

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870155

研究課題名(和文)カリブ海の現生/化石サンゴに記録された百年規模の窒素固定量変遷と変動要因の解明

研究課題名(英文)Centennial variation of nitrogen fixation in Caribbean modern/fossil corals

研究代表者

山崎 敦子 (Yamazaki, Atsuko)

東京大学・大気海洋研究所・研究員

研究者番号：40723820

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：海洋の窒素固定は貧栄養海域における新生産の窒素化合物として重要である。近年の地球温暖化の影響を含む10年～100年スケールの窒素固定量の変動は未だ明らかになっていない。本研究ではカリブ海の造礁サンゴ骨格を用いて、過去94年間の窒素同位体比の変動を復元した。その結果、カリブ海の窒素固定量は大西洋数十年規模振動(AMO)と同調して変化しており、水温および海流により窒素固定量が支配されている可能性を示唆した。また過去94年間において、水温の上昇とともに窒素固定量が減少してきたことを示した。さらに過去の温暖化地球における窒素固定量を復元するため、カリブ海にてMIS5eの保存の良いサンゴ化石を採取した。

研究成果の概要(英文)：Oceanic nitrogen fixation is important as new nitrogen in oligotrophic oceans and balances with denitrification in global nitrogen cycle. The historical changes of nitrogen fixation rate in North Atlantic Ocean have been discussed in seasonal scale variation using modern observations and in millenia-scale variation using sediment cores in geological time scales. However, the decadal to centennial scale variation of nitrogen fixation with this global warming condition is still unknown. We use a new 94-year record of annual nitrogen isotopes in coral skeletons from Little Cayman Island, Caribbean Sea. The 94-year nitrogen isotope record in Caribbean coral revealed the change in nitrogen fixation correlated with multi-decadal temperature variation and sea level change in Atlantic Ocean. Reconstructed nitrogen fixation also showed the decreasing trend led by global warming. We apply nitrogen isotope proxy to coral fossils from paleo warming state, MIS5e in Caribbean Sea.

研究分野：サンゴ礁地球環境学、炭酸塩地球化学

キーワード：サンゴ骨格 窒素同位体比 カリブ海 窒素固定 更新世

1. 研究開始当初の背景

窒素は生物圏における主要な栄養塩のひとつであり、大気中の二酸化炭素濃度をコントロールする生物生産に欠かせない元素であるが、海洋の75%が貧栄養海域と呼ばれる栄養塩に乏しい海域である。窒素固定生物により大気から取り入れられる窒素は、貧栄養海域において主要な栄養塩の起源であり、海洋に供給される窒素の50%を占めると考えられているが、その値は定かではない。窒素固定が盛んになると、生物生産が活発化し、大気中の二酸化炭素が海洋へ固定されるため、現在および過去の気候変動を支配する要因のひとつとなり得る。そのため、全球における窒素固定量の推定や窒素固定量を変化させるメカニズムについて、これまで盛んに研究されてきた。特に窒素固定量の大きい北大西洋の低緯度域は窒素固定量を変化させるプロセスを解明するため、近年の海洋観測や堆積物コアを用いた過去の数万年スケールの窒素固定量の変動の復元が行われてきた。しかし、継続的かつ、季節から年単位の高時間解像度の窒素固定量の記録が存在しないため、近年の地球温暖化や数十年規模の大気-海洋相互作用と窒素固定量の関係は議論するに至っていなかった。

2. 研究の目的

本研究では現生のサンゴ骨格と後期更新世温暖期の化石サンゴの窒素同位体比から、それぞれの生息期間(約100年間)の窒素固定量の変化を求め、両者を比較することによって将来の温暖化地球における窒素固定量の変動を推定することを目的とした。貧栄養海域における窒素の起源の大部分は窒素固定生物による大気窒素の固定が占め、この窒素固定が最も盛んな海域である北大西洋の熱帯域には多くの造礁サンゴが分布し、その豊かな生態系を支えている。サンゴ骨格の窒素同位体比の値がこれまで行っ

てきた北太平洋の亜熱帯～温帯のサンゴよりも著しく低く、0‰付近(大気窒素の値)で変化することから、カリブ海のサンゴは窒素固定量の変化を記録していることが分かってきた。本研究では現生サンゴと過去の温暖期のサンゴ化石から、大西洋の窒素固定量を支配する要因を明らかにし、さらに温暖化地球において窒素固定量がどのように変化していくのかを推定した。

3. 研究の方法

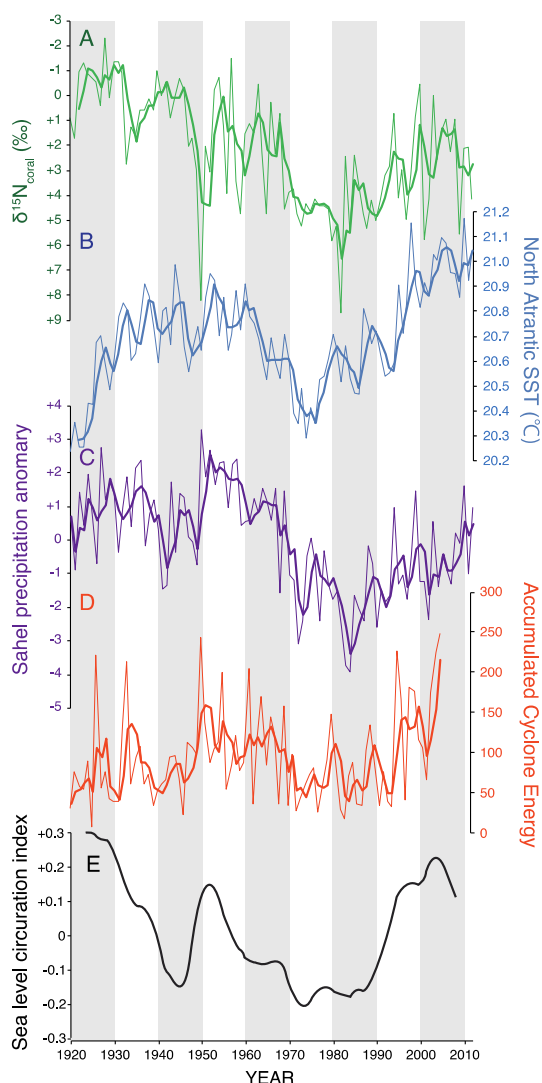
現生サンゴ試料の採取と分析: 本研究ではカリブ海リトルケイマン島の水深10mの生息する *Diploria* 属のサンゴ群集から採取した約1mの長さのコアを用いた。窒素同位体比の94年間の経年変動を名古屋大学に設置されている連続フロー型質量分析計(Finnigan MAT252)を用いて検出した。分析試料の前処理を東京大学大気海洋研究所にておこない、名古屋大学にて試料の分析をおこなった。連続フロー型質量分析計は用いる試料量が極微量窒素同位体用質量分析計よりも約3倍大きくなるが、分析を迅速におこなうことが可能である。

化石サンゴ試料の採取: イギリス領ケイマン諸島において野外調査を行い、化石サンゴ骨格を採取した。ケイマン諸島はカリブ海北西部に位置し、隆起サンゴ礁で形成され、沿岸には過去の海面を示すサンゴ礁の段丘がみられる。北大西洋の窒素固定量の分布を見ると、ケイマン諸島周辺がもっとも窒素固定量が高く、その変動を検出するのに適している。また、本研究地点は過去の海水準変動を知る上で重要であり、先行研究によって詳細な年代が得られている。グランドケイマン島のアイロンショア層を形成した完新世の酸素同位体ステージ 5e は海面が現在よりも約6メートル高かったとされ、温暖期の気候変動を知る上で重要な年代である。サンゴ骨格の採取は大型

の化石サンゴ群体を踏査し、ボーリングによりコアを採取した。

4. 研究成果

現生サンゴの過去 94 年間の窒素同位体比変動を復元した。リトルケイマン島にて採取した海藻の窒素同位体比は、+1~2‰の値を示し、窒素固定産物が海水中に主に存在する向きの窒素化合物の起源であることが推定された。サンゴ骨格コアの窒素同位体比は -2.3~+8‰の間で大きく変動し、北大西洋の水温の数十年規模振動 (AMO) と同調し、変化していた (図 A,B)。



水温が高い時期には窒素固定量が增大するが、90 年間にわたる温暖化傾向に対しては窒素固定量が減少する傾向を示した。北大西洋の高い窒素固定量は大気沈着する鉄の供給に支配されていると考えられてきたが、低水

温時に鉄の供給が多くなるという先行研究から (図 C: サヘル降水量の減少期に鉄の供給が増える)、高水温の時期の窒素固定量の増大は鉄の供給では説明できない。そこで、3つの可能性を考えた。1つは水温上昇により窒素固定生物の活動が活発になる、2つ目はハリケーンの発生増加により深層のリンが巻き上げられ窒素固定が活発化する (図 D:ハリケーンの発生頻度)、3つ目は北大西洋を南北に流れる海流によりリンが供給される (図 E:北大西洋の海流の指標)。3つ目の海流が主な原因とすると、過去 94 年間における窒素固定量の減少も、温暖化により北大西洋の海水の沈み込みが抑えられ、リンの供給が少なくなったためと説明出来る。本研究の結果は現在、国際誌への投稿準備中である。

さらに本研究ではリトルケイマン島のアイロンショア層に分布する *Diploria* 属の化石サンゴを探索し、直径が 50cm 以上の群体からボーリング用のエンジンドリルを用いて、サンゴ骨格コアを採取した。GEOMAR 海洋研究所にてウラン系列年代測定をおこなった結果、12.7~13.4 万年前の更新世の酸素同位体ステージ 5e の化石であることがわかった。化石サンゴ骨格試料は岩石カッターで切断し、5mm 厚にスライスし、軟 X 線画像を撮影して年輪と成長方向を観察した。現生の *Diploria* 属の年輪幅および水温の関係をアイロンショア層に分布する化石サンゴ骨格の年輪幅に当てはめると、MIS5e は現在よりも 2~3 水温が高い環境であることが示唆された。引き続き、窒素同位体比分析を継続し、温暖化がさらに進んだ環境では、窒素固定量の変動はどのように変化するのかを明らかにする。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

1) Yamazaki, A., T. Watanabe, U. Tsunogai, F. Iwase, H. Yamano (2016) A 150-year variation of the Kuroshio transport inferred from coral nitrogen isotope signature, *Paleocenography*.

2) Yamazaki, A., T. Watanabe, and U. Tsunogai, H. Hasegawa, H. Yamano (2015) The coral $\delta^{15}\text{N}$ record of terrestrial nitrate loading varies with river catchment land use, *Coral Reefs*, 34(1), 353-362. doi:10.1007/s00338-014-1235-1.

3) Watanabe, T., T. Kawamura, A. Yamazaki, M. Murayama, and H. Yamano (2014) A 106 year monthly coral record reveals that the East Asian summer monsoon modulates winter PDO variability, *Geophysical Research Letters*, 41, 3609-3614.

4) 山崎敦子, 渡邊 剛 (2016) 海洋の炭酸塩生産と栄養塩は大気二酸化炭素濃度の変動を支配するの？, 月刊海洋 号外, 56, 159-167.

5) 渡邊貴昭, 渡邊 剛, 山崎敦子, Miriam Pfeiffer, Dieter Garbe-Schönberg, Michel R Claereboudt (2016) オマーン産サンゴ骨格を用いた環境復元, 月刊海洋 号外, 56, 136-145.

6) 伊藤 早織, 渡邊 剛, 山崎敦子, Teddy Eka Putra, 西村 裕一, サンゴ骨格に記録される地震イベント, 月刊海洋 号外, 56, 60-71.

7) 駒越太郎, 渡邊 剛, 白井厚太郎, 山崎敦子, 植松光夫 (2016) シャコガイ殻を用いた高時間解像度の環境解析 ～沖ノ鳥島シラナミガイ殻に刻まれた台風の痕跡～, 月刊海洋 号外, 56, 80-93.

〔学会発表〕(計5件)

1) A. Yamazaki, 90-year variation of North Atlantic nitrogen fixation, KIKAI international symposium for coral reef sciences 2015, Kikai town, Japan August 24, 2015, Oral presentation

2) A. Yamazaki, T. Watanabe, U. Tsunogai, F. Iwase, H. Yamano, Variation of the Kuroshio Transport Over the 20th Century, Asia Oceania Geosciences Society 2014, Sapporo, Japan, August, 2014, Oral presentation

3) A. Yamazaki, S. Hetzinger, J. von Reumont, C. Manfrino, U. Tsunogai, T. Watanabe, $\delta^{15}\text{N}$ of Caribbean coral skeletons: Implications for controlling factor of North Atlantic nitrogen fixation, JpGU International Symposium 2014, Yokohama, Japan, April 2014, Oral presentation

4) A. Yamazaki, T. Watanabe, F. Sinniger, Y. Sano, U. Tsunogai, S. Harii, Organic nitrogen and carbon isotopic composition of mesophotic Porites coral skeletons from Okinawa, Japan, Mesophotic The Second International Workshop on Mesophotic Coral Reef Ecosystems, Eilat, Israel, October 2014, Poster presentation

5) ○山崎敦子, Steffen Hetzinger, Jonas von Reumont, Carrie Manfrino, 角皆潤, 渡邊剛, カリブ海の造礁サンゴ骨格に記録される過去90年間の北大西洋窒素固定の変遷, 2014年度日本地球化学会年会, 富山, 2014年9月

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:

種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://yamazakiatsuko.site44.com>

6．研究組織

(1)研究代表者

山崎敦子 (YAMAZAKI, Atsuko)

東京大学・大気海洋研究所・研究員

研究者番号：40723820