

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21510013

研究課題名（和文）

サンゴ年輪の酸素同位体比を用いた過去100年間の海洋淡水化傾向の抽出

研究課題名（英文）

Reconstruction of surface ocean freshening trend from oxygen isotope record in coral skeletons

研究代表者

阿部 理 (ABE OSAMU)

名古屋大学・環境学研究科・助教

研究者番号：00293720

研究成果の概要（和文）：

熱帯・亜熱帯域に広く生育する塊状の造礁サンゴ骨格年輪を用いて、過去100年間の海洋淡水化傾向を復元した。サンゴ骨格の酸素同位体比は形成時の水温と海水の酸素同位体比の二成分で決定される性質を利用して、グリッド化された再解析水温データと先行研究レビューによって決定した水温変化に対する酸素同位体比の変化率（感度）を用いて、NOAAの古気候データアーカイブに登録された、これまでに得られたサンゴ年輪の酸素同位体比時系列データから水温寄与分を取り除き、海水の酸素同位体比の変化を求めた。海水の酸素同位体比は塩分とほぼ比例関係にあるが、海域による違いがあるため、海水酸素同位体比と塩分の空間分布を用いて海域毎に関係式を構築し、塩分へと変換した。結果として、西部太平洋域は熱帯～亜熱帯にかけて塩分の長期低下傾向は認められず、一方中央部から東部にかけて顕著な低下、すなわち表層海洋の淡水化傾向が認められた。以上の結果から、気候状態が近年徐々にエルニーニョ様へと変化しつつあることが示唆される。

研究成果の概要（英文）：

Surface ocean freshening trend for last 100 years is reconstructed using massive, hermatypic coral skeletons, which distribute widely in tropical-subtropical region. Time-series data for oxygen isotope ratios of coral skeletons archived in NOAA Paleoclimate Program are used because oxygen isotope ratio in coral skeletal carbonates is controlled by water temperature and salinity. With global SST reanalysis dataset and the relationship between coral oxygen isotope ratio and water temperature determined from previous investigations, spatio-temporal distribution of salinity for tropical-subtropical Pacific are reconstructed. In the western Pacific ocean, long-term freshening trend is insignificant, whereas significant freshening trend is recognized at central to eastern Pacific region. According to these results, it is suggested that tropical climate is gradually shifted to the El Nino-like condition for last 100 years.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：サンゴ年輪、酸素同位体比、海洋淡水化傾向、海洋環境復元

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

IPCC 第 4 次報告によれば、過去 40 年間に於ける地球温暖化による海面上昇の約半分は、山岳氷河等の陸氷の融解が原因である。すなわち、山岳氷河の融解水が海洋に流入することで海面は上昇してきている。つまり、海洋は淡水化しているはずである。海洋表層の温暖化及び淡水化は、表層水の密度低下を促進し、海洋の成層強化の原因となる。海洋の成層強化は、海洋鉛直混合の弱化をもたらし、結果として海洋による南北熱輸送量の低下や海洋表層の貧栄養化による生産力低下を引き起こす重大な問題となりえる。同第 1 部会作業報告においても、近年の海洋の淡水化の可能性は示唆されてはいるものの、現段階では定量的評価を行うことが困難であることもまた同時に指摘されている。過去の海洋淡水化の評価が困難な最大の原因は過去の塩分観測の欠如にある。海洋観測のうち、比較的容易かつ正確であることから古くから商用船舶でも実施されてきた水温観測に比べ、標準海水による頻繁な校正作業が不可欠な塩分測定に関しては、現代においてさえ研究船以外の観測結果の信頼性は高いとは言えず、特に 1950 年代より以前では利用可能なデータ数は著しく限定される。

### 2. 研究の目的

本研究では過去約 100 年間の海洋の表層塩分変動を、生物記録媒体として有用なサンゴ骨格年輪の酸素同位体比を用いて復元することを目的と定める。熱帯・亜熱帯に広く生息する造礁サンゴの内、塊状サンゴは骨格密度変化による年輪を持ち、試料によっては連続して数百年間の海洋環境の連続記録を保存している。サンゴ骨格の酸素同位体比は形成時の水温と海水の酸素同位体比（塩分とほぼ等価）の二成分で決定される。塩分よりはるかに観測数が多く、また確度も高い水温の観測記録を用いることで、サンゴ骨格の酸素同位体比から水温の寄与分を除去し塩分を復元することができる。サンゴ年輪に関して、これまで単一地点から採取された骨格試料の酸素同位体比から水温の長期傾向や周期性を議論した研究例は多いが、塩分変動を復元した研究例は比較的少なく、さらにデータベースの活用により空間的な変動を議論した例はほとんどない。

### 3. 研究の方法

本研究では、南西諸島二地点のサンゴ年輪データを解析し、それぞれの海域の海水同位体比を復元する。つぎに、NOAA サンゴ年輪データアーカイブから 10 地点の酸素同位体比

データを用いて、熱帯太平洋域の海水同位体比を復元する。さらに、海水酸素同位体比を塩分へと変換するためのアルゴリズムを確立し、各海域の塩分データを復元する。さらに、インド洋域についても同様の手法で塩分復元を試みる。また、水温データの存在しない年代に今後応用するために新たな水温指標の開発を行う。

### 4. 研究成果

#### 1) 海水酸素同位体比を塩分へと変換するためのアルゴリズムの構築と実行

サンゴ骨格の酸素同位体比は形成時の水温と海水の酸素同位体比の二成分で決定される。まず水温  $1^{\circ}\text{C}$  の変化に対して同位体比が  $-0.18\%$  変化することを先行研究のレビューにより得た。この数値と観測された水温データにより、骨格酸素同位体比のうち、水温変化寄与分を取り除く事ができ、海水の酸素同位体比の変化を得る事ができた。また、海水の酸素同位体比を塩分に換算するために、NASA の再解析データを用いて地点毎に海水同位体比と塩分の関係式を構築した。

#### 2) 南西諸島二地点のサンゴ年輪データの解析

2001 年に採取した与那国島（北緯 24 度）の塊状ハマサンゴ群体試料及び 2005 年に採取したトカラ列島宝島（北緯 29 度）について、それぞれ 90 年間及び 100 年間の骨格年輪の酸素同位体比の分析結果と水温データを用いて、これらの海域の海水酸素同位体比を復元した。その結果、両海域を含む南西諸島域全体について、海水の同位体比、すなわち塩分の長期傾向は検知されなかった。このことから、北西部亜熱帯太平洋域については表層海洋の淡水化は生じていないことが確認された。

#### 3) 熱帯太平洋域 10 地点のサンゴ年輪データの解析

NOAA/NCDC のウェブサイトよりこれまで論文として公表されたサンゴ年輪の酸素同位体比分析結果及び水温データを用いて、太平洋熱帯域の海水同位体比、すなわち塩分の長期傾向を復元した。その結果、熱帯太平洋のうち、中央部は有意な塩分の低下が見られたのに対して、西部熱帯太平洋域は長期傾向が検出されなかった。この結果に、1. の南西諸島域における結果を組み合わせると、西部太平洋域については、亜熱帯～熱帯にわたり、海水淡水化傾向はみられず、熱帯太平洋域については、東部

ほど淡水化傾向が顕著になる、という概要を得る事ができた。一般に、エルニーニョ期には熱帯中部～東部太平洋域は降水量増大に伴い塩分が低下し、西部太平洋の亜熱帯～熱帯域では降水量低下により塩分は一定かまたは増加する特徴が見られる。本研究で得られた定性的傾向は、長期的にエルニーニョ様の気候状態へと変化しつつあることを示唆していると言える。

#### 4) 亜熱帯～熱帯インド洋域における海洋淡水化傾向の抽出

本研究ではさらに、NOAAのサンゴ年輪データベースを用いてインド洋域の過去100年間の塩分変化の復元を試みた。その結果、亜熱帯域では東西によらず塩分低下は認められず、一方熱帯域は全域で淡水化傾向が認められた。

#### 5) 新たな水温復元指標の開発

過去100年間に限っては、NOAAや気象庁によるグリッド化された水温再解析データが利用可能なものの、海域によっては、特に1950年代以前について非常に少ない観測結果に基づいている場合がある。本研究は水温及び海水の酸素同位体比の二成分によって決定されるサンゴ年輪骨格の酸素同位体比を、水温データを当てはめることで古塩分(海水酸素同位体比)計として利用しているため、水温データのばらつき及びずれは塩分の不確実性に増幅されて伝搬する。そこで、本手法の将来展開を目指して、サンゴ骨格の二重置換同位体比(clumped isotope)による新たな水温指標を開発した。現場水温観測が充実している与那国島サンゴ試料を用いて、二重置換同位体比を測定したところ、水温との高い相関を得ることができた。

#### 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9件)

- 1) Abe O., S. Agata, M. Morimoto, M. Abe, K. Yoshimura, T. Hiyama, and N. Yoshida (2009) A 6.5-year continuous record of sea surface salinity and seawater isotopic composition at Harbor of Ishigaki Island, southwest Japan. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 査読有, 45, 247-258
- 2) Uemura R., E. Barkan, O. Abe, and B. Luz (2010) Triple isotope composition of oxygen in atmospheric water vapor. *Geophysical Research Letters*, 査読有, 37, L04402
- 3) Morimoto M., K. Kawanobe, O. Abe, T. Kawai, T. Kawamura, and K. Shirasawa (2010)

- Under-ice salinity and stable isotope distribution of Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, northern Japan. *Hydrological Processes*, 査読有, 24, 904-916
- 4) Abe O., A. Watanabe, VVSS Sarma, Y. Matsui, H. Yamano, N. Yoshida, and T. Saino (2010) Air-sea gas transfer in a shallow, flowing and coastal environment estimated by dissolved inorganic carbon and dissolved oxygen analyses. *Journal of Oceanography*, 査読有, 66, 363-372
  - 5) Sarma VVSS, O. Abe, M. Honda, and T. Saino (2010) Estimation of gas transfer velocity using triple isotopes of dissolved oxygen. *Journal of Oceanography*, 査読有, 66, 489-504
  - 6) Uemura R., O. Abe, and H. Motoyama (2010) Determining the  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$  ratio of water using a water- $\text{CO}_2$  equilibration method: application to glacial-interglacial changes in  $^{17}\text{O}$ -excess from the Dome Fuji ice core, Antarctica. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 査読有, 74, 4919-4936
  - 7) 横井大作, 阿部理, 井龍康文 (2010) 伊勢湾・三河湾における現生底生有孔虫群集の分布. *化石*, 査読有, 89, 15-26
  - 8) Kaiser J. and O. Abe (2011) Reply to Nicholson's comment on "Consistent calculation of aquatic gross production from oxygen triple isotope measurements" by Kaiser (2011). *Biogeoscience Discussions*, 査読無, 8, 10517-10541
  - 9) Takayanagi H., R. Asami, O. Abe, H. Kitagawa, T. Miyajima, and Y. Iryu (2012) Carbon- and oxygen-isotope compositions of a deep-water modern brachiopod *Campagea japonica* collected off Aguni-jima, Central Ryukyu Islands, southwestern Japan. *Geochemical Journal*, 査読有, in press

[学会発表] (計9件)

- 1) 阿部理. サンゴ年輪の安定炭素同位体比は環境指標になりえるか否か? 2009年度地球惑星科学連合大会, 2009年5月、千葉
- 2) 阿部理, 小嶋稔, 山田明憲. 酸素分子が電子衝撃によってイオン化される時に生じる質量非依存同位体効果. 2009年度地球惑星科学連合大会, 2009年5月、千葉
- 3) Abe O., M. Ozima, and A. Yamada. Mass independent isotope fractionation of molecular oxygen during electron ionization. MetSoc2009, July 2009, Nancy
- 4) Abe O., VVSS Sarma, A. Watanabe, Y. Matsui, N. Yoshida, and T. Saino. Partitioning atmospheric and photosynthetic oxygen inventory using three-isotope of dissolved oxygen. AOGS2009, August 2009, Singapore
- 5) 阿部理, 杉原薫, 森本真紀, 山田桂太, 吉田尚弘. サンゴ骨格炭酸塩の  $^{13}\text{C}$ - $^{18}\text{O}$  結合度と生息水温の関係. 日本地球化学会 2009年度年会, 2009年9月、東広島

6) Abe O. Clumped isotope in coral skeletons. First international workshop on clumped isotopes, April 2010, Seattle

7) Abe O., K. Hayakawa, VVSS Sarma, N. Yoshida, and Y. Matsui. Seasonal variation of  $\Delta^{17}\text{O}$  profile of dissolved  $\text{O}_2$  in Lake Biwa, Japan. Fifth international symposium on isotopomers, June 2010, Amsterdam

8) Abe O. and J. Kaiser. Isotopic composition of atmospheric oxygen. EGU2011 General Assembly, April 2011, Vienna

9) Abe O. Clumped isotope thermometry in coral skeletons. Second international workshop on clumped isotopes, August 2011, London

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

阿部理、森本真紀、吉田尚弘 (2011) Workshop on Clumped Isotopes (第一回、第二回) 参加報告、日本地球化学会ニュース、207、36-40

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿部 理 (ABE OSAMU)

名古屋大学・大学院環境学研究科・助教

研究者番号：00293720

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

森本真紀 (MORIMOTO MAKI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・研究員

研究者番号：30377999