

# 琉球弧の火山活動

下司 信夫<sup>1)</sup>・石塚 治<sup>1)</sup>

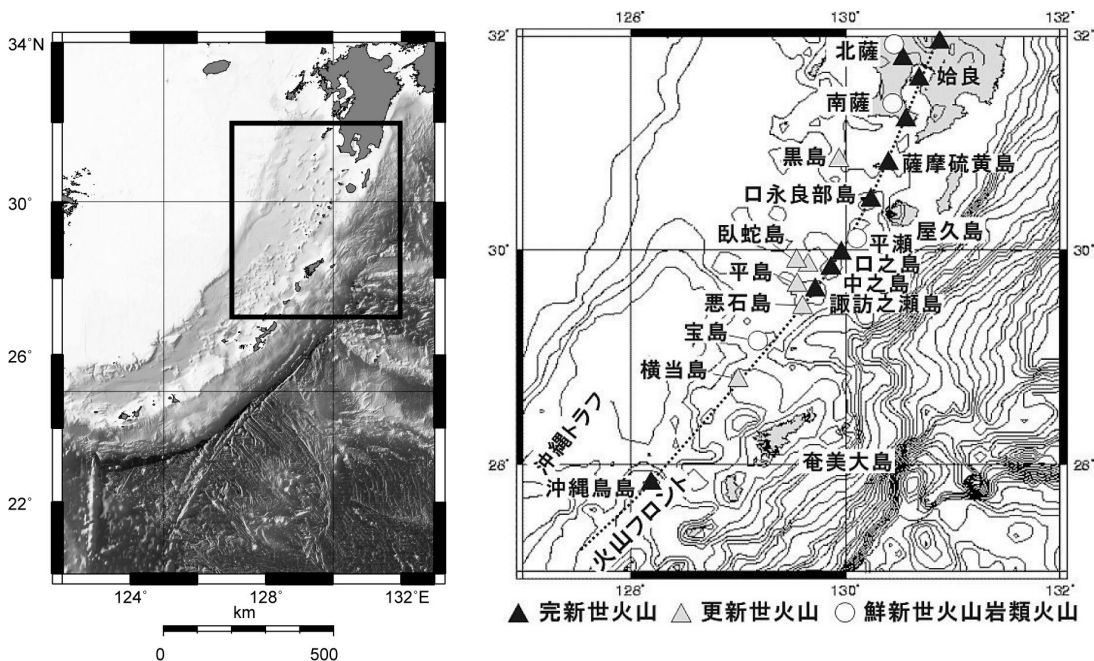
## 1. はじめに

琉球弧で現在進行しつつあるマグマ活動は、北琉球地域に見られるような沈み込みに伴う明瞭な火山フロントを伴う火山活動と、沖縄トラフに見られるような背弧リフトの活動に伴う火山活動に大別できる。北琉球ではこれら二つの火成活動は分離しており、トカラ列島に沿って火山フロントの火山活動が見られ、その西方に沖縄トラフが活動している。一方、中琉球から南琉球にかけては沖縄トラフと火山フロントが収斂し、リフト内部で火成活動が見られる。ここでは、特にこれまで調査が進められてこなかった北琉球地

域の火成活動についてその問題点と今後の課題を検討する。

## 2. 北琉球弧に見られる第四紀の火山活動

九州島以南の琉球弧の火山活動はその大部分が海域に分布しており、北琉球の鹿児島県薩南群島地域にのみ海面上にまで発達した第四紀火山体が分布する。薩摩硫黄島からトカラ列島には、北から薩摩硫黄島、口永良部島、口之島、中之島、諏訪之瀬島、沖縄島島の活火山が分布し、南九州から続く琉球弧の火山フロントを構成している(第1図)。これらの火



第1図 北琉球弧の陸上における鮮新世-完新世火山岩類の分布の概要。黒三角印は完新世に活動した火山(活火山)の位置を示す。

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 琉球弧, 火山活動, 沖縄トラフ, トカラ列島, 火山フロント

山島のうち、薩摩硫黄島<sup>きかい</sup>は鬼界カルデラの後カルデラ火山であり、玄武岩と流紋岩マグマの活動が知られている。鬼界カルデラでは約7,300年前には巨大噴火が発生し、鬼界アカホヤテフラを噴出したことで知られている。鬼界カルデラ以北には阿多<sup>あた</sup>、始良<sup>あいら</sup>といった大型のカルデラが火山フロントに並んでいるのに対し口永良部島以南の各火山はいずれも主に玄武岩質安山岩～安山岩を噴出する成層火山や溶岩ドームからなる。これらの火山島はいずれも過去1万年に噴火活動を繰り返した活火山であり、その陸上部に露出するそれぞれの火山島で最も古いと考えられる噴出物はいずれも50万年前より若い(松本ほか, 2006)。これらの火山島は水深500～600mの平坦面の上に成長しており、海面下の山体の形成年代は不明であるが、おそらく第四紀に一連の火山活動によって形成されたと考えられる。諏訪之瀬島の南にある悪石島<sup>あくせきしま</sup>、横当島<sup>よこあてじま</sup>の活動年代は明らかではないが、いずれも比較的新鮮な火山地形を保存していることから中期更新世以降の火山である可能性が高く、また活火山列上に存在していることから他の活火山と同様に一連の火山フロントの火成活動によって形成された火山であると考えられる。これらの火山噴出物はいずれも全岩 $K_2O$ に乏しい火山フロントに特徴的な組成を示す。横当島以南では活火山である沖縄島以外に海面上に露出する火山島は存在しないが、火山フロント上に火山体と考えられる地形的な高まりが配列している。

一方、トカラ列島には火山フロントの背弧側約30kmに平島<sup>たいらじま</sup>、臥蛇島<sup>がじゃじま</sup>、小臥蛇島<sup>こがじゃじま</sup>といった火山島が分布している。これらの島を構成する火山岩類は鮮新世のものと考えられてきたが(たとえば大四ほか, 1987)、近年の年代測定の結果いずれも更新世後半の火山岩類からなり、東側の火山フロントを構成する火山と同時期に活動していることが明らかになった(松本ほか, 2006)。平島、臥蛇島、小臥蛇島はいずれも安山岩～デイサイト質の噴出物から構成され、火山フロント上の各火山の噴出物に比べて全岩 $K_2O$ 量がやや高いなど、背弧側の火山の特徴を示す(中野・下司, 2005)。薩摩半島の南の海上にある黒島<sup>くろしま</sup>は1Ma前後に活動した前期更新世火山と考えられている(川辺ほか, 2004)。北琉球地域に見られる火山フロントと背弧側の火山活動は、南に行くにつれて沖縄トラフに収斂する。琉球弧の北端の北緯31度付近では、

沖縄トラフの東縁は宇治群島<sup>うじ</sup>・草薙群島<sup>くさなぎ</sup>以西にあり、火山フロントとの間隔は100km以上あるが、北緯28度付近では火山フロント上の火山である沖縄島と沖縄トラフの東縁がほぼ一致している。

### 3. 鮮新世およびそれ以前の火成活動

北琉球弧における鮮新世以前の火山活動の証拠は断片的である。口之島北方にはトカラ平瀬<sup>ひらせ</sup>と呼ばれる岩礁は現在の火山フロント近傍に位置することから第四紀の火山と考えられてきたが、最近の調査により鮮新世のFT年代が得られている。平島の捕獲岩からは $4.79 \pm 0.96$ MaのFT年代が得られている(大四ほか, 1987)。また宝島の宝島層群の最下部からは $5.05 \pm 0.38$ MaのFT年代が報告されているが、著しい熱水変質による年代の若返りの可能性がある(大四ほか, 1987)。中琉球地域では、久米島の宇江城層<sup>うまぐすく</sup>から4.6および5.5Maの鮮新世のK-Ar年代が得られている(中川・村上, 1975)。また粟国島の安山岩質溶岩<sup>あくにしま</sup>からは後期中新世のFT年代が報告されている(大四ほか, 1987)。一方、北方の九州島南端部の薩摩半島には広く中新世～前期更新世の火山岩類が分布し、南薩火山岩類と総称される(たとえば川辺・阪口, 2005)。南薩火山岩類はいずれも比較的アルカリに乏しい全岩組成を示す(小林・山本, 1992)。南薩火山岩類にともなう熱水変質帯には多くの金銀鉱床が胚胎することが知られている(通商産業省資源エネルギー庁, 1985)。一方、北琉球海域における鮮新世の火山岩類の実態は未解決である。北琉球海域には島弧の伸びの方向にほぼ平行な北北東-南南東方向に配列する地形的な高まり(たとえば平島西方の権曾根<sup>ごんそね</sup>や平島曾根など)が多数認められる。これらを構成する地質やその構造、年代などの詳細は不明であるが、地形的な関連からトカラ平瀬や宝島に見られるような中新世から鮮新世の火山噴出物が分布している可能性が高い。これらの海域に分布する火山岩類の年代分布や岩石学的特徴は沖縄トラフの活動と琉球弧の島弧火成活動との関連や島弧の形成過程を復元する上で不可欠な情報を提供するだろう。

より古い時代の火成活動として、四万十帯に貫入する中期珪長質貫入岩体の存在が北琉球諸島には広く知られている。陸上に露出する最大のものは屋久島花崗岩体で、13～14MaのK-Ar年代が得られてい

る (Shibata and Nozawa, 1968). そのほか、奄美大島には 49～56 Ma の花崗岩類が、沖永良部島には 33 Ma の花崗閃緑岩が知られている (Shibata and Nozawa, 1966; 大四ほか, 1987).

#### 4. 沖縄トラフの火山活動

沖縄トラフは琉球弧の北西側に位置し、琉球弧に沿って九州西方から台湾の東方まで延びる海盆である。海盆底の水深は、北部で浅く、九州西方で約 700 m であるのに対し、南西に行くに従い深くなり、石垣島北方で約 2,400 m となる。琉球弧の大構造にしたがって、沖縄トラフも 3 つの地域、すなわち北緯 29 度付近以北の北部沖縄トラフ、北緯 29～26 度付近までの中部沖縄トラフ、北緯 26 度以南の南部沖縄トラフに分けられる。

沖縄トラフの成因に関しては、主に反射法地震探査等の構造探査や地形調査により、正断層系に画された、伸張場で形成された構造的な盆地であることが明らかにされた (例えば、Letouzey and Kimura, 1986; Sibuet *et al.*, 1987). このためフィリピン海プレートの沈み込みに伴う、琉球弧背後のリフティングにより形成されたリフト盆地と考えられている。地殻の厚さは、北部で約 30 km なのに対し、南部で約 18 km まで減じ、リフティングが南部ほど進行していることが推察される。

沖縄トラフのリフティングの開始時期には諸説あるが、Shinjo *et al.* (1999) では、約 10 Ma に開始したとしている。その後一旦リフティングが停止し、現在の活動が開始したのは 2 Ma 以降であろうとしている。

沖縄トラフの火成活動に関する調査は、これまで中部および南部について詳細に行われてきた。沖縄トラフの火山岩は組成上大きく 2 つのグループに分けられる (バイモダル)。すなわち玄武岩質マグマと流紋岩質マグマの活動が主体で、安山岩は少量である (Shinjo and Kato, 2000)。

玄武岩類については、いわゆる背弧海盆玄武岩、すなわち中央海嶺玄武岩に島弧火山マグマに見られる特徴 (Pb, Sr 等の元素 (LIL 元素) に富み、Zr, Nb 等の元素 (HFS 元素) がオーバープリントしたような化学的特徴を持つ玄武岩類が噴出している。しかしながら他の西太平洋地域の背弧海盆玄武岩に比べてより肥沃な (例えば液相濃集元素に富む) 性質を持つマ

ントルが寄与していることが示唆されている (Shinjo *et al.*, 1999)。このため沖縄トラフ下では、リフティングによる地殻の伸張だけでなく、性質の異なるマントル (アセノスフェリックマントル) の上昇流入が起きているという説が提唱されている (Shinjo *et al.*, 1999)。

中部沖縄トラフでは、玄武岩質マグマと流紋岩質マグマは同様の起源物質から生成されたとしてその化学的特徴を説明できる (Shinjo, 1999)。また安山岩類は玄武岩質マグマと流紋岩質マグマの混合により形成されたと考えられる。一方南部沖縄トラフでは、東部と西部で流紋岩質マグマの起源に違いがみられ、東部については、中部沖縄トラフに似るが、西部では地殻物質の混染の影響を強く受けていると考えられている。リフティングの発達段階の違い等の影響によりマグマ組成に変化が生じているのではないかと考えられている (Shinjo *et al.*, 1999)。

#### 5. 北部沖縄トラフにおける火成活動研究の課題

沖縄トラフの中部および南部については、火成活動の特徴が明らかになってきている。これに対して北緯 29 度以北の北部沖縄トラフについては、いまだ詳細な調査が行われていない (第 2 図)。1970 年代の白嶺丸による音波探査では、リフト中に火山体と見られる構造がいくつか認められている。これらの火山体について、詳細な地形調査および構造探査を実施するとともに、ドレッジ等により火山岩を系統的に採取することにより、北部沖縄トラフにおける火成活動の特徴、活動史、さらにはその構造発達過程との成因的関係等を解明できると考える。琉球弧の沈み込みに伴うトカラ列島の火成活動と、背弧側のリフトの発達にともなう火成活動との時間・空間関係および岩石学的な関係を明らかにしてゆくことは、島弧-リフト系の発達過程の理解を進める上で重要であろう。

特に興味深いテーマとして、以下の 3 点が挙げられる。

- 1) リフティングの過程でアセノスフェア、大陸地殻下のリソスフェア、地殻さらには沖縄トラフ下に沈み込むフィリピン海プレート由来の物質の寄与がリフティングの進行とともに時間的・空間的にどのように変化したのか。
- 2) リフティングの進行に伴い、火山活動の分布および様式がどのように変化したのか。



3) 大陸地殻内での背弧リフティングと海洋性島弧におけるリフティングで、その火成活動の時間変化や化学的特徴に違いがあるか、またあるならばそれを生じている原因はなにか。

海洋性島弧においては、ラウ海盆や伊豆小笠原弧のスミスリフト等でリフティングや背弧拡大に伴う火成活動の変化やマグマの化学的特徴の変化についての研究が行われている(例えばHawkins, 1995; Ishizuka *et al.*, 2002, 2003)。また大陸地殻内の背弧リフトについてもニュージーランド等での研究の例がある。これらの報告と沖縄トラフで得られる知見をあわせることにより、このテーマに迫ることが期待される。これらは、沖縄トラフを含む琉球弧島弧-背弧系の総合的な理解につながるだけでなく、世界の他の地域の島弧-背弧系で起きているプロセスを理解する上でも重要な知見をもたらすと考える。

引用文献

- Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T. and Tsuruta, T. (2003) : Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. *Geol. Soc. Japan*, 109 665-668.
- Hawkins, J. W. (1995) : Evolution of the Lau Basin: Insights from ODP Leg. 135. Active Margins and Marginal Basins. B. Taylor and J. Natland. AGU. Monograph, 88, 125-174.
- Ishizuka, O., Uto, K., Yuasa, M. and Hochstaedter, A.G. (2002) : Volcanism in the earliest stage of back-arc rifting in the Izu-Bonin arc revealed by laser-heating  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating. *J. Volcanol. Geothermal Res.*, 120, 71-85.
- Ishizuka, O., Taylor, R.N., Milton, J.A. and Nesbitt, R.W. (2003) : Fluid-mantle interaction in an intra-oceanic arc: constraints from high-precision Pb isotopes. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 211, 221-236.
- 川辺禎久・阪口圭一・斎藤 眞・駒澤正夫・山崎俊嗣 (2004) : 20万分の1地質図幅「開聞岳及び黒島の一部」産業技術総合研究所。
- 川辺禎久・阪口圭一 (2005) : 開聞岳地域の地質。地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 82P.
- 小林哲夫・山本温彦 (1992) : 日本の地質「九州地方」編集委員会編, 日本の地質, 9, 九州地方, 197-198.
- Letouzey, J. and Kimura, M. (1986) : The Okinawa Trough: genesis of a back-arc basin developing along a continental margin. *Tectonophysics*, 125, 209-230.
- 松本哲一・太田 靖・中野 俊・下司信夫・小林哲夫 (2006) : トカラ列島火山噴出物のK-Ar及び $^{14}\text{C}$ 年代。日本火山学会秋季大会講演予稿集2006年度秋季大会, 217.
- 中川久夫・村上道雄 (1975) : 沖縄群島久米島の地質。東北大学地質古生物研究邦報, 75, 1-16.
- 中野 俊・下司信夫 (2005) : 鹿児島県トカラ列島北部の時代未詳火山(臥蛇島, 小臥蛇島, 平瀬)。日本火山学会講演予稿集2005年度秋季大会, 27.
- 大四雅弘・林 正雄・加藤祐三 (1987) : 琉球列島産新生代火山岩類の放射年代。岩石鉱物鉱床学会誌, 82, 370-381.
- Shibata, K. and Nozawa, T. (1966) : K-Ar ages of granites from Amami-Oshima, Ryukyu Islands, Japan. *Bull. Geol. Survey Japan*, 17, 430-435.
- Shibata, K. and Nozawa, T. (1968) : K-Ar ages of Yaku-jima granite, Kyushu, Japan. *Bull. Geol. Survey Japan*, 19, 237-241.
- Sibuet, J.-C., Letouzey, J., Barbier, F., Charvet, J., Foucher, J.-P., Hilde, T. W. C., Kimura, M., Ling-Yun, C., Marsset, B., Muller, C. and Stéphan, J.-F. (1987) : Back arc extension in the Okinawa Trough. *J. Geophys. Res.*, 92, 14041-14063.
- Shinjo, R. (1999) : Geochemistry of high Mg andesites and the tectonic evolution of the Okinawa Trough-Ryukyu arc system. *Chem. Geol.*, 157, 69-88.
- Shinjo, R., Chung, S.-L., Kato, Y. and Kimura, M. (1999) : Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of volcanic rocks from the Okinawa Trough and Ryukyu Arc: Implications for the evolution of a young, intracontinental back arc basin. *J. Geophys. Res.*, 104, 10591-10608.
- Shinjo, R. and Kato, Y. (2000) : Geochemical constraints on the origin of bimodal magmatism at the Okinawa Trough, an incipient back-arc basin. *Lithos*, 54, 117-137.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1985) : 昭和59年度広域調査報告書「南薩地域」, 5p.

GESHI Nobuo and ISHIZUKA Osamu (2007) : Volcanic activity in the Ryukyu-arc.

<受付: 2007年2月10日>