

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18251003

研究課題名 (和文) 環礁立国におけるサンゴ礁の防災機能と礁一洲島系の構造維持に関する研究

研究課題名 (英文) Study on disaster reducing function of coral reefs and sustainability of reef-island subsurface system in atoll nations

研究代表者

菅 浩伸 (KAN HIRONOBU)

岡山大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号：20294390

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：地形

1. 研究計画の概要

本研究は、環礁立国における住民・社会基盤の安全を維持するため、サンゴ礁とその上に載る洲島の「礁一洲島系」を防災基盤として評価し、成果を社会に還元する事を目指している。このため、モルディブで発生した津波被害・サンゴ礁基盤の崩壊現象などを基に、サンゴ礁地形学・炭酸塩堆積学の観点から、太平洋・インド洋の環礁立国の防災基盤としてのサンゴ礁の役割の解明を試みる。

インド洋大津波によってモルディブ共和国が受けた被害は、今後の大津波によって太平洋・インド洋の環礁立国が被る可能性のある被害を示唆している。モルディブ諸島での津波調査から、より安全な国土とはどのような洲島かを検討した上で、太平洋の環礁立国の洲島にて地形調査を行い、今後の防災計画を立てるための基礎資料を提供する。また、環礁立国における礁一洲島系の地形・堆積構造を維持し国土を保全するため、波浪に抗しうるサンゴ礁構造がどこにどのような形で分布するか、その成因を含めて検討する。これにはモルディブ共和国首都マーレにて発生したサンゴ礁崩壊地での礁構造調査や基盤サンゴ礁のボーリング調査によって試料を得る。また、洲島周囲で進められている埋め立て・浚渫などの礁一洲島系の改変と礁性堆積物の再配置、それに伴う地盤災害についての調査を行い、環礁立国における地盤問題と国土開発について検討する。

2. 研究の進捗状況

H18年度

インド洋モルディブ共和国にて、マーレ島北東部で発生した基盤サンゴ礁崩壊現場での潜水調査を実施し、サンゴ礁構造の記載と試料採取を行った。マーレ島北東部の礁湖側斜面は、最大傾斜 (水深 10～30m) が 68 度の斜面が約 40m までつづき、それより緩斜面の礁湖底となる。急傾斜の斜面表面は非常に平滑で堅く固結している。崩壊は、幅 60m 深さ 44m に達する。礁表面には多数の割れ目が認められた。崩壊地では礁面 (水深 3m)～水深 25m までの礁湖側斜面の内部構造が確認できた。礁湖側斜面は表層から約 2m の厚さで、きわめて硬い礁構造が認められた。この硬い礁構造は原地性サンゴの成長と膠結作用によって形成されており、その内側に枝サンゴ・卓状サンゴ礫と砂よりなる未固結の堆積物が詰まっている。堅固な斜面表層部が天然防護壁として礁内の未固結堆積物を保持する役割を果たしていることがわかった。新旧空中写真の比較と現地での聞き取りから、別の崩壊地を発見したため、そこでの潜水調査も行った。マーレ島ではビル・防波堤の建設や埋め立て、港湾整備に伴うサンゴ礁の開削などの開発が盛んに行われて折り、同様な崩壊が慢性的に起こっていた可能性がある。このような問題が生じたのは、世界的にもマーレ島がはじめてである。同国では崩壊地調査とあわせて津波被災調査に関するとりまとめ、首都マーレ周辺の国土開発の実態を視察も行った。

太平洋マーシャル諸島共和国マジユロ環礁では、環礁を切る航路用水路および礁原海側の浚渫跡に潜水し、サンゴ礁構造の記載と試料採取を行った。また、礁斜面から

洲島・礁湖に至る環礁外縁部の断面測量と礫質ビーチロックの試料採取も行った。

また、採取した岩石試料観察のための分析電顕 (JEOL JSM-6390AS) を岡山大学に導入した。

H19年度

インド洋モルディブ共和国にて、前年度に引き続きマーレ島北東部で発生した基盤サンゴ礁崩壊現場での潜水調査を実施し、サンゴ礁構造の記載と試料採取を行った。採取した試料は岡山大学にて電子顕微鏡による観察および元素分析を進めるとともに、東京大学にて12試料のAMS年代測定を行った。モルディブ共和国では Villingili 島, Hulhumalé 島にて洲島とサンゴ礁の断面測量, サンゴ礁石灰岩の試料採取をおこなった。モルディブ諸島にて採取したハマサンゴについては、過去の海水温など海域環境の変動を復元するため産業総合研究所にて酸素・炭素同位体比を測定した。

また、インド洋大津波でモルディブ諸島が受けた被害について、43島での調査結果をまとめ公表した。環礁と洲島の地形に応じて防災効果が異なることが明らかになった。環礁で津波がどのような挙動をするのかは未だ記載されておらず、太平洋の環礁立国の防災に役立てることが可能である。

太平洋地域では、マーシャル諸島共和国マジュロ環礁の航路用水路および礁原海側の浚渫跡水中露頭より前年度に採取したサンゴ試料、礫質ビーチロックの試料のうち13試料のAMS年代測定を東京大学にて行った。さらに、南太平洋・ツバル国フナフティ環礁にて現地調査を行い、洲島とサンゴ礁の断面測量を行うとともに、サンゴ礁石灰岩の試料採取も行った。

さらに岡山大学の電子顕微鏡に低真空装置を導入した。非導電性試料である石灰岩や未固結堆積物をそのまま観察・分析できる装置にしたため採取試料の観察・元素分析を進めることが可能となった。

H20年度

インド洋モルディブ共和国にて洲島の基盤をなすサンゴ礁の地盤構造を明らかにするためのオールコアボーリングを行った。マーレ島南部にて53.5mの掘削を行い、コアを採取した。コアは岩相記載とともに年代測定準備、電子顕微鏡による試料観察・元素分析の準備を行っている。また、本研究の現地協力機関である現地政府環境リサーチセンターが島内4カ所にて行った試錘結果と、試錘中に採取した試料の一部を分析試料として得たため、これについても現在、岩相記載とともに年代測定準備、電子顕微鏡による試料観察・元素分析の準備を行っている。これらによって、マーレ島を横断する地質断面構造

を提示する準備が整った。

また、昨年度採取した Villingili 島, Hulhumalé 島におけるサンゴ礁石灰岩の試料について電子顕微鏡による観察・元素分析を行った。さらに、モルディブ諸島より採取したハマサンゴについて、産業総合研究所にて酸素・炭素同位体比の測定と骨格中の微量元素の測定を継続して行っている。これによって同海域における過去の海水温など海域環境の変動を復元することが可能と思われる。

太平洋地域では、マーシャル諸島共和国マジュロ環礁の航路用水路および礁原海側の浚渫跡水中露頭より採取した試料について電子顕微鏡による観察・元素分析を行った。昨年度実施したAMS年代測定結果とともに、マジュロ環礁におけるサンゴ礁地盤の構造的特徴とその形成過程が明らかになってきた。

3. 現在までの達成度

これまでに本研究課題中で最も重要なテーマであったモルディブ諸島におけるサンゴ礁地盤構造解明にむけての試料採取が整った。また、これまでにサンゴ礁の消波構造を形成する固結部の形成には二次生成物であるセメント物質の形状・組成が深く関与しているとの見通しを得た。本研究では、二次生成物についての試料の観察・分析を行う機器とノウハウが整った。さらに、太平洋の環礁においてもサンゴ礁地盤構造と形成過程を調査し明らかにすることができたため、太平洋とインド洋中央部における環礁地盤構造の対比が可能となってきた。試料の採取や分析法の確立など本研究の重要な部分がすでに整ったため、75~80%の達成度にあると考える。

4. 今後の研究の推進方策

今後、モルディブ共和国の首都マーレ島で採取したボーリングコアについて、岩相記載を行うとともに、電子顕微鏡での観察・元素分析、年代測定などを行い、モルディブのサンゴ礁地盤構造と形成過程を明らかにする。

さらに、太平洋のキリバス共和国タラワ環礁にて、環礁洲島の地形断面測量を行い、居住域の高度や洲島の地形的特徴などを明らかにしたい。また、モルディブ諸島南端のシーヌ環礁ガン島周辺でも同様の調査を行いたい。これらの調査によって、これまでに調査を行ったマーシャル諸島共和国マジュロ環礁・ツバル国フナフティ環礁、モルディブ諸島中北部とあわせて、太平洋・インド洋の環礁洲島の地形を明らかにすることができ、世界の環礁立国の人々がどのような土地に住んでいるかの概略をつかむ予定である。

あわせてキリバス共和国タラワ環礁およびモルディブ諸島南部よりサンゴ礁地盤の岩石を採取し、岩相記載・電子顕微鏡観察・元素分析を進める予定である。これまでにサンゴ礁の消波構造を形成する固結部の分布、それを形成する二次生成物の形状・組成を把握することが、サンゴ礁を防災基盤として評価する際に重要である。サンゴ礁地盤の岩相・微細構造についてもマーシャル諸島共和国マジロ環礁・ツバル国フナフティ環礁やモルディブ諸島中部にて採取したものとあわせて分析を進め、地域差を明らかにしながら、全体のまとめを行う予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

Suzuki, A., Gagan, M.K., Kan, H., Edward, A., Siringan, F.P., Yoneda, M. and Kawahata, H. (2006) Coral records of 1990s in the northwest Pacific: El Niño, coral bleaching, and global warming. In: Kawahata, H. (ed.) *Global Climate Change and Response of Carbon Cycle in the Equatorial Pacific and Indian Oceans and adjacent landmasses*. Elsevier Oceanography Series, 73, 217-244.

Kan, H. and Kawana, T. (2006) 'Catch-up' of a high-latitude barrier reef by back-reef growth during the post-glacial sea-level rise, Southern Ryukyus, Japan. *Proc. 10th International Coral Reef Symposium*, 494-503.

Kan, H. (2006) Holocene reef development in the central Ryukyus. *Proc. 10th International Coral Reef Symposium*, p2002-2017.

Kan, H., Ali, M. and Riyaz, M. (2007) The 2004 Indian Ocean Tsunami in the Maldives: scale of the disaster and topographic effects on atoll reefs and islands. *Atoll Research Bulletin*, No.554, p.1-65.

Kan, H. (2007) Development of geomorphological zonation in fringing reefs: the Ryukyu Islands, Japan. Geographical Rept. Tokyo Metropolitan University, No.42, p.85-90.

Riyaz, M., Park, K-H., Ali, M. and Kan, H. (2008) Combined effect of island topography and reef morphology in dissipating tsunami wave energy in Maldives. *Proceedings of Conference on Marine Problem and Specific Solutions, COMPASS 2008, June 15-18, 2008 Maldives*. p.71-77.

Suzuki, A., Yokoyama, Y., Kan, H., Minoshima, K., Matsuzaki, H., Hamanaka, N. and Kawahata, H. (2008) Identification of 1771 Meiwa Tsunami deposits using a combination of radiocarbon dating and oxygen isotope microprofiling of emerged massive *Porites* boulders. *Quaternary Geochronology*, 3, 226-234.

[学会発表] (計 16 件)

菅 浩伸, 中島洋典, 堀信行, 中井達郎, 横山祐典, 大橋倫也, 濱中 望, 岡本健裕 (2006) 完新世温暖期における北限域サンゴ礁の形成. 日本地球惑星科学連合 2006 年大会 予稿集, L129-003, 2006 年 5 月 14~18 日 (於: 幕張メッセ国際会議場)

菅 浩伸 (2006) サンゴ礁環境はどのように成立してきたか ~ボーリングで明らかになった完新世の海面変化とサンゴ礁形成~. 日本サンゴ礁学会第 9 回大会講演要旨集, p.4-5, 2006 年 11 月 26 日 (於: 仙台市 斎藤報恩会自然史博物館) 日本サンゴ礁学会第 9 回大会 公開シンポジウム

Kan, H. (2006) Holocene reef growth – a review. A symposium on carbonate sedimentation and diagenesis on reefs and submerged seamounts. (Japanese Coral Reef Society, Tohoku University 21st Century COE Program, Japan Drilling Earth Science Consortium) 2006 年 11 月 26 日 (於: 仙台市 斎藤報恩会自然史博物館)

Kan, H., Nakashima, Y., Hori, N., Nakai, T., Yokoyama, Y., Ohashi, T., Hamanaka, N. and Okamoto, T. (2006) High-Latitude Reef Development in the Northern Ryukyus: sedimentary structure, timing and locality. 17th International Sedimentological Congress (ISC2006), Abstracts, Vol.A, p.128, 2006

年 8 月 27 日～9 月 1 日 (於:福岡国際会議場)
菅 浩伸, 横山祐典, Ali, M., Riyaz, M., 鈴木 淳,
中島洋典 (2007) モルディブ共和国の基盤サンゴ
礁崩壊: 礁構造と環礁立国の地盤問題. 日本地理
学会 2007 年春期学術大会 発表要旨集 p.182,
2007 年 3 月 20～22 日 (於:東洋大学)
菅 浩伸, 横山祐典, Riyaz, M., 鈴木 淳, 中島洋典
(2007) 環礁立国の地盤問題: モルディブ共和国
で発生した地盤問題. 日本地球惑星科学連合
2007 年大会 予稿集, X161-004, 2007 年 5 月 19
～24 日 (於:幕張メッセ国際会議場)
菅 浩伸, 横山祐典, Riyaz, M., Ali, M., 鈴木 淳,
中島洋典 (2007) モルディブ共和国の都市開発と
地盤問題. 地域地理科学会 2007 年度大会 要
旨集 p.18-19, 2007 年 7 月 1 日 (於:岡山大学環境
理工学部)
菅 浩伸, 横山祐典, Riyaz, M., 鈴木 淳, 中島洋典
(2007) モルディブ諸島マーレ環礁における礁湖
側急斜面の堆積構造・形成過程とそこで発生した
地盤崩壊. 日本サンゴ礁学会 第 10 回大会 講演
要旨集, p. 14, 2007 年 11 月 23～24 日 (於:琉球大
学大学会館)
菅 浩伸 (2008) モルディブ共和国のサンゴ礁地盤
崩壊と環礁立国の災害脆弱性. 日本地理学会
2008 年春期学術大会 発表要旨集, p.18, 2008 年
3 月 29～30 日 (於:獨協大学) 公開シンポジウム
「地球温暖化時代の災害を考える ―世界の 6 つ
の現場から―」
菅 浩伸, Ali, M., Riyaz, M. (2008) モルディブ諸
島の環礁・洲島における 2004 年インド洋大津波
の被災規模と地形効果. 日本地球惑星科学連合
2008 年大会 予稿集, J238-011, 2008 年 5 月 25～
30 日 (於:幕張メッセ国際会議場)
鈴木 淳, 横山祐典, 菅 浩伸, 松崎浩之, 蓑島佳代,
濱中 望, 川幡穂高 (2008) 1771 年明和津波によ
り打ち上げられたと思われるハマサンゴ津波石の
放射性炭素年代測定と酸素同位体比分析による
検討. 日本地球惑星科学連合 2008 年大会 予稿

集, J238-012, 2008 年 5 月 25～30 日 (於:幕張メッ
セ国際会議場)
Riyaz, M., Park, K-H., Ali, M. and Kan, H. (2008)
Combined effect of island topography and reef
morphology in dissipating tsunami wave energy in
Maldives. *Conference on Marine Problem and
Specific Solutions, COMPASS 2008, June 15-18,
2008 Maldives.*
大森一人, 渡邊 剛, 白井厚太郎, 菅 浩伸 (2008)
微細構造・微量元素組成からみた太平洋に生息
する硬骨海綿のバイオミネラリゼーションと古環境
解析への応用. 東京大学海洋研究所共同利用研
究集会「バイオミネラリゼーションと石灰化 ―遺伝
子から地球環境まで―」2008 年 6 月 19～20 日
(於:東京大学海洋研究所)
Hamanaka, N., Kan, H., Yokoyama, Y., Okamoto, T.,
Nakashima, Y. (2008) Hiatuses in Holocene reef
growth at Kodakara Island in the Ryukyus, Japan.
11th International Coral Reef Symposium, P-43,
July 7-11, 2008, Fort Lauderdale, USA
Kan, H., Nakashima, Y., Hori, N., Nakai, T., Yokoyama,
Y., Hamanaka, N., Ohashi, T., Okamoto, T. (2008)
Style of Reef Accretion at Poleward Front in the
Late Holocene, in the Northern Ryukyu Islands,
Japan. *11th International Coral Reef Symposium*,
P-49, July 7-11, 2008, Fort Lauderdale, USA.
菅 浩伸, 鈴木 淳, 横山祐典, 中島洋典, 鈴木
倫太郎, 安達 寛 (2009) マーシャル諸島共和
国・マジュロ環礁における洲島の基盤となるサ
ンゴ礁の構造と形成過程. 日本地理学会 2009
年春期学術大会 発表要旨集, p.42. 2009 年 3 月
28～29 日 (於:帝京大学)
〔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〕