用文献

- 1) 山野博哉 (2012) サンゴ分布北上検出までの長い道のり、そしてこれから、エブオブ, 41, 2-5.
- 2) Yamano et al. (2011) Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures. *Geophysical Research Letters*, 38, L04601, doi:10.1029/2010GL046474.
- 3) 諏訪僚太ほか (2010) 海洋酸性化がサンゴ礁域の石灰化生物に及ぼす影響. *海の研究*, 19, 21-40.
- 4) Yara et al. (2012) Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan. *Biogeosciences*, 9, 4955-4968.

#### 参考

OWS北限域の造礁サンゴ分布調査プロジェクト  
<http://sango.ows-npo.org/>

国立環境研究所地球環境研究センター  
温暖化影響モニタリングプロジェクト  
<http://db.cger.nies.go.jp/gem/coral/index.html>

Biological Information System for Marine Life (BISMAL)  
<http://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/j/>

Biogeographic Information System (OBIS)  
<http://www.iobis.org/ja>