

氏 名 濱中 望

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 理 学

学位授与番号 博乙第4393号

学位授与の日付 平成25年 3月25日

学位授与の要件 博士の学位論文提出者

(学位規則第5条第2項該当)

学位論文の題目 Post-glacial coral reef growth on Kodakara Island in the Northwest Pacific: the relationship between high-latitude reef growth and millennial-scale global climate change

(北西太平洋小室島における後氷期サンゴ礁形成：高緯度サンゴ礁形成と千年スケール気候変動との関連性)

論文審査委員 教授 鈴木 ・之 教授 菅 浩伸 准教授 隈元 崇

学位論文内容の要旨

Recent studies have reported Holocene millennial-scale climate instability on a global scale. However, the relationship between this climate variability and high-latitude coral reef growth is still unclear. This thesis describes detailed high-latitude reef growth dynamics and their significant correlation to millennial-scale suborbital global climate variability during the Holocene, using field observations and high-precision geologic data from three excavated trench walls and seven cores drilled on the raised reef on Kodakara Island (29°13'N, 129°19'E). This island is located in the pathway of the Kuroshio Current in the Northwest Pacific. Absolute accelerator mass spectrometry (AMS) radiocarbon dating was conducted on 88 fossil coral samples. Kodakara Island is characterized by three Holocene raised reef terraces (Terraces I, II and III), approximately 9 m, 2 m, and 1 m above mean sea level, which uplifted approximately 2.4 ka, 1–0.4 ka, and during the modern era, respectively. Three disconformities in the trenches on Terrace I were identified, and the dating results indicate that disturbances with hiatuses in reef growth occurred at approximately 5.9 to 5.8, 4.4 to 4.0, and 3.3 to 3.2 cal yr BP. The timing of the disturbances corresponds well with the periods when the Kuroshio Current was relatively weak and associated with a relatively cold sea surface temperature, which may have enhanced cold-winter Asian monsoons, as well as with Holocene North Atlantic ice-rafting cold events. The coral composition clearly changed before and after the disturbances, with gradually diminishing diversity, resulting in a reef dominated by acroporid coral. The second and third events were associated with sea-level oscillations. The late-Holocene sea-level oscillation (LHSO) is characterized by two oscillations: a 1.5 m fall and 0.7 m rise at 4.4–4.0 ka and a 0.8 m fall and 2.5 m rise at 3.3–3.2 ka, with relative low stand at 4–3.3 ka. The timing of these oscillations corresponded well with the events of weakening of the Kuroshio Current and strong positive phases of Pacific Decadal Oscillation (PDO), which is related to El Niño Southern Oscillation (ENSO) activities. The results indicate that the Holocene sea-level change may not have been as stable as previously estimated and may have had significant regional effects, including affects on the pathways of major currents, such as the Kuroshio Current. The reef began to grow at least 8 ka, and it experienced a relatively rapid vertical growth rate of 3.6–3.3 m kyr⁻¹ between 8 and 6 ka, despite terrigenous sedimentation on the reef slope. The reef started growing at landward sites and gradually extended seaward. Reef growth around the reef slope slowed after 6 ka, which most likely correlates with the first and second hiatus events detected landward. The timing of the second hiatus event corresponds to the onset of a period of weakening of the Kuroshio Current and to a period of increased ENSO variability. In contrast with the reef flat, which resumed its growth after the third hiatus event, reef mound accretion on the reef slope ceased. Terrace I was uplifted approximately 2.4 ka. Reef growth was reactivated approximately 1.3 ka, and the reef grew at a pace of 9.1 m kyr⁻¹ between 1.3 and 1 ka, the fastest growth rate recorded in this study. This period corresponds to the Medieval Climatic Anomaly. The cause of the delayed reef growth between 2.4 and 1.4 ka remains unclear but may be attributable to a weaker Kuroshio Current approximately 1.7 ka and to the strong ENSO activity detected for the eastern Pacific between 2 and 1.5 ka.

The results indicate that post-glacial, high-latitude reef growth was apparently affected by millennial-scale climate change. In particular, the climate event approximately 4 ka caused the largest change in reef growth style and may have affected reefs throughout the Pacific region.

論文審査結果の要旨

全球規模で発生する千年スケールの気候変動は軌道要素外の太陽活動などによって引き起こされる変動であり、完新世において突然の大きな気候変化を引き起こしたことが最近の研究で明らかになってきた。千年スケールの気候変動がいつ、どのように発生し、それに対して地生態系がどのような反応を示したかを明らかにすることは、将来の気候変動予測においても重要である。本論文は黒潮の流路にあたるトカラ列島小宝島における完新世隆起サンゴ礁の堆積構造と成長過程を明らかにすることにより、北西太平洋における完新世中期～後期の千年スケール気候変動と、それが高緯度サンゴ礁成長へ与えた影響を論じたものである。

本研究では小宝島の隆起サンゴ礁における3カ所のトレンチ壁露頭と7本の掘削コアの記載、および88個の化石サンゴ試料のAMS年代測定結果を基に、高緯度サンゴ礁の詳細な形成過程を明らかにした。まず、隆起サンゴ礁（I面）を切る露頭より3つの非整合を見いだすに至り、それらが約5,900～5,800年前、4,400～4,000年前、および3,300～3,200年前に発生したサンゴ礁成長の休止期であることを明らかにした。サンゴ礁の堆積構造より検出できる環境変遷記録は層相変化を基に議論されるのが一般的であるが、本論文では単一の層相中における非整合が見いだされ、それが年代値のギャップとして確認できた点が、これまでのサンゴ礁形成研究にない特筆すべき点である。これらの非整合は黒潮が相対的に弱化した表面海水温が低下した期間によく一致する。

本論文では3回のサンゴ礁休止期のうち後者2回は海面変動を伴うものであることも示した。海面変動のタイミングは黒潮の弱体化イベントと対応しており、太平洋十年規模振動（PDO）で強い正の位相が現れる時期と一致する。同様なタイミングでの振動は東オーストラリアなどでも報告されており、全球スケールの振動シグナルを捉えているものと理解できる。この結果から、完新世中期～後期の海面変化はこれまで推定されていたほど安定していなかったかもしれないこと、千年スケールの全球気候変動が黒潮を介して北西太平洋に大きな地域的影響を与えたであろうことが示唆された。

また、自ら掘削したボーリングコアより約8,000年前から現在までのサンゴ礁形成を論じており、1,300～1,000年前に活発な礁成長があったことを明らかにした。この時期は中世温暖期と一致しており、ここでも全球気候変動との関係が指摘できる。

小宝島のサンゴ礁堆積層を構成する造礁サンゴ類は、休止期を伴う攪乱を経るたびに多様性が徐々に低下し、ミドリイシ属のサンゴが優占するサンゴ群集へと変化した。このように高緯度サンゴ礁における種多様性の低さを説明する仮説も本論文中で提示されている。

以上のように本論文では小宝島での地道な地層観察を通して、北西太平洋域の古環境を理解する上で重要な気候－海洋変動シグナルを捉えた。これまでに北西太平洋のサンゴ礁堆積層からこれほど明瞭かつ詳細に完新世中期～後期の気候－海洋変動シグナルが検出された例はなく、オリジナリティーの高い研究であると評価できる。本研究で得られた結果および仮説は、今後の北西太平洋における海洋古環境研究において重要な役割を果たすと考えられる。