

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 24 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540540

研究課題名(和文) 琉球弧島嶼の沈降運動に関する地質学的検証

研究課題名(英文) Geological histories and local subsidence of the Ryukyu Island Arc

研究代表者

荒井 晃作 (Arai, Kohsaku)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・研究グループ長

研究者番号：30356381

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：琉球弧の一部である沖縄島及び宮古島の間には広いプラットフォーム状(平らな高まり)の地形が存在している。本研究ではこの高まり状の地形の地質学的な発達史に関して、島嶼の沈降という切り口で研究を進めた。プラットフォーム状の地形は、その縁辺における断層運動に伴って、壊れるように沈降していること。プラットフォームの高まり自体はほぼ安定していて、約1万年数千年前の最終氷期にはサンゴ礁が存在していた可能性が高いことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The Miyako-Sone submarine platform is located between Okinawa-jima and Miyako-jima islands extends approximately 70 km from north to south and 50 km from east to west, and water depths along the outer edge range from 120 to 170 m. We obtained detailed data in this area to investigate the geological histories of subsidence of the platform. Steep slope of western margin of the platform have been downthrown towards the west due to displacements on the western sides of normal faults. Subsidence of the Miyako-Sone submarine platform was the result of large vertical displacements on such normal faults. We also found the clear image of submerged coral reef on the platform that is formed during last deglaciation ages.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：テクトニクス 海洋地質 精密地形調査 サンゴ礁 第四紀 宮古曽根

1. 研究開始当初の背景

琉球弧は九州と台湾の間に位置する長さ約1,200kmにもおよぶ島嶼であり、これは、フィリピン海プレートが南西諸島海溝(琉球海溝)に沿って沈み込むことによって形成された典型的な島弧-海溝系である。琉球弧の北西側には沖縄トラフと呼ばれる背弧海盆が形成されている。琉球弧ならびに背弧海盆を形成した新生代テクトニクスに関しては、多くの研究が行われているが(Sibuet et al., 1998, Park, et al., 1998 など)、未だ全体像が把握できていない。例えば、地質学的データに基づいて提唱された古地理の復元(例えば、木崎・大城, 1977 や氏家, 1990 など)が数例あるが、いずれの説においても、琉球弧では第四紀初頭には中国大陸から台湾、沖縄島を経て奄美大島まで続く陸橋が存在したとしている。この陸橋の有無は、琉球列島におけるサンゴ礁の形成開始と関連づけられた。すなわち、陸橋が存在したとされる第四紀初頭には、黒潮が背弧に流入(沖縄トラフ)しなかったため、琉球列島は中国大陸からの陸源性碎屑物がもたらされ、サンゴ礁の形成に必須な清澄な海洋環境が広がらなかったとする説である(木庭, 1992など)。しかしながら、近年の陸上生物の分子系統学に基づく生物地理学的研究成果は、従来の地質学的データに基づく古地理と完全に矛盾しており、前期更新世には台湾から宮古島付近までは陸続きであったものの、沖縄と宮古島間の陸上生物の移動はほとんど行われていなかった可能性が高いことが示されている(Ota, 1998など)。

この様な観点に着目して、申請者は2009年9~10月に、沖縄島-宮古島の間に広がる高まり(ここでは全体を宮古曾根と呼ぶ)の西北部において、「なつしま」航海(NT09-17航海)により地形調査とハイパードルフィンによる潜航調査を実施した。詳細な地形調査とROVハイパードルフィンによる潜航調査を行

った結果、宮古曾根北西の急崖に発達する石灰岩の露頭を見いだした。これらの成果をまとめると、以下のことが言える。

1. 宮古曾根北西部において実施した地形調査の結果、外縁斜面には階段状の水深の異なる平坦面が存在する。縁辺部で、琉球海溝に直交する(NW-SE方向)リニアメントが見つかった。つまり、沈降運動は一様ではなく、島弧胴切り方向の断層運動に規定されている可能性が高い。

2. 潜航調査で宮古曾根北西部の斜面から得られた試料は、陸上の琉球層群に対比できるサンゴモ球石灰岩や有孔虫質生砕石灰岩からなる。これらの石灰質ナンノ化石年代は、約85万年以降の年代値(Sato et al., 2009の基準面)であることが判明した。つまり、琉球層群の下部層や、その下位層の鮮新統島尻層群の露頭は、水深415m以深に存在していると考えられる。このことから、宮古曾根は数m/千年と言う速度で沈降が生じている可能性が高い。

2. 研究の目的

本研究は、マルチチャンネルの地震波構造探査を実施することにより、宮古曾根周辺の鮮新統以降の堆積層序を検討する。さらに、宮古曾根の北西部斜面において、ドレッジによる試料採取を行う。琉球層群の下部層より下位の地層の採取を試みることによって、宮古曾根の沈降速度を検討する計画である。採取した試料について、石灰質ナンノ化石や、放射性年代測定を試みる。断層のリニアメントを正確に把握するために宮古曾根西縁の詳細な地形を明らかにし、これらの研究によって、宮古曾根の沈降史を地質学的に検証するだけでなく、琉球弧の発達様式で重要な役割を果たしていると思われる島弧胴切り型の断層運動に関する新しい知見が得られることが期待される。これまでのあまり注目されていなかった「沈みゆく島嶼」の存在を明確にで

きるのみでなく、琉球弧の地質構造発達史に関して、従来のように主に陸上地質のデータに基づくものより、はるかに信頼性の高いシナリオを描き出すことが可能になる。

3. 研究の方法

3年間の研究期間では以下の調査を実施する予定であった。

- (1) 高分解能構造探査，データ解析：
地質構造を知るための基本的な調査方法の一つである反射法音波探査を実施し、活動的な構造運動の分布及び形状を明らかにする。
- (2) 採泥とその試料分析と年代決定：
採泥作業を実施し、岩石の分析及び生層序等を検討する。この結果を(1)で得られた構造運動の成果にあてはめ、地質年代を層序学的に検討する。
- (3) マルチナロービーム測深と解析：
調査航海により新たな地形データの取得とその解析を行う。昔の汀線を示すような地形を見つけ出し、その現在の水深を正確に計ることにより、沈降運動の証拠を見つけ出す。
- (4) データの統合解析：
2009年度に取得した「なつしま」航海のデータ解析を含め、いくつかのプロジェクトのデータ解析を、上記によって得られる3つのデータと統合的に解析することにより、琉球弧に発達するサンゴの海に囲まれる島嶼の沈降運動に関する成果をまとめる。

これらの項目を実施するために、2回の調査航海を計画し、最終年度には、これらの結果を統合して最終目標を達成する。実際に2回の調査航海を実施でき、成果を上げることができた。

4. 研究成果

計画の初年度にあたる平成23年度は11月30日～12月8日にかけて「淡青丸」による調査航

海を実施した。この航海では宮古島北東方沖において3地点でドレッジ採泥を実施するとともに反射法音波探査を行うことができた。調査時期が冬期にあたることから、反射法音波探査は1測線のみを観測であったが、島弧を横切る方向の断層が明瞭に観察できた。岩石試料に関しても、興味深いデータが取得され、平成25年度に日本地質学会で荒井ほか(2014)として口頭発表を行った。

平成24年度の6～7月には小型船舶を用いた精密測深調査の実施し、そのデータの解析作業を行った。精密地形調査の結果、宮古曾根北西縁においては、水深約120 mにテラス状の地形を見いだした。この平坦面はその西の水深約130-100 mにおいて比高10 m程度の斜面が存在する。さらに、調査域南西部の現在の水深約60 m(重宝曾根)には明瞭なサンゴ礁地形が認められることが分かった。サンゴ礁地形は少なくとも南北方向に1 km以上連続し、幅は500 m以上に達する。地形断面から見る礁嶺の水深は約55-60 mで、その外縁部には縁脚縁溝系が発達する。また礁嶺内部はモート状の地形が認められた。今回見つかったこれらの高まりは、現世のサンゴ礁地形に酷似しており、現在よりも海水準の低い時期に形成されたサンゴ礁であると考えられる。つまり、後氷期の海水準変動と調査海域のテクトニクスと合わせて議論するために重要な結果である。この成果は国際学会(AGU秋季大会2014)をはじめ、日本サンゴ礁学会等において発表することができた。この成果は国際誌への投稿を目指しているとともに、琉球弧の氷期におけるサンゴ礁形成に関する新たな議論が期待されることから、新しい研究に発展させる予定である。

また、「なつしま」によるNT09-17航海の成果に関して、採取した岩石の肉眼及び顕微鏡下の観察結果及び年代の解析を進めることにより、活断層を伴う地質構造の発達過程という観点からまとめて、国際査読誌に公表する

ことができた (Arai et al., 2014) . 宮古曾根西縁の沈降運動は、島弧を胴切る方向に発達する正断層の構造運動が支配していることが分かった .

また、本課題は研究代表者や研究分担者らの関わっているいくつかのプロジェクトと密接に関連しながら、琉球弧形成の総合的な研究の一部を担ってきたと言える . 例えば、研究代表者の所属する産業技術総合研究所の知的基盤整備の一環として海洋地質図を作成している (海洋地質図プロジェクト) . 2008年度より海洋地質図プロジェクトは、沖縄周辺海域の海洋地質学的研究を実施しており (別プロジェクトのため成果には入れていないが、例えば、荒井ほか、2013 : シンセシオロジー、6、162-169) 、沖縄島の南西方に発達する慶良間海裂に関する解析や (荒井ほか、2012) 、沖縄島南方沖の沈水サンゴ礁の形成に関する研究は (Arai et al., 2012) 、本課題に関連する重要な資試料を補填しながら島嶼の沈降運動を議論する成果を公表できた . また、研究分担者の井龍康文 (東北大学) 、町山栄章 (海洋研究開発機構) や連携研究者の松田博貴 (熊本大学) らによって行われている琉球弧サンゴ礁の掘削計画であるCOREFプロジェクト (例えば、Iryu et al., 2006) と関連するいくつかの関連成果をあげることができ、国際査読誌で公表している (Imai et al., 2013 ; Asami et al., 2013 ; Bassi et al., 2012 ; Matsuda et al., 2011など) . これらの研究プロジェクトと本研究課題は相互補完の関係にあり、プロジェクト間の連携・推進が、琉球弧地質発達史を統合的に考えるうえにおいて重要な役割を果たすものと思われる . 将来的にはさらに大きなプロジェクトへの発展が期待される .

5 . 主な発表論文等

(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 11 件)

Kohsaku Arai, Hideaki Machiyama, Shun Chiyonobu, Hiroki Matsuda, Keiichi Sasaki, Marc Humblet and Yasufumi Iryu, Subsidence of the Miyako-Sone submarine carbonate platform, east of Miyako-jima Island, northwestern Pacific Ocean、ISLAND ARC、査読有、23 巻、2014、1-15

DOI: 10.1111/iar.12051

Ryo Imai, Tokiyuki Sato and Yasufumi Iryu、Chronological and paleoceanographic constraint of Miocene to Pliocene 'mud sea' in the Ryukyu Island (southwestern Japan) based on calcareous nannofossil assemblages、ISLAND ARC、査読有、22 巻、2013、522-537

DOI: 10.1111/iar.12046

Ryuji Asami, Yasufumi Iryu, Kimio Hanawa, Takashi Miwa, Peter Holden, Ryuichi Shinjo and Gustav Paulay、MIS 7 interglacial sea-surface temperature and salinity reconstructions from a southwestern subtropical Pacific coral、Quaternary Research、査読有、80 巻、2013、575-585
DOI: 10.1016/j.yqres.2013.09.002

Davide Bassi, Yasufumi Iryu, Marc Humblet, Hiroki Matsuda, Hideaki Machiyama, Keiichi Sasaki, Shinya Matsuda, Kohsaku Arai, Takahiko Inoue、Recent macroids on the Kikai-jima shelf, Central Ryukyu Islands, Japan、Sedimentology、査読有、59 巻、2012、2024-2041

DOI:10.1111/j.1365-3091.2012.01333.

x

Waelker William J. Woelkerling, Davide Bassi and Yasufumi Iryu、Hydrolithon braganum sp. nov. (Corallinaceae, Rhodophyta), the

first known exclusively fossil semi-endophytic coralline red alga, *Phycologia*, 査読有, 51 巻, 2012, 604-611
DOI: 10.2216/11-119.1

荒井晃作・佐藤智之・井上卓彦、沖縄島周辺の島弧の成立と島弧胴切り断層の発達、月刊地球、査読無、34 巻、2012、373-379

DOI 無し

松田博貴・町山栄章・荒井晃作・井上卓彦・佐々木圭一・吉津憲・三納正美・井龍康文・杉原薫・藤田和彦・山田努・中森亨、浅海性炭酸塩堆積物に基づく氷期の琉球列島北部の海洋環境-氷期にサンゴ礁はあったのか?-, 月刊地球、査読無、34 巻、2012、363-372

DOI 無し

Kohsaku Arai, Sato Tomoyuki, Takahiko Inoue、Seismic profiling survey of submerged coral reefs near Okinawa Island、Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium、査読有、2012

http://www.reefbase.org/resource_center/publication/icrs.aspx?icrs=ICRS12

寒河江健一・ハンブレ マーク・小田原啓・千代延俊・佐藤時幸・樺元淳一・高柳栄子・井龍康文、沖縄本島南部に分布する琉球層群の層序、地質学雑誌、査読有、118 巻、2012、117-136

DOI 無し

Hiroki Matsuda, Kohsaku Arai, Hideaki Machiyama, Yasufumi Iryu, Yoshihiro Tsuji、Submerged reefal deposits near a present day northern limit of coral reef formation in the northern Ryukyu Island Arc, northwestern Pacific Ocean, ISLAND ARC、査読有、20 巻、2011、411-425

DOI:10.1111/j.1440-1738.2011.00775.

x

藤田和彦・千代延俊・溝渕年哉・井龍康文、沖縄島那覇港沖の海底コアから発見された知念層とその意義、地質学雑誌、査読有、117 巻、2011、625-631

DOI 無し

[学会発表](計 15 件)

Arai, K., Matsuda, H., Sasaki, K., Machiyama, H., Inoue, T. and Iryu, Y.、Newly found submerged reefs on the Miyako-Sone platform, Ryukyu Arc, northwestern Pacific、2013 AGU Fall Meeting、2013 年 12/9-13、San Francisco、米国

荒井晃作・松田博貴・井上卓彦・佐藤時幸・山崎誠・町山栄章・佐々木圭一・井龍康文、沖縄県宮古島北東沖・宮古曾根プラットフォームの形成史、日本地質学会第 120 年学術大会、2013 年 9/14-16、東北大学

今井 遼・大関 萌・井龍康文、石灰質ナンノ化石からみた多良間島に分布する多良間砂層の地質年代、日本地質学会第 120 年学術大会、2013 年 9/14-16、東北大学
今井 遼・佐藤時幸・井龍康文、石灰質ナンノ化石群集に基づく中新世～鮮新世の琉球列島“泥海(島尻層群)”の年代層序学的・古海洋学的復元、古生物学会 2013 年年会・総会、2013 年 6/29-30、熊本大学

板木拓也・荒井晃作・小田啓邦・兼子尚知・中島 礼・田中裕一郎、沖縄“500m 島棚”下部から採取された中期更新世の化石群集、古生物学会 2013 年年会・総会、2013 年 6/29-30、熊本大学

荒井晃作・松田博貴・町山栄章・佐々木圭一・山口 毅・井龍康文・井上卓彦、宮古島北東沖に見つかった沈水サンゴ礁、炭酸塩コロキウム、2013 年 3/15、ふれあいの家北九州

今井 遼・佐藤時幸・井龍康文、石灰質ナンノ化石群集に基づく中新世～鮮新世の琉球列島“泥海(島尻層群)”の年代層序学的・古海洋学的復元、2013 年古海洋シンポジウム、2013 年 1/7-8、東京大学大気海洋研究所

荒井晃作・松田博貴・町山栄章・佐々木圭一・山口 毅・井龍康文・井上卓彦、宮古島北東沖に見つかった沈水サンゴ礁、日本サンゴ礁学会、2012 年 11/22、東京大学

松田博貴・荒井晃作・井上卓彦・町山栄章・佐々木圭一・井龍康文・佐藤時幸・山崎 誠、鹿児島県トカラ列島小室島東方沖陸棚上の礁岩の堆積学的特徴とその

年代、日本地質学会第 119 年学術大会、
2012 年 9/15-17、大阪府立大学
荒井晃作・佐藤智之・井上卓彦、沖縄島
南西沖に発達する慶良間海裂の地質構造、
日本地質学会第 119 年学術大会、2012 年
9/15-17、大阪府立大学
Arai, K., Sato, T., Inoue T., Seismic
profiling survey on submerged coral
reefs south off Okinawa Island in the
northwestern Pacific、12th
International Coral Reef Symposium、
2012 年 7/9、ケアンズ、オーストラリア
Bassi, D., Iryu, Y., Humblet, M.,
Matsuda, H., Machiyama, H., Sasaki, K.,
Matsuda, S., Arai, K., Inoue, T.,
Macroidi attuali della piattaforma di
Kikai-Jima, Isole Ryukyu centrali,
Giappone, Giornate di Paleontologia
XII Edizione、2012 年 5/24-26, Catania、
イタリア
荒井晃作・佐藤智之・井上卓彦、沖縄島
南西沖の沈水サンゴ礁、炭酸塩コロキウ
ム、2012 年 3/19、伊豆高原
荒井晃作・佐藤智之・井上卓彦、沖縄島
周辺の島弧の成立と島弧胴切り断層の発
達、大気海洋研究所研究集会「東シナ海
および琉球弧の地史と古環境」、2011 年
10/3-4、東京大学大気海洋研究所
Arai, K., Sato, T., Inoue T.,
Occurrence of rapid subsidence on the
Ryukyu Island Arc system、2011
KJOD/IODP Workshop for Okinawa Trough
Drilling、2011 年 7/4、KIGAM、韓国

〔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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒井 晃作 (ARAI, Kohsaku)
産業技術総合研究所・地質情報研究部門・
研究グループ長
研究者番号：30356381

(2) 研究分担者

井龍 康文 (IRYU, Yasufumi)
東北大学・理学系研究科・教授
研究者番号：00250671

町山 栄章 (MACHIYAMA, Hideaki)
海洋研究開発機構・海底資源研究プロジェ
クト・サブリーダー

研究者番号：00344284

井上 卓彦 (INOUE, Takahiko)
産業技術総合研究所・地質情報研究部門・
研究員
研究者番号：90443168

佐藤 智之 (SATO, Tomoyuki)
産業技術総合研究所・地質情報研究部門・
研究員
研究者番号：80555152

(3) 連携研究者

松田 博貴 (MATSUDA, Hiroki)
熊本大学・自然科学研究科・教授
研究者番号：80274687

佐々木 圭一 (SASAKI, Keiichi)
金沢学院大学・美術文化学部・准教授
研究者番号：50340021