

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 5 月 18 日現在

機関番号：18001
研究種目：研究活動スタート支援
研究期間：2010～2011
課題番号：22840035
研究課題名（和文） 石筍中の流体包有物の水同位体比測定法開発—沖縄における気候変動の復元—
研究課題名（英文） Stable isotope measurements of water from fluid inclusions in Stalagmites on Okinawa Island
研究代表者
植村 立 (UEMURA Ryu)
琉球大学・理学部・助教
研究者番号：00580143

研究成果の概要（和文）：

気候システムを理解するためには、過去の気候・環境変動に関する情報が必要である。本課題では、鍾乳洞内で生成する石筍に含まれる「過去の降水」である流体包有物に注目し、流体包有物の水素・酸素同位体比を同時測定する新たな手法を開発した。実験の結果、包有物の水の酸素同位体比を測定することに成功し、降水の変動範囲内にあることがわかった。しかし、気温変動を高精度に復元するには測定精度の向上が必要である。また、洞内および沖縄本島の降水同位体を観測し、同位体比の季節変動と水蒸気輸送過程の関係を解析した。

研究成果の概要（英文）：

In order to understand Earth's climate system, it is necessary to obtain information on past climate and environmental changes. In this project, we focused on fluid inclusions in the stalagmite, which is expected to preserve isotope ratios of "past precipitation". We have developed a method to measure the hydrogen and oxygen isotope ratios of water in fluid inclusions. Oxygen isotope ratio was within the range of variation of precipitation. However, improved precision and accuracy are needed to reconstruct the past temperature variations. In addition, we conducted observation of drip water in caves and precipitation isotope ratios on Okinawa Island. The results showed that a clear seasonal variation of isotope ratios caused by the differences in water vapor transport processes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,250,000	375,000	1,625,000
2011 年度	1,150,000	345,000	1,495,000
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地球宇宙化学

キーワード：水同位体、安定同位体、石筍、古気候、モンスーン、流体包有物

1. 研究開始当初の背景

気候変動を予測するためには、自然要因による気候変動を把握し、そのメカニズムを理解する必要がある。これまでの研究により、極域のアイスコアや海底堆積物などから、過去 70 万年間にわたる気温や温室効果ガス濃度の変動が明らかになってきた。しかし、これらの気候変動に関する証拠は、人類の生活圏から離れた極低温の陸域や海洋等から得られた指標が大半である。たとえば、亜熱帯の陸域環境に関する指標はほとんど得られていない。そこで、本研究では、沖縄地域の過去の気候変動を復元することを目的として、鍾乳洞中の洞窟生成物（石筍）に含まれる流体包有物の分析手法の開発を計画した。流体包有物中の「水」の水素・酸素安定同位体比（ δD , $\delta^{18}O$ ）の測定手法が確立できれば、過去の地上気温や降水量変動を定量的に復元することが可能になる。

2. 研究の目的

- (1) 石筍の流体包有物中の「水」の安定同位体比測定手法を開発する。
- (2) 古気候復元に適した沖縄の洞窟・石筍を探す。
- (3) 石筍中の同位体比変動メカニズムを理解するために、降水の安定同位体比観測を行い、その変動要因を解析する。

3. 研究の方法

- (1) 流体包有物の同位体比測定法の開発：石筍中の流体包有物の同位体比測定に関しては数例の報告はあるが、確立した手法はない。本研究では、従来の研究とは異なる質量分析計と破碎装置を用いて、実験を行う。
- (2) 沖縄の洞窟の基本観測と石筍試料の採取・気温・湿度観測と年代・安定同位体比測定を行う。
- (3) 沖縄の降水の同位体比観測と解析を実施する。また、洞窟内滴下水の観測も行い降水との関係を調べる。

4. 研究成果

(1) 流体包有物の同位体測定法

石筍の流体包有物を抽出するための破碎装置の制作と改良を行った。その結果、石筍試料から水を抽出し、その水素と酸素同位体比（ δD , $\delta^{18}O$ ）をキャピタリーリングダウン式分光計を用いて同時に測定することに成功した。酸素同位体比は、沖縄の降水と自

然変動の範囲内であり、流体包有物の酸素同位体比が過去の降水を反映していることを示唆している。一方、水素同位体比は、有意に低い値を示した。水素同位体比が低い原因としては、破碎後のパウダーに水分子が吸着している可能性が考えられる。そこで、破碎後のパウダーを用いて検証実験を行った。パウダーの影響は、温度条件によって異なるが、 $\delta^{18}O$ で 1.5‰、 δD では 3‰程度であった。したがって、 δ 値のシフトはパウダーへの吸着だけでは説明が困難である。

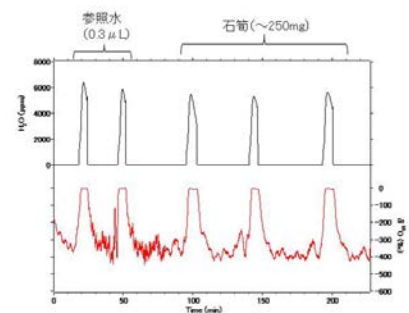


図 1 CRDS を用いた石筍中の水同位体比測定結果（上： H_2O の濃度，下：安定酸素同位体比）各ピークが 1 測定（図中では、参照水 $\times 2$ 回、石筍試料 $\times 3$ 回）に対応している



図 2 測定に用いた小型石筍の断面写真

現在のシステムは、CRDS 型質量分析計を用いて、石筍中の流体包有物測定に成功した初めての研究である。CRDS はこれまでの磁場型安定同位体比質量分析システムと比べると小型・安価であり、メンテナンスが容易であるなどの多数の利点がある。また、水分子を他のガス種（ H_2 , CO_2 , CO 等）に変換せずに、水分子のまま測定を行える。しかしながら、現状の測定システムでは、1 試料の測定に要する時間（1 sample/ 1 day）や、同位体測定の安定性・精度には問題が残っている。具体的には、炭酸カルシウムと水の酸素同位体比の差を用いて気温復元を行うのに必要な精度（0.2‰以下）を目指して、装置のさらなる改良が必要である（5. 主な発表論文等欄 学会①）。

(2) 洞窟の観測と試料採取

玉泉洞（沖縄本島南部）において、洞穴内の温度、湿度、滴水水及び洞内河川水の同位体比計測を実施した（月 1 回）。採取した沖縄本島および南大東島の石筍の炭酸カルシウム部分の分析を実施した。U/Th と ^{14}C の測定結果から、6 個の石筍の生成年代は、およそ 6 千年から 4 万年前程度の期間に分散して成長していたことがわかった。また、同一層の安定同位体比測定(Hendy test)から、気候変動の復元に適した石筍試料であることを確認した。また、約 9 千年前付近の石筍の同位体比の測定結果は、夏季降水量の変動を示唆しているという予備的な結果を得た。

(5. 主な発表論文等欄 学会③)。

(3) 沖縄における降水同位体比の解析

洞窟内滴水水の同位体比は、小さいが有意な季節変動 (0.8‰) を示しており、降水同位体比とくらべると 10 分の 1 程度の振幅であった。また、沖縄本島における降水同位体比の観測を行った。洞内水の起源として降水試料の採取を近傍の 2 地点（琉球大学および沖縄県衛生環境研究所）で実施した。琉球大学においては、各雨ごとに毎日試料を採取した。沖縄県衛生環境研究所においては、自動降水サンプラーを用いて採取・保存していた降水サンプルを用いることで 2008 年度からの連続的なデータを得ることができた。

観測結果は、明瞭な季節変動（夏に低い δ 値、冬に高い δ 値）を示した。各雨ごとのデータでは冬季の δD は正の値を示すこともあり、近傍での蒸発・降水プロセスを反映していると考えられる。この変動メカニズムを明らかにするため、同位体 GCM を用いて夏と冬で大きく異なる水蒸気輸送過程と同位体比の関係を解析した。解析結果は、冬季の沖縄近海での蒸発量が夏季よりも多く、この水蒸気塊は、降水を経験していないために、同位体比的に”重い”降水をもたらしていることがわかった。

(5. 主な発表論文等欄 学会②; 分析結果は論文としてまとめ、国際誌に投稿中。)

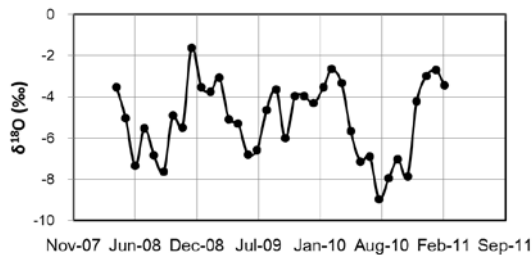


図 3 沖縄（大里）における降水の酸素安定同位体比変動 $\delta^{18}\text{O}$ データは降水量で重みづけ平均している

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)

[学会発表] (計 3 件)

①仲本壮志, 植村 立, キャビティリングダウン式分光計による石筍中の流体包有物の酸素・水素同位体比測定, 日本地球化学会年会, 2011 年 9 月 14 日 (札幌)

②植村 立, 浅海 竜司, 嘉手納恒, 山川周作, 南舞依香, 山田桂大, 吉田尚弘, 沖縄本島南部における降水同位体比の変動要因, 日本地球惑星連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 27 日 (幕張)

③浅海 竜司, 植村 立, 山川周作, 南舞依香, 高柳 栄子, 井龍 康文, 沖縄本島南部玉泉洞の石筍を用いた陸域古環境復元, 日本地球惑星連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 27 日 (幕張)

[図書] (計 1 件)

①藤井理行 本山秀明編著 成山堂書店 pp43-56, 2011, 極地研ライブラリー「アイスコア地球環境のタイムカプセル」(分担部分: 「1-4 章 気温復元」)

[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]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

植村 立 (UEMURA Ryu)
琉球大学・理学部・助教

研究者番号：00580143

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし