

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01166

研究課題名(和文)大規模カルデラの第四紀地殻変動と火山活動の解明

研究課題名(英文)Studies on Quaternary crustal movements and volcanic activities of gigantic calderas

研究代表者

森脇 広 (Moriwaki, Hiroshi)

鹿児島大学・法文教育学域法文学系・名誉教授

研究者番号：70200459

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：大規模カルデラで構成される南九州の鹿児島湾沿岸地域は、変動基準となる旧海水準の痕跡が分布し、カルデラの変動と火山活動を検討する上で好適な地域となっている。これまで湾奥を構成する始良カルデラ縁辺の完新世隆起三角州から始良カルデラを中心にドーム状隆起が生じていることが示唆されてきた。この研究では、始良カルデラの南方の鹿児島湾中・南部の沿岸低地でボーリングを行い、地形と堆積物の解析、テフラ分析と¹⁴C年代測定を基に、始良カルデラの完新世の隆起の背景を検討した。その結果、鹿児島湾中・南部では、完新世の顕著な隆起は認められず、始良カルデラの完新世の隆起は南九州の火山域では特異なことが確認された。

研究成果の概要(英文)：Kagoshima Bay of southern Kyushu in south Japan consists of gigantic calderas. Remnants of past sea levels indicating datum plane of crustal movements occur on the coastal plains around the Bay, providing most suitable data for examining crustal movements of those calderas and volcanic activities. Upwarping in the Holocene has been hitherto suggested in Aira caldera forming the head of the Bay. In this study, we examined the background of the Holocene uplift of Aira caldera on the basis of the chronology of landforms, deposits of the coastal plains on the central and southern parts of Kagoshima Bay, using bore hole drilling, tephra analyses and C-14 measurements. As a result, conspicuous uplift like Aira caldera is not recognized in these areas. The upwarping of Aira caldera in the Holocene is unique in southern Kyushu, suggesting to be closely related to volcanic activities of Aira caldera.

研究分野：自然地理学，地形学，火山灰編年学

キーワード：始良カルデラ 阿多カルデラ 臨海平野 地殻変動 テフラ 完新世 鹿児島湾 南九州

1. 研究開始当初の背景

南九州の鹿児島湾は火山構造的陥没地からなり、始良カルデラ、阿多カルデラなどの巨大カルデラによって構成され、これらのカルデラから噴出した噴出物が広く認められる。一方、鹿児島湾沿岸域には海岸平野や海岸地形、海成堆積物などの旧海水準の痕跡が広く分布する。したがって第四紀、特に完新世の旧海水準諸指標の認定によってカルデラの地殻変動を明らかにし、カルデラの火山活動との関係を検討するのに好都合な地域となっている(森脇ほか, 2002; Moriwaki, et al., 2013)。巨大カルデラの第四紀地殻変動を得るための変動基準—旧海水準—の得られる巨大カルデラは日本列島ではこの地域だけで、世界的にも少ない。しかも、この地域にはカルデラのみならず周辺の諸火山から噴出した火山噴出物が累積し、変動基準となる海岸地形・堆積物を精度よく編年することが可能である(Moriwaki and Lowe, 2010)。これに¹⁴C年代資料を加えることによって、カルデラの変動史を知ることができる。さらに火山噴出物の編年による火山活動史を明らかにし、カルデラの地殻変動史の編年の関係を捉えることによって、火山活動と変動の関係を直接捉えることができる。以上のことは巨大カルデラの第四紀の地殻変動と火山活動の関係を検討する上で、鹿児島湾沿岸は一つのモデルを提供することを示す。

これまで、始良カルデラ縁辺には完新世海成段丘が特徴的に分布し、その地形や構成物質、テフラ編年、¹⁴C年代の調査から、完新世において始良カルデラを中心として最大10m以上のドーム状の隆起が生じていることが明らかにされている(森脇・永迫, 2017; Moriwaki, et al., 2013)。さらに、歴史時代以降の桜島の火山活動とこれに伴う地盤変動の関係(加茂・石原, 1980)から、このような始良カルデラの完新世の隆起が始良カルデラの火山活動と関わっていることが示唆されてきた(Moriwaki, et al., 2015 など)。

こうした隆起の性質や、隆起と火山活動との関係の確度をより高めるための一つの方法は、より広域的視点から捉えることである。すなわち始良カルデラから離れた鹿児島湾中・南部沿岸域やさらに周辺の薩摩半島東シナ海沿岸、大隅半島太平洋沿岸など、変動基準面である平野や海岸堆積物が分布する地域において調査することである。鹿児島湾南部には、始良カルデラと同様に巨大火砕流噴火を生じた阿多カルデラがあり、巨大カルデラの地殻変動と火山活動との関係を比較することができ、これにより、噴火史の違いに伴う変動との関係の研究をより深化させることができる。

2. 研究の目的

本研究では、始良カルデラ縁辺諸平野での地殻変動の精度を高めるための資料蓄積調査とともに、より広域の鹿児島湾中・南部沿岸

域、さらに薩摩半島の東シナ海沿岸、大隅半島の太平洋沿岸域の平野において、完新世の旧海水準高度の認定とその年代の調査を行う。これによって、始良カルデラの完新世の隆起と火山活動の関係の解明を進展させる。テフラ同定にもっとも有効な火山ガラスの化学組成を整備し、これまで得られている大規模テフラに加えて、中規模以下のテフラ同定指標のカタログづくりを進める。特に今回は桜島テフラ群のテフラの化学的指標による特徴づけを行う。各種テフラの同定・対比を行い、精度のよいテフラ編年フレームワークを構築する。これによって、カルデラ変動と火山活動の関係をより高い確度で明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 始良カルデラでの旧海水準資料収集の整備とその解析を行った。ここでは主に湾奥にある新島(燃島)において、海成堆積物の編年と古環境の調査を行った。またこれまで進めてきた始良カルデラ縁辺の平野において、詳細な変動調査を進めるために、建設工事に伴う露頭断面の観察と堆積物採取を行った。

(2) テフラの編年については、主に桜島テフラの同定指標の整備を進めた。同一ファミリーである桜島テフラ群は鉱物組成や岩石記載が似ているが、識別可能な指標もある。ここでは、火山ガラスの屈折率と化学組成を使用した。標式地の一つである桜島火山近傍の大隅半島牛根地区でこれを整備した(森脇ほか, 2017)。

(3) 本研究の中心となる広域での調査地区は、①始良カルデラ南方の鹿児島湾中・南部沿岸域、②大隅半島の太平洋沿岸の肝属平野、③薩摩半島の東シナ海沿岸の万之瀬川平野である。①始良カルデラ南方の鹿児島湾中・南部については、始良カルデラ縁辺の甲突川平野の南側に近接した谷山平野、大隅半島の鹿児島湾中部沿岸の垂水平野、鹿児島湾南部の大根占・根占平野、薩摩半島の薩摩半島南部の喜入平野である。最後の2地区は巨大カルデラである阿多カルデラの縁辺にある。

4. 平野の地形調査は、国土地理院の基盤地図情報「数値標高モデル」によって、1m間隔の等高線図を作成し、空中写真の判読と合わせて、詳細な高度分布と地形分類を求めた。堆積物の調査は、①の地区については、谷山平野以外は機械ボーリング掘削を行った。谷山平野、万之瀬川平野、肝属平野は考古発掘や建設工事に伴って出現した露頭断面によっている。合わせて、野外露頭・地形観察調査と堆積物の採取を行った。室内では堆積物のコア観察とテフラ、¹⁴C年代測定試料の採取を行った。

4. 研究成果

(1) テフラの識別 同一火山由来で年代の近いテフラは、岩石記載的性質が類似する。

その中であって、より確度の高い同定法として、火山ガラスの屈折率と化学組成が使われる(町田・新井, 2003). 本研究では鉱物組成などの岩石記載的性質が類似した桜島火山由来のテフラのうち、風化の進んでいない桜島薩摩テフラ (Sz-S; 12800 年前) 以降の主要テフラについて、火山ガラスの屈折率と化学組成を整備した. その結果、1 万年前後の層位の近いテフラについてみると、表 1 に示したように、こうした指標が識別に有効であることが明らかとなった.

表1 桜島テフラの化学組成-その1-

テフラ名	高野 ^{bs}		桜島薩摩 /P14
	(下部)	(上部)	
記号	A-Tkn(l)	A-Tkn(u)	Sz-S/P14
分析番号	KU95	KU96	KU112
SiO ₂	76.98 (0.46)	77.17 (0.30)	74.99 (0.56)
Al ₂ O ₃	13.10 (0.18)	13.08 (0.12)	13.58 (0.34)
TiO ₂	0.11 (0.03)	0.12 (0.02)	0.36 (0.03)
FeO	1.71 (0.22)	1.59 (0.08)	1.90 (0.05)
MnO	0.04 (0.03)	0.03 (0.02)	0.06 (0.04)
MgO	0.09 (0.03)	0.08 (0.02)	0.44 (0.02)
CaO	1.24 (0.06)	1.20 (0.04)	2.05 (0.05)
Na ₂ O	3.43 (0.20)	3.51 (0.21)	3.68 (0.16)
K ₂ O	3.30 (0.30)	3.22 (0.05)	2.92 (0.35)
H ₂ O	3.33 (1.40)	2.66 (1.15)	2.57 (1.13)
n	15	12	11

表1 桜島テフラの化学組成-その2-

テフラ名	桜島高峠3/P13			桜島上場/P12
	(下部)	(中部)	(上部)	
記号	Sz-Tk3/P13 (l)	Sz-Tk3/P13 (m)	Sz-Tk3/P13 (u)	Sz-Ub/P12
分析番号	KU113	KU114	KU115	KU116
SiO ₂	73.26 (0.29)	73.55 (0.63)	73.51 (0.59)	75.44 (0.43)
Al ₂ O ₃	14.38 (0.10)	14.49 (0.55)	14.30 (0.46)	13.51 (0.25)
TiO ₂	0.49 (0.04)	0.50 (0.02)	0.51 (0.04)	0.47 (0.07)
FeO	2.42 (0.05)	2.41 (0.13)	2.53 (0.42)	2.21 (0.07)
MnO	0.10 (0.03)	0.07 (0.04)	0.09 (0.05)	0.07 (0.03)
MgO	0.58 (0.02)	0.57 (0.08)	0.64 (0.36)	0.41 (0.04)
CaO	2.51 (0.07)	2.47 (0.21)	2.52 (0.22)	1.98 (0.15)
Na ₂ O	3.54 (0.07)	3.37 (0.15)	3.43 (0.14)	3.17 (0.15)
K ₂ O	2.73 (0.28)	2.56 (0.22)	2.46 (0.17)	2.74 (0.06)
H ₂ O	0.63 (1.11)	1.59 (1.69)	1.07 (0.46)	4.51 (0.67)
n	15	13	12	6

すなわち桜島薩摩テフラ、桜島高峠 3/P13 (Sz-Tk3/P13; 10600 年前)、桜島上場/P12 (Sz-Ub/P12; 9000 年前)は微妙であるが化学組成に違いがあることがわかる. Sz-Ub 直上にある Sz-Sy/P11 の上位には鬼界カルデラ由来の鬼界アカホヤテフラがある. このテフラは桜島テフラ群と異なり、野外観察での層相の特徴から、容易に識別される.

(2) 平野の地形、堆積物の記載と考察

垂水平野：垂水平野は、隆起を示唆する海抜高度 5~10m の完新世段丘が平野の主要河川である本城川の北岸一帯に認められる. この段丘上の 2 地点で深度 10m (No.1, 標高 10.2m) と 20m (No.2, 標高 8.2m) のボーリングを行った. 堆積物は、砂礫を含む淘汰の悪い河川氾濫堆積物や土石流堆積物が地表

から現海面付近まで続き、海成堆積物の痕跡は認められない. このことは段丘面が旧海面の相対的低下に対応してできた海成面ではなく、河成面であることを示す.

谷山平野：完新世段丘地形は認められない. この平野は海岸側には砂丘の載った比較的広い砂州があり、内陸側は低湿地が広く形成され、背後の山麓には小扇状地が分布する. この背後の台地崖下であって、縄文海進が最内陸に侵入したとみられる低地遺跡—不動寺遺跡—の発掘現場では、地表 (標高 6.0m) から現海面付近まで砂礫質の河成堆積物からなる. すなわち、ここでは、隆起の痕跡は認められない.

大根占・根占平野：大根占平野は、大きな河川はなく、海浜環境で形成された海岸平野の様相を呈する. この平野は高度 10m ほどの高さの面が広く分布し、隆起が予想された. しかし、この面の標高 12.6m の地点においてなされたボーリング掘削 (掘削深度 20m) では、有機物を多く含む土石流堆積物が地表から少なくとも現海面付近まで存在する. このことは、こうした高い完新世の平野は、背後の火砕流台地からの湧水によって涵養された豊富な水と軟弱堆積物から供給された河成・土石流堆積物からなっていることを示す.

大根占平野の南に近接する根占平野は、大隅半島では比較的大きい雄川によって形成されたものである. ここにも、海岸近くの崖下に、高度 10m ほどの段丘地形が認められる. この段丘地形面 (標高 8.7m) 上でのボーリング掘削 (掘削深度 30m) でも、現海面上に明瞭な海成泥質堆積物や、貝化石を含んだ堆積物は認められない.

喜入平野：河口付近に砂州が閉鎖し、背後は標高 5m 以下の旧潟湖からなる低湿地で、おぼれ谷となっている. この低地には完新世段丘は認められない. 低地中央部 (No.1, 標高 3.5m) と縄文海進が最内陸に達したと推定される内陸側の地点 (No.2, 標高 5.3m) において、掘削深度 20m (No.1 地点) と 10m (No.2 地点) のボーリングを行った. No.1 地点では、明らかに海成堆積物を示す貝化石が存在するが、それは標高 9.5m 以下でこの上位の貝化石は含まない. この上位の海成堆積物とみられる細粒砂質堆積物は標高 2.5m 付近にある. No.2 地点でも、土石流・河川氾濫堆積物とみられる淘汰の悪い砂礫質堆積物が現海面付近までは続き、明確に海成堆積物と推定される還元状態で堆積した暗褐色の泥質堆積物は認められない.

以上のように鹿児島湾沿岸では、大隅半島側では段丘地形がよく認められるが、それらは河成面である. それは、多量の土砂供給に伴う急傾斜な扇状地状の氾濫原が現在の海岸より沖合にまで形成され、これがその後、何らかの原因によって海食が生じ、海岸が後退したため河川勾配が急になり、段丘化したものと考えられる. 一方、薩摩半島側の平野

には段丘地形はなく、低湿地をなし、大隅半島沿岸と対照的である。

肝属平野：海岸側に規模の大きい志布志砂丘の載る砂州地帯と背後の広い湿地性の低地が分布する。この砂州地帯のもっとも内陸にある大塚砂州で、池田テフラ（6400年前）に直接覆われる海浜堆積物が観察され、その高度は約5mである。この旧海面が若干高いのは、ここが海溝性の変動域にあり、これが影響しているものと考えられる。

薩摩半島東シナ海沿岸の平野：南部の万之瀬川平野は海岸沿いの砂丘帯と背後の低地からなる。内陸側の上水流遺跡では、縄文前期の曾畑式土器を含む河床砂礫堆積物が現海面付近にまで分布する。北部の八房川低地では、最高海面高度は1.4m(3000年前)である(森脇ほか, 2002)。この地点の近くの台地末端には縄文後期の市来貝塚が立地する。

始良カルデラ周辺以外の大隅・薩摩半島沿岸では、現海面上に確実に海成の痕跡とみられる堆積物や地形は高度約5m以下で、著しい隆起は認められない。鹿児島湾東岸の平野は沖積段丘が認められるが、段丘面は基本的には隆起によって形成されたものではなく、比較的急勾配な扇状地性の平野面が海岸後退に伴う河川勾配の増大に伴って、下方侵食が生じて形成されたものである。巨大噴火を経験している阿多カルデラでは、始良カルデラのような完新世の顕著な隆起は認められない。

以上の諸点は、始良カルデラの完新世のドーム状隆起は、始良カルデラ特有の現象であることを示す。歴史時代以降の桜島火山を含む始良カルデラの隆起と火山活動の関係からみると、こうした完新世の隆起は、始良カルデラの火山活動と密接に関連しているものと考えられる。

引用文献

- ① 加茂幸介・石原和弘(1980) 地盤変動からみた桜島の火山活動。桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 19-28.
- ② 町田 洋・新井房夫(2003)新編火山灰アトラス。東京大学出版会, 336p.
- ③ Moriwaki, H. and Lowe, D. J. (editors) (2010) Intra-conference Field Trip Guides. INTAV International Field Conference on and Workshop on Tephrochronology, Volcanism, and Human Activity, Kirishima City, Kyushu, Japan, 9-17, May, 2010, 106p.
- ④ 森脇 広・松島義章・町田 洋・岩井雅夫・新井房夫・藤原 治(2002)鹿児島湾北西岸平野における縄文海進最盛期以降の地形発達。第四紀研究, 41, (4), 253-268.
- ⑤ 森脇 広・永迫俊郎 (2017)後期更新世・完新世における始良カルデラの隆起。日本地理学会春季学術大会。
- ⑥ 森脇 広・永迫俊郎・西澤文勝・松島義章・鈴木毅彦・田中源吾(2017) テフラ編年と14C年代に基づく鹿児島湾奥、新島

(燃島)の海成堆積物の編年とその意義。地学雑誌, v.126, No.5, 557-579.

- ⑦ Moriwaki, H., Okuno, M., Nagasako, T., Matsushima, Y. (2015) Late Pleistocene and Holocene crustal movements of the caldera volcanic fields in southern Japan in the light of tephrochronology. XIX INQUA Congress, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan.
- ⑧ Moriwaki, H., Okuno, M., Nagasako, T., Ohira, A., Matsushima, Y. (2013) Holocene uplift of Aira caldera, southern Japan. International Congress of IAVCEI 2013 in Kagoshima

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- ① 森脇 広・永迫俊郎・西澤文勝・松島義章・鈴木毅彦・田中源吾, テフラ編年と¹⁴C年代に基づく鹿児島湾奥、新島(燃島)の海成堆積物の編年とその意義。地学雑誌, 査読有, Vol.126, 2017, 557-579.
- ② Moriwaki, H. Landforms of Kikai-jima island, the Ryukyu Islands with special reference to sand dunes. Kawai, K., Terada, R. and Kuwahata, S. (eds) The Amami Islands, Kagoshima University Research Center for the Pacific islands, 査読無, 2016, 90-93
- ③ Shitaoka, Y., Moriwaki, H., Akai, F., Nakamura, N., Miyoshi, M. and Yamamoto, J. (2016) Eruption age of Sakurajima-Satsuma tephra using thermoluminescence dating, Bulletin of Geo-Environmental Science, 査読有, Vol. 18, 2016, 29-35.
- ④ Moriwaki, H., Nakamura, N., Nagasako, T., Lowe, D. J. and Sangawa, T., The role of tephros in developing a high-precision chronostratigraphy for palaeoenvironmental reconstruction and archaeology in southern Kyushu, Japan, since 30,000 cal. BP: An integration. Quaternary International, 査読有, Vol.397, 2016, 79-92
- ⑤ 森脇 広, 始良市の地形。始良市誌編集委員会(編)「始良市誌 別巻1, 資料編 絵図・地図・空中写真」, 査読無, 2016, 178-192
- ⑥ 森脇 広・松島義章・杉原重夫・大平明夫・大木公彦・増淵和夫・弦巻賢介, 鹿児島湾北岸, 国分平野における過去15,000年間の海面変化と古環境変化。第四紀研究, 査読有, Vol. 54, 2015, 149-171

[学会発表] (計6件)

- ① 森脇 広・永迫俊郎・吉田明弘・松島義章南九州の臨海平野の地形と完新世の地殻変動。日本地理学会春季学術大会(於:東京学芸大学)2018年
- ② 森脇 広・永迫俊郎, 後期更新世・完新世における始良カルデラの隆起。日本地理学会春季学術大会(於:筑波大学), 2017年

- ③ 森脇 広, 大地系を考える. 立正大学地理学会鹿児島例会 (於: 鹿児島大学), 2016年
- ④ 森脇 広・田上善夫・稲田道彦, ニューゼーランド北島と南九州のカルデラと火砕流台地地形ー観光資源としての視点からー日本地理学会大会 (於: 早稲田大学), 2016年
- ⑤ Hiroshi Moriwaki, Mitsuru Okuno, Toshiro Nagasako, Yoshiaki Matsushima (2015) Late Pleistocene and Holocene crustal movements of the caldera volcanic fields in southern Japan in the light of tephrochronology. XIX INQUA Congress, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. 2015年
- ⑥ Hiroshi Moriwaki, Naoko Nakamura, Toshiro Nagasako, David J. Lowe, Tomoe Sangawa, The role of tephras in developing a high-precision chronostratigraphy for palaeoenvironmental reconstruction and archaeology in southern Kyushu, Japan, since 30,000 years ago: an integration. XIX INQUA Congress, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, 2015年

〔図書〕 (計 2 件)

- ① 森脇 広, 北斗書房, 鹿児島の地形を読むー島々の海岸段丘ー. 鹿児島大学島嶼研ブックレット No.7, 鹿児島大学国際島嶼教育研究センター, 2017, 69
- ② Moriwaki, H., Nagasako, T. and Okuno, M. , Excursion Guides. The XIX INQUA Congress, Post-congress excursion PO-13, Quaternary volcanism, tephras and associated landscapes in Kyushu Island, 3 August-6 August, 2015, 131

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森脇 広 (MORIWAKI, Hiroshi)
鹿児島大学・法文教育学域法文学系・名誉教授
研究者番号: 70200459

(2) 研究分担者

奥野 充 (OKUNO Mitsuru)
福岡大学・理学部・教授
研究者番号: 50309887

田中 源吾(TANAKA Gengo)
金沢大学・国際基幹教育院・助教
研究者番号: 50437191

小林 善仁 (KOBAYASHI Yoshito)
鹿児島大学・法文教育学域法文学系・准教授
研究者番号: 80594358

吉田 明弘(YOSHIDA Akihiro)
鹿児島大学・法文教育学域法文学系・准教授
研究者番号: 80645458