

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 5 月 22 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21501001

研究課題名（和文） テフラと古環境の編年に基づく巨大カルデラの第四紀地殻変動の解明

研究課題名（英文） Study on the Quaternary crustal movement of gigantic calderas based on the chronology of tephra and palaeoenvironment

研究代表者

森脇 広 (MORIWAKI HIROSHI)

鹿児島大学・法文学部・教授

研究者番号：70200459

研究成果の概要（和文）：南九州の鹿児島湾を構成する始良カルデラ周辺の臨海平野には完新世海成段丘が分布する。これらの段丘面の編年と高度分布、さらに、露頭調査とボーリング掘削によって得られた構成堆積物の古環境的解析を行い、旧海水準の高度分布を明らかにし、始良カルデラを中心とした鹿児島湾周辺の第四紀地殻変動を検討した。編年の方法は、テフラと¹⁴C年代による。その結果、これまで示唆されてきた始良カルデラを中心とした完新世の曲隆がさらに確かなものとなった。これは、始良カルデラの火山活動と関連していると考えられ、桜島火山などの将来の噴火を評価する基礎資料として活用できると考える。

研究成果の概要（英文）：Holocene marine terraces occur on the coastal plains around the Aira caldera in the Kagoshima bay, southern Kyushu. The chronology and distribution of the elevation of those terrace surfaces and deposits were examined on the basis of tephra beds and ¹⁴C dates. As a result, Holocene upwarping centred by the Aira caldera, previously suggested, was confirmed. This upwarping is likely related to the volcanic activity of the Aira caldera.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|------|-----------|---------|-----------|
| 21年度 | 1,500,000 | 450,000 | 1,950,000 |
| 22年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 23年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

研究分野：地理学

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：地殻変動、海成段丘、完新世、海岸平野、始良カルデラ、鹿児島湾、火山活動

1. 研究開始当初の背景

巨大カルデラの第四紀の地殻変動に関する研究は、変動の基準となる指標が得にくいため、あまり解明されていない。ここで研究対象とした始良カルデラ、阿多カルデラなどの巨大カルデラは鹿児島湾の海岸域にあり、変動の基準である旧海面の知見を得ることができる。この地域には完新世の海岸平野や更

新世の海成段丘が分布しており、第四紀の巨大カルデラの地殻変動の解明に好適地を提供している。特に、湾奥の始良カルデラは沿岸に完新世海成段丘からなる平野が広く分布しており、この地域での完新世の地殻変動の解明は、カルデラの1000年オーダーの地殻変動解明のモードとなる。最近約100年間の桜島の火山活動と周辺地域の地盤変動は密

接に関係しており、火山活動に伴って始良カルデラを中心とした曲隆・曲降の変動が記録されている。これまで鹿児島湾北岸の臨海平野を中心としてテフラを使った完新世の地形発達と古環境変遷、海面変化の解明から、過去 7,000 年間（較正暦年代、以下同じ）において鹿児島湾奥の始良カルデラを中心とした曲隆が認められ、さらに最近の桜島の火山活動と地盤変動の関係からこうした曲隆が始良カルデラの火山活動によるものであることが示唆された (Moriwaki, 1992; 森脇ほか, 2002; 森脇・松島, 2004; Moriwaki et al., 2007 など)。このことから、カルデラ周辺の第四紀地殻変動はカルデラの火山活動と深く関係していると考えられ、完新世の火山活動と地殻変動の関係の解明は将来の火山活動を評価するのに重要な基礎資料を提供する。しかし、旧海水準の資料がまだ十分ではなく、地殻変動の時空分布や火山活動との関係を高精度で議論するに至っていない。

2. 研究の目的

この研究では、鹿児島湾沿岸の平野の地形と堆積物の調査から、鹿児島湾を構成するカルデラ、特に始良カルデラの完新世地殻変動と火山活動を高精度で解明し、地殻変動と火山活動との関係を検討する。

3. 研究の方法

主要な変動指標である完新世海成段丘面の分布を詳しい地形分類によって明らかにする。特に、これまで高精度の地形分類が得られていない始良カルデラの南西部の甲突川平野と南東部の垂水・柁原平野の資料を追加し、全域の地形分類図とその高度分布を明らかにする。さらに、これらの離水年代を、構成物質、考古遺跡、¹⁴C 年代、テフラによって明らかにする。

顕著な傾動のみられる北岸の国分平野においてオールコアボーリングを行い、離水年代を特に詳しく明らかにする。表層については、構築物工事や遺跡発掘で露出した露頭の調査により明らかにする。

4. 研究成果

以下に示すように、始良カルデラの西側中央部付近を中心とした曲隆が存在することが確実なものとなった。その最大の隆起量は過去 7,000 年間で最大 10m 以上に及ぶ。

(1) 始良カルデラ北岸-国分平野-

鹿児島湾奥沿岸に分布する 3 段の完新世海成段丘のうち、もっとも広く分布し、良好な変動基準となる段丘面は、最高位の隼人面である (森脇ほか, 1986)。国分平野では隼人面は平野西端で海拔高度約 15m、東側では約 7m となり、現在の海岸に平行して東方に高度

が低くなる。

平野の西側で行った海拔高度約 15m の地点でのボーリング掘削では、地表下 8.6m に基底をもつ厚さ 40cm のガラス質火山灰が認められる。この火山灰は、純度のよいバブルウォール型の火山ガラスからなり、周辺台地に分布するテフラの層序から考えると、鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah, 7,300 cal BP) に対比されることは間違いない。この火山灰は、三角州性の海成堆積物中に堆積していることから、この時の汀線はさらに西方の台地崖下、海拔高度約 15m 付近の位置にあるとみられる。

平野北西側の鹿児島神宮の台地崖下に近い地点の露頭では、表層の腐植土層 (地表下 0-60 cm) の下位 (地表下 60-90cm) に厚さ 30cm の淡褐色火山灰質土壌が堆積する。この土壌から K-Ah に対比されると考えられるバブルウォール型火山ガラスが多数検出された。さらにこの下位 (地表下 90-120cm) に厚さ 30cm の中粒砂層があり、この下位 (地表下 120-240cm) に厚さ 120cm の黒色-暗灰色スコリア質堆積物が存在する。全体的に薄層理をもち固結度が高い。この平野周辺のテフラ層序と分布からみて、この堆積物は米丸テフラ (Yn, 8,100 cal BP) とその二次堆積物であると考えられる。以上のことは、この場所は K-Ah の降灰時にはほぼ離水を終えたことを示す。この地点の地表面高度は 14.5m である。ここの堆積物が三角州性であることから考えると、7,300 年前の海水準高度は海拔高度約 14m にあることになる。

一方、国分平野東方の旧天降川の氾濫原の低地 (地表海拔高度約 3m) でなされたボーリング掘削では、干潟環境を示す三角州堆積物の中に現海面下 14m に基底をもつ K-Ah が検出された (森脇ほか, 2006)。

こうした K-Ah の層準と堆積環境が示す旧海水準高度からみて、この平野では現在の海岸線に平行して西から東方向へのかなり急な旧海水準高度低下が認められる。これは、段丘面の高度変化と一致している。傾動した段丘面の離水年代は、K-Ah と段丘面・段丘構成堆積物との層位関係から見て、高度の低い東側は新しい。さらに東方の敷根では、上野原台地崖下に海拔高度 5-10m の段丘地形が存在するが、ボーリング掘削の結果、この段丘は崩壊堆積物、または扇状地堆積物からなることがわかった。したがって、明確な汀線を示す痕跡は認められないが、段丘化していることは、若干の隆起を示唆する。さらにこの場所に近い南方にある若尊鼻では、離水した付着貝が最高 4.5m の海拔高度にあり、その ¹⁴C 年代値は 7,300 cal BP がえられている (森脇・松島, 2004)。この地点は若干の隆起を示し、曲隆の傾向と一致している。

隼人面の離水年代は、K-Ah の層位から考えて、最も隆起量の大きい西端では約 7,300 年

である。高度の低い東側の新天降川河岸では K-Ah は三角州性堆積物の中にあり、その基底の海拔高度は 5m 以下である。このことからみて、東側の低いところでの隼人面の離水年代は西側よりかなり新しいと考えられる。詳しい年代はここでは得られていないが、後述の始良・加治木平野での離水年代からみて、縄文時代後期ごろと推定される。隼人面は、徐々の傾動運動に従って、徐々に離水したと考えられる。このような離水過程は、現在の火山活動と地盤変動の関係から推定されるように、この曲隆が地震隆起のように急激ではなく、緩慢に生じたことによるものと考えられる。

(2) 始良・加治木平野

この平野においても隼人面は広く分布する。この面の海拔高度は、海岸線に平行して顕著な違いはみられない。すなわち、隼人面の海拔高度は、海岸に沿って約 10m と一定し、顕著な傾動は認められない。内陸側では海拔高度 12~15m になる。

この面の離水年代は、3 枚の指標テフラと ^{14}C 年代、考古遺跡によって推定される。始良平野の内陸側の台地崖下では、米丸テフラが三角州堆積物中、さらに K-Ah が約 12m の隼人面上に乾陸上に堆積しており、7,300 年前には内陸側は離水したことが認められる。ここから海岸方向へは、平野南部に降灰域を持つ P5 テフラ（桜島起源）の乾陸上堆積から推定して、この時期の旧汀線位置は、平野中間付近にある。その年代は詳細には不明であるが、縄文時代中期ごろと推定される。さらに隼人面のもっとも海側に立地する考古遺跡では、縄文後期の市来式土器の時期（約 4000 年前；中村直子氏（鹿児島大学埋蔵文化財調査室）教示）に離水したことがわかっている。その海拔高度は約 10m で、内陸側との高度差は少ない。

このように、始良平野での隼人面の離水年代は、内陸側 7300 年前から海岸側 4000 年前と約 3000 年以上の幅を持ち、かなり長い。海岸側の隼人面は離水が遅れたにもかかわらず、高度があまり変わらないことは、この面が海岸側、すなわち始良カルデラの隆起の中心側に隆起量が大きくなるような傾動を示唆している。隼人面の離水年代の幅は、国分平野と同様に徐々の隆起によって離水したことを示す。

このように隼人面の形成は比較的長期にわたり、変動基準面という点からみると必ずしも同時期形成とはいえない。それは、火山活動に伴うドーム状隆起が緩慢に生じたことにより、段丘面の離水が徐々に進行したためであると考えられる。こうした段丘形成は、海溝性の地震性地殻変動区で見られる急激な隆起に伴う完新世海成段丘の形成とは異なる

ものとして注目される。

(3) 甲突川平野

甲突川平野は、始良カルデラの南西縁に臨む。この平野は、北部を流れる稲荷川周辺では約 10m の海拔高度をもつ完新世海成段丘となっている。この段丘は南の甲突川の方に行くにしたがって低くなる。甲突川右岸側、すなわち平野南部では、下位の現在の甲突川氾濫原とは比高が 2m ほどになり、段丘面は大変低いが、甲突川は確実に開析段階にあることを示す。しかし、南側を流れる田上川（新川）は、平野の内陸側では現在も堆積を生じ、扇状地を形成している。南部は離水途上の段階にあるといえる。

平野南部の中央付近にある鹿児島大学構内での露頭調査では、海成層頂面 (+0.75m) に近い高度 (+0.25m) で得られた貝殻（モクハチアオイ）の年代は 6,500 年前を示す（森脇・松島, 2004）。このことからみて、甲突川平野南部は、わずかに隆起しているとみられるが、その量は小さい。このように、甲突川平野は北から南に高度が小さくなる傾動を示している。これは、始良カルデラを中心とした曲隆の様式と調和している。

(4) 永田川平野

甲突川平野南方にあつて、始良カルデラからさらに離れた位置にある永田川平野（谷山平野）では完新世段丘は認められない。この平野を構成する主な地形は、海岸沿いに延びる幅の広い砂州とその背後の後背湿地、さらに谷口にある小扇状地である。永田川周辺には自然堤防があるが、人工的な改変のため、現在その特定は困難である。平野のもっとも内陸の扇状地性低地に立地する不動寺遺跡では、海成堆積物は現在の海水準の高さまで認められず、縄文海進最盛期 7000 年前ごろの海面は現海面より低い位置にある。

(5) 垂水平野・柘原平野

垂水平野には、本城川北岸側に比較的広い低高度の河岸段丘が認められる。この段丘が海成か否かは不明で、現在の海面より高い海成段丘面、または海成堆積物は確認していない。その解明は今後の課題である。

柘原貝塚のある低地をここでは柘原平野と呼んでおく。垂水平野の南方にある柘原平野には、縄文後期の柘原貝塚が立地する完新世段丘がある。この段丘は、地形的には扇状地からなり、海側に傾斜している。海岸側は海食を受け、比高 2m ほどの崖が形成されている。この段丘面上でなされたボーリング掘削によると、現海面付近まで陸成の堆積物からなり、海成堆積物とみられる痕跡は認められない（森脇ほか, 2011）。したがって、この離水扇状地は、縄文海進最盛期以後の形成

初期に海側に延びていた扇状地が、海況の変化や流域からの堆積物供給の減少などにより海食を受けて海岸が後退した結果、段丘化したものと考えられる。したがって、終原平野では、縄文海進最盛期、7000年前頃の海面の現在の高さは、現海面とほぼ同じくらいであると推定される。

(6) 結論

以上のように、完新世において始良カルデラを中心とした曲隆が生じたことは明らかである。始良カルデラの後カルデラ火山である桜島の最近の火山活動と周辺地域の地盤変動からみて、この曲隆が始良カルデラの火山活動を反映したものであることが強く支持される。

引用文献

- Moriwaki, H. (1992) Late Quaternary Phreatomagmatic Tephra Layers and Their Relation to Paleo-sea Levels in the Area of Aira Caldera, Southern Kyushu, Japan. *Quaternary International*, vol.13/14, 195-200.
- 森脇 広・町田 洋・初見祐一・松島義章 (1986) 鹿児島湾北岸におけるマグマ水蒸気噴火とこれに影響を与えた縄文海進. *地学雑誌*, 95 巻 2 号, 94-113.
- 森脇 広・松島義章(2004)鹿児島湾奥沿岸における完新世の隆起. *日本地理学会発表要旨集*, No.66, p.81.(於:広島大学).
- 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.
- Moriwaki, H., Akio Ohira, A. and Matsushima, Y. (2007) Holocene tephra beds in southern Kyushu, south Japan: their application to precise chronology of coastal evolution and human occupation. XVII Congress of the International Union for Quaternary Research at Cairns, Australia.
- 森脇 広・大平明夫・松島義章・大木公彦(2006) 鹿児島湾北岸, 国分平野のテフラ編年と地形発達. 2006 年日本地理学会大会(於:埼玉大学), 日本地理学会発表要旨集 No.69, p.220.
- 森脇 広・杉原重夫・松島義章・増淵和夫・弦巻賢介 (2011) 国分平野と終原低地の地形と堆積物. *明治大学学術フロンティア「環境史と人類」* 第5 冊, 115-127.

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 8 件)

- ① Moriwaki, H., Suzuki, T., Murata, M., Ikehara, M., Machida, H. and Lowe, D. J., Sakurajima-Satsuma (Sz-S) and

Noike-Yumugi (N-Ym) tephra: New tephrochronological marker beds for the last deglaciation, southern Kyushu, Japan.

Quaternary International, Vol. 246, 2011, pp.203-212. (査読有)

- ② 森脇 広・杉原重夫・松島義章・増淵和夫・弦巻賢介, 国分平野と終原低地の地形と堆積物. *明治大学学術フロンティア「環境史と人類」*, 第5 冊, 2011, pp.115-127. (査読無)

- ③ 森脇 広, 過去 3 万年間の自然史・人類史の高精度編年に果たすテフラの役割-日本の高精度編年フレームワークの構築に向けて-. *月刊地球*, 33 巻, 2011, pp.752-758. (査読無)

- ④ Moriwaki, H., Late Pleistocene and Holocene tephra in southern Kyushu. *International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism, and Human Activity*, Kirishima City, Kyushu, Japan, 2010, pp. 44-53. (査読無)

- ⑤ Moriwaki, H., Deep-sea tephra around southern Kyushu. *International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism, and Human Activity*, Kirishima City, Kyushu, Japan, 2010, p.67. (査読無)

- ⑥ Moriwaki, H., Developments of coastal lowlands and environments around Kagoshima Bay in relation to Holocene tephrochronology *International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism, and Human Activity*, Kirishima City, Kyushu, Japan, 2010, pp.68-70. (査読無)

- ⑦ 森脇 広・永迫俊郎・新井房夫, トカラ列島における後期更新世以降のテフラ. *第四紀研究*, 48 巻, 2009, pp.271-287. (査読有)

- ⑧ 森脇 広, 南九州のテフラ編年に関する諸問題 -最終氷期以降の自然環境変遷史・人類史の高精度編年フレームワークとテフラの役割. *九州旧石器*, No.13, 2009, pp.16-17. (査読無)

[学会発表] (計 9 件)

- ① 森脇 広・奥野 充・大平明夫・松島義章, 鹿児島湾奥沿岸における完新世海成段丘と地殻変動. *日本地理学会大会 2011 年 9 月 23 日*, 大分大学 (大分市).
- ② Moriwaki, H., Suzuki, T., Murata, M., Ikehara, M., Machida, H., Oba, T., Lowe, D., Sakurajima-Satsuma (Sz-S) and Noike-Yumugi (N-Ym) tephra: key tephrochronological marker beds for the last deglaciation, southern Kyushu, Japan. XVIII Congress of the International Union for

- Quaternary Research, 2011 年 7 月 26 日, BEA Bern Expo (ベルン, スイス).
- ③ Moriwaki H., Machida, H., Nakamura, N., Lowe, D., The role of tephra in developing a high-resolution chronostratigraphy for palaeoenvironmental reconstruction and archaeology in southern Kyushu, Japan, since 30,000 years ago. XVIII Congress of the International Union for Quaternary Research, 2011 年 7 月 26 日, BEA Bern Expo (ベルン, スイス).
- ④ Moriwaki, H., Matsushima, Y., Sugihara, S., Ohira, A., Sea-level and palaeoenvironmental changes on the northern coast of Kagoshima Bay, south Japan in the past 15,000 years. XVIII Congress of the International Union for Quaternary Research, 2011 年 7 月 22 日, BEA Bern Expo (ベルン, スイス).
- ⑤ 森脇 広, 甲突川低地の地形分類とその意義. 鹿大史学会例会, 2011 年 7 月 9 日, 鹿児島大学 (鹿児島市).
- ⑥ Moriwaki, H., Suzuki, T., Murata, M., Ikehara, M., Machida, H., Oba, T. and Lowe D.J., Sakurajima-Satsuma (Sz-S) and Noike-Yumugi (N-Ym) tephra: key tephrochronological marker beds for the last deglaciation, southern Kyushu, Japan, International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity, Kirishima City, Kyushu, Japan, 2010 年 5 月 12 日, 霧島市役所 (霧島市)
- ⑦ Moriwaki, H., Machida, H., Nakamura, N. and Lowe, D.J. The role of tephra in developing a high-resolution chronology for palaeoenvironmental reconstruction and archaeology in southern Kyushu, Japan, since 30,000 years ago (Kyushu-INTIMATE project), International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity, Kirishima City, Kyushu, Japan, 2010 年 5 月 12 日, 霧島市役所 (霧島市)
- ⑧ 森脇 広 ほか 5 名, INTIMATE-Kyushu の高精度編年フレームワークとテフラの役割, 日本第四紀学会テフラ編年研究委員会, 2010 年 1 月 9 日, 日本大学 (東京都).
- ⑨ 森脇 広, 南九州のテフラ編年に関する諸問題 -最終氷期以降の自然環境変遷史・人類史の高精度編年フレームワークとテフラの役割-, 九州旧石器文化研究会, 2009 年 12 月 6 日, 時遊館 COCCO はしむれ (指宿市).

[図書] (計 1 件)

- ① Moriwaki, H. and Lowe, D. J. (編) INTAV, International Union for Quaternary Research,

Intra-conference Field Trip Guides. INTAV International Field Conference on and Workshop on Tephrochronology, Volcanism, and Human Activity, Kirishima City, Kyushu, Japan, 2010, 106p.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森脇 広 (MORIWAKI HIROSHI)
鹿児島大学・法文学部・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

(3) 連携研究者

大平明夫 (OHIRA AKIO)
宮崎大学・教育学研究科・准教授
研究者番号: 00262824