新島(燃島)の後期更新世末期–完新世の石灰質微化石群集と鹿児島湾奥の古環境復元

Latest Pleistocene to Holocene calcareous microfossil assemblages from the Shinjima (Moeshima) Island and reconstruction of the paleoenvironments in the inner part of Kagoshima Bay, SW Japan

Abstract

前浜悠太^{*,†} 鹿野和彦^{**,††}
大木公彦^{**} 入月俊明^{***}
林 広樹^{***}

Yuta Maehama^{,†}, Kazuhiko Kano^{**,††},
Kimihiko Oki^{**}, Toshiaki Irizuki^{***} and
Hiroki Hayashi^{***}*

2020年8月17日受付.

2021年3月14日受理.

* 島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学コース

Geoscience Course, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan

** 鹿児島大学総合研究博物館

The Kagoshima University Museum, Kagoshima University, 1-21-30 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

*** 島根大学学術研究院環境システム科学系

Institute of Environmental Systems Science, Academic Assembly, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan

† 現所属: 基礎地盤コンサルタンツ株式会社四国支店

Present address: Shikoku Branch, Kisojiban Consultants Co., Ltd., 1-11-20 Chuo, Matsuyama 791-8015, Japan

†† 現所属: 産業技術総合研究所地質調査総合センター

Present address: Geological Survey of Japan, AIST, 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan

Corresponding author: Y. Maehama,
maehama.yuta@kiso.co.jp

Latest Pleistocene and Holocene marine sediments that accumulated on the floor of the Aira Caldera are exposed on Shinjima Island, which was uplifted above the sea in 1780 by intrusion of dacite magma. In this study, fossil assemblages of benthic and planktonic foraminifers and ostracods from the marine sediments were analyzed to establish the palaeoenvironmental history of Kagoshima Bay. Initially fresh water lake, Aira Caldera became part of Kagoshima Bay shortly before 13,000 years ago, with a depth of > 100 m as sea level rose with global warming and a warm ocean current flowed into there. The caldera has remained open to the sea ever since, despite the growth and intermittent eruptions of Sakurajima volcano on the southern caldera rim. The population and number of species of calcareous microfossils were kept significantly lower during the period 13,000 to 8,000 years ago, possibly in response to the spreading of acidic water from progressive dissolution of the volcanic gas emitted from the Wakamiko Caldera in the northeastern part of the Aira Caldera. About 8,000 years ago, the warm ocean current strengthened, resulting in penetration of warm seawater to the caldera floor, which has a present water depth of 140 m.

Keywords: Shinjima, Aira caldera, Kagoshima Bay, Paleoenvironment, Foraminifera, Ostracoda

はじめに

鹿児島湾奥は、約3万年前(Smith et al., 2013)に大量の火山灰や軽石を放出して形成された始良カルデラ(Matsumoto, 1943; Aramaki, 1984)に海進が及んで出現した海域である(森脇ほか, 2015, 2017; 鹿野ほか, 2020)。新島(燃島)は、この始良カルデラのほぼ中央にあって、現在も火山活動が活発な桜島の北方約1 kmの海域に点在する安永諸島

(Omori, 1916; 桑代・鹿児島短期大学地理学セミナー, 1970)の1つで、南北650 m、東西300 m、総面積0.14 km²、標高43 m以下の平坦な島である(Figs. 1, 2)。安永諸島は桜島の安永の噴火(西暦1779年~1780年)が終息しかけた頃から始まる海底火山活動に伴って、マグマが海底下に貫入して始良カルデラ底の一部が約3 km四方にわたって隆起し、海面上に現れたものである(小林, 2009)。新島には始良カルデラ形成以降カルデラ底に堆積した上部更新–完新

Fig. 1. Location of Shinjima Island in Kagoshima Bay.

統が露出している (Fig. 2).

この始良カルデラ底下の海成堆積物の層序については、山口 (1915) や鹿間 (1955) を始めとして、複数の研究がなされており、最近では鹿野ほか (2020) がこれまでの研究を再検討して新たな層序を提案している。また、鹿間 (1955)、首藤 (1962)、平田 (1964)、松島ほか (1997) などが燃島貝層 (鹿間, 1955) から多産する貝化石を記載し、最近では Yamanaka et al. (2010) と鹿野ほか (2020) が燃島貝層直下のシルト層と、シラス層を挟んで更に下位に位置するシルト層から珪藻化石を、安藤ほか (2016)、Ando et al. (2020) が燃島貝層およびその直下のシルト層から十脚類化石を、森脇ほか (2017) が燃島貝層直下のシルト層から 1 試料のみではあるが貝形虫化石の産出を報告している。これまでに報告されているこれらの化石の研究によれば、シラス層の下部を占めるシルト層は沿岸に近い下部浅海帯、上部のシルト層は陸水や沿岸水の影響を受け外洋水も存在する沖合の下部浅海帯に位置づけられ、ともに海進に伴って暖流が流れ込み始めたやや還元的で閉鎖的な環境であったとされている (鹿野ほか, 2020)。また、燃島貝層は中部～下部浅海帯にあって、活発に暖流が流れ込む環境にあったと推定されており、したがって、約 2 万年前の最終氷期最盛期以降の海面上昇に伴って暖流が湾奥の始良カルデラ内にまで流入し、鹿児島湾全体が内湾となったことがうかがえる (森脇ほか, 2015, 2017)。しかし、2 万 6 千年前頃 (奥野, 2002) から始良カルデラの南縁に桜島火山が、引き続いてカルデラ北東部に若尊火山が出現し、1 万 3 千年前頃 (奥野, 2002) には桜島火山でその史上最も大きな爆発的噴火が起こって始良カルデラ底に火砕噴出物が流入し、若尊火山は大量の火砕物を海底に噴出してカルデラを形成している (鹿野ほか, 2020)。しかも、これ以降、桜島火山では断続的に爆発的噴火と溶岩流出を繰り返して成長し (小林ほか, 2013)、若尊火山でも海底熱水活動が続いて現

在に至っている (鹿野ほか, 2020)。したがって、湾奥の古環境は海面上昇だけでなく、これらの火山活動によっても変化してきたと予想される。

そこで、本論文では、これまでに知られていなかった新島の堆積物から産出する底生有孔虫化石、浮遊性有孔虫化石、および貝形虫化石について、それぞれの群集の種構成と産状を調べた結果を報告し、これに、これらの石灰質微化石と共存する貝類や珪藻などの化石群集の種構成と産状 (松島ほか, 1997; 亀山ほか, 2005; Yamanaka et al., 2010; 森脇ほか, 2017; 鹿野ほか, 2020)、さらには湾奥の天降川河口でのボーリングで得られた貝類化石や珪藻化石、底生有孔虫化石、それぞれの群集の分析結果 (森脇ほか, 2015) を加えることで、湾奥海底の古水深や相対的な古水温などの海況の変遷を具体的に検討する。また、鹿野ほか (2020) の層序などからうかがえる火山活動の変遷と比較することにより、火山活動の影響についても議論する。

研究史

1. 岩相層序

新島に露出する堆積物の岩相層序は、山口 (1915) を始めとし、鹿間 (1955) など多くの研究者によって検討されてきた。

山口 (1915) は、新島に露出するすべての堆積物をテフラと見なし岩相区分を行い、鹿間 (1955) は、これを下位から燃島シルト層、燃島シラス層、燃島貝層、新島シラス層に区分し直すとともに、一括して燃島累層と命名した。

この層序は、桑代・鹿児島短期大学地理学セミナー (1970) によって踏襲されたが、木野ほか (1976) は、鹿間 (1955) が区分した地質単元のほかに、燃島シラス層と燃島貝層との間にもシルト層を認め、それぞれの分布と地質構造を地質図にまとめて示した。

Kano et al. (1996) は、木野ほか (1976) が認めた 2 つのシルト層の間を占める燃島シラス層を軽石主体の堆積物と、その上位にあって、軽石主体の堆積物と火山灰主体の堆積物とが繰り返す重なり合う堆積物とに区分し、前者を新島軽石と名付け、それが始良カルデラ北東部の若尊カルデラを形成した爆発的海底噴火によってもたらされた水底密度流堆積物であることを報告している。さらに、奥野ほか (1998) は、燃島貝層から採取したベッコウガキ (*Neopycnodonte musashiana*) の ^{14}C 年代を報告する際に、燃島シラス層の上位を占めるシルト層に桜島起源の軽石層が挟在することを明らかにした上で、具体的記載はないものの、このシルト層と新島軽石の上部とが指交関係にあるとする露頭スケッチを残している。

その後、亀山ほか (2005) は、木野ほか (1976) が認めた 2 つのシルト層を同一のシルト層と見なし、燃島シラス層を、その上位の燃島シラス (再定義) と下位の州崎軽石とに区分し、再定義した燃島シラスを燃島貝層の直下に置いた。この層序に従えば、新島の南東岸では燃島貝層直下に燃島シルトがあって、その下位に州崎軽石が続く、北西岸では、燃島貝層直下にシルト層があって、その下位に燃島シラス、そして

Fig. 2. Geologic map of Shinjima Island (Kano et al., 2020), showing the locations (Locs.1–3) of the geologic columns and sampling sites.

燃島シルトが続くことになる。しかし、州崎軽石と燃島シラスは岩石学的特徴が似ており、しかも、実際には新島の北西岸でも燃島貝層の直下にシルト層は分布している(木野ほか, 1976)。したがって、このシルト層の下位に燃島シラスと燃島シルトが続くとすれば、燃島シラス層を州崎軽石と燃島シラスに区分する層序学的根拠はなくなる。

新島の南東岸と北西海岸に露出する燃島貝層直下のシルト層にはともに桜島起源のテフラ Sz-12 と Sz-13 に対比される軽石層が挟在しているので、互いに対比可能な同一のシルト層と判断でき、州崎軽石と燃島シラスは同一のテフラといえる(森脇ほか, 2017)。最近では、鹿野ほか(2020)が、これらの層序学的研究を踏まえ、自らの調査に基づいて問題点

を整理検討した上で、堆積物の起源を考慮した新たな岩相層序区分を提案している(後述)。

2. 化石と古環境

新島には保存の良い貝化石が密集した燃島貝層(鹿間, 1955)が分布している。新島が内湾に位置するにもかかわらず、この燃島貝層からは、比較的水深の深い外洋性の浅海に生息する貝化石が多産し、その特異性ゆえに、鹿間(1955)を始めとして多くの研究者が新島を訪れこれを採集しているが、未同定種が多いためか意外にもその研究報告例は少ない。最近では、石灰質微化石(本報告)のほか、絶滅種と考えられていたが、近年生息が確認された(Komai et al., 2019)、オオスナモグリ(*Neocallichirus grandis*)など十脚

類化石(安藤ほか, 2016; Ando et al., 2020)も見つかっている。

鹿間(1955)によれば、燃島貝層産貝化石の大部分は暖水系の現生種である。首藤(1962)は、燃島貝層の貝化石群集がやや深い暖流系の種から構成されること、鮮新世の残存種を多く含んでいることを指摘し、燃島貝層が堆積した年代を更新世中期とした。

松島ほか(1997)は、燃島貝層に加えて燃島貝層の下位にあって、鹿間(1955)が燃島シラスと名付けた軽石堆積物の上下位を占める2つのシルト層から産出する貝化石群集の種構成を調べ、下部と上部のシルト層では暖流系の下部浅海帯に、燃島貝層では暖流系の中部～下部浅海帯に生息する種が優勢であることを指摘し、貝殻などの ^{14}C 年代に基づいて、下部と上部のシルト層は、縄文海進に伴って暖流が流れ込み始めたやや還元的で閉鎖的な環境に、燃島貝層は縄文海進最盛期からその後半にかけて活発に暖流が流れ込む環境に堆積したとしている。

その後、亀山ほか(2005)は、新島南東部において、州崎軽石と燃島貝層との間を占める燃島シルトの下部から淡水生珪藻化石を、上部から海生珪藻化石を見出し、両者の境界で、それまで淡水湖だった湾奥に海水が流入したと断じた。また、Yamanaka et al.(2010)は、産出する貝殻と木片の ^{14}C 年代値を暦年校正した年代に基づいて、この海進は1万8千年前と1万3千年前との間のある時期に始まり、1万3千年前に桜島の火山活動によって外輪山が崩壊してそれまでカルデラ湖だった湾奥に海水が進入したと考えた。しかし、森脇ほか(2015)は湾奥北岸の国分平野におけるボーリング調査の結果に基づいて、最終氷期海面低下時に鹿児島湾は湖で、湾奥に海進が及んだのは1万4千3百年前であるとしている。さらに、森脇ほか(2017)は、新島に露出する海成堆積物に挟在する複数のテフラを同定・対比してYamanaka et al.(2010)の議論の元となった亀山ほか(2005)の岩相層序の誤りを指摘するとともに、新島に露出する海成堆積物が約1万3千年前に降に内湾の環境に堆積したことを明らかにした。また、その中で、上部新島シルト層(燃島貝層直下のシルト層：後述)に挟在する桜島起源のテフラSz-13直上から採取したシルト中の貝形虫化石群に基づいて、当時の古水深が94 mであると推定している。最近では、鹿野ほか(2020)が、下部新島シルト層と上部新島シルト層から産出する珪藻化石群集を検討し、下部新島シルト層の場合は陸棚種が優勢で沿岸に近い環境にあったことを、また、上部新島シルト層ではわずかに淡水生種や淡水～汽水生種を伴っており、陸水や沿岸水の影響を受け外洋水も存在する沖合の環境にあったことを報告している。

地 質 概 説

新島に露出する地層は、下位から順に下部新島シルト層、新島軽石、新島南部軽石、上部新島シルト層、燃島貝層、表層堆積物に分けられる(鹿野ほか, 2020)。以下に、各層の岩相、層序関係、層厚などの概要を述べる。

下部新島シルト層 本層は新島の地表に露出する最下層で、

緑色を帯びた暗褐色シルトを主体とする。層厚は不明。現在は海岸が護岸され地表ではほとんど見られないが、干潮時に北東岸の砂浜(Fig. 2のLoc. 3)を掘り下げることで僅かながら確認できる。本層からは貝化石をはじめ有孔虫、貝形虫化石などが多産する(松島ほか, 1997; 前浜ほか, 2017, 本報告; 森脇ほか, 2017; 鹿野ほか, 2020)。

新島軽石 島の大部分を構成する厚い軽石層で、下部新島シルト層に整合的に重なる(木野ほか, 1976)。層厚は20 m以上。主部は白色～灰白色の軽石火山礫と火山灰からなる堆積物で、軽石が上方粗粒化して上部に濃集した厚さ1–10 mのフローユニットが複数累重する。最上部の1–5 mは葉理が発達した青灰色細粒火山灰からなり、淡水生と汽水生、海生の珪藻化石を産出する(Kano et al., 1996; 鹿野ほか, 2020)。ほかのテフラとの層序関係およびそれらの ^{14}C 年代から推定される年代は12.8 cal ka BPである(奥野, 2002; 鹿野ほか, 2020)。新島軽石は、始良カルデラ北東部の若尊カルデラ形成時の爆発的噴火でもたらされた水底密度流堆積物と考えられている(Kano et al., 1996)。

新島南部軽石 新島軽石主部と同様の軽石堆積物と葉理の発達した火山灰層からなる層厚約2 mの堆積物で、新島軽石を削剥してこれに重なる。森脇ほか(2017)は火山ガラスの屈折率に基づいて新島南部軽石の基底に桜島起源のSz-14テフラが混在していることを示し、軽石火山礫が円磨されていることから、本層をSz-14テフラを取り込んだ新島軽石の2次堆積物であるとしている。しかし、この堆積物は、鉱物・化学組成が新島軽石と類似し、級化成層して北からの古流向を示すことから、新島軽石と同様、若尊カルデラから来襲した水底密度流堆積物であり、また、Sz-14テフラ(12.8 cal ka BP: 奥野, 2002)を取り込んでいることから、その年代に近い時期に噴出したと考えられる(鹿野ほか, 2020)。この新島南部軽石中の青灰色火山灰からは淡水生珪藻化石が産出する(Yamanaka et al., 2010)。しかし、産出はまれで保存も悪い上に、海生珪藻化石も伴う点で現地性とは考えられない(鹿野ほか, 2020)。

上部新島シルト層 暗オリーブ色シルト主体の地層で、米丸マール起源のテフラYnのほか、桜島火山起源のテフラSz-12とSz-13を挟み(森脇ほか, 2017)、最下部に礫質凝灰質堆積物を伴う。層厚は約7 mで、海生貝化石や海生珪藻化石を産出する。Sz-12とSz-13は奥野ほか(1998)のS-BP、S-APに対応するテフラで、軽石火山礫を主体とし、最上部数cmは細粒の火山灰からなる。また、Sz-13は逆級化構造を、Sz-12は正級化構造を示す。本研究では南部の上部新島シルト層(Fig. 2のLoc. 1)より試料を採取し、各微化石の抽出を行った。上部新島シルト層の上限を占める米丸マール起源のテフラの年代は8.1 cal. ka BPである。

燃島貝層 火山灰および軽石火山礫と貝殻とが混在する厚さ1–3 mの堆積物からなり、下部、中部、上部に分けられる(鹿野ほか, 2020)。最も厚い新島南東岸では、下部は下位を削剥して重なる厚さ10–30 cmの4枚の薄層に厚さ0.6 mの軽石火山礫と貝殻が散在する火山灰が重なる。中部1 mは淘汰不良、無層理の貝殻密集層で、多数の貝殻と粗粒火山

灰や軽石火山礫が混じった堆積物からなり、下部を 10–20 cm の深さまで剝削して覆う。上部 1.6 m は、淘汰不良、無層理の火山灰軽石火山礫堆積物で、少量の安山岩火山礫、貝殻が散在する。上部の堆積物の基底は不明瞭ではあるが波打って最大 30 cm 程度下方に垂れ下がり、下位の貝殻密集層を剝削し、あるいは荷重変形を与えて堆積していることが読みとれる。

燃島貝層に含まれる火山灰、軽石火山礫を構成する火山ガラスと斜方輝石の屈折率は、これらが桜島起源であることを示唆している(奥野ほか, 1998)。また、森脇ほか(2017)は火山ガラスの屈折率に基づいて下部の火山砕屑物を Sz-11 テフラ、貝殻密集部の基質となっている火山砕屑物を Sz-11 テフラの 2 次堆積物に対比している。しかし、鹿野ほか(2020)は、燃島貝層の下部から上部にかけて無作為に選んだ軽石の全岩化学組成を求め、桜島火山起源のテフラ Sz-13, Sz-12, Sz-11, Sz-10, Sz-9, Sz-8 および Sz-5 に近い組成の軽石が混在していることを示した。本層から採取した貝殻の ^{14}C 年代は 5,710–2,300 BP(奥野ほか, 1998; 亀山ほか, 2005)で、Sz-8 から Sz-5 までの ^{14}C 年代は 5.7–3.2 cal. ka BP(奥野, 2002)なので、Sz-13 から Sz-5 までのテフラが燃島貝層中に混在していたとしてもこれらの年代値には矛盾しない。本研究では南部の燃島貝層(Fig. 2 の Loc. 1)より採取した試料について各微化石の抽出を行った。

表層堆積物 軽石と火山灰からなり、厚さ 1 m を越える未固結の堆積物で、桜島大正噴火起源と考えられる(木野ほか, 1976; Kano et al., 1996; 奥野ほか, 1998; 森脇ほか, 2017)。鹿間(1955)は燃島貝層より上位の層について新島シラスと命名し、貝化石が散在し、上部には安山岩の岩塊が挟在していることを報告している。鹿間(1955)が記載した新島シラス中の安山岩岩塊は安永の海底噴火で放出されたもので、このことから、燃島貝層上部の堆積物と大正噴火起源の堆積物とを区別せずに記載したことがうかがえる。

試料と方法

1. 試料

本研究では、現地で代表的な露頭を選んで粒径、堆積構造、構成物の種類や構成比などに基づいて互いに異なる特徴を持つ岩相を識別し、それぞれの岩相の層序関係を確認して地質柱状図を作成するとともに、微化石分析に供する試料を採取した(Fig. 3)。

新島の最下層である下部新島シルト層は、かつて島の北東部に露出していたが、現在は海岸が護岸され、地表ではほとんど見られない。このため、下部新島シルト層の試料は、北東の砂浜に干潮時に現れる小露頭(Fig. 3 の Loc. 3)から採取した 1 試料のみである。上部新島シルト層および燃島貝層については、これらが連続して露出している新島南部の露頭(Fig. 2 の Loc. 1)において、上部新島シルト層の基底から燃島貝層中部の貝殻密集部まで約 20 cm 間隔で 42 試料を採取した。

2. 方法

微化石試料の処理は尾田・佐藤編(2013)に従って行った。採取試料は研究室に持ち帰り、60°C に設定した恒温乾燥器で乾燥させた。その後、乾燥重量 80 g を量り、ナフサ法による軟化作業と 200 メッシュ(開口径 75 μm)の篩上での水洗処理を行い、泥質分を除去した後、残渣を 60°C の恒温乾燥器で乾燥させた。

乾燥させた残渣試料は簡易分割器を用いて分割した。分割した試料を粒子同士が重ならないように有穴トレイの上に薄くまき、底生有孔虫化石については 200 メッシュ(75 μm)以上、浮遊性有孔虫化石および貝形虫化石については 115 メッシュ(125 μm)以上の個体を拾い出した。なお、貝形虫化石に関しては、左殻、右殻ともに 1 個体として数え、両殻の個体は 2 個体として計数した。

結 果

1. 底生有孔虫化石

底生有孔虫化石は抽出処理を行った全 43 試料中 18 試料から少なくとも 64 属 123 種が産出した(Table A1, Fig. 4)。ただし、試料 1 g 当たりの産出個体数は下部新島シルト層と最下部を除く燃島貝層では 1 例を除いて 250 を超えたが、上部新島シルト層から燃島貝層最下部にかけては 180 以下と少なく、合計で 50 個体に満たない試料については本研究の産出結果からは除外した。群集の種組成を見ると、下部・上部新島シルト層では、いずれも *Bulimina marginata* が優勢で、全体の約 40–90% を占めた。そのほか、層準により多少異なるが、*Bulimina spinosa*, *Eilohedra levicula*, *Elphidium advenum* などが比較的多産した。一方、燃島貝層では下部・上部新島シルト層に比べ多様な種が産出した。その中であって、*Valvulineria* sp., *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Globocassidulina oriangulata*, *Discorbis mira*, *Florilus pauperatus* は、全体を通してそれぞれ 6–24%, 4–13%, 2–14%, 1–12%, 1–9% 産出した。

2. 浮遊性有孔虫化石

浮遊性有孔虫化石は全 43 試料中 14 試料から少なくとも 11 属 21 種が産出した(Table A2, Fig. 5)。試料 1 g 当たりの産出個体数は下部新島シルト層と最下部を除く燃島貝層では 26–40 であったが、上部新島シルト層から燃島貝層最下部にかけては 4–6 と極端に少なかった。群集の種構成については、全体を通して大きな変化が見られず、*Globigerina bulloides*, *Globigerina falconensis*, *Globigerinoides ruber*, *Neoglobobulimina dutertrei* および *Turborotalita quinqueloba* の 5 種が比較的多産したが、産出頻度は下部・上部新島シルト層と燃島貝層で異なっていた。下部・上部新島シルト層では *G. bulloides*, *N. dutertrei*, *T. quinqueloba* が優勢で、それぞれ約 15–22%, 7–21%, 12–40% の産出頻度を示した。また、燃島貝層では *G. ruber* が群集の約 50% を占めた。*G. falconensis* の産出頻度は全体を通して約 8–17% であった。

3. 貝形虫化石

貝形虫化石は全 43 試料中 12 試料から少なくとも 50 属

Fig. 3. Correlation of geologic columns of the sediments exposed on Shinjima Island.

Fig. 4. Scanning electron microphotographs of selected benthic foraminiferal species from Shinjima Island: 1) *Amphicoryna spicata* (Cushman and McCulloch), Sample MSB-11; 2) *Anomalina glabrata* Cushman, Sample MSB-10; 3) *Astrononion hanyudaense* Matsunaga, Sample LSB-1; 4) *Astrononion stelligerum* (d'Orbigny), Sample MSB-10; 5) *Astrononion* sp., Sample MSB-11; 6) *Bolivina kiiensis* Asano, Sample MSB-6; 7) *Bolivina retia* Oki, Sample MSB-8; 8) *Bolivina robusta* Brady, Sample MSB-11; 9) *Bolivina subspinescens* Cushman, Sample MSB-10; 10) *Bulimina marginata* d'Orbigny, Sample USB-23; 11) *Bulimina spinose* (Heron-Allen and Earland), Sample LSB-1; 12) *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny), Sample MSB-6; 13) *Cassidulina norvangi* Thalmann, Sample MSB-6; 14) *Cibicides inagawaensis* Matsunaga, Sample MSB-1; 15) *Cibicoides pseudoungerianus* (Cushman), Sample MSB-10; 16) *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny), Sample MSB-6; 17) *Discorbis mira* Cushman, Sample MSB-9; 18) *Eilohedra levicula* (Resig), Sample MSB-8; 19) *Elphidium advenum* (Cushman), Sample MSB-9; 20) *Elphidium depressulum* Cushman, Sample MSB-2; 21) *Elphidium* sp. Sample MSB-1; 22) *Epistominella kuwanoi* Oki, Sample no. MSB-1; 23) *Florilus japonicus* (Asano), Sample LSB-1; 24) *Florilus pauperatus* (Balkwill and Wright), Sample MSB-10; 25) *Globocassidulina orianguata* Belford, Sample MSB-11; 26) *Gyroidinoides nipponica* (Ishizaki), Sample MSB-10; 27) *Hanzawaia nipponica* Asano, Sample MSB-11; 28) *Hyalinea balthica* (Schroter in Gmelin), Sample LSB-1; 29) *Lagena setigera* Millett, Sample USB-13; 30) *Lenticulina* sp., Sample MSB-6; 31) *Paracassidulina minuta* (Cushman), Sample MSB-5; 32) *Paracassidulina quasicarinata* Nomura, Sample MSB-2; 33) *Pseudononion grateloupi* (d'Orbigny), Sample LSB-1; 34) *Pullenia quinqueloba* (Reuss), Sample MSB-1; 35) *Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny, Sample MSB-10; 36) *Rectobolivina raphana* (Parker and Jones), Sample MSB-10; 37) *Sphaeroidina* sp., Sample MSB-4; 38) *Uvigerina proboscidea* Schwager, Sample MSB-8; 39) *Uvigerina vadescens* Cushman, Sample MSB-5; and 40) *Valvulineria* sp. Sample MSB-11. Scale bars are 0.1 mm.

89種が産出した(Table A3, Fig. 6). 産出した試料は燃島貝層の基底の1層準を除いた10試料と、下部新島シルト層の1試料、上部新島シルト層の1試料であった。群集の種構成は、下部新島シルト層、上部新島シルト層、燃島貝層でそれぞれ異なり、下部新島シルト層からは、*Hanaiborchella miurensis*, *Loxoconcha* sp. 1, *Aurila cymba* がそれぞれ18%, 12%, 9%の高頻度で産出した。次いで *Xestoleberis* 属や *Pontocythere* 属の種も多産した。これらの種はいずれも現在の日本近海において主に沿岸や上部亜沿岸帯のような浅海域に生息する種である。上部新島シルト層で貝形

虫化石が産出したのは1試料のみであったが、優占種は *Cytheropteron hanaii*, *Ambtonia glabra*, *Propontocypris sinensis*, *Argilloecia lunata*, *Paijenborchella iocosa* で、それぞれ20%, 19%, 14%, 9%, 9%の産出頻度を示した。燃島貝層ではいずれの層準においても *Cornucoquimba* cf. *moniwiensis* が圧倒的に優勢で、約30–60%の頻度で産出した。この種は Ishizaki (1966) が記載した *C. moniwiensis* と Ishizaki et al. (1996) が記載した *Cornucoquimba kagitoriensis* の中間的な装飾を有しており、本研究では、便宜的に *Cornucoquimba* cf. *moniwiensis* と

Fig. 5. Scanning electron microphotographs of selected planktonic foraminiferal species from Shinjima: 1) *Globigerina bulloides* d'Orbigny, Sample MSB-9; 2) *Globigerina umbilicata* Orr and Zaitzeff, Sample LSB-1; 3) *Globigerinoides elongata* (d'Orbigny), Sample MSB-5; 4) *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), Sample MSB-10; 5) *Globigerinoides sacculifer* (Brady), Sample MSB-10; 6) *Globorotaloides hexagona* (Natland), Sample USB-31; 7) *Neogloboquadrina incompta* (Cifelli), Sample USB-23; and 8) *Turborotalita quinqueloba* (Natland), Sample LSB-1. Scale bars are 0.1 mm.

した。そのほか、比較的多産した種は、*Trachyleberis* sp., *Bradleya japonica*, *Loxoconcha ikeyai* で、それぞれ 9–24%, 2–6%, 2–6% の産出頻度を示した。

考 察

1. 微化石群集の特徴と古環境

ここでは、今回得られた微化石群集の特徴とそれらが示唆する古環境について、地質単位ごとに分けて考察する。

下部新島シルト層 底生有孔虫化石群集は *B. marginata* が圧倒的に優勢で、*B. spinosa*, *F. japonicus*, *Astrononion hanyudaense*, *E. levicula* など比較的多い。分析は 1 試料のみに限られるが、これらの種は、いずれも現在の鹿児島湾において主に底層流の弱い、水深 100 m を超える海盆底より産出する (Oki, 1989a)。また、最も優勢な *B. marginata* は太平洋に面した西南日本の沖合でも水深 50–100 m 以深に生息する (秋元・長谷川, 1989)。したがって、今回得られた底生有孔虫化石群集は、下部新島シルト層が堆積した当時の始良カルデラ底の古水深が 100 m よりも深かったことを示唆する。

貝形虫化石群集は典型的な閉鎖的内湾に生息する種は少なく、*Xestoleberis* cf. *sagamiensis*, *Xestoleberis hanaii*, *Aurila cymba* などの海藻に付着する種や (Okubo, 1980; Kamiya, 1988; Irizuki et al., 2008 など), *Pontocythere subjaponica* などの主に沿岸帯の砂底に生息する種 (Ikeya and Hanai, 1982) が優勢である。一方で、最も多産した *H. miurensis* は最大で水深 70 m まで生息しているとの報告があり (Hanai, 1970)、比較的多産した *Cytheropteron kumaii* は水深 50 m 以深でも産出するとの報告がある (Yasuhara et al., 2002 など)。産出した種の中にはわずかではあるが、他にも *C. hanaii* や *P. iocosa* のような現在の鹿児島

湾において水深 100 m 程度の水深に生息する種 (Bodergat et al., 2002) も認められる。したがって、浅い水深に生息する底生種は底層流によって深いところへ運ばれて堆積したと考え、貝形虫化石群集も、下部新島シルト層堆積時の始良カルデラ底の古水深が 100 m よりも深かったことを示唆する。

浮遊性有孔虫化石群集は *Turborotalita quinqueloba*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *Globigerina bulloides* が圧倒的に優勢で、これら 3 種で全体の 75% を占める。*T. quinqueloba* は亜熱帯から極域まで分布しており、沿岸域に多い種である (Takemoto and Oda, 1997; Kuroyanagi and Kawahata, 2004; 北村, 2007 など)。日本の周辺海域では日本海や親潮流域の浅海域 (約 60 m 以浅) において比較的多産する (Takemoto and Oda, 1997; Kuroyanagi and Kawahata, 2004)。また、*N. dutertrei* は日本の周辺海域では 2 つの個体群に分けられ、一方は黒潮流域の暖流域に、もう一方は親潮流域の寒流域に生息する (Kuroyanagi and Kawahata, 2004)。*G. bulloides* は熱帯から亜寒帯まで分布し、湧昇流の指標とされる (Hemleben et al., 1989; Kuroyanagi and Kawahata, 2004; 北村, 2007 など)。したがって、下部シルト層堆積時の湾奥が外洋水の流入する浅海であったことはうかがえるものの、これらの産出をもって鹿児島湾にどのような海流が流入していたかは決めがたい。しかし、全体個体数に占める割合は 7% と少ないものの、現在黒潮の軸流表層に生息する *Globigerinoides ruber* (例えば、北村, 2007) が産出する点を考慮すると、その当時は、海流が外洋から入り込んでいた可能性を指摘できるが、その水温は現在の黒潮に比べて低かったものと推測される。この解釈は湾奥の当時の水温は現在よりも低かったとする、湾奥北岸の天降川河口におけるボーリングコアの底生有孔虫群集

Fig. 6. Scanning electron microphotographs of selected ostracods species from Shinjima Island: 1) *Abrocythereis guangdongensis* Gou, male LV, Sample MSB-11; 2) *Acanthocythereis munechikai* Ishizaki, male LV, Sample MSB-7; 3) *Ambtonia glabra* Malz, female LV, Sample MSB-7; 4) *Argilloecia hanaii* Ishizaki, female LV, Sample MSB-7; 5) *Argilloecia lunata* Frydl, adult LV, Sample MSB-3; 6) *Argilloecia symmetrica* Zhao, adult LV, Sample MSB-3; 7) *Aurila cymba* (Brady), male LV, Sample MSB-8; 8) *Aurila uranouchiensis* Ishizaki, juvenile RV, Sample MSB-2; 9) *Bradleya japonica* Benson, male LV, Sample MSB-11; 10) *Bythoceratina* sp. female LV, Sample MSB-10; 11) *Cornucoquimba* cf. *moniwiensis* (Ishizaki), male RV (a), male LV (b), female RV (c), female LV (d), juvenile RV (e), juvenile LV (f), Sample MSB-11; 12) *Cythero-pteran* *hanaii* Ishizaki, male LV, Sample MSB-5; 13) *Cythero-pteran* *kumaii* Yasuhara, Irizuki, Yoshikawa and Nanayama, female LV, Sample MSB-11; 14) *Cythero-pteran* *subuchioi* Zhao, female LV, Sample MSB-11; 15) *Falsobuntonia taiwanica* Malz, female LV, Sample MSB-10; 16) *Hanaiborchella miurensis* (Hanai), female LV, Sample LSB-1; 17) *Kotorocythere inconspicua* (Brady), male LV, Sample LSB-1; 18) *Loxoconcha ikeyai* Zhou, female LV, Sample MSB-11; 19) *Loxoconcha* sp. 1, juvenile RV, Sample LSB-1; 20) *Loxoconcha viva* Ishizaki, female RV, Sample MSB-11; 21) *Munseyella japonica* (Hanai), adult RV, Sample MSB-10; 22) *Neonesidea oligodentata* (Kajiyama), juvenile RV, Sample MSB-11; 23) *Paijen-borchella iocosa* Kingma, female RV, Sample USB-31; 24) *Propontocypris sinensis* Zhao, adult LV, Sample MSB-3; 25) *Trachyleberis* sp., male RV (a), male LV (b), female RV (c), female LV (d), Sample MSB-11; and 26) *Xestoleberis* cf. *sagamiensis* Kajiyama, juvenile RV, Sample MSB-11. Scale bars are 0.2 mm. LV is left valve, RV is right valve.

に基づく森脇ほか(2015)の見解とも調和的である。

貝形虫化石は比較的外洋の影響が強い沿岸や上部亜沿岸帯のような浅海域に生息する種が多く産出する。また、底生有孔虫化石にも比較的外洋の影響が強い沿岸や上部亜沿岸帯のような浅海域に生息する *E. advenum* が産出し、浮遊性有孔虫化石では沿岸域に多い *T. quinqueloba* が多産した。現在の海底地形(海上保安庁, 1990, 1993)とその当時(1万3千年前頃)の世界的海水準(約-80 m 前後; Lambeck et al., 2014)もしくは湾奥北岸の天降川河口で推定された海水準(-75 m 以深; 森脇ほか, 2015)を考慮すると、これらは、湾口付近から始良カルデラ南縁にかけて広がる沿岸沿いの水深 100 m よりも浅い水域に生息していたもので、湾内に流入してきた外洋水によって湾奥まで運ばれ、それらの遺骸が水深 100 m より深かったと推測される始良カルデラ底にも

堆積したと考えられる。

上部新島シルト層 上部新島シルト層の底生有孔虫化石群集は下部新島シルト層と同様 *B. marginata* を優占種とする。ただし、*B. marginata* の産出頻度は、上部新島シルト層内に挟在する Sz-13 テフラの上位約 1 m の層準(試料 USB-13-USB-16)では 80% 以上とより高く、群集の大半を占めるが、上位の Sz-12 テフラの約 1 m 下位の層準(試料 USB-22, USB-23)では約 40-68% と低くなり、種が多様になり、*Cassidulina* 属や *Paracassidulina* 属など、現在の鹿児島湾において外洋水の影響の強い海域に生息する種 (Oki, 1989a) の産出頻度が比較的高くなっている。これらのことから、上部シルト層堆積時の水深は 100 m を超え、底層にも外洋水の影響が及んでいた可能性が示唆される。これは珪藻化石群集の分析結果(鹿野ほか, 2020)や、貝形虫

化石群集の結果とも調和的である(後述)。ごくまれにしか産出しない *Buliminella elegantissima* は鹿児島湾以外の九州沿岸からは産出の報告がなく、Kuwana(1962)は氷期遺存種の可能性を示唆している。しかし、新島における産出層準は上部新島シルト層に挟在する桜島起源テフラ Sz-13(10.6 cal. ka BP)上位に限られており、現在の鹿児島湾では人為的影響の強い海域に多産する。また、世界的に見れば低緯度の海域からも複数の報告があることから、これを氷期遺存種とするにはなお検討が必要である(大木, 1989b)。

貝形虫化石群集で優勢なのは *C. hanaii*, *A. glabra*, *P. sinensis*, *A. lunata*, *P. iocosa* などであるが、*C. hanaii* や *P. iocosa* は日本周辺からは東シナ海や太平洋の水深 100 m 前後の、外洋水の影響が強い海域に生息しており(Ishizaki, 1981; Zhou, 1995)、現在の鹿児島湾でも水深 100 m 程度の比較的深い海域に生息している。*A. lunata* は浅海域から海盆底まで広い範囲に生息しており(Bodergat et al., 2002)、日本近海の主に水深 50 m 以深でも確認されている(Zhou, 1995 など)。また、*A. glabra* は Bodergat et al. (2002)における *Ambtonia obai* に相当すると考えられ、*A. obai* は現在の鹿児島湾において湾口から湾中央部にかけての、水深 100 m 以深の比較的深い海域に生息する。*P. sinensis* は鹿児島湾からの報告が無いが、東シナ海の水深 20–210 m の海域に生息する(Wang et al., 1988)。したがって、上部新島シルト層堆積時の古水深は少なくとも 100 m 以深であったと考えられる。なお、森脇ほか(2017)も Sz-13 テフラ直上の上部シルト層のシルトから貝形虫化石を抽出し、*P. iocosa*, *A. obai*, *Argilloecia hanaii* および *Xestoleberis sagamiensis* を優勢種とする群集を報告した。森脇ほか(2017)はさらに現生アナログ法によって 94 m の古水深を推定しており、本研究の結果と調和的である。

浮遊性有孔虫化石群集は、下部新島シルト層の試料と比べて *G. ruber* の産出頻度が 10% 以上とやや高い。この種は現在黒潮の軸流表層に生息している(例えば、北村, 2007)。このことから、上部新島シルト層堆積時には下部新島シルト層堆積時に比べ湾奥に流入する暖流の影響が強くなっていた可能性が示唆される。

燃島貝層 燃島貝層の微化石群集は下部・上部新島シルト層と大きく異なる。

底生有孔虫化石は *D. mira*, *Valvulineria* sp., *G. oriangulata*, *F. pauperatus*, *C. pseudoungerianus* の 5 種が優勢であるが、これらに加えて浅海生種の *E. advenum* や現在の鹿児島湾において水深 100 m 以深の深い海域に生息する *Gyroidinoides nipponica* など、様々な水深に生息する種が混在する。産出頻度の高い 5 種は現在も外洋および鹿児島湾湾口部の海底に多産する。燃島貝層のほぼ全層準から高い頻度で産出する *Valvulineria* sp. は、Oki(1989)の *Valvulineria* aff. *hamanakoensis* に相当する種で、日本の内湾汽水域に生息するとの報告(石和田, 1958 など)もあるが、鹿児島湾では標準的な *V. hamanakoensis* に比べて室の膨らみがやや小さい個体が湾口部や外洋域の比較的深い海域に生息している(Oki, 1989a)。*D. mira*, *G. oriangula-*

ta, *F. pauperatus*, *C. pseudoungerianus* の 4 種は、いずれも Oki(1989)が鹿児島湾の水塊構造と底生有孔虫群集に基づいて区分した 5 つの群集のうち、外洋水の影響を強く受ける海域に分布する群集の優勢種である。したがって、これら *Valvulineria* sp. などの優勢種は、鹿児島湾奥が外洋水の影響を強く受ける環境にあったことを示唆する。このことは浮遊性有孔虫化石群集が黒潮流軸に卓越する *G. ruber* を圧倒的優勢種としていることとも調和的である。

貝形虫化石群集では、*C. moniwensis* に比較された *C. cf. moniwensis* が圧倒的に優勢で、*Trachyleberis* sp., *B. japonica*, *L. ikeyai* なども比較的多く産出する。これらのうち、*C. moniwensis* に比較された *C. cf. moniwensis* は、中新世の熱帯～亜熱帯海中気候事変時に多産し、形態学的に近縁な *C. kagitoriensis* も含めて日本各地の中新統～更新統から産出する *C. moniwensis* と形態的に非常に類似する(例えば、Ishizaki, 1966; Ishizaki and Matoba, 1985; 入月・松原, 1994; Ishizaki et al., 1996; 田中ほか, 2004; Iri-zuki et al., 2007; Goto et al., 2014)。しかし、*C. moniwensis* や *C. kagitoriensis* は 2.75 Ma 以降に減少し、現在の日本近海では、仙台湾などの暖流と寒流の混合流域にわずかに生息しているにすぎない(Ikeya and Itoh, 1991; 入月・石田, 2007 など)。他にも燃島貝層から現在では産出が稀なオオスナモグリ卓越(安藤ほか, 2016; Ando et al., 2020)や絶滅種であるトウキョウホタテ(*Mizuhopecten tokyoensis*)の産出(鹿間, 1955)が報告されている。これらの種が現在日本列島の海域で著しく減少あるいは絶滅した原因を特定することはむずかしいが、*C. cf. moniwensis* については、最終氷期に南方へ移動し、トカラ海峡以北の南九州周辺に生息していた個体が鹿児島湾に取り残された可能性が考えられる。また、仙台湾における生息水深に基づく、この種は深くても水深 50 m 程度の浅海域に生息すると考えられる。*Trachyleberis* sp. は岩谷・入月(2008)が鮮新統宮崎層群から *T. verrucifera* として報告した種と同一であるが、現世における生態は不明である。*B. japonica* は、現在の鹿児島湾においても主に外洋域から湾中央部にかけて水深 100 m 以深の比較的深い海域より多産する(Bodergat et al., 2002)。*L. ikeyai* は Zhou(1995)によって熊野灘から種子島にかけての太平洋海域で初めて記載された種で、水深 100 m 以深の比較的深い海域に生息する種である。このように、比較的多産したいくつかの種はいずれも外洋の水深 100–200 m 程度の海域に生息している。

底生有孔虫化石群集と貝形虫化石群集には 100 m 以深に生息する種と、より浅い環境に生息する種とが混在しており、より浅い環境に生息する種の産出頻度はともに全体を通して 50% 近くに達する。しかし、貝化石群集もベッコウガキなど中部～下部浅海帯に生息する種が多いものの、内湾の潮間帯に生息するカガミガイやシオヤガイなども混入している。また、中部～下部浅海帯に生息する二枚貝類の多くは片殻になっているなど、異地性の特徴を示す(松島ほか, 1997; 亀山ほか, 2005 など)。したがって、燃島貝層堆積時の古水深は、おそらく、現在の湾奥の水深と同じ 140 m 前後で、

浅海生種は流れ込み個体であると考えられる。燃島貝層を構成する堆積物は、重力流堆積物に特徴的な堆積構造を示しており、桜島火山起源と思われる軽石や火山灰と多様な化石が混在しており、桜島北岸から沖合へと続く斜面に生息していた生物を巻き込んで新島周辺に堆積した可能性が高い(鹿野ほか, 2020)。

2. 鹿児島湾奥の古環境

最近行われた鹿野ほか(2020)の研究によれば、下部新島シルト層の年代の上限は新島軽石と新島南部軽石の噴出年代とほぼ同じで、約 13 cal. ka BP である。また、上部新島シルト層の年代の上限は約 8 cal. ka BP で、燃島貝層の年代は確定しているとは言いが、約 2 cal ka BP を少し遡った時期になると考えられる。

先に述べたように、混在する浅海生種を異地性とみなして深い環境に生息する種を重視すると、各層の古水深は、下部新島シルト層で 100 m 前後もしくはそれ以深、上部新島シルト層で 100 m 以深、燃島貝層では現在の始良カルデラ底の平均水深と同じく 140 m 前後と考えられる。

鹿児島湾奥に海水が流入したのは約 1 万 4 千年前であると考えられており(森脇ほか, 2015; 鹿野ほか, 2016, 2020)、今回得られた下部新島シルト層堆積期の推定古水深は、鹿児島湾奥が海水環境へと変化した直後から既に水深の深い環境であったことを示唆する。また、外洋に生息する種が産出したことは、当時の鹿児島湾奥は多少なりとも湾口が開いた、やや開放的な環境にあったことを示唆する。これは、浮遊性有孔虫化石が多産すること、および *T. quinqueloba* などの沿岸要素を持った浮遊性有孔虫種(Takemoto and Oda, 1997 など)が多産したこととも調和的である。したがって、今回得られた微化石群集は、その当時も、始良カルデラ南縁の桜島付近は塞がれておらず(森脇ほか, 2015)、現在鹿児島湾を反時計回りに循環する黒潮の分流(Okai, 1989a など)が湾奥にまで進入していたとするこれまでの見解を支持する。また、表層付近で水の動きがあったことにより、沿岸から遺骸の流れ込みが発生しやすい環境であったことを示す。

このような状況は燃島貝層の堆積時まで続くが、上部新島シルト層から燃島貝層最下部にかけては、その上下の堆積物と群集構成種があまり変わらないにも関わらず微化石、特に底生種の産出個体数が極めて少ない。燃島貝層の最下部は厚さ 10–40 cm の凝灰質砂密度流堆積物が 4 枚重なっており(鹿野ほか, 2020)、これらがあまり間を置かず堆積したとすれば、底生の微化石を取り込む割合が少なかったことも説明できる。上部新島シルト層については、厚さ 20 m を超える新島軽石と厚さ 2–5 m の新島南部軽石が直下にあり、また、密度流起源と考えられる厚さ 2 m 前後の礫質凝灰質堆積物を最下部に伴っていることから、これらが堆積したことでカルデラ底は急激に浅くなり、底生種の生息環境は変わった可能性が考えられる。しかし、礫質凝灰質堆積物が堆積した後は、桜島火山起源のテフラが薄く堆積することはあっても、海底にシルトが堆積し続け、その厚さは 7 m にも達しており、したがって、底生種が絶えるほどの環境が続いたとは思えない。

そこで注目されるのがシルト中の硫黄の含有量の高さである。Yamanaka et al.(2010)によれば、上部新島シルト層中の硫黄含有量は共存する有機炭素から期待され得る値よりも格段に高く、その大部分は黄鉄鉱として固定されている。このことは、おそらく、その硫黄の大半が、若尊カルデラから放出された硫化水素または二酸化硫黄に由来すること、そしてそれらが海水に溶け込んで生じた酸性水塊が鉄と結合し沈殿して堆積物に残存していることを意味する。若尊火山では、カルデラ形成後も火山活動が活発だったらしく、時期は特定できないが、若尊海丘などの溶岩ドームが噴出し、あるいは地下に貫入している(長岡ほか, 1990; 海上保安庁, 1992)。しかも、噴気活動は現在も続いており、1960 年頃からは酸性水塊が発生し、海水が弱酸性になっている(大木ほか, 1992)。したがって、若尊カルデラがそれ以前にも一時的に熱水を噴出し、酸性水塊が発生していたとすれば、上部新島シルト層堆積時にも一時的に海水が酸性になっていた可能性は高い。ただし、現在の湾奥の東部では、底層に酸性水塊が広がり、主に膠着質種で構成されている群集が分布している(Okai, 1989a)が、今回上部新島シルト層からは膠着質種が産出しなかった。ただ、多量の泥質ペレットや海綿の骨針が産出することから、酸性状態ではあっても石灰質殻をもたない生物は生きていたと考えられる(田中源吾, 私信)。産出個体数が極めて少ない要因として他に考えられることは、底層流による淘汰、生産性の変化などであるが、上部新島シルト層は懸濁したシルトの沈降によって形成された堆積物であり、燃島貝層が密度流堆積物であることを考えると、一概にこれらに素因を求めることはできない。

ま と め

新島に露出する始良カルデラ底下の堆積物から石灰質微化石を抽出し、その群集組成を調べた結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 下部新島シルト層堆積時(約 13,000 年前)、鹿児島湾奥の始良カルデラ底は水深 100 m を超え、底層流の弱い環境であったが、表層には現在の黒潮よりもやや水温の低い暖流が流入していた。
- 2) 上部新島シルト層堆積時(13,000–8,000 年前)には後氷期の海面上昇が始まってそれまで表層に流入していた外洋水がカルデラ底まで流入するようになった。しかし、石灰質微化石の種数と産出頻度は低下する。その原因の 1 つとして、若尊カルデラの火山活動によって放出された火山ガスによって酸性水塊が広がった可能性が考えられる。
- 3) 燃島貝層堆積時(8,000–2,000 年前)には後氷期の海面上昇が進み、暖流がカルデラ底に強く入り込むようになり、湾奥のカルデラ底の水深は現在の水深 140 m とほぼ同じになった。

謝 辞

本論文は前浜の鹿児島大学理学部地球環境科学科卒業研究および島根大学大学総合理工学研究科修士研究の成果に基づ

く。卒業論文研究時の鹿児島大学の学生、先生方および修士論文研究時の島根大学の学生、院生、先生方に本研究を進めるに際して助言、ご協力をいただいた。また、査読者の秋元和實博士(熊本大学)、田中源吾博士(金沢大学)には有益なご助言をいただいた。記して謝意を示します。

文 献

- 秋元和實・長谷川 四郎, 1989, 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布: 古水深尺度の確立に向けて. 地質学論集, **32**, 229–240. [Akimoto, K. and Hasegawa, S., 1989, Bathymetric distribution of the Recent benthic foraminifers around Japan: As a contribution to the new paleobathymetric scale. *Mem. Geol. Soc. Japan*, **32**, 229–240.]
- 安藤佑介・河野重範・三宅優佳・瓜生 梓・新山楓大・亀山宗彦・下山正一, 2016, 第四系燃島シルト層および燃島貝層(鹿児島県, 新島)から産出した十脚類化石. 日本古生物学会 2016 年年会・総会予稿集, 40. [Ando, Y., Kawano, S., Miyake, Y., Uryuu, A., Niiyama, S., Kameyama, S. and Shimoyama, S., 2016, Decapods from the Quaternary Moeshima Silt Bed and Moeshima Shell Bed in Shinjima, Kagoshima Prefecture, Japan (P11). 2016 *Annu. Meet. Palaeontol. Soc. Japan, Abstr.*, 40.]
- Ando, Y., Kawano, S., Muramiya, Y., Niiyama, S., Kameyama, S. and Shimoyama, S., 2020, Fossil decapods from the Upper Quaternary in Shinjima Island in Kagoshima, Kyushu, Japan, and description of a new species of ghost shrimp (Axiidea, Eucalliidae). *Zootaxa*, **4878**, 523–541.
- Aramaki, S., 1984, Formation of the Aira Caldera, southern Kyushu, ~22,000 years ago. *J. Geophys. Res. B: Solid earth*, **89**, 8485–8501.
- Bodergat, A. M., Ishizaki, K., Oki, K. and Rio, M., 2002, Currents, civilization, or volcanism? Ostracods as sentinels in a patchy environment: Kagoshima Bay, Japan. *Micropaleontology*, **48**, 285–299.
- Goto, T., Irizuki, T., Yanagisawa, Y. and Hayashi, H., 2014, Microfossil biostratigraphy and paleoenvironments of the upper Pliocene Kuwae Formation, Northeast Japan. *Paleontol. Res.*, **18**, 150–168.
- Hanai, T., 1970, Studies on the ostracod subfamily Schizocytherinae Mandelstam. *J. Paleontol.*, **44**, 693–729.
- Hemleben, C., Spindler, M. and Anderson, O. R., 1989, *Modern Planktonic Foraminifera*. New York, Springer, 363p.
- 平田国雄, 1964, 燃島貝層. 鹿児島県理科教育協会編, 鹿児島島の自然, あづき書店, 235–244. [Hirata, K., 1964, Moeshima shell bed. In Kagoshima Science Education Association, ed., *The Nature of Kagoshima*, Azusa-shoten, 235–244.]
- Ikeya, N. and Hanai, T., 1982, Ecology of recent ostracodes in the Hamana-ko region, the Pacific coast of Japan. *Bull. Univ. Mus. Univ. Tokyo*, **20**, 15–59.
- Ikeya, N. and Itoh, H., 1991, Recent Ostracoda from the Sendai Bay region, Pacific coast of northeastern Japan. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, **25**, 93–145.
- 入月俊明・石田 桂, 2007, 日本海沿岸の鮮新世貝形虫群集と海洋環境との関係. 化石, **82**, 13–20. [Irizuki, T. and Ishida, K., 2007, Relationship between Pliocene ostracode assemblages and marine environments along the Japan Sea side regions in Japan. *Fossils*, **82**, 13–20.]
- Irizuki, T., Kusumoto, M., Ishida, K. and Tanaka, Y., 2007, Sea-level changes and water structure between 3.5 and 2.8 Ma in the central part of the Japan Sea Boderland: Analyses of fossil Ostracoda from the Pliocene Kuwae Formation, central Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **245**, 421–443.
- 入月俊明・松原尚志, 1994, 貝形虫化石群集に基づく下-中部中新統門ノ沢層の堆積環境の垂直変化. 地質雑誌, **100**, 136–149. [Irizuki, T. and Matsubara, T., 1994, Vertical changes of depositional environments of the Lower to Middle Miocene Kadosawa Formation based on analyses of fossil ostracode faunas. *J. Geol. Soc. Japan*, **100**, 136–149.]
- Irizuki, T., Seto, K. and Nomura, R., 2008, The impact of fish farming and bank construction on Ostracoda in Uranouchi Bay on the Pacific coast of southwest Japan: Faunal changes between 1954 and 2002/2005. *Paleontol. Res.*, **12**, 283–302.
- 石和田靖章, 1958, 汽水域の研究Ⅲ. 浜名湖の現生有孔虫群集—汽水域有孔虫類の研究—. 地質調査所報告, **180**, 1–19. [Ishiwada, Y., 1958, Studies on the brackish water: III, Recent foraminifera from the brackish lake Hamana-ko. *Geol. Surv. Japan Rep.*, **180**, 1–19.]
- Ishizaki, K., 1966, Miocene and Pliocene ostracodes from the Sendai area, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, **37**, 131–163.
- Ishizaki, K., 1981, Ostracoda from the East China Sea. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, **51**, 37–65.
- Ishizaki, K., Fujiwara, O. and Irizuki, T., 1996, Ostracod faunas from the Upper Miocene Tsunaki Formation near the southern border of Sendai City, Northeast Japan. *Proc. 2nd Eur. Ostracodologists Meet.*, 113–120.
- Ishizaki, K. and Matoba, Y., 1985, Excursion 5: Akita (Early Pleistocene cold shallow water Ostracoda). *Guidebook of Excursion of the 9th International Symposium on Ostracoda, Shizuoka*, 1–12.
- 岩谷北斗・入月俊明, 2008, 宮崎平野北部の鮮新統宮崎層群の地質と貝形虫化石群集. 化石, **84**, 61–73. [Iwatani, H. and Irizuki, T., 2008, Geology and fossil ostracode assemblages from the Pliocene Miyazaki Group in the northern part of the Miyazaki Plain, Southwest Japan. *Fossils*, **84**, 61–73.]
- 海上保安庁, 1990, 海底地形図「鹿児島湾北部」(5 万分の 1). 沿岸の海の基本図 第 6351-1 号. [Japan Coast Guard, 1990, *Bathymetric Chart, Northern Part of Kagoshima Wan (1: 50,000)*. Basic Map of Sea (Coastal), no. 6351-1.]
- 海上保安庁, 1992, 海底地質構造図「鹿児島湾北部」(5 万分の 1). 沿岸の海の基本図 第 6351-1S 号. [Japan Coast Guard, 1992, *Submarine Structural Chart, Northern Part of Kagoshima Wan (1: 50,000)*. Basic Map of Sea (Coastal), no. 6351-1S.]
- 海上保安庁, 1993, 海底地形図「鹿児島湾南部」(5 万分の 1). 沿岸の海の基本図 第 6351-2 号. [Japan Coast Guard, 1990, *Bathymetric Chart, Southern Part of Kagoshima Wan (1: 50,000)*. Basic Map of Sea (Coastal), no. 6351-2.]
- 亀山宗彦・下山正一・宮部俊輔・宮田雄一郎・杵山哲男・岩野英樹……松隈明彦, 2005, 始良カルデラ堆積物の層序と年代について—鹿児島県新島(燃島)に基づく研究—. 第四紀研究, **44**, 15–29. [Kameyama, S., Shimoyama, S., Miyabe, S., Miyata, Y., Sugiyama, T., Iwano, H., Matsukuma, A., 2005, Stratigraphy and ages of Aira caldera deposits in Shinjima (Moeshima), Kagoshima Prefecture, West Japan. *Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyu)*, **44**, 15–29.]
- Kamiya, T., 1988, Morphological and ethological adaptations of Ostracoda to microhabitats in Zestera beds. In Hanai, T., Ikeya, N. and Ishizaki, K., eds., *Evolutionary Biology of Ostracoda-Its Fundamentals and Applications*. Kodansha, Tokyo and Elsevier, Amsterdam, 303–318.
- Kano, K., Yamamoto, T. and Ono, K., 1996, Subaqueous eruption and emplacement of the Shinjima Pumice, Shinjima (Moeshima) Island, Kagoshima Bay, SW Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **71**, 187–206.
- 鹿野和彦・柳沢幸夫・森脇 広・小林哲夫・内村広大・味喜大介・井口正人, 2016, 始良カルデラの後カルデラ火山活動と環境変遷. 日本地質学会第 123 年学術大会講演要旨, R3-O-5. [Kano, K., Yanagisawa, Y., Moriwaki, H., Kobayashi, T., Uchimura, K., Miki, D. and Iguchi, M., 2016, Post caldera volcanism and environmental changes of the Aira caldera, inner Kagoshima Bay, Kyusyu, Japan. *123rd Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.*, R3-O-5.]

- 鹿野和彦・柳沢幸夫・内村広大・奥野 充・中村俊夫, 2020, 鹿児島湾, 新島に露出する完新統の層序と起源. 地質雑, **126**, 519–535. [Kano, K., Yanagisawa, Y., Uchimura, K., Okuno, M. and Nakamura, T., 2020, Stratigraphy and origin of the Holocene succession exposed on the Shinjima (Moeshima) Island, inner Kagoshima Bay, SW Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, **126**, 519–535.]
- 木野義人・小野晃司・寺岡易司・衣笠善博・磯部一洋, 1976, 桜島北東側陸域の地質学的研究. 昭和 50 年度特別研究促進調整費[鹿児島県新島の海岸欠落に関する特別研究報告書], 科学技術庁研究調整局, 29–54. [Kino, Y., Ono, K., Teraoka, Y., Kinugasa, Y. and Isobe, K., 1976, Researches on the geologic structures under the sea on the northeast side of Sakurajima. *Special Research Report on the Coastal Collapse of the Shinjima Island, Kagoshima Prefecture, Supported by the Showa 50 Fiscal Year Budget for Special Research Promotion and Coordination*. Res. Coord. Bur., Sci. and Technol. Agency, 29–54.]*
- 北村晃寿, 2007, 後期鮮新世から前期更新世の間氷期における対馬海流の動態とその要因—特に下部更新統における浮遊性有孔虫 *Globoconella inflata* の産出の古環境的意義の再検討. 化石, **82**, 52–59. [Kitamura, A., 2007, The cause of the temporal changes in the Tsushima Current during interglacial periods in the late Pliocene-early Pleistocene Japan Sea reexamination of the early Pleistocene occurrences of the planktonic foraminifer *Globoconella inflata*. *Fossils*, **82**, 52–59.]
- 小林哲夫, 2009, 桜島火山, 安永噴火(1779–1782 年)で生じた新島(安永諸島)の成因. 火山, **54**, 1–13. [Kobayashi, T., 2009, Origin of new islets (An-ei islets) formed during the An-ei eruption (1779–1782) of Sakurajima Volcano, southern Kyushu, Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **54**, 1–13.]
- 小林哲夫・味喜大介・佐々木 寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三, 2013, 桜島火山地質図(第 2 版). 産業技術総合研究所地質調査総合センター. [Kobayashi, T., Miki, D., Sasaki, H., Iguchi, M., Yamamoto, T. and Uto, K., 2013, *Geological Map of Sakurajima Volcano*. Geol. Surv. Japan, AIST.]
- Komai, T., Yokooka, H., Henmi, Y. and Itani, G., 2019, A new genus for “*Neocallichirus*” *grandis* Karasawa & Goda, 1996, a ghost shrimp species (Decapoda: Axiidea: Callinassidae) heretofore known only by fossil materials. *Zootaxa*, **4604**, 461–481.
- Kuroyanagi, A. and Kawahata, H., 2004, Vertical distribution of living planktonic foraminifera in the seas around Japan. *Mar. Micropaleontol.*, **53**, 173–196.
- Kuwano, Y., 1962, Foraminiferal biocoenosis of the seas of Japan: A survey of Pacific-side biocoenoses. *Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Res.*, **58–59**, 116–138.
- 桑代 勲・鹿児島短期大学地理学セミナー, 1970, 始良カルデラの研究(2). 新島の誕生・地形と地質・海岸侵食. 知覧文化, **7**, 1–22. [Kuwashiro, I. and Geographical Seminar of Kagoshima Junior College, 1970, Study on Aira caldera(2). Formation of Shinjima, landforms and geology, coastal erosion. *Chiran Bunka*, **7**, 1–22.]*
- Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y. and Sambridge, M., 2014, Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **111**, 15296–15303.
- 前浜悠太・鹿野和彦・大木公彦・入月俊明, 2017, 鹿児島県新島の微化石群集に基づく鹿児島湾奥の古環境復元. 日本地質学会第 124 年学術大会講演要旨, R16–P-2. [Maehama, Y., Kano, K., Oki, K. and Irizuki, T., 2017, Paleoenvironmental reconstruction of Kagoshima Bay head area based on microfossil assemblages from the Shinjima Island, inner Kagoshima Bay, SW Japan. *124th Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.*, R16–P-2.]
- Matsumoto, T., 1943, The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu, Japan. *J. Geol. Geogr.*, **19**, 1–57.
- 松島義章・長岡信治・森脇 広・奥野 充・新井房夫, 1997, 鹿児島湾奥, 燃島貝層について. 日本地質学会第 104 年学術大会講演要旨, 354. [Matsushima, Y., Nagaoka, S., Moriwaki, H., Okuno, M. and Arai, F., 1997, Moeshima shell bed. *104th Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.*, 354.]
- 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, 2015, 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, **54**, 149–171. [Moriwaki, H., Matsushima, Y., Sugihara, S., Ohira, A., Oki, K., Masubuchi, K. and Tsurumaki, K., 2015, Sea-level and paleoenvironmental changes of Kokubu plain on the northern coast of Kagoshima Bay, south Japan, since 15,000 years ago. *Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyu)*, **54**, 149–171.]
- 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 ^{14}C 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. 地質雑, **126**, 557–579. [Moriwaki, H., Nagasako, T., Nishizawa, F., Matsushima, Y., Suzuki, T. and Tanaka, G., 2017, Chronology and significance of marine deposits on Shinjima (Moeshima) Island, Kagoshima Bay, based on tephrochronology and ^{14}C ages. *J. Geogr. (Chigaku Zasshi)*, **126**, 557–579.]
- 長岡信治・穀田昇一・大久保秀一, 1990, 鹿児島湾の海底地形と地質. 1990 年日本火山学会講演予稿集, 62. [Nagaoka, S., Kokuta, N. and Okubo, S., 1990, Landforms and geology of Kagoshima Bay. *1990 Fall Meet., Volcanol. Soc. Japan, Abstr.*, 62.]
- 尾田太良・佐藤時幸編, 2013, 新版微化石研究マニュアル. 朝倉書店, 110p. [Oda, M. and Sato, T., ed., 2013, *Manual of Micropaleontological Study, New Edition*. Asakura Publ., 110p.]*
- Oki, K., 1989a, Ecological analysis of benthonic Foraminifera in Kagoshima Bay, South Kyushu, Japan. *South Pacific Study*, **10**, 1–191.
- 大木公彦, 1989b, 日本周辺海域における *Buliminella* 属の生息分布. 高柳洋吉・石崎国熙編, 論集: 日本列島の有孔虫, 143–150. [Oki, K., 1989b, Distribution of the genus *Buliminella* from areas around Japan. In Takayanagi, Y. and Ishizaki, K., eds., *Collected Papers on Foraminifera from the Japanese Islands*, 143–150.]
- 大木公彦・早坂祥三・高柳洋吉, 1992, 火山性噴気現象に伴う底生有孔虫群集の垂直的变化—酸性水塊はいつ起こったか. 「深海探査技術を用いた鹿児島湾の火山性噴気現象に関する総合研究」, 海洋科学技術センター・鹿児島大学水産学部・理学部・教養部, 21–24. [Oki, K., Hayasaka, S. and Takayanagi, Y., 1992, Vertical change of benthic foraminiferal assemblage following volcanicity fumarolic phenomenon: When did the acidic water mass appear in the Bay Head Area, Kagoshima Bay? *Synthetic Researches on the Volcanicity Fumarolic Phenomenon for Using Deep Water Survey Technology*, Mar. Sci. Technol. Center, Fac. Fish. Sci. Educ., Kagoshima Univ., 21–24.]*
- Okubo, I., 1980, Taxonomic studies on recent marine podocypid Ostracoda from the island sea of Seto. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **25**, 389–443.
- 奥野 充, 2002, 南九州に分布する過去 3 万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, **41**, 225–236. [Okuno, M., 2002, Chronology of tepfra layers in southern Kyushu, SW Japan, for the last 30,000 years. *Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyu)*, **41**, 225–236.]
- 奥野 充・松島義章・長岡信治・森脇 広・新井房夫・中村俊夫, 1998, 南九州, 鹿児島湾の燃島貝層中のベッコウガキの加速器 ^{14}C 年代. 福大理学集報, **28**, 123–128. [Okuno, M., Matsushima, Y., Nagaoka, S., Moriwaki, H., Arai, F. and Nakamura, T., 1998, AMS radiocarbon dating of shell fossil (*Neopycnodonte musashiana*) in the Moeshima shell bed, Kagoshima Bay, SW Japan. *Fukuoka Univ. Sci. Rep.*, **28**, 123–128.]
- Omori, F., 1916, The Sakurajima eruptions and earthquakes, II. *Bull. Imp. Earthquake Invest. Committee*, **8**, 35–179.
- 鹿間時夫, 1955, 鹿児島県燃島貝層の層位的位置. 地質雑, **61**, 723.

- [Shikama, T., 1955, Stratigraphic position of the Moeshima shell bed in Kagoshima Prefecture. *J. Geol. Soc. Japan*, **61**, 723.]*
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Ramsey, C. B., Nakagawa, T., Mark, D. F.,...Danbara, T., 2013, Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quat. Sci. Rev.*, **67**, 121–137.
- 首藤次男, 1962, 九州の最新統諸層の吟味—対比の基礎(九州の最新統の地史学的研究—II). 地質雑, **68**, 301–312. [Shuto, T., 1962, A revision of the Pleistocene stratigraphy in Kyushu: For the basis of interprovincial correlation (Notes on the Pleistocene history in Kyushu Island-II). *J. Geol. Soc. Japan*, **68**, 301–312.]
- Takemoto, A. and Oda, M., 1997, New planktonic foraminiferal transfer functions for the Kuroshio-Oyashio Current region off Japan. *Paleontol. Res.*, **1**, 291–310.
- 田中源吾・塚脇真二・陰地章二, 2004, 石川県金沢市南部下—中部中新統砂子坂層から産出した介形虫化石群(予報). 日本海域研究所報告, **35**, 53–63. [Tanaka, G., Tsukawaki, S. and Ooji, A., 2004, Preliminary report on ostracods from the Miocene Sunagozaka Formation, southern part of Kanazawa City, Ishikawa Prefecture, Central Japan. *Bull. Japan Sea Res.*, **35**, 53–63.]
- Wang, P., Zhang, J., Zhao, Q., Min, Q., Bian, Y., Zheng, L.,...Chen, R., 1988, *Foraminifera and Ostracoda in Bottom Sediments of the East China Sea*. China Ocean Press, Beijing, 438p**. (Chinese with English summary)
- 山口鎌次, 1915, 桜島近海の島嶼に就て. 地学雑, **27**, 18–43. [Yamaguchi, K., 1915, Islands in the water close to Sakurajima. *J. Geogr. (Chigaku Zasshi)*, **27**, 18–43.]*
- Yamanaka, T., Miyabe, S., Sawai, Y. and Shimoyama, S., 2010, Geochemical and diatom evidence of transition from freshwater to marine environments in the Aira Caldera and Kagoshima Bay, Japan, during post-glacial sea-level rise. *J. Asian Earth Sci.*, **39**, 386–395.
- Yasuhara, M., Irizuki, T., Yoshikawa, S. and Nanayama, F., 2002, Changes in Holocene ostracode faunas and depositional environments in the Kitan Strait, southwestern Japan. *Paleontol. Res.*, **6**, 85–99.
- Zhou, B., 1995, Recent Ostracoda fauna in the Pacific off southwest Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, **57**, 21–98.

*English translation from the original written in Japanese

** In Chinese with English summary

以下の Table は、オープンファイルとして学会ホームページ上で公開しています。 <<http://www.geosociety.jp/publication/content0006.html>>

Table A1. List of fossil benthic foraminifera species in each sample.

Table A2. List of fossil planktonic foraminifera species in each sample.

Table A3. List of fossil ostracod species in each sample.

(著者の貢献)

前浜悠太 現地調査と微化石分析, 原稿のとりまとめと執筆.

鹿野和彦 研究企画と現地調査, 結果の解釈, 原稿の分担執筆.

大木公彦 底生有孔虫化石の同定と結果の解釈.

入月俊明 研究企画と現地調査, 貝形虫化石の同定と解釈, 原稿の分担執筆.

林 広樹 浮遊性有孔虫化石の同定と結果の解釈.

(要 旨)

前浜悠太・鹿野和彦・大木公彦・入月俊明・林 広樹, 2021, 新島(燃島)の後期更新世末期—完新世の石灰質微化石群集と鹿児島湾奥の古環境復元. 地質雑, **127**, 363–376. (Maehama, Y., Kano, K., Oki, K., Irizuki, T. and Hayashi, H., 2021, Latest Pleistocene to Holocene calcareous microfossil assemblages from the Shinjima (Moeshima) Island and reconstruction of the paleoenvironments in the inner part of Kagoshima Bay, SW Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, **127**, 363–376.)

鹿児島湾奥の新島に露出する始良カルデラ底下の堆積物から底生有孔虫と浮遊性有孔虫, 貝形虫の化石が産出することを見出し, それらの群集を分析した結果, 以下の点が明らかになった. 始良カルデラは, 当初, 淡水に満たされていたが, 1万3千年前以前に暖流が流入して深さ100 mを超える還元的で閉鎖的な海域となった. しかし, その後, 微化石の種数と産出頻度は著しく低下する. その原因の1つとして始良カルデラ北東部の若尊カルデラから放出された火山ガスが海水に溶け込んで酸性の水が底層に広がった可能性が考えられる. 8千年前を過ぎる頃になると活発に暖流が入り込むようになり, カルデラ底は現在の水深140 mに達した.

科学論文では, 学説の検証可能性を保証することが重要です. そのため, 地質学雑誌掲載論文には, 重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります. 言うまでもないことですが, 見学や採取を行う場合, 各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい. 詳しくは, 以下のサイトをご覧ください.

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会