

海洋生態系に迫る危機  
～生物多様性を維持するために CO<sub>2</sub> 削減が不可欠なわけ～

研究成果のポイント

1. 伊豆諸島式根島にある CO<sub>2</sub> シーブ(海底から二酸化炭素 CO<sub>2</sub> が噴き出している場所)を利用し、今まさに海洋酸性化が生物群集の激変を引き起こしていることを明らかにしました。
2. 海洋酸性化の進行した海域では、サンゴや石灰藻、フジツボ、貝など、炭酸カルシウムの殻や骨格をもつ生物が減少していることが明らかになりました。
3. 高 CO<sub>2</sub> 環境下(CO<sub>2</sub> 濃度:400-1500  $\mu\text{atm}$ <sup>※</sup>)では小型の藻類が著しく増加し、他の大型生物(サンゴや大型の海藻など)の生息域を占有することが示されました。
4. サンゴや大型の海藻が減ると、それらが他の生物に提供していたすみかが失われることで、生物多様性が失われます。

国立大学法人筑波大学 下田臨海実験センター アゴスティーニ シルバン助教、ハーベイ ベン助教、和田茂樹助教、今孝悦助教、稲葉一男教授らは、プリマス大学(英国)、パレルモ大学(イタリア)との共同研究により、伊豆諸島の式根島に存在する CO<sub>2</sub> シーブを利用して、海洋酸性化の影響が現時点において既に現れ始めていることを明らかにしました。このまま CO<sub>2</sub> が増加し続けると、生態系の激変が生じ、生物多様性が大幅に失われることが予測されます。

大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加により、地球温暖化だけでなく、海洋の酸性化が進行することが危惧されています。CO<sub>2</sub> が海水に溶け込むことで、海洋生物に長期的な影響を及ぼす懸念があるためです。CO<sub>2</sub> シーブは海底から CO<sub>2</sub> が噴出した場所で、周囲の海水に CO<sub>2</sub> が溶け込み、pH が低下(酸性化)します。つまり、この場所は、酸性化が進んだ未来の海と想定することができ、生態系全体に対する海洋酸性化の影響を調べることが可能です。式根島周辺は黒潮の影響を強く受け、サンゴなどの熱帯性の生物と大型海藻を始めとする温帯性の生物が共存する、生物多様性の高い海域です。また、CO<sub>2</sub> 濃度が世界でも低い海域であり、約 300 $\mu\text{atm}$  と産業革命前後の世界の平均的な CO<sub>2</sub> 濃度に近い値です。そのため、CO<sub>2</sub> シーブから離れた海域は、100 年前の海と想定することができます。

研究グループは、CO<sub>2</sub> 濃度に基づき過去(300 $\mu\text{atm}$ )、現在(400 $\mu\text{atm}$ )、未来(900-1500 $\mu\text{atm}$ )の海域を選び、生物群集の調査を行いました。その結果、過去から現在で既に大きな生態系の変化が生じており、石灰化生物の減少や小型藻類の増加が生じています。さらに CO<sub>2</sub> 濃度が上昇すると、海底面の 90%以上が小型藻類に覆われることとなります。その結果、生物のすみかが失われ、生物多様性の低下が生じることとなります。

本研究は、Nature Springer グループが発行する電子ジャーナル「Scientific Reports」に、2018 年 7 月 27 日付けで先行公開されました。

## 研究の背景

人間活動に伴う二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の放出は、とどまる気配も無く続いており、大気 CO<sub>2</sub> 濃度は産業革命以前の 280 $\mu$ atm から、現在は 400 $\mu$ atm を超えるまでに至っています。このまま CO<sub>2</sub> の排出が続くと、今世紀末には、900 $\mu$ atm 以上に達するとされています。大気に放出された CO<sub>2</sub> は、一部が海に吸収され、その結果として海の pH の低下(酸性化)が引き起こされます。この問題は海洋酸性化と呼ばれており、海洋生態系が将来どのように変化するのか、世界中で大いに注目されています。

海洋酸性化の影響を生態系レベルで評価するためには、実験室下での影響試験では不十分です。そこで、自然界にもともと存在する高 CO<sub>2</sub> 海域として、海底から CO<sub>2</sub> が噴き出す場所(CO<sub>2</sub> シープ)を使用することで、酸性化が進行した未来の海を模した生態系の影響予測が可能となります。

筑波大学下田臨海実験センターの研究グループは、伊豆諸島の式根島において新たな CO<sub>2</sub> シープを報告しました(Agostini et al. 2015)。式根島の周囲の平均的な CO<sub>2</sub> 濃度は約 300 $\mu$ atm です。産業革命前後と同等であり、世界的に見ても CO<sub>2</sub> 濃度が低い海域となります。一方、CO<sub>2</sub> シープ付近では 400 $\mu$ atm を越える高い CO<sub>2</sub> 濃度となっています。そのため、式根島の CO<sub>2</sub> シープでは、将来予測を行うだけでなく、過去 100 年間に世界中で生じた海洋酸性化の影響を明らかにすることが可能です。式根島は黒潮の影響を強く受け、サンゴなどの熱帯性の生物と大型海藻をはじめとする温帯性の生物が共存する、生物多様性の高い海域であるため、多様な生物に対する酸性化の影響を知ることができます。

## 研究内容と成果

筑波大学下田臨海実験センター、プリマス大学、パレルモ大学の国際研究グループは、式根島の沿岸で生物群集の調査を行いました。CO<sub>2</sub> シープから離れた海域(CO<sub>2</sub> 濃度:300 $\mu$ atm)では、サンゴや大型の海藻が他の生物のすみかを提供し、高い生物多様性が維持されています。しかし、現在の世界の平均的な CO<sub>2</sub> 濃度である 400 $\mu$ atm の海域では、サンゴや大型の海藻、潮間帯では大型のフジツボなどが減少し、小型の藻類などが優占します。さらに、CO<sub>2</sub> 濃度が高い 900-1500 $\mu$ atm の海域においては、海底面のほとんどが小型藻類によって覆われていました。小型の藻類が優占すると、他の生物にとってのすみかとなる海底の三次元的な構造が失われます。その結果、生物多様性が低下することとなります。

IPCC (国連気候変動に関する政府間パネル) の第 5 次報告書に基づくと、CO<sub>2</sub> 排出が最も多いシナリオ(RCP8.5)では、2100 年には CO<sub>2</sub> 濃度が 1200 $\mu$ atm に達します。今回の式根島での調査結果と比較すると、このような高い CO<sub>2</sub> 濃度下では、海洋生態系の変化は甚大なものとなります。人間社会が海洋生態系に深く依存していることから、海洋の生物多様性の低下は、人間社会に大きな損失をもたらします。そのため、少なくともパリ協定に基づいた CO<sub>2</sub> 削減を進めることが必須と言えるでしょう。

## 今後の展開

筑波大学下田臨海実験センターの研究グループは、国際的な共同研究を通して、生態系の変化を引き起こすメカニズムの解析や、酸性化が人間社会に及ぼす影響の評価を明らかにする予定です。

参考図



図1:CO<sub>2</sub> 濃度 300 $\mu$ atm:サンゴや大型海藻が主体の生物多様性の高い海域



図2:CO<sub>2</sub> 濃度 900 $\mu$ atm:小型の藻類が主体の生物多様性の低い海域

### 用語解説

注)  $\mu\text{atm}$

大気中の二酸化炭素濃度は、空気中の二酸化炭素の存在比として、ppm(100 万分率)で表す。海水中に溶け込んだガス成分の存在比も ppm で表すこともある。しかしここでは、濃度の単位を圧力の単位に変換した二酸化炭素分圧として、 $\mu\text{atm}$ (100 万分の 1 気圧)で表す。

### 参考文献

Agostini, S., Wada, S., Kon, K., Omori, A., Kohtsuka, H., Fujimura, H., ... Inaba, K. (2015). Geochemistry of two shallow CO<sub>2</sub> seeps in Shikine Island (Japan) and their potential for ocean acidification research. *Regional Studies in Marine Science*, 2, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2015.07.004>

### 掲載論文

【題名】 Ocean acidification drives community shifts towards simplified non-calcified habitats in a subtropical–temperate transition zone

(海洋酸性化は温帯・亜熱帯境界域における生物群集を非石灰化生物を主体とする単純な生態系に変化させる)

【著者名】 アゴスティーニ シルバン<sup>1</sup>、ハーベイ ベン<sup>1</sup>、和田 茂樹<sup>1</sup>、今 孝悦<sup>1</sup>、ミラッツォ マルコ<sup>2</sup>、稲葉 一男<sup>1</sup>、ホール・スペンサー ジェイソン<sup>1,3</sup>

1: 筑波大学下田臨海実験センター、2: パレルモ大学(イタリア)、3: プリマス大学(英国)

【掲載誌】 Scientific Reports

DOI:10.1038/s41598-018-29251-7

### 問い合わせ先

アゴスティーニ シルバン

筑波大学 生命環境系 下田臨海実験センター 助教

〒415-0025 静岡県下田市5-10-1