



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Influence of East Asian Monsoon and El Niño Southern Oscillation (ENSO) to Holocene Hydroclimate deduced from Northwest Pacific corals [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Garas, Kevin Lariosa
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15562号
Issue Date	2023-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90562
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kevin_Garas_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (理 学) 氏 名 Kevin Garas, Lariosa

審査担当者 主査 教授 沢田 健
副査 教授 栗谷 豪
副査 講師 渡邊 剛
副査 講師 山崎 敦子 (名古屋大学大学院環境学研究科)

学位論文題名

Influence of East Asian Monsoon and El Niño Southern Oscillation (ENSO) to Holocene Hydroclimate deduced from Northwest Pacific corals

(完新世のサンゴ骨格記録を用いた東アジアモンスーンがENSOに与える影響の解明)

博士学位論文審査等の結果について (報告)

造礁サンゴの骨格には月～季節レベルでの高い時間解像度で生息時の気候変化が記録されています。申請者は、フィリピンルソン島および奄美群島喜界島から採取された現生及び化石の造礁サンゴ骨格試料の地球化学的分析と骨格構造の解析を用いて、過去数千年間にわたって東アジアモンスーンおよびエルニーニョ現象が北西太平洋の大気海洋相互システムに影響を与えていることを高時間解像度気候復元から明らかにしました。また、完新世における東アジアモンスーンとエルニーニョ現象の相互関係性について新たな知見を与えました。これらの博士論文の成果の一部は、既に、2本の論文として国際誌に受理されており国際的にも高い評価を得ております。よって著者は、北海道大学博士 (理学) の学位を授与される資格あるものと認める。

(和文要旨)

完新世のサンゴ骨格記録を用いた東アジアモンスーンがENSOに与える影響の解明

本研究では、日本の喜界島とフィリピンのルソン島北部のサンゴからその可能性を探った。この2つの調査地からは40個の化石ハマサンゴ群体を採集し、薄切片分析、X線回折、走査型電子顕微鏡などを用いて試料の続生作用を検討した。保存状態が良好な化石サンゴについて、加速器質量分析計を用いて放射性炭素年代を測定した。試料は5mmのスラブに切断されX線撮影、地球化学分析を行なった。サンゴの直線伸長率、骨格密度、石灰化率などの成長パラメータは、サンゴのX線写真から算出した。Sr/Ca比は、誘導結合プラズマ原子発光分光分析装置を用いて測定した。同様のサンゴ粉末試料は、酸素同位体分析用の自動炭酸装置 Kiel IV を備えた同位体比質量分析装置を用いて分析した。

喜界島の化石サンゴは、放射性炭素年代が 3235 ± 20 年と 5712 ± 24 年 BP であった。ルソン島北西部化石サンゴは放射性炭素年代が、 6285 ± 79 年、 6144 ± 77 年、 4336 ± 21 年、 4200 ± 20 年 BP であった。喜界島と北西ルソン島の現代サンゴの月解像度の Sr/Ca 記録は、1989-2015 年の AVHRR SST (傾き: $-0.0643 \text{mmol/mol}^\circ\text{C}^{-1}$) と 2011-2017 年の OISST (傾き: $-0.0057 \text{mmol/mol}^\circ\text{C}^{-1}$) にそれぞれ負の相関が見られた。2007 年から 2015 年の喜界島の月毎の現場の降水量データと $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の 5 点移動平均を回帰したところ、統計的に有意な負の線形相関 ($r=0.55$; $p<0.000$; $n=93$) が示され

た。2011-2017年の北西ルソン島サンゴと SODAv3.3.1 SSS の月解像度 $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ は、統計的に有意な正の線形相関を示した ($r=0.50$; $p<0.000$; $n=48$)。回帰式は、化石サンゴの地球化学記録における水文学的気候の変化の解釈と定量化に使用された。

現生サンゴと化石サンゴの群体から得た平均的な変化は、SST、SSS、降雨の季節性を明らかにした。完新世中期から後期にかけてのサンゴ礁の海面水温、海面水温、降水量の記録は、モンスーン強度の変化に起因していると考えられる。亜熱帯北西太平洋の海面水温の低下と降水量の増加は、7.0ka から 5.0ka にかけての熱帯北西太平洋の海面水温の上昇と降水量の減少と同年代であることがわかった。亜熱帯と熱帯の SSTA 記録は一貫して、この時期が現在と大きく変わらず、暖かい (+0-2°C) 時期があったことを示した。亜熱帯北西太平洋の SSS 傾向は 4.9ka 以降正にシフトし、熱帯北西太平洋の SSS 傾向は 4.3~4.2ka 頃に負にシフトしていた。5.0ka 以降、夏の SSTA は亜熱帯北西太平洋 (-1.8°C) と熱帯北西太平洋 (-0.9°C) で冷却傾向を示していることがわかった。サンゴ骨格によって復元された海面水温と塩分のデータは、熱帯間収束帯 (ITCZ) の平均位置が完新世中期から完新世後期にかけて南下したことを支持する。ITCZ の北方への移動と EASM の活発化により、亜熱帯の夏季降水量は増加したが、北西太平洋熱帯域の降水量は完新世中期には減少した。ITCZ の南下と EASM の弱まりは、東アジアの乾燥化と北西太平洋亜熱帯の降水量減少・SSS 上昇をもたらした。ITCZ の南下は、北西太平洋熱帯域の降雨量を増加させた。

サンゴ骨格から復元された $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の ENSO 関連シグナルは、2-8 年のバンドパス周波数でフィルタリングすることで分離した。1982 年から 2012 年までの 2-8 年バンドパスフィルターをかけた $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ データと ERSST v4 NINO 3.4 SSTA の統計的に有意な正の相関 ($r=0.75$; $r^2=0.56$; $p<0.000$) を用いて、異なる ENSO 強度に応じた $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ 閾値を決定した。同様にバンドパスフィルタリング法を用いて、喜界島とルソン島北西部の完新世のサンゴの記録にも ENSO 周期が示された。回帰分析で得られた閾値を用い、各化石サンゴ記録においてエルニーニョ年とラニーニャ年を特定した。喜界島化石サンゴの $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ 記録の標準偏差の変化から、1989-2015 年のベンチマークに対して 11%から 49%の ENSO の減少が確認された。ルソン島化石サンゴの $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ 記録は、2011-2017 年のベンチマークに対して、20%から 50%の ENSO の減少を示した。

ENSO の中立期とエルニーニョ期の明確な降雨の季節性を、現代の $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ の記録を用いて評価した。喜界島では、1991-92 年と 1997-98 年のエルニーニョ発達年に降雨量が減少し、エルニーニョ衰退年の翌夏の降雨量が増加したため、降雨の季節変動が顕著になった。2015-2016 年の強いエルニーニョでは、北西ルソン島の降水量は中立期に比べて概ね減少した。喜界島の 3.2ka、4.9ka、5.7ka のサンゴの解析では、ENSO 変動の増加に伴い亜熱帯の降水量が増加した。一方、北西ルソンの 4.2ka、4.3ka、6.1ka のサンゴは、これらの時間窓内での変動が比較的弱いにもかかわらず、ENSO が季節降雨に影響を与えたことを示している。しかし、6.1ka の強い EASM の影響に見られるように、他の優勢な気候モードが ENSO の影響を覆い隠した可能性がある。

本研究は、モンスーンと ENSO がこの地域の季節的な水文学的気候に及ぼす複雑な影響を調査する新しい方法を提案するものである。北西太平洋の新しいサンゴデータは、サンゴ気候プロキシ (Cobb et al., 2013; Grothe et al., 2019) や古 ENSO モデル (Tian et al. 2017) が示唆するように、完新世半ばの ENSO 弱化を確認した。しかし、SST 境界条件の変化におけるモンスーン循環と ENSO サイクルの相互作用を含むメカニズムはまだ不明であり、さらなる研究が必要である。