

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 23 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究員Afl

研究期間：2009～2011

課題番号：21684031

研究課題名（和文）スマトラ沖造礁性サンゴ骨格を用いた過去数百年間の地震及び津波履歴の高精度復元に関する研究

研究課題名（英文）High resolution reconstruction of past earthquakes and tsunami during last several hundreds using coral skeletons collected from Sumatra

研究代表者

渡邊 剛 (WATANABE TSUYOSHI)

北海道大学・大学院理学研究院・講師

研究者番号：80396283

研究成果の概要（和文）：

熱帯域から亜熱帯域に広く棲息する造礁性サンゴは、年輪を刻みながら炭酸塩骨格を成長させる（サンゴ年輪）、サンゴの生息期間（数百年間）に起こった様々な環境変化や事象を記録している。インドネシア・スマトラ島沖の造礁性サンゴ年輪を用いて過去の地震および津波の記録を復元するという目的で研究調査を行った。その結果、サンゴ年輪による時間軸に沿った骨格構造や化学組成の解析から、地震前後の沈降／隆起を定量的に復元することができることが示された。

研究成果の概要（英文）：

Reef corals record various environmental changes and events in their carbonate skeletons with annual bands for a few years. Geochemical analysis along growth axis of coral skeletons has been used as reconstruction of paleo-environments in high resolution weekly to monthly. In order to reconstruct past records of earthquake and tsunami, we collected 15 modern and fossil coral cores using underwater and land-based drilling from southern part of Pagai island, Mentawai islands, Sumatra, Indonesia. We analyzed concentration of trace elements, oxygen and carbon isotopes in coral skeletons. Trace element concentrations varied with sediment disturbance and terrestrial inputs due to tsunami. In addition, carbon isotopes in coral skeletons had a possibility as a quantitative proxy of coral living depth (solar irradiance) changes due to uplift/ subsidence with earthquakes because carbon isotopes change with photosynthetic activity of symbiotic algae. These results suggested that coral skeletal structures and geochemical composition can reconstruction of environmental changes with earthquakes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2010年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2011年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
年度			
総計	13,500,000	4,050,000	17,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、層位・古生物学

キーワード：造礁性サンゴ骨格・地震・津波・安定同位体比・微量元素濃度

1. 研究開始当初の背景

2004年12月26日にインドネシアスマトラ島沖を震源とするマグニチュード9を超大地震が起こり、インド洋周辺の広域に渡って大規模な津波を発生させた。この大津波は熱帯の標高の低いサンゴ礁の島々を襲い、何十万人もの多くの尊い人命を奪った。インド洋プレートの沈み込みに起因するスマトラ沖の地震は過去においても頻繁に起こり、スマトラ沖の島々では沈降と隆起が繰り返していることが知られている。2004年や2005年などの近年に起こった地震については、GPSによる観測網の充実により、地震後の隆起-沈降の地域分布が高精度で捉えることができるようになった (Vigby *et al.*, 2005, Nature)。また、津波についても衛星観測の整備、高精度化に伴い、発生から伝搬の様子がリアルタイムで報告されるようになってきている。しかしながら、過去に起こった地震と津波の規模とそれらの伝搬の分布を定量的に推定するための情報はほとんどなく、その発生及び伝搬の機構、発生頻度は未だに明らかにされていない。サンゴ礁を構成する造礁性サンゴは、年輪を刻みながら潮間帯に生息しており、これらの地域の地震による

隆起と沈降を敏感に記録している。また、津波がサンゴ礁にもたらす陸源供給物質がサンゴ骨格年輪に記録されている。

2. 研究の目的

熱帯-亜熱帯に生息する造礁性サンゴの骨格には、高時間解像度で過去の環境変動が記録されている。地震に伴う隆起および沈降、津波に鋭敏に応答するサンゴ骨格から地球化学的、古生物学的手法を用いてインドネシアスマトラ沖における過去数百年間の地震及び津波イベントを高時間分解能で定量的に復元する。これまで過去の地震、津波を解析する手法は、地震堆積物、津波堆積物を用いるもの (Nanayama *et al.*, 2003, Nature)、造礁性サンゴの群体の形状測定 (マイクロアトール) を用いたものがあつた (Briggs, *et al.*, 2006, Science)。これらの研究手法では、過去の地震、津波イベントを連続的に高時間分解能で復元することは困難で、現在の観測技術による予測モデルと比較するためには時間分解能と精度が十分ではなかつた。本研究で提唱するサンゴ骨格年輪を用いた解析では、従来の研究手法に比べると数週間単位と時間分解能が飛躍的に増し、また、地震による隆起-沈降の復元値の定量性も数十

センチメートルレベルと極めて高い。また、地震による津波の履歴を同じ試料から特定することが可能となり、津波の発生する地震と発生しない地震とに分離してそれぞれを復元することができる。これらの手法をインド洋プレート沈み込みの直上に位置し、様々な規模の地震が頻発するメンタワイ諸島の南部、中部、北部の長寿サンゴ群体及び化石サンゴ（津波石）を用いて行い、それぞれから過去の地震及び津波を復元する。

3. 研究の方法

インド洋地震の震源地及び被害地のスマトラ沖メンタワイ諸島において現生および化石（津波石）の大型サンゴ群体を採取し、蛍光強度測定及びX線画像解析、酸素・炭素同位体比組成分析、微量元素濃度分析により過去の地震による隆起-沈降及び津波イベントを抽出する。線画像解析及び酸素同位体比分析による高精度時間軸の設定、炭素同位体比分析を用いた地震時の地殻変動による隆起-沈降量の推定、蛍光強度測定及び微量元素濃度分析を用いた津波による短期間の陸源物質の供給イベントの特定を行う。

4. 研究成果

スマトラ沖メンタワイ諸島の南パガイ島およびアチェ州シメル島において大型の塊状ハマサンゴの水中及び陸上掘削を行い、サンゴコア試料計15本を採取することに成功した。得られたサンゴコア試料は平板上に切断し、軟X線写真を撮影したところ、明瞭な密度バンド（年輪）が観察でき、長いコアでは現在から1750年代にまで遡ることが可能であるとわかった。これまで過去の地震、津波を解析する手法は、地震堆積物、津波堆積物を用いるもの（Nanayama *et al.*, 2003, Nature）、造礁性サンゴの群体の形状測定（マ

イクロアツール）を用いたものがあった（Briggs, *et al.*, 2006, Science）。これらの研究手法では、過去の地震、津波イベントを連続的に高時間分解能で復元することは困難で、現在の観測技術による予測モデルと比較するためには時間分解能と精度が十分ではなかった。本研究で提唱するサンゴ骨格年輪を用いた解析では、従来の研究手法に比べると数週間単位と時間分解能が飛躍的に増し、また、地震による隆起-沈降の復元値の定量性も数十センチメートルレベルと極めて高い。また、地震による津波の履歴を同じ試料から特定することが可能となり、津波の発生する地震と発生しない地震とに分離してそれぞれを復元することができる。我々はこの仮説を検証するために2007年の7月に2004年スマトラ沖大地震の震源地に近いスマトラ島メンタワイ諸島のシメル島に事前調査に行き、現生のサンゴ群体（ハマサンゴ; *Porites sp.*）を採取した。その予察的な結果は、我々の仮説を実証するものであった。過去に起った地震の1998年、2001年、2004年、2005年に相当するサンゴ骨格年輪にストレスバンドが形成されていることがわかった。特に、2004年の大地震（津波発生）と2005年の地震（津波発生せず）による沈降と隆起及び津波の発生の有無を炭素同位体比（日射量の変化）及び蛍光強度分析及び微量元素分析（陸源物質の短期間の流入）を用いることでそれぞれ独立して復元できることが明らかになった。

また、サンゴ骨格中の微量元素濃度、酸素・炭素・窒素安定同位体比を測定した。その結果、津波による海底堆積物の攪拌や陸起源物質の流入により、骨格中の微量元素濃度が変化することが示唆された。また、炭素同位体比は、サンゴの触手に共生する褐虫藻の光合成量によって変化すると考えられてお

り、地震前後の沈降／隆起によるサンゴ生態部の水深の変化（光量の変化）を読み取ることが出来る定量的な指標として有用であることが示された。本調査により採取したサンゴ年輪の時間軸に沿った骨格構造や化学組成の解析から、過去から現在までの環境変動やイベントの復元が可能であることを示した。これらの情報は世界でこれまでにない地震、津波の直接的かつ高精度の証拠となり、この地域の地震及び津波発生の機構を理解し、将来の地震を予測する上で極めて重要なものになると思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

Yamazaki, A., T. Watanabe, and U. Tsunogai (2011) Nitrogen isotopes of organic nitrogen in reef coral skeletons as a proxy of tropical nutrient dynamics, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L19605, doi:10.1029/2011GL049053. 査読有

〔学会発表〕（計2件）

Watanabe, T. (2012) High-resolution windows for marine environments and biological responses in biogenic carbonates, 2nd International Geoscience symposium, Keelung, Taiwan, Mar 6, Oral presentation

Watanabe, T., Putra, T.E., Yulianto, E., Yamazaki, A., and Nishimura, Y. (2010) Coral annual bands as a possible recorder for past earthquake and tsunami, International Workshop on Multi-disciplinary Hazard Reduction from Earthquakes and Volcanoes in Indonesia, Kobe, 23th November, Oral presentation

〔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〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 剛 (Tsuyoshi Watanabe)

北海道大学・大学院理学研究院・講師

研究者番号：80396283

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし