

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19340165

研究課題名（和文）九州南部トカラ列島における巨大噴火の可能性：海底カルデラの検証

研究課題名（英文） The possibility of giant eruptions on the Tokara Islands, southern Kyushu, Japan: verification of the suspected submarine calderas

研究代表者

横瀬 久芳（YOKOSE HISAYOSHI）

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：50230644

研究成果の概要（和文）：琉球弧北部のトカラ列島における火山活動の実態解明を目的に、ドレッジを用いた海底調査を実施した。海底より回収された火山岩類は、海面下にも第四紀火山活動が広く分布していることを示す。特に、海底カルデラ地形の近傍では、現地性流紋岩質軽石が確認でき、トカラ列島における巨大海底カルデラの存在を強く示唆する。火山岩類の地球化学的特徴から、北部琉球弧の火山活動や鉱床形成過程は、沈み込むフィリピン海プレートの形状によって支配されている事が判明した。

研究成果の概要（英文）：To understand submarine volcanism of the Tokara Islands, Northern Ryukyu arc, we carried out eight submarine exploration cruises with dredge survey. The volcanic rocks recovered from the sea floor and submarine flanks indicate the volcanic activities have occurred during the Quaternary and are distributed widely on the studied area. In situ rhyolitic pumice fragments are found in the vicinity of the circular submarine depressions, ~15km in diameter. Occurrence and geochemical characteristics of the recovered samples suggest strongly huge eruptions of forming a gigantic submarine caldera on the Tokara Islands. The geochemical characteristics of the samples imply that volcanisms and hydrothermal activities on the Tokara Islands could be controlled by the irregular geometry of the subducting Philippine Sea Plate.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
年度			
総計	9,800,000	2,940,000	12,740,000

研究分野：数物系科学

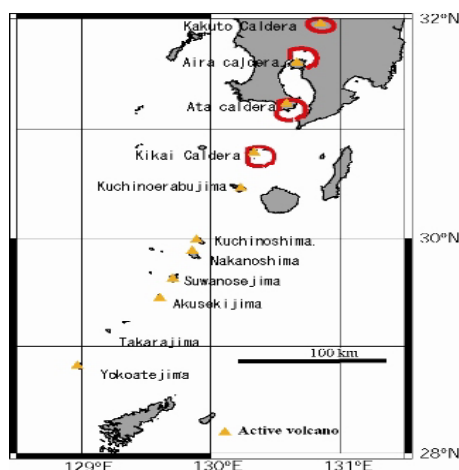
科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：トカラ列島，海底火山活動，海底カルデラ，琉球弧火山活動

1. 研究開始当初の背景

日本列島には、第四紀に形成されたと考えられる巨大カルデラ (super-volcano) が、東北・北海道と九州南部に集中する。九州南部の巨大カルデラは、加久藤カルデラ、始良カルデラ、阿多カルデラそして鬼界カルデラへと連続する。これらは、ほぼ 40 km 間隔で琉球弧と平行に配列する。この中で、始良カルデラ形成に伴った噴火は、super-eruption の例として挙げられている。始良カルデラのさらに南の浅海域には、縄文文化に壊滅的な打撃を与えたと推定されている鬼界カルデラの噴火 (約 7300 年前) が存在し、この噴火の super-eruption によるものと考えられている。また、これらの巨大カルデラは、櫻島火山に代表されるように後カルデラ期の複合火山体を伴っており、火山活動は現在も継続している。

このように、九州南部の火山活動に関する詳細な検討は、地球規模で影響する環境破壊の定量的評価において、重要かつ緊急な課題であるとみなせる。しかしながら、一般に Super-eruption の発生頻度は、陸上地域の噴火を統計的に算出したものであり、海洋地域の火山活動は考慮されていない。もしも、海底に埋没した同様の規模の海底カルデラが発見された場合、巨大噴火の頻度は増加し、地球規模の危険性はさらに高まるものと推



定される。

特に、九州以南の火山活動は、鬼界カルデラで終了するのではなく、さらに南方のトカラ列島に連続する (下図)。この南方の海面上に点在する小規模な火山群の多くは、歴史時代に火山活動が記録されており、日本の中

でも極めて活動的な火山列島として位置づけられる。しかし、これらの火山島のいくつかは無人島である上、地理的にアクセスの悪い離島であるため、地質学的な研究は 1960 年代から 1980 年代に行われたにとどめる。そのため、各火山島の火山地質あるいは岩石学的情報は時代遅れの感を否めない。

海上に出現した島々の調査に対して、海洋地域の調査は広域に渡って多くのことが明らかにされつつある。本座ら (1977) は、トカラ列島周辺海域に火山岩からなる海山が海面下にも多数存在することを示した。また、近年の測深技術進歩に伴って広域海底地形が公表されつつある (例えば、海底地形図：南西諸島, 1999; 西南日本, 1997)。このように周辺海域の地形学的な分解能は 1980 年代以前に比べ飛躍的に改善されており、海底地形に現れた海底火山麓は、海上部分よりも巨大で、全体のほぼ 95% を占める火山体は海中に潜んでいることが読み取れる。つまり、海面上に姿を現した火山体は、冰山の一角であり、火山島自体の研究も不十分であると言える。

火山体の成長が十分でない場合、海面下にも活火山が潜伏する可能性があり、防災上大きな意味を持つ。特に、火山体斜面で発生する巨大地すべりや浅海域における火山噴火は、津波の発生原因となり、人的被害は甚大である。オーストラリア大学の Arculus 教授らは、海底地形の再検討からトンガ - ケルマデック弧の海面下に新たに 75 個の火山が存在することを明らかにし、環太平洋地域の人々に津波の危険性を訴えた。現状の情報を総合すると、トカラ列島の海底にも活火山が存在している可能性は高いといえる。何れも静水圧の効果が弱い浅海 (1000m 以深) に存在しており、爆発的な噴火を起す可能性すら存在する。

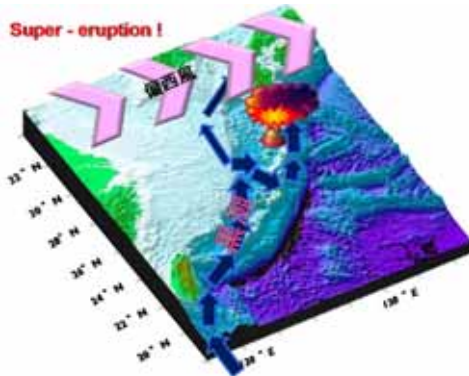
トカラ列島の火山活動は、面上に突出した極一部の火山岩類に基づいた研究で、中部・北部琉球弧の火山活動全般を把握する上で、十分な情報収集がなされているとは言えない。噴火災害の低減に向けて、基礎資料すら存在しないのが、現在のトカラ列島の火山活動に関する研究状況である。

2. 研究の目的

北部琉球弧は、活動度 A ランクの諏訪瀬島火山を始め多くの活動的な火山が存在する。また、トカラ列島は、地理的にみて海洋では

黒潮の軸流部にあたり、大気では亜熱帯ジェット気流が上空を通過する位置に相当する（下図）。従って、この地域に比較的大きな噴火が発生した場合、海流と偏西風が輸送媒体として作用し、噴出物を効果的に東方に運ぶ事が容易に想像できる。つまり、噴火による被災地は、東方に広がる日本列島全域におよぶ（下図参照）。

これらトカラ列島を構成する火山列の南方延長部には、大規模な熱水活動（伊平屋海



丘群、伊是名海穴 など）が古くから知られており、鉱床形成機構の解明や採鉱の可能性に関して詳しい調査も進められている。

このように、本地域は、様々な観点から研究の重要性が伺われる。そこで本研究では、海洋地域を含めたトカラ列島の火山活動を全面的に検討することを目的とし、具体的に以下の3テーマを掲げて調査・研究を推進した。

- (1) トカラ列島海底カルデラの検証
- (2) トカラ火山列島を形成するマグマ活動の実態把握
- (3) 琉球弧火山活動の成因論

3. 研究の方法

本研究目的を達成するためには、海洋地域を含めた詳細な岩石採集が必要である。さらに、採取された岩石試料の解析を行なう上で高精度化学分析の確立も必要となる。以下のような手続きで研究を遂行した。

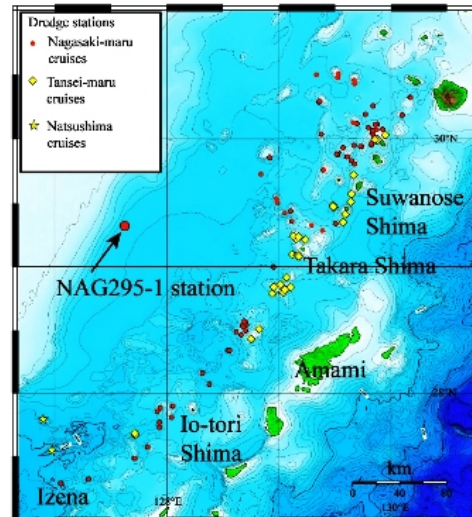
(1) 陸上試料の採取

トカラ列島を構成する各火山島（口之島、平島、小宝島、宝島、悪石島）から可能な限り様々な岩石を期間中に採取した。また、それ以外の火山島試料（中之島、諏訪瀬島、横当島、硫黄島）に関しては、既に採取され保管されているサンプルを使用した。

(2) 海底試料の採集

本研究課題の主要な柱である海底試料の採集は、東京大学海洋研究所所属淡青丸による2調査航海（KT07-2, KT07-21）と長崎大学所属長崎丸による6調査航海（NAG252, NAG267, NAG274, NAG288, NAG294, NAG295）中にドレッジによる採取試料と以前の調査

航海で採集され保存されている試料（海洋開



発機構しんかい 2000：NT97-14 および淡青丸：KT00-15）が含まれる。採集地点は、約100箇所におよんだ（上図）

(3) 火山岩類の化学組成における空間分布

採取された火山岩類は、岩石記載、全岩化学組成および EPMA 分析を行い、地球化学的特徴を明らかにした。全岩分析では、既にルーチン化されている XRF 分析に加え、熊本大学機器分析センター所属の ICP-MS のルーチン化を行った上で、極少量サンプル（40mg）の微量元素組成を精度良く測定できるように分析法を開発した。本研究で処理したサンプル量は、約600試料におよんだ。ただし、変質の影響を除去する目的で、分析値に基づいて約200サンプルは議論から除外した。また、代表的な流紋岩質3試料に関しては、K-Ar年代測定を行なった。

(4) 解析

このようにして得られた試料およびその化学分析値に基づいて、火山活動の解析を行なった。解析には、地球物理学的データとの関連性や化学組成における空間分布の規則性について検討した。

4. 研究成果

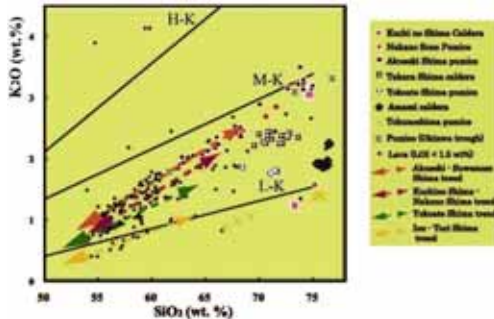
本申請課題の遂行によって、海上部分の岩石はもとより、長崎丸や淡青丸を用いた調査航海によって、これまで全く報告のなかった海底に分布する火山岩類の実体はかなり明らかとなった。本研究の成果は、以下の(1)~(4)に要約される。

- (1) 流紋岩質火山活動の発見
- (2) 海面下に存在する新しい時代の火山活動の発見
- (3) スラブ形状によってコントロールされる島弧縦断方向の火山活動の解明
- (4) 火山フロント上に海底熱水活動領域が存在し、伊是名海穴はその一部分である事が判明。

これらの成果は、これまでまったく理解されていなかった新発見であり、今後新たな展開が期待される。

(1) 流紋岩質火山活動の発見

これまで、単調な安山岩質マグマによる火山活動と考えられていたトカラ列島は、海面下に分布する火山岩類を含める実に多様であることが判明した。中でも回収された海底火山岩類には、発泡の著しい酸性火山岩類が多量に発見された。回収された軽石群は、角礫状で産する事、表面が急冷によるクラックが発達している、採取岩石がほぼ一種類である事などから、漂着軽石ではなく現地性の海底火山活動によってもたらされた軽石であると推定できる。さらに、採集地点の近傍における火山岩類の化学組成は調和的であり、現地性の軽石であると結論される。つまり、海底火山活動は流紋岩質マグマを主体と



しているとみなせる。

これら軽石質火山岩類の採取地点は、海底カルデラの想定される海域近傍が含まれ、巨大海底カルデラ群の存在を示唆する。また、独立した小規模な海丘の海底山麓においても発泡度の著しい軽石類は回収され、溶岩ドームの周辺部を構築する岩石群の産状に酷似することが明らかとなった。

海底の酸性火山岩類と海上の安山岩溶岩には、化学組成の傾向において明瞭なギャップが存在する。酸性マグマの形成過程は、北部琉球弧で発生する巨大噴火を解明する上で重要であり、火山フロントのバイモダル火成活動との因果関係は岩石学的テーマとして今後の検討課題となるであろう。

(2) 海面下に存在する新しい時代の火山活動の発見

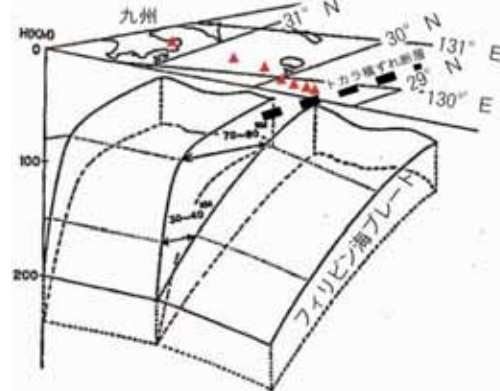
比較的小規模な火山活動が局所的に起る地域と考えられていたトカラ列島であったが、海底より採集された火山岩類の多くは、変質の影響がほとんど認められない新鮮な岩石群であった。さらに、回収試料の表面を覆うマンガン酸化物の被膜はほとんどなく、海底における露出期間が短い事を示す。代表的な海底試料 3 つに関して K-Ar 年代測定を行ったところ、いずれも中期更新世よりも新

しい時代に形成された事が明らかとなった。

これらの値は、近年報告された海上に分布する火山岩類の年代値と調和的であり、海面下に中期更新世以後に火山活動が随所に起こっていると想定できる。つまり、火山活動は、海面上の活火山のみならず、海面下にも広く存在しているとみなせる。

(3) スラブ形状によってコントロールされる島弧縦断方向の火山活動

トカラ列島の火山岩類は、島弧横断方向ではなく縦断方向に斑晶鉱物組み合わせや LIL 元素存在度に変化が認められた。その変化はセグメント化されており、その境界はトカラ横ずれ断層（悪石島と小宝島の間）が対応する。この断層は、マントル深部における構造上のギャップが地表に現れたと考えられており、火山岩組成に現れた水平変化はマントル深部構造の反映と解釈できる。



トカラ横ずれ断層を境に、フィリピン海プレートの沈み込み角度が急激に変化する（長宗、1987に加筆）。

つまり、トカラ横ずれ断層以北では、急激に沈み込むフィリピン海プレートによって脱水反応が効果的に働き、比較的水に富むマグマが形成されたと考えられる。一方、横ずれ断層以南では、緩い沈み込み角度を反映して、北部に比べより DRY な環境下でマグマが生産された事が明らかとなった。

(4) 火山フロント上に海底熱水活動領域が存在し、伊是名海穴はその一部分である事が判明

これまで、伊是名海穴のように金銀を含有する海域は“現代の黒鉱鉱床”として注目され、沖縄トラフの火山活動が有望視されてきた。しかし、本研究によって、これまで背弧海盆の火成活動と考えられてきた海域（伊平屋海丘群や伊是名海穴）は、火山フロントの火山活動の南方延長部であることが明らかとなった。

さらに、北部琉球弧の火山フロント上の奄美カルデラからは、As や Mo に富む海底熱水性 Fe-Mn 酸化物が新たに発見できた。さらに北の口之島カルデラ底からは硫化変質溶岩類も回収できた。2009 年の航海では、第一徳

之島海丘山頂部から多量の熱水性 Fe-Mn 酸化物が回収できた。火山フロント上には、熱水活動を示す証拠が多数発見でき、伊是名海穴のような金銀に富む硫化物鉱石が今後、火山フロント上で発見される可能性が出てきた。このように、鉱床探査において本研究は、重要な新知見を得る事が出来た。

このように海底調査によって、トカラ列島を含む北部琉球弧は、**火山防災、島弧火成活動の解明、そして海洋資源探査**において重要な地域である事が明らかとなった。しかし、巨視的見地から俯瞰した場合、火山島における陸上調査やドレッジ調査による岩石採集は、限られた領域の点情報でしかない。そのため火山活動全体をより総合的に理解するためには、火山岩類の産状および分布領域を2次元的に追跡する事で、噴火様式の細かい点まで理解できるものと期待される。

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2件)

横瀬久芳, 佐藤創, 藤本悠太, MHT. Mirabueno, 小林哲夫, 秋元和実, 吉村浩, 森井康宏, 山脇信博, 石井輝秋, 本座栄一 (2010) トカラ列島における中期更新世の酸性火山活動. 査読有, 地学雑誌, 119, 46-68.

横瀬久芳 (2007) 九州四大カルデラの南方延長: トカラ列島の巨大海底カルデラ群. 海洋プレートと島弧の深部構造 I - IODP 超深度掘削へ向けて -. 査読無, 月刊地球, 29, 561-569.

[学会発表](計7件)

横瀬久芳, 佐藤創, 小林哲夫, M.H. Mirabueno, 秋元和実, 吉村浩, 森井康宏, 山脇信博, 石井輝秋 (2009) 北部琉球弧, トカラ火山列の第四紀巨大海底カルデラ群: 海底探査で得られた証拠. 地球惑星連合大会 (千葉, 幕張メッセ), 5月16日

横瀬久芳, 佐藤創, 小林哲夫, 吉村浩, 森井康宏, 山脇信博 (2009) 奄美海底カルデラにおける熱水活動の証拠: As と Mo に富むマンガングラスの発見. 地球惑星連合大会 (千葉, 幕張メッセ), 5月16日.

Yokose H., Sato H., Fujimoto Y., Mirabueno M.H., Kobayashi T., Akimoto K., Yoshimura H., Morii Y., and Yamawaki N. (2009) Regularly spaced submarine rhyolitic-calderas on the Tokara volcanic ridge, northern

Ryukyu arc, Japan. EGU 2009 Meeting (Austria, the Austria Center Vienna), 24 April.

横瀬久芳, 佐藤創, 藤本悠太, M.M. Hannah, 島津崇, 秋元和実, 石井輝秋, 本座栄一 (2008) トカラ列島の海底カルデラ群 2: KT00-15, KT07-2, KT07-21, NAG 252 航海で採取された新鮮な酸性火山岩類. 地球惑星連合大会 (千葉, 幕張メッセ), 5月26日

横瀬久芳, 佐藤創, 小林哲夫 (2008) トカラ列島の海底カルデラ群 1: 溶岩類の地球化学的特徴. 地球惑星連合大会 (千葉, 幕張メッセ), 5月26日.

横瀬久芳, 佐藤創, 西山麻砂美 (2008) 標準堆積物試料 (JMS-1, JMS-2, JS0-1) 中の希土類元素組成の精密定量. 地球惑星連合大会 (千葉, 幕張メッセ), 5月28日.

Sato, H., Yokose, H., (2007) Geochemical characteristics of the volcanic rocks from the Tokara Islands, Ryukyu volcanic arc, Japan. AGU 2007 Fall Meeting (San Francisco, Moscone center south), 13 Dec.

[その他]

ホームページ

(<http://yrg.sci.kumamoto-u.ac.jp/index.html>)

アウトリーチ活動

熊本ロータリークラブ講演会 (2010年5月)

真和中学校学年行事講演会 (2009年7月)

ひらめきときめきサイエンス (2008年7月)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横瀬久芳 (Yokose Hisayoshi)

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号: 50230644

(2) 研究分担者

小林哲夫 (Kobayashi Tetsuo)

鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 70112430

長岡信治 (Nagaoka Shinji)

長崎大学・教育学部・教授
研究者番号: 80244028