

## エルニーニョ現象がメコンデルタの雨季に与える影響を解明

～ベトナムのサンゴ骨格記録を用いた過去 81 年間の降水量の復元記録～

### ポイント

- ・ 現生サンゴの柱状試料を用いて、メコンデルタにおける過去 81 年間の降水量を復元。
- ・ 雨季には多雨と少雨の 2 パターンがあり、多雨な雨季の発生頻度と降水量は増加傾向。
- ・ 中央太平洋におけるエルニーニョ現象の頻発がメコンデルタの降水量に影響を及ぼすことを解明。

### 概要

北海道大学大学院理学研究院の渡邊 剛講師、同大学院理学院博士後期課程（執筆当時）の渡邊貴昭氏及び Tùng Phan Thanh（ドゥン ファン タイン）氏、九州大学大学院理学研究院の山崎敦子助教（執筆当時）らの研究グループは、過去 81 年間にわたるメコンデルタの降水量とエルニーニョ南方振動（ENSO）との関係を解明しました。

メコンデルタは世界有数の農業地帯であり、世界のコメ供給を支える重要な地域です。しかし近年は、多発する洪水や干ばつによる本地域への影響が危惧されています。

研究グループは、2006 年にメコンデルタ沖合のベトナム・コンダオ島で造礁サンゴ\*<sup>1</sup>の柱状試料を掘削しました。サンゴ骨格に含まれる酸素安定同位体比\*<sup>2</sup>と Sr/Ca 比（ストロンチウム/カルシウム比）\*<sup>3</sup>を分析し、1924～2006 年の塩分変動を復元することで、本地域における降水量の観測記録を補いました。

その結果、本地域における雨季は“洪水を伴うような多雨”と“干ばつを伴うような少雨”の 2 つのパターンがあることがわかりました。これら 2 パターンの雨季を詳しく解析したところ、洪水を伴うような多雨の雨季は近年に頻発する傾向にある一方で、干ばつを伴うような少雨の雨季の発生頻度には大きな変動が見られないことが明らかとなりました。また、過去 81 年間にわたってメコンデルタの雨季の降水量は中央太平洋で発生するエルニーニョ現象\*<sup>4</sup>の影響を強く受けているものの、その影響は 2 パターンの雨季それぞれで異なることが示唆されました。本研究結果は、ENSO がメコンデルタにもたらす水文学的な影響を理解し、将来における洪水・干ばつ等のリスクを推測するための一助となることが期待されます。

なお、本研究成果は、2022 年 12 月 7 日（水）に Scientific Reports 誌にオンライン掲載されました。

## 【背景】

メコンデルタは世界有数の農業地域であり、東アジア地域の持続的な食糧供給を維持する上で重要な役割を果たしています。しかしながら、近年では深刻な洪水や干ばつといった水文学的な災害によって農業が脅かされています。メコンデルタは高度が低いため、多雨による洪水災害は周辺の都市や農地及び農作物へ甚大な被害をもたらします。一方で少雨による干ばつが発生すると、海水の遡上による農地の塩害や極端な乾燥化によって飲み水の確保が困難になることがあります。このように極端な気象現象によるリスクが懸念されるメコンデルタですが、雨季の特徴を把握できるような連続した観測記録（例えば、降水量など）は非常に限られており、長期にわたってその傾向を捉えることは難しいのが現状でした。

研究グループは長期記録が可能なものがないかを検討し、造礁サンゴに着目しました。造礁サンゴの骨格には樹木のように年輪が刻まれており、過去の大気・海洋の環境変動が1週間～1ヶ月間程度の細かい解像度で記録されています。また、造礁サンゴ骨格にはサンゴが生息した周辺海域の塩分変動が記録されるため、長期の観測が可能と判断し、研究に着手しました。

## 【研究手法】

研究グループは、メコンデルタ沖合のベトナム・コンダオ島（図1）で大きなハマサンゴ群体を発見しました。このハマサンゴ群体から柱状試料を掘削し研究室に持ち帰りました。柱状試料からスライスを切り出してエックス線写真を撮影すると、明瞭な81本の年輪が確認できました（図2）。この年輪の成長方向に沿って1ヶ月ごとにサンゴ骨格を切り出して化学分析（酸素安定同位体比及びSr/Ca比）を行いました（図3）。また、得られた化学分析結果から海水の酸素安定同位体比を算出しました。

## 【研究成果】

サンゴ骨格試料から得られた海水の酸素安定同位体比の結果（図3）を用いて、1924～2006年の塩分変動を復元しました。このうち、降水量の観測記録が存在する最近20年間を取り出して復元記録と観測記録を比較したところ、塩分の年間最低値はメコンデルタを含むベトナム南部の年間の最大降水量とよく相関していました（図3）。この結果から、サンゴ骨格によって復元した塩分変動が本地域の雨季の最大降水量を反映していることがわかりました。さらにこの結果をもとに、1924～2006年の雨期の最大降水量の変遷を復元し、不足していた過去の観測記録を補うことに成功しました（図4）。

さらに、本地域における雨季は「洪水を伴うような多雨」と「干ばつを伴うような少雨」の2つのパターンがあることがわかりました。これら2パターンの雨季を詳しく解析したところ、洪水を伴うような多雨の雨季は近年に頻発する傾向にある一方で、干ばつを伴うような少雨の雨季の発生頻度には大きな変動が見られないことが明らかとなりました（図4）。

また、1924～2006年の間でメコンデルタの雨季の降水量は中央太平洋で発生するENSOの影響を強く受けていることがわかりました。具体的には、中央太平洋で発生するエルニーニョ現象が「干ばつを伴うような少雨」をもたらし、ラニーニャ現象が「洪水を伴うような多雨」をもたらしているといえます（図5）。

特に1960年以降は、ラニーニャ現象と「洪水を伴うような多雨」の関係性が強く見られる一方で、エルニーニョ現象と「干ばつを伴うような少雨」の関係性は1924～2006年の間で大きな変動が見られませんでした。このように、中央太平洋で発生するENSOとメコンデルタの降雨の関係性は雨季の特徴によって異なるといえます。

## 【今後への期待】

本研究では造礁サンゴを用いて古気候復元を行うことで、メコンデルタの降水量記録を補完しました。本地域における雨季は中央太平洋で発生する ENSO によって影響を受けていることが明らかとなりました。また、近年メコンデルタでは干ばつが多発していますが、本研究によって気候要素以外の要因が存在する可能性が示唆されました。本研究結果は、ENSO がメコンデルタにもたらす水文学的な影響を理解し、将来の洪水・干ばつ等のリスクを推測するための一助となることが期待されます。

## 【追悼】

共同第一著者である Tùng Phan Thanh (ドゥン ファン タイン) 氏は、北海道大学で 2018 年に博士後期課程を修了し、帰国後にベトナム国家大学ハノイ校科学大学で講師として着任しておりましたが、2022 年 10 月 28 日 (金) にお亡くなりになりました。本研究は、彼の博士論文の成果の一部が使用されています。

ここに彼のご冥福をお祈りするとともに深い哀悼の意を表します。

## 論文情報

論文名	Nonstationary footprints of ENSO in the Mekong River Delta hydrology (エルニーニョ南方振動がメコンデルタの水循環に与える非定常的な影響)
著者名	渡邊貴昭 <sup>1,2,3</sup> , Tùng Phan Thanh <sup>1,4</sup> , 山崎敦子 <sup>1,2,5</sup> , Hong-Wei Chiang <sup>7,8</sup> , Chuan-Chou Shen <sup>7,8</sup> , Lam Dinh Doa <sup>9</sup> , 渡邊 剛 <sup>1,2</sup> (1 北海道大学大学院理学研究院, 2 喜 界島サンゴ礁科学研究所, 3 ドイツ・キール大学, 4 ベトナム国家大学ハノイ校科学大学, 5 九州大学, 6 台湾・アカデミアシニカ, 7,8 国立台湾大学, 9 ベトナム科学技術アカデミー)
雑誌名	Scientific Reports (オープンアクセスの学術誌)
DOI	10.1038/s41598-022-20597-7
公表日	2022 年 12 月 7 日 (水)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院 講師 渡邊 剛 (わたなべつよし)

T E L 011-706-4637 F A X 011-706-4637 メール nabe@sci.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.sci.hokudai.ac.jp/~nabe/>

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

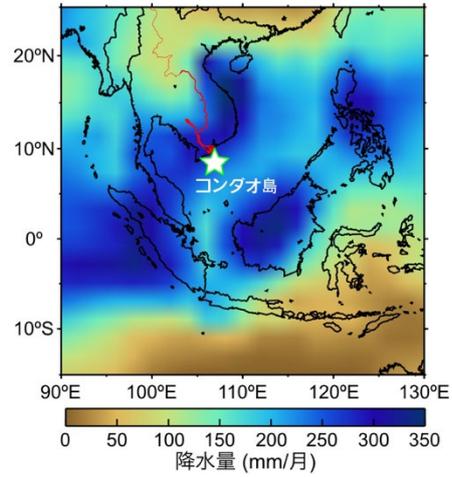


図 1. 10 月の降水量の分布とサンゴコアの採取地（星印）

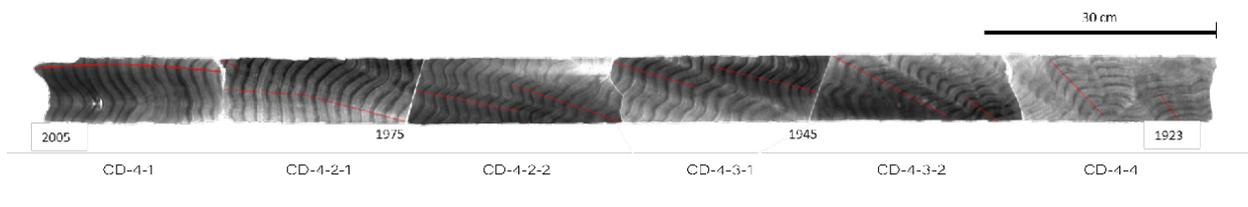


図 2. 本研究に使用した造礁サンゴのエックス線写真

白黒一対の年輪が見られる。赤線に沿って、粉末試料を採取し、サンゴ骨格中の化学組成を分析した。

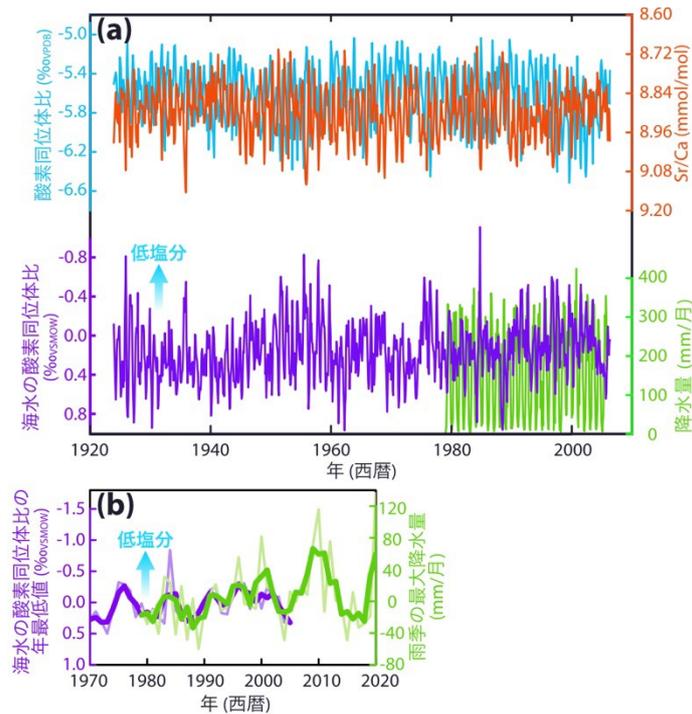


図 3. サンゴ記録から復元した海水温及び塩分変動と観測記録との比較

(a)上図は、サンゴ骨格中の Sr/Ca 比（赤線；海水温を反映）及び酸素同位体比（水色線；海水温及び海水の酸素同位体比を反映）を示す。下図は、Sr/Ca 比と酸素同位体比から算出した海水の酸素同位体比（紫色線；塩分の変動を反映）を示す。緑色線は、メコンデルタ地域で観測された降水量を示す。  
 (b) 海水の酸素同位体比の年最低値（紫色線）と年間最大降水量（緑色線）の比較。雨季の最大降水量が多い年に、海水の酸素同位体比は低い値（淡水の流入）を記録している。

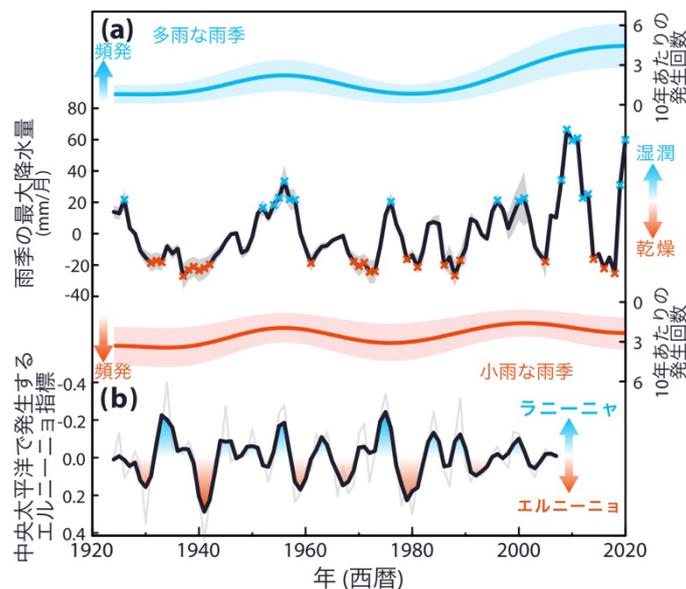


図 4. (a)サンゴ記録から復元した最大降水量（図中央）と「洪水を伴うような多雨」（図上）と「干ばつを伴うような少雨」（図下）が発生する頻度。「洪水を伴うような多雨」と「干ばつを伴うような少雨」が発生した年はそれぞれ水色及びオレンジ色で示す。  
 (b)中央太平洋で発生するエルニーニョ指標を示す。

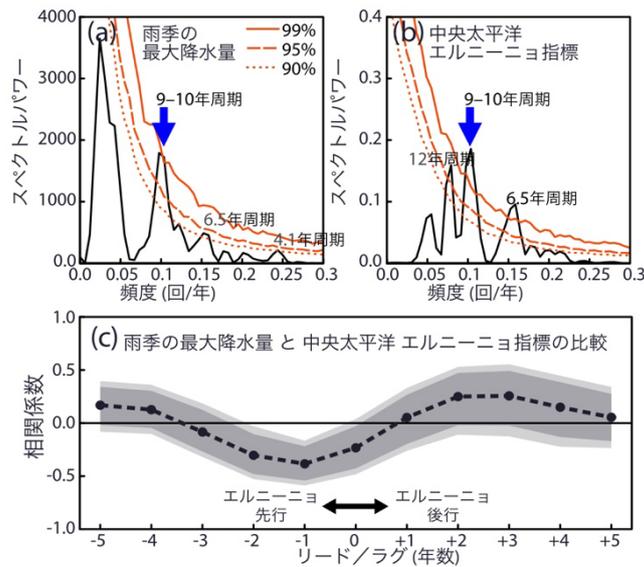


図 5. サンゴ記録から復元した雨季の最大降水量と中央太平洋で発生するエルニーニョ南方振動との関係。(a)及び(b) 雨季の最大降水量と中央太平洋のエルニーニョ指標の周期解析結果。両変動とも9から10年周期の変動を有している。(c) 雨季の最大降水量と中央太平洋のエルニーニョ指標とは負の相関関係にある。エルニーニョ（ラニーニャ）現象の発生1年後にメコンデルタの雨季の最大降水量が減少（増加）する。

【用語解説】

- \*1 造礁サンゴ … サンゴの中でも、体内に <sup>かっちゅうそう</sup> 褐虫藻 と呼ばれる藻を共生させることで骨格の成長速度を速めている造礁性サンゴを指す。造礁性サンゴは、共生している褐虫藻が光合成で得たエネルギーを利用することで、骨格の成長速度を速めている。造礁性サンゴの骨格は炭酸カルシウムからなり、樹木の年輪のような骨格を形成する。この年輪に沿って化学分析を行うことで、1週間～1ヶ月程度の細かい精度で古環境を復元することができる。サンゴの死後、骨格が化石として保存されるため、サンゴが生きていた時代の古環境を復元できる。
- \*2 酸素安定同位体比 … 酸素には質量数16、17、18の3つの酸素安定同位体比が存在する。造礁性サンゴなどの炭酸カルシウム骨格は質量数16の酸素に対する質量数18の酸素の割合（酸素同位体比）が骨格形成時の水温や海水の酸素同位体比（塩分指標）に依存することが知られている。このため、海水温のみに依存する他の指標（例えば Sr/Ca 比）と組み合わせて検証することで海水の酸素同位体比（塩分指標）を復元できる。
- \*3 Sr/Ca 比（ストロンチウム・カルシウム比） … 造礁性サンゴ骨格中の陽イオンはほぼカルシウムイオン ( $Ca^{2+}$ ) であるが、ごくわずかに別の元素も含まれている。例えば、ストロンチウムイオン ( $Sr^{2+}$ ) が造礁性サンゴ骨格に取り込まれる割合は、骨格形成時の海水温に依存することが知られているため、骨格中の Sr と Ca の比を検証することで、過去の海水温を調べることができる。
- \*4 中央太平洋で発生するエルニーニョ現象 … 赤道付近の太平洋において、海面の気圧及び海洋の水温と海流がシーソーのように変化する現象。エルニーニョ現象時には貿易風が弱まり、太平洋西部の暖水塊が通常時よりも東に移動する。この結果、大気海洋循環を変調させ、世界各地の気温や降水量

に影響を及ぼす。暖水塊が「ペルー沖まで到達するもの」と「中央太平洋まで到達するもの」の2種類のエルニーニョ現象が報告されている。通常とは異なる場所に暖水塊が存在するため、大気・海洋循環に異なった影響を及ぼすことが知られている。