

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月8日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21340144

研究課題名（和文）カルデラ形成噴火の発生時期と海水準変動に伴う地殻内応力の変化との関係

研究課題名（英文）Relation with caldera-forming eruption and crustal stress field accompanied by sea level change

研究代表者

長橋 良隆（NAGAHASHI YOSHITAKA）

福島大学・共生システム理工学類・准教授

研究者番号：10292450

研究成果の概要（和文）： この研究では、主に九州の鮮新世から中期更新世の大規模火砕流堆積物、南海トラフの海底堆積物コアに挟まる後期中新世から中期更新世のテフラ層について、火山ガラス、斜方輝石やホルンブレンドの主元素組成などの岩石学的特徴を系統的に明らかにした。これらの層序や年代学的研究により、過去約800万年間にわたって九州のカルデラ形成噴火や伊豆-マリアナ弧の珪長質爆発的噴火についての発生頻度を検討できる。

研究成果の概要（英文）： In this study, we systematically revealed petrological characteristic such as major elements composition of volcanic glass shard, pyroxene and hornblende which included in Plio-Pleistocene large-scale pyroclastic flow deposits in the Kyushu Island and Miocene to Pleistocene tephra beds in sediment cores drilled at the Nankai Trough. Based on stratigraphical and chronological study, it is possible to evaluate frequency of caldera-forming eruptions in the Kyushu Island and silicic marine explosive eruptions at Izu-Bonin Arc.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	12,900,000	3,870,000	16,770,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究分野：第四紀地質学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：テフラ，カルデラ形成噴火，層序学，テクトニクス，海水準変動

1. 研究開始当初の背景

我々は、近畿地方における過去43万年間のテフラ層序の構築（長橋ほか，2004，第四紀研究）や本州中央部に分布する鮮新-下部更新統のテフラ層序の構築（Nagahashi and Satoguchi, 2007，第四紀研究；里口ほか，1999，地球科学）などのテフラ層序と編年に関する研究を進めている。これらの研究を行うにあたり、テフラ層の岩石学的特性を明ら

かにすることはテフラ層序とともに欠かせない記載事項である。これまで主に行われてきた岩石学的特性記載（構成粒子の鉱物組成・火山ガラスの形状と屈折率）に加えて火山ガラスの化学組成分析を系統的に行っている（長橋ほか，2004；2007，第四紀研究）。さらに、まだ論文としての公表には至っていないが、大阪層群に挟まるテフラ層の火山ガラス化学組成（長橋ほか，2004，第四紀学会講演要旨）や上総層群に挟まるテフラ層の火

山ガラス化学組成（長橋ほか，2004，地質学会講演要旨）についての分析データもすでに揃っている。

以上述べた研究成果による近畿地方のテフラ層の層序・岩石学的特性と広域テフラ層の編年から，過去 120 万年間に九州のカルデラ形成に関与した広域テフラ層が 26 層あること，東北のカルデラ形成に関与した広域テフラ層が 5 層あることが判明している。しかもこれらの広域テフラ層は相対的な低海水準期に多く挟まる。しかし，これまでの研究では主に陸水成の地層やボーリングコアを対象としていたため，低海水準期における広域テフラ層の編年精度は低い。したがって，海水準変動との関係を明確にするには，海底堆積物コアに挟まるテフラ層を調べる必要がある。第四紀にわたってカルデラ形成噴火の層準と海水準変動曲線との対応を精確に明らかにすることにより，広域テフラ層の時間指標層としての活用だけでなく，カルデラ形成噴火の規則性の検討および将来予測に資することが可能となる。

2. 研究の目的

この研究では，第四紀カルデラ形成噴火の層準を海水準変動曲線に精確に位置づけることにより，カルデラ形成噴火の発生とハイドロアイソスタシーに伴う地殻内応力の変化との関係を明らかにすることを目的とする。カルデラ形成噴火の層準については，海底堆積物コアに挟まる広域テフラ層を対象として，その岩石学的特徴から給源火砕流堆積物と対比することにより行う。次に，既往研究による海底堆積物コアの年代モデルに基づき，広域テフラ層の層準を海水準変動曲線（酸素同位体比曲線）に位置づける。ここで，既存の年代モデルにのみ依拠するのではなく，九州に分布する第四紀大規模火砕流堆積物の年代学的研究をも実施することにより，広域テフラ層の層序学的編年に対する制約を与える。海底堆積物コアはすでに掘削されたものを利用するが，コアの掘削深度による年代的制約のため，約 60 万年前から現在までが主な検討対象となる。ただし，大阪湾沿岸で掘削された堆積物コアの情報も利用することにより，カルデラ形成噴火の発生と海水準変動との対応は第四紀を通じて検討することができる。

3. 研究の方法

本研究では九州の火砕流堆積物や海底堆積物コアに挟まるテフラ層の岩石学的特性記載を行う。テフラ層の岩石学的検討からは，給源火山もしくは給源火山地域を推定することが可能であり，また堆積物コアの年代モ

デルの再構築を加えて，第四紀の爆発的火山噴火史を構築することができる。また，堆積物コアの年代モデルの再構築に必要な給源火砕流堆積物の年代測定は，ジルコンを用いたフィッシュトラック年代測定や長石・ホルンブレンド・黒雲母を用いた K-Ar 年代測定を実施するため，既存の年代測定値が限られている中期更新世の火砕流堆積物の年代を新たに提示することができる。

本研究で明らかになる基礎的分析成果は，テフラ層や火砕流堆積物の岩石学的特徴（構成粒子の鉱物組成，火山ガラスの形状，火山ガラスの主元素組成）と給源火砕流堆積物の年代測定値である。岩石学的検討は通常行われる解析手法であるが，とくに海底堆積物コアのテフラ層についてはこれらの基礎的分析結果を系統的かつ数多く収集することが重要である。申請者はエネルギー分散型 EPMA (EDS) を用いた火山ガラスの化学組成分析を行い，その成果を公表してきた（長橋ほか，2004；2007，第四紀研究）。EDS を用いた火山ガラスの化学組成については，分析装置や研究機関により分析値に差異があることが問題とされていた。申請者は化学組成の異なる火山ガラスを 6 種類準備し，それを蛍光 X 線分析装置と EDS の両方で分析し，蛍光 X 線分析の分析値を真の値とみなして，EDS による分析値を補正する方法を提案している（長橋ほか，2003，第四紀研究）。この方法を適用すれば，分析装置・分析条件が異なる場合でも，EDS 分析結果を直接比較しうる値に補正できることを確認している。しかも，この補正した分析結果は，これまで測定された多くの分析値のうち，信頼がおける分析値を集めたとされるもの（町田・新井，2003）とも一致している。したがって本研究による EDS 分析結果は，他と比較する際の標準となる分析結果を提供することに特色がある。

4. 研究成果

(1) EDS 分析システムの更新と調整

本研究経費で更新した EDS システムは，当初の計画通り SEM ステージを自動制御のうえ，EDS 分析を自動で行うことが可能になった。ただし，取り付ける SEM 本体が古いため，インターフェースを特注することになった。ステージ移動の機械精度に限界があり，10 μ m 程度の誤差があるが，細粒砂程度の火山ガラスや鉱物については問題なく自動分析が行える。また，化学分析結果についても，標準としている鉱物や火山ガラスを多数分析し，従来以上に精度良くまた短時間で分析できることを確認した。よって，九州の火砕流堆積物および海底堆積物コア中のテフラ層についての岩石学的分析を効率的に進めることができるようになった。

(2)九州の鮮新世から中期更新世火砕流堆積物の岩石学的特徴

大分県・宮崎県・鹿児島県の鮮新世~中期更新世の火砕流堆積物について、合計 85 試料を採取した。これらの試料は非溶結試料と溶結試料があり、非溶結試料は軽石と火山灰に分けて分析の前処理を行った。非溶結の火砕流堆積物試料については、SEM-EDS による火山ガラスの主元素組成を明らかにした。その結果、これらの火砕流堆積物は、中カリウム系列と高カリウム系列に属する(図 1)。また、火砕流堆積物の年代測定は、鹿児島県の鮮新世~中期更新世の火砕流堆積物 4 試料に対して、フィッシュン・トラック年代測定を行った。さらに、これと同一の 1 試料と宮崎県の中期更新世火砕流堆積物の 1 試料の合計 2 試料について、K-Ar 年代測定を行った。

以上述べた火砕流堆積物は遠方に拡散した広域テフラ層を形成したと考えられており、大阪地域や房総半島などの鮮新・更新統や海底堆積物コア中において広域テフラ層を同定するための参照標準(岩石学的特性および年代)として重要である。

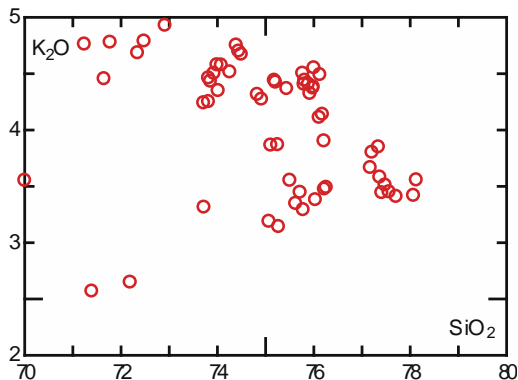


図 1 九州における鮮新世から中期更新世火砕流堆積物の火山ガラス主元素組成

(3)日本海・東北地方太平洋沖の海底堆積物コアに挟まるテフラ層の岩石学的特徴

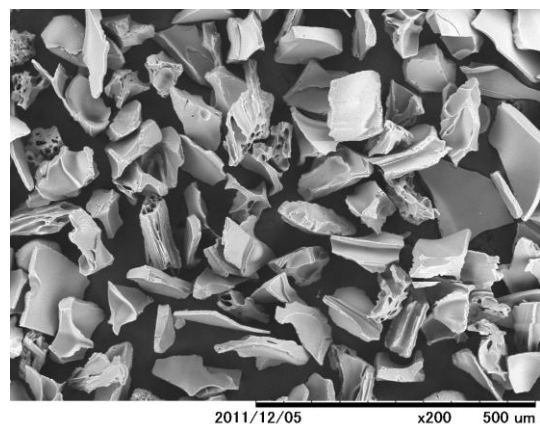
日本海の海底堆積物コアに挟まるテフラ層については、鳥取沖の過去 64 万年間のコア(MD01-2407: Chun et al., 2004; Kido et al., 2007)に挟まる 22 層のテフラ層について SEM-EDS 分析を行った。テフラ試料は、韓国の研究協力者から提供していただいた。既に公表されている AT や Aso-4 などの広域テフラ層の同定を再確認するとともに、陸域の広域テフラ層との対比が未だなされていない試料についても分析結果を得た。その他にも、連携研究者の池原氏(産総研)からは、日本海の海底堆積物コア試料の後期更新世から完新世のテフラ試料の提供を受けた。そのうちの 37 試料について SEM-EDS 分析を行い、8 カ所のコア試料間におけるテフラ対比を構築した。

以上の分析結果を含む研究は検討途上で

あるが、日本海海底堆積物コアにおける過去 64 万年間の広域テフラ層の層序と陸域の広域テフラ層との対比について新たな知見が得られる見通しを得た。また、日本海の後期更新世から完新世のテフラ層序とその編年学的研究を進めることにより、カルデラ形成噴火だけでなく、プリニー式噴火によるテフラ層と海水準変動との関係を詳しく検討できる。

(4)南海トラフ・リファレンスサイトのテフラ層の層序と岩石学的特徴

2010 年 12 月 13 日~2011 年 1 月 10 日に、IODP ちきゅう Exp. 333 研究航海に乗船研究者として参加した。この研究航海では紀伊半島沖南海トラフの 3 サイトでコア試料を採取した。このうち Sites C0011 と C0012 は、南海トラフ掘削計画において、沈み込む前の物質の年代・物性・組成を知るリファレンス(インプットサイト)として位置づけられている。また、Site C0018 は深海斜面において海底地すべり堆積物の採取を目的として実施した。3 サイトから採取した合計 356 個のテフラ試料(C0018: 88 試料, C0011: 188 試料, C0012: 80 試料)について、卓上走査電子顕微鏡による火山ガラスの形態撮影(図 2)、SEM-EDS による火山ガラスと斜方輝石・角閃石の主元素組成分析を行った。これらテフラ層のデータの整理を行い、標準層序となる C0011 サイトのテフラ層と陸域の広域テフラ層との対比について検討した。その結果、船上で対比したアズキ火山灰層・ピンク火山灰層と太田火山灰層以外に、20 層のテフラ層が大阪層群・古琵琶湖層群・東海層群・上総層群のテフラ層と対比されることが分かった。また、爆発的噴火史の観点では、火山ガラスの主元素組成において高シリカ・低カリウム組成のテフラ層が比較的多く挟まることが明らかになった(図 3)。これは、陸域のテフラ層ではあまり知られていない特徴であり、おそらく伊豆-マリアナ弧起源のテフラ層と考えられる。C0011 コア試料は過去約 800 万年間のテフラ

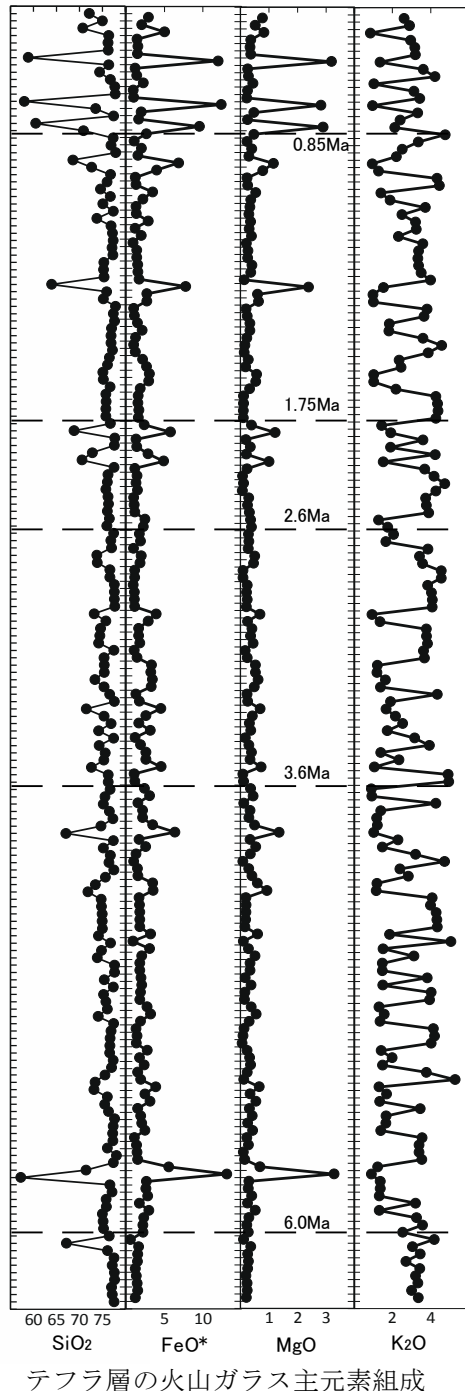


C0011D-8H-3, 82.0cm

図 2 火山ガラスの 2 次電子線像

層を保存しており、今後、他のテフラ層と合わせて、その年代と頻度を明らかにすることにより、西南日本のカルデラ火山や伊豆-マリアナ弧の火山の爆発的噴火史を検討することができる。

図3 南海トラフ・C0011 コアに挟まる



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3件)

- ① 片岡香子・長橋良隆 (2012.3) 鮮新・更新統第二瀬戸内累層群中の遠方テフラ層の層相・層厚変化からみた火山碎屑物供給源と沖積堆積場との関係. 地質学雑誌, 118(3), 139-156. (査読有り)
- ② 長橋良隆・野尻湖火山灰グループ (2009.9) 「技術ノート」スコリア片の発泡形態と火山ガラス部の化学組成によるスコリア層の識別. 地球科学, 63, 327-331. (査読有り)
- ③ 公文富士夫・山本正伸・長橋良隆・青池寛 (2009.7) 最終間氷期の環境変動-日本列島陸域と周辺海域の比較と統合-. 地質学雑誌, 115(7), 301-310. (査読有り)

〔学会発表〕(計7件)

- ① 長橋良隆・山内ひかり・渡邊明 (2011.8/26) 福島大学の雨水採水器のフィルターに付着した風成塵の同定と付着量の経年変化. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 41, 6-7, 日本第四紀学会, 徳島.
- ② 池原研 (2011.5) 火山灰を用いた最終氷期最盛期-融氷期の海洋レザバー復元. 日本地球惑星科学連合大会予稿集, APE031-02, 千葉.
- ③ 片岡香子・長橋良隆 (2010.9/18) 第二瀬戸内累層群中の広域テフラ層の層相・層序対比から見た火山碎屑物供給源と沖積堆積場との関係. 日本地質学会代117年学術大会講演要旨, 165, 富山.
- ④ Nagahashi Y. and Yoshikawa S. (2010.5/10) Does a caldera forming eruption occur at equal intervals? International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity, ABSTRACTS, 65, 鹿児島.
- ⑤ Kataoka K. and Nagahashi Y. (2010.5/10) What can distal reworked tephra tell us?: A linkage with proximal large-volume ignimbrite eruptions. International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity, ABSTRACTS, 38, 鹿児島.
- ⑥ 公文富士夫・河合小百合・井内美郎・長橋良隆 (2009.9/4) 更新世後期の日本列島における古気候解析の統合. 日本地質学会第116年学術大会講演要旨, 180, 岡山.
- ⑦ 長橋良隆・小林聡子・吉川清志・奥平敬元・吉川周作・吉田武義 (2009.8) 火山ガラスの化学組成によるテフラ層の給源火山・地域の識別-大阪層群と琵琶湖

高島沖コア試料の例-. 日本第四紀学会
講演要旨集, 39, 36-37, 滋賀.

[その他]

ホームページ等

<http://www.j-tephra.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長橋 良隆 (NAGAHASHI YOSHITAKA)

福島大学・共生システム理工学類・准教授
研究者番号：10292450

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

池原 研 (IKEHARA KEN)

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：40356423