

2019年11月12日

報道機関各位

東京工業大学  
海洋研究開発機構

## 海洋酸性化により北西太平洋の一酸化二窒素放出量が増加

### 【要点】

- 海洋酸性化に対する  $\text{N}_2\text{O}$  生成プロセスの応答を検証
- 海洋酸性化により北西太平洋で  $\text{N}_2\text{O}$  生成が強まる可能性を示唆
- 将来の気候変化予測の精緻化へ結びつく結果

### 【概要】

東京工業大学 物質理工学院 応用化学系の吉田尚弘教授（地球生命研究所〈ELSI〉主任研究者兼務）と豊田栄准教授らの研究チームは、北西太平洋の酸性化により、主要な温室効果ガスでありオゾン層破壊ガスである一酸化二窒素（ $\text{N}_2\text{O}$ ）の放出が増加することを発見した。

北西太平洋で船上培養実験を行い、酸性化によって  $\text{N}_2\text{O}$  生成速度が増加することを確認した。これは従来、想定されていた仮説と真逆の現象である。この発見はスイス連邦工科大学ローザンヌ校（EPFL）、東京大学および国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の研究者らとの共同研究によるもので、2019年11月11日（現地時間）付の「*Nature Climate Change*（ネイチャー クライメートチェンジ）」に掲載される。

## ●研究の背景

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の大気への放出量増加は地球温暖化の主たる原因となっている一方で、CO<sub>2</sub> が水に溶解すると水素イオンを放出することから海洋を酸性化しつつあり、サンゴ礁などに影響が出始めている。海洋酸性化は、海水中の化学的な性質を変化させるため、炭酸カルシウムの骨格や殻を持つ海洋生物だけではなく、さまざまな生化学反応にも影響を及ぼす恐れがある。

米国科学アカデミー紀要に 2011 年に発表された Beman らの研究論文では、海洋酸性化によって微生物のアンモニアを硝酸に変換する速度 (硝化速度) が弱まることが明らかにされた。N<sub>2</sub>O は、その変換過程の副産物として放出されるため、海洋酸性化によって N<sub>2</sub>O 生成は弱まると想定されていた。

## ●研究成果

研究チームは、2013～2016 年に北西太平洋の亜寒帯から亜熱帯までの 5 カ所で海水を採取し、試料の水素イオン指数 (pH) を意図的に下げて、海水中で硝化の副産物として放出される N<sub>2</sub>O の生成量がどのように変化するかを調べた。すると、全てのサイトで酸性化に伴い N<sub>2</sub>O の生成が弱まることはなかった。

中でも亜寒帯の試料は、Beman らの研究論文と同様に、酸性化に伴い硝化速度が弱まる一方で、N<sub>2</sub>O の生成量は著しく増加した。さらに研究チームは、CO<sub>2</sub> の放出量が減ることなく酸性化が現在の速度 (水素イオン指数で年 0.0051 の低下) で進めば、2100 年には北西太平洋での N<sub>2</sub>O 生成速度は 1.9～5.0 倍になると見積もった。

## ●今後の展開

今回の発見で、海洋酸性化により北西太平洋の N<sub>2</sub>O の放出量は、減少ではなく増加する恐れがあることが明らかになった。しかし、N<sub>2</sub>O には今回研究対象とした硝化以外にも複数の生成・消費プロセスがあり、海域によって主要な生成・消費プロセスは異なる。大気中の N<sub>2</sub>O の増加は、温暖化を加速させ、オゾン層の回復を遅らせてしまう。酸性化に対する他の N<sub>2</sub>O 生成・消費プロセスの応答とともに他の海域の調査が急務である。

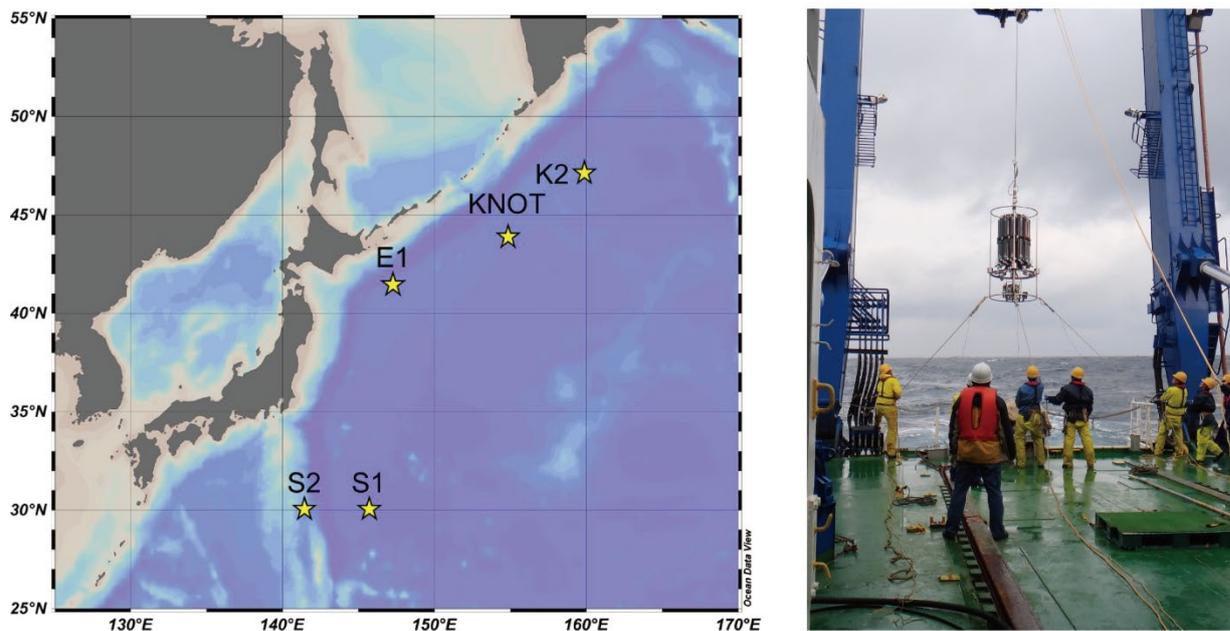


図 1：本研究で海水を採取した場所（地図中の星印）および亜寒帯の観測点 KNOT における採水作業の様子。研究船から採水器を海中へ投入し、硝化が活発に起こっている水深 100–200m の海水を採取した。

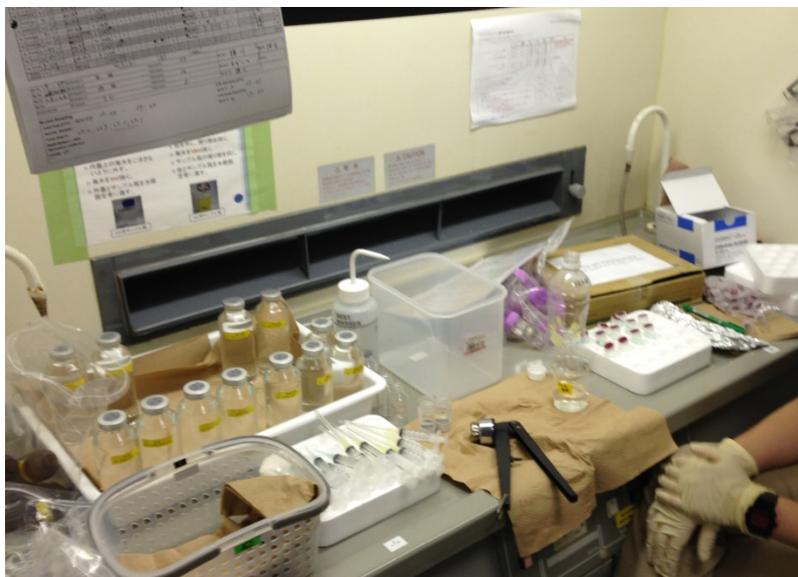


図 2：本研究で行った船上培養実験の様子。海水に  $^{15}\text{N}$  トレーサー（用語 1）を添加後、塩酸も添加することで pH を意図的に段階的に下げ、現場水温で暗所培養した。

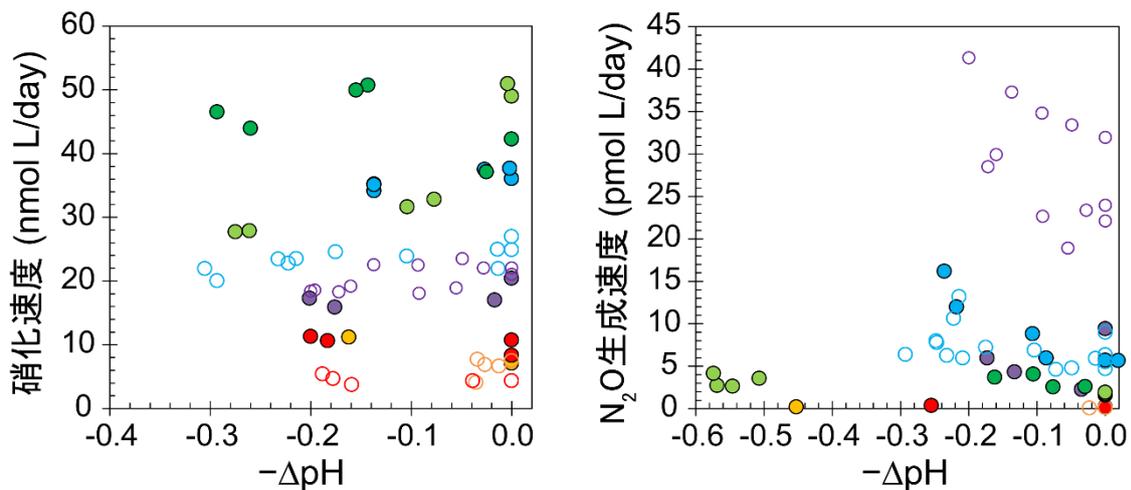


図 3 : 酸性化実験の結果。縦軸は硝化速度と  $N_2O$  生成速度、横軸は pH の減少量を示す。暖色系は亜熱帯、寒色系は亜寒帯の観測結果を示す。pH の低下に伴い、硝化速度は減少し、 $N_2O$  生成速度は増加する傾向がみられる。

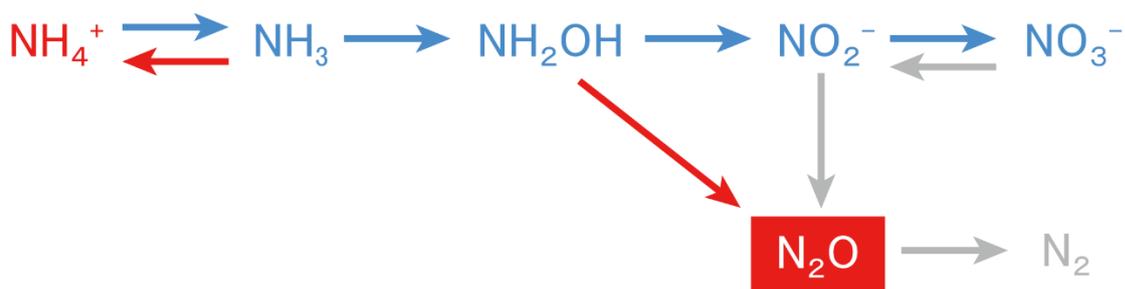


図 4 :  $N_2O$  生成・消費プロセス。赤色と青色は硝化を、灰色は硝化菌脱窒と脱窒を示している。本研究海域の  $N_2O$  は、主に硝化と硝化菌脱窒によって生成する。赤色は酸性化によって強まるプロセスと増加する物質を示し、青色は酸性化によって弱まるプロセスと減少する物質を示す。今回の発見で、 $NH_2OH$  から  $N_2O$  への矢印が酸性化によって強まるプロセスであることが明らかになった。

### ●謝辞

本研究は、スイス国立科学財団 PBNEP2-142954、JSPS 科研費 JP23224013、JP15H05822、JP15H05471、JP17H06105 の助成を受けたものです。本研究は、MR13-04、KS-16-8、YK16-16 の研究航海で得られた試料を使用しました。

## 【用語説明】

(用語1) **<sup>15</sup>N トレーサー**：窒素 (N) には質量数 14 (<sup>14</sup>N) と 15 (<sup>15</sup>N) の 2 種類があり (同位体という)、自然界ではそれぞれ約 99.6%、約 0.4% の比率で存在している。<sup>15</sup>N の比率を人工的に高めた窒素化合物を <sup>15</sup>N トレーサーと呼ぶ。<sup>15</sup>N トレーサーを自然の反応系の原料に微量加えると、生成する物質の <sup>15</sup>N 比率がわずかに上昇するので、これを精密に質量分析することによって原料から生成物への <sup>15</sup>N の移動を追跡することができ、反応速度を求めることができる。

## 【論文情報】

掲載誌：*Nature Climate Change*

論文タイトル：Response of N<sub>2</sub>O production rate to ocean acidification in the western North Pacific

著者：Florian Breider (スイス連邦工科大学ローザンヌ校 (EPFL)、中央環境研究室)、吉川 知里 (国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)、海洋機能利用部門)、眞壁 明子 (国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)、超先鋭研究開発部門)、豊田 栄 (東京工業大学 物質理工学院 准教授)、脇田 昌英 (国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)、地球環境部門)、松井 洋平 (東京大学 大気海洋研究所)、川口 慎介 (国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)、超先鋭研究開発部門)、藤木 徹一 (国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)、地球環境部門)、原田 尚美 (国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)、地球環境部門)、吉田 尚弘 (東京工業大学 物質理工学院 教授/地球生命研究所 主任研究者)

DOI：10.1038/s41558-019-0605-7

## 【問い合わせ先】

東京工業大学 物質理工学院 応用化学系 准教授

豊田 栄

Email: toyoda.s.aa@m.titech.ac.jp

## 【取材申し込み先】

東京工業大学 広報・社会連携本部 広報・地域連携部門

Email: media@jim.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661