佐渡島小木半島の新第三紀玄武岩の K-Ar 年代

K-Ar ages of Neogene basaltic rocks in the
Ogi Peninsula, Sado Island

新 村 太 郎 (Taro SHINMURA)***
小 林 洋 二 (Yoji KOBAYASHI)**
荒 川 洋 二 (Yoji ARAKAWA)***
板 谷 徹 丸 (Tetsumaru ITAYA)****

Neogene volcanic rocks in the Sado Island, central Japan, were dated by the K-Ar method. Newly obtained ages are 22.82 ± 0.57 Ma for welded tuff of the Masaragawa Formation, $17.81 \pm 0.47 \sim 21.33 \pm 0.58$ Ma for dacite lavas of the Aikawa Formation, 14.5 ± 1.4 Ma for glassy andesite of the Sanze Formation, $10.70 \pm 0.43 \sim 14.0 \pm 1.5$ Ma for the Ogi Basalt Formation (from the lowest to the uppermost) and 15.5 ± 2.2 Ma for picrite intrusive rock in the Ogi Basalt Formation. The volcanic activity of the Ogi Basalt Formation ranges about 11~13 Ma. This shows Ogi Basalt Formation distributed in the Ogi Peninsula, was the final volcanic activity in the Sado Island.

Keywords: Sado Island, Masaragawa Formation, Aikawa Formation, Sanze Formation, Ogi Basalt Formation, Picrite, Neogene volcanic rocks, K-Ar ages

I. はじめに

佐渡島は新潟市の北西約 60 km に位置し、NE-SW 方向に伸びる大佐渡と小佐渡の山稜とそれらの間の国中平野から構成されている。大佐渡と小佐渡の地質はその大部分が新第三紀中新世前期の各種の火山岩からなる。また小佐渡の南端部の小木半島（東西約 6 km, 南北約 4 km）には、中新世中期とされる玄武岩類が分布している。現在用いられている第三系の層序は、歌代 (1950), 大佐渡研究グループ (1970a, 1970b), 島津ら (1977a, 1977b) などによって確立された。火山岩については、島津・外山 (1982) が岩石学的特徴を明らかにした。また、佐渡島南端の小木半島に分布する玄

武岩類（小木玄武岩層）に関しては、茅原 (1958), 小木団体研究グループ (1977) が詳しい層序を組み立て、山川・茅原 (1968) は岩石学的研究を行った。

佐渡島の火成岩類の放射年代については今田・植田 (1980), 雁沢 (1982), 鹿園・綱川 (1982), 通商産業省資源エネルギー庁 (1987, 1988) によって報告されている。今田・植田 (1980), 雁沢 (1982), 通商産業省資源エネルギー庁 (1987, 1988) は佐渡島に分布する先第三紀基盤岩類に属する火成岩類や新第三紀中新世前期~中期のいくつかの火山岩類について、K-Ar 及びフィッショントラック (FT) 年代を測定した。しかし小木半島に分布する玄武岩の年代については、Tsunakawa *et al.* (1983) による岩脈の K-Ar 年代の

(平成 7 年 5 月 15 日受付, 平成 7 年 9 月 22 日受理)

* 現在: 株式会社ジオジャイロ (旧社名: 東洋地質調査株式会社), 〒600 京都市下京区西七条御前田町 6

** 筑波大学地球科学系, 〒305 つくば市天王台 1-1-1

*** 埼玉大学教育学部地学教室, 〒338 浦和市下大久保 225

**** 岡山理科大学自然科学研究所, 〒700 岡山市理大町 1-1

* Present address: GEOGYRO (formerly Toyo Chishitsu Chosa Co., Ltd.), 6-4, Onmaedacho, Nishishichi-ji, Shimogyo-ku, Kyoto 600, Japan

** Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Tennodai, Tsukuba 305, Japan

*** Earth Science Division of Education Faculty, Saitama University, Shimookubo, Urawa 338, Japan

**** Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, Ridaicho, Okayama 700, Japan

図1 佐渡島の地質概図(島津ら(1977a)に加筆)と位置図, 試料採取地点(小木半島の試料については図2)。

報告があるのみで, 小木玄武岩層の各層の噴出岩の形成時期には具体的な年代は未だ与えられていない。

佐渡地域の火山岩類が形成された前期中新世から中期中新世は, 日本海拡大が始まり, 現日本列島の骨格が形成された時期に相当する。この佐渡地域の中新世火山岩類の年代測定を行い, 時間スケールを明確にすることは, 日本海拡大に関連したテクトニクスや火成活動の変遷を明らかにする上で重要な基礎データを提供することとなる。本論では佐渡島的小木玄武岩を中心に, 真更川層, 相川層, 三瀬層から火山岩を採取し, その10個の試料についてK-Ar年代を測定した。以下に結果を報告する。

II. 地質概要

佐渡島の地質は島津ら(1977a, 1977b)にまとめられている(図1)。本地域の第三系の基盤岩類は, 古生層とそれらを貫く古第三紀の花崗岩からなる。第三系は下位より入川層, 相川層(三瀬層), 真更川層(豊岡層),

金北山層(経塚山層), 下戸層, 鶴子層, 中山層である。入川層から金北山層(経塚山層)にわたる地層は, ほとんどが陸上かあるいはそれに近い環境で噴出した流紋岩質～安山岩質の火山岩類である。雁沢(1982)によるFT年代測定によると, 入川層は漸新世後期, 相川層～金北山層は中新世前期を示す。

金北山層や経塚山層を不整合に覆う下戸層は堆積岩主体であり, 佐渡島の第三紀における本格的な海進の堆積物とされている。下戸層には火山岩が見られない。小木玄武岩層は下戸層の上位に整合に重なる鶴子層と同時異相の関係にある。

小木団体研究グループ(1977)により小木玄武岩層の詳しい層序がたてられている(図2)。本層は主に海中の火山噴出物からなり, 最下部, 下部, 中部, 上部, 最上部の5層に分けられている。最下部層は主に枕状溶岩からなり, 一部でピクライトの貫入岩が見られる。下部層は大部分がハイアロクラスタイト, 中部層は主にハイアロクラスタイトからなり, 一部で枕状溶岩を

図2 小木半島の地質図(小木団体研究グループ, 1977)と試料採取地点。

〈凡例〉 1, 枕状溶岩; 2, 火山角礫岩状ハイロクラスタイト; 3, 角礫岩状枕状溶岩; 4, 玄武岩塊状溶岩; 5, 凝灰岩; 6, ピクライト; 7, 泥岩・頁岩; 8, 岩脈; 9, 断層

はさむ。上部層は枕状溶岩, 最上部層は塊状玄武岩溶岩から構成され, 一部で鶴子層上部の泥岩層と指交関係にある。鶴子層の上位の中山層, 下位の下戸層と小木玄武岩層との関係は明らかにされていない。

III. 測定試料及び測定結果

本研究では, 大佐渡地域の真更川層の石英安山岩質溶結凝灰岩(1個), 相川層の石英安山岩質溶岩(2個), 小佐渡地域の三瀬層のガラス質安山岩(1個), 小木半

島に分布する小木玄武岩層の玄武岩質溶岩(3個)と貫入岩(3個)を採取して分析試料とした。岩石試料の採取地点を図1, 2に, 測定結果を表1に示した。各岩石試料の産状と年代を次にまとめた。

試料: 87082101 (石英安山岩)

産地: 佐渡郡相川町北狄, 海岸の陸繋島

層準: 真更川層下部, 火砕流グループ(1976)の田島海岸地域層序のF1部層

産状: 凝灰角礫岩中の黒色緻密溶結部(基質)

斑晶: 斜長石, 斜方輝石

斜方輝石は一部緑泥石及び炭酸塩鉱物に置換されている

石基: 斜長石

年代: 22.82 ± 0.57 Ma

試料: 87082103 (石英安山岩)

産地: 佐渡郡相川町戸地, 戸地川河口

層準: 相川層の上部(島津ら, 1977a)

産状: 淡緑色がかった塊状溶岩

斑晶: 石英, 斜長石

石基: 斜長石

年代: 17.81 ± 0.47 Ma

表1 中新世火山岩類のK-Ar年代(*印はテレダインアイソトープ社による測定結果)

Sample	Age (Ma)	K (wt.%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ (10^{-8}ccSTP/g)	$\text{Ar}_{\text{non rad}}$ (%)
87082101	22.82 ± 0.57	1.866 ± 0.037	166.3 ± 2.5	30.9
87082103	17.81 ± 0.47	2.559 ± 0.051	177.7 ± 3.1	38.2
87082106	21.33 ± 0.58	1.489 ± 0.030	124.0 ± 2.3	41.7
87040505	14.5 ± 1.4	1.290 ± 0.026	73.1 ± 6.9	84.5
87040501*	12.3 ± 2.4	0.94	44	13.6
		0.94	46	15.3
87040503	11.70 ± 0.50	1.287 ± 0.026	58.6 ± 2.2	66.7
87040504	11.12 ± 0.98	0.252 ± 0.013	10.90 ± 0.79	81.0
87082202	15.5 ± 2.2	0.637 ± 0.019	38.4 ± 5.4	89.4
87082203	14.0 ± 1.5	0.404 ± 0.020	22.0 ± 2.0	84.5
87082204	10.70 ± 0.43	0.891 ± 0.027	37.1 ± 1.0	56.8

試料：87082106 (石英安山岩)

産地：佐渡郡相川町戸地，戸地川沿いの林道

層準：相川層の上部（島津ら，1977a）

産状：淡緑色がかった塊状溶岩

斑晶：石英，斜長石

石基：斜長石

年代：21.33±0.58 Ma

試料：87040505 (両輝石安山岩)

産地：佐渡郡羽茂町三瀬，野崎鼻

層準：測定年代からは三瀬層中の貫入岩と考えられる

産状：黒色緻密なガラス質，柱状節理が発達

斑晶：斜長石，斜方輝石，単斜輝石

一部集斑状構造を示す

石基：斜長石

ピロタキシティック構造を示す

年代：14.5±1.4 Ma

試料：87040501 (単斜輝石—かんらん石—玄武岩)

産地：佐渡郡小木町城山，海岸の崖

層準：小木玄武岩層の最上部層（小木団体研究グループ，1977）

産状：塊状溶岩

斑晶：斜長石，かんらん石，単斜輝石

石基：斜長石，単斜輝石，かんらん石

かんらん石と単斜輝石の一部は変質

年代：12.3±2.4 Ma

試料：87040503 (単斜輝石—かんらん石—玄武岩)

産地：佐渡郡小木町木流，海岸に面した道路沿いの崖

層準：小木玄武岩層最上部層（小木団体研究グループ，1977）

産状：塊状溶岩

斑晶：斜長石，かんらん石，単斜輝石

石基：斜長石，単斜輝石，斜方輝石，かんらん石

かんらん石と輝石の一部は変質

年代：11.70±0.50 Ma

試料：87040504 (単斜輝石玄武岩)

産地：佐渡郡小木町白木，海岸沿いの崖

層準：小木玄武岩層最下部層（小木団体研究グループ，1977）

産状：枕状溶岩

斑晶：斜長石，単斜輝石

石基：ガラス質

一部の空隙には沸石が生じている

年代：11.12±0.98 Ma

試料：87082202 (ピクライト)

産地：佐渡郡小木町白木，神子岩

層準：小木玄武岩最下部層中の貫入岩（小木団体研究グループ，1977）

産状：貫入岩で柱状節理が見られる，かんらん石斑晶が大部分を占める

斑晶：かんらん石

割れ目に沿って一部蛇紋石が生じている

石基：かんらん石，斜方輝石，斜長石

年代：15.5±2.2 Ma

試料：87082203 (単斜輝石玄武岩)

産地：佐渡郡小木町沢崎，灯台の下の海岸

層準：小木玄武岩層下部層のハイアロクラスタイト（小木団体研究グループ，1977）に貫入

産状：N-S 走向，傾斜約 90°，幅約 2 m の岩脈

斑晶：斜長石，単斜輝石

石基：斜長石，単斜輝石

年代：14.0±1.5 Ma

試料：87082204 (両輝石玄武岩)

産地：佐渡郡小木町沢崎，灯台下の下の海岸

層準：小木玄武岩層下部層のハイアロクラスタイト（小木団体研究グループ，1977）に貫入

産状：N-S 走向，傾斜約 90°，幅約 2 m の岩脈

斑晶：斜方輝石，単斜輝石

石基：斜長石（ピロタキシティック構造），単斜輝石，空隙が多い

年代：10.70±0.43 Ma

IV. 測定方法

岩石試料約 500 g を粉碎し，30～60 メッシュに粒径を揃えて超音波水洗浄を行った。乾燥後，アイソダイナミックセパレーターを使用して斑晶鉱物を取除いた。これらの試料の一部をアルゴン同位体比の測定に使用し，一部をメノウ乳鉢で粉末状にしてカリウムの定量に使用した。

K-Ar 年代測定におけるアルゴンとカリウムの分析と年代計算方法は長尾ら（1984），長尾・板谷（1988），Itaya *et al.*（1991）に従った。カリウムの定量は，粉末試料を，フッ酸と硝酸の混酸を使用して分解し，炎光分光分析法を用いて行った。その際，共存成分の干

渉抑制には2000 ppmの塩化セシウムを用いた。測定は2回行ない、その平均値を使用した。測定誤差は1~3%程度であったが、年代値の誤差を求める際には5%として計算した。

アルゴンの測定には、岡山理科大学自然科学研究所設置のアルゴン専用質量分析計(軌道半径15 cm, 偏向角130°の扇形磁場単収束質量分析計)を用いて、 ^{38}Ar をスパイクとする同位体希釈法で行なった。大気アルゴンの吸着成分は200°Cで12時間以上の真空排気で除去した。アルゴンは1500°Cで抽出し、Ti-Zrゲッターを用いてガスを精製した。測定誤差は1 σ で与えられている。年代算出にはSteiger and Jäger (1977)による壊変定数($^{40}\text{K}_{\lambda\beta}=4.962\times10^{-10}/\text{y}$, $^{40}\text{K}_{\lambda\epsilon}=0.581\times10^{-10}/\text{y}$)と ^{40}K の存在度($^{40}\text{K}/\text{K}=0.0001167$ atm)を使用した。

V. 考 察

1. 真更川層

87082101: この試料は、真更川層下部で、火砕流グループ(1976)の田島海岸地域の層序区分のうちのF1部層にあたる。得られた年代は 22.82 ± 0.57 Maで、中新世初期の年代を示した。雁沢(1982)では 20.9 ± 2.9 ~ 23.1 ± 6.3 Ma (FT年代), 通商産業省資源エネルギー庁(1987, 1988)では 16.52 ± 0.54 ~ 23.62 ± 5.65 Ma (FT年代, K-Ar年代)であり、測定結果はこの範囲内に含まれる。雁沢(1982)の報告の中で、87082101と同じく北狄に分布するF1部層の石英安山岩質溶結凝灰岩中のガラス質部分のFT年代は、 25.2 ± 2.2 Maと報告されており、今回の測定結果と誤差の範囲内で一致している。

2. 相川層

87082103, 87082106: 通商産業省資源エネルギー庁(1987, 1988)において、相川層の年代データは一部の特異な値を除くと 17.09 ± 0.25 ~ 25.38 ± 0.86 Ma (K-Ar年代)と報告されている。相川層上部層である87082103と87082106の年代データはそれぞれ 17.81 ± 0.47 Ma, 21.33 ± 0.58 Maであり、上記のデータの範囲内に含まれる。

3. 三瀬層

87040505: 年代測定結果は 14.5 ± 1.4 Maで、中新世中期の年代を示した。この年代は通商産業省資源エネルギー庁(1987)で報告されている野島鼻の安山岩の測定年代 14.11 ± 1.06 Ma (K-Ar年代)と誤差の範囲で一致する。この年代は層序と比較すると明らかに若い年代であるが(通商産業省資源エネルギー庁, 1987),

岩石試料は新鮮であり、変質などによる年代の若返りがあったとは考えにくい。島津ら(1977b)によると、87040505の分布する三瀬付近では大部分が火山岩類からなるために地質構造が読み取りにくいと言われている。また三瀬層のガラス質安山岩以外の火山岩では著しい変質を受けているがこのガラス質安山岩のみ変質が少ないこと、更にその分布が狭いことなどを考えると、従来三瀬層の溶岩である(島津ら, 1977b)と記載されているこのガラス質安山岩は露頭では確認できないが、三瀬層の形成後に貫入した火山岩である可能性が強い。

4. 小木玄武岩層

87040501: 小木玄武岩層最上部層に属する玄武岩質の塊状溶岩であるこの試料は、測定年代は 12.3 ± 2.4 Maであった。Tsunakawa *et al.* (1983)による小木玄武岩層中のアルカリ玄武岩質岩脈4試料のK-Ar年代測定結果は、 12.0 ± 0.3 ~ 12.3 ± 0.3 Maである。この報告では、試料が小木玄武岩層のどの部分から採取されたかについて触れられていない。87040501の測定結果は誤差が大きいが、年代はこれにほぼ一致している。

87040503: この試料は87040501と同様に最上部層の塊状溶岩である。測定年代は 11.70 ± 0.50 Maであり、先の年代データと誤差の範囲内で一致する。

87040504: これは小木玄武岩層最下部層に属する枕状溶岩である。測定結果は 11.12 ± 0.98 Maであった。以上の3つの年代測定結果から誤差も考慮すると、小木玄武岩層の年代は10~13 Maであることが判明した。

87082202: 神子岩付近のピクライトの貫入岩であるこの試料の測定結果は、 15.5 ± 2.2 Maであった。これは最下部層の年代(11.12 ± 0.98 Ma)より古い。測定に使用した試料はできるだけ斑晶を取り除いたが、過剰アルゴンを持つかんらん石斑晶の混入によって古い年代を得た可能性が理由として考えられる。

87082203: 小木玄武岩層下部層のハイアロクラスタイトに貫入するこの岩脈の測定年代は、 14.0 ± 1.5 Maであった。誤差を考慮すると最下部層の年代に近いものと考えられる。

87082204: 先の岩脈と約3mの距離で平行に貫入するこの岩脈の測定年代は、 10.70 ± 0.43 Maであった。鏡下においては斑晶として、87082203は単斜輝石のみを含み、87082204は単斜輝石の外に斜方輝石も含むという違いが見られる。両者は露頭では近く産状が似ているが、貫入年代と鉱物組成は明らかに異なる。

以上の結果から、小木玄武岩層の噴出岩の年代は誤差を考慮すると、最下部から最上部にわたって、10~13

Ma の範囲内に入り、貫入岩もピクライトを除けばこの範囲内に入る。従って小木玄武岩層は、11~13 Ma の間の中期中新世に活動し、佐渡島では最後の火山活動の産物である。また、日本海の拡大が 15~20 Ma 頃 (Otofuji *et al.*, 1985; Chinzei *et al.*, 1986; 兼岡, 1991) と考えられているため、小木半島の玄武岩はほぼ日本海拡大直後の火山岩であることが分かり、これらの年代は拡大後の日本海側での火成活動を考える上で有意義なデータである。

東北日本日本海側において、火山岩の組成の時代変化と日本海拡大との関連が論じられている (倉沢・今田, 1986; Nohda *et al.*, 1988; Shimazu *et al.*, 1993; 周藤ら, 1993; Ujike and Tsuchiya, 1993)。今回明らかになった年代に対応させて、小木玄武岩に関する各種組成データの測定と研究が望まれる。

VI. ま と め

佐渡島の新第三紀の火山岩のうち 10 個の岩石について K-Ar 法による放射年代の測定を行ったところ、以下のような結果が得られた。

- ① 真更川層下部の石英安山岩質溶結凝灰岩は 22.82 ± 0.57 Ma
- ② 相川層の石英安山岩質溶岩は 17.81 ± 0.47 , 21.33 ± 0.58 Ma
- ③ 三瀬層のガラス質安山岩は 14.5 ± 1.4 Ma
- ④ 小木玄武岩層の最下部層から最上部層の 5 個の玄武岩は $10.70 \pm 0.43 \sim 14.0 \pm 1.5$ Ma
- ⑤ 小木玄武岩層のピクライトは 15.5 ± 2.2 Ma

小木玄武岩層の活動は測定誤差を考慮すると約 11~13 Ma と考えられ、これは佐渡島の火山岩の中で最も新しい年代である。

謝 辞 年代測定において岡山理科大学の岡田利典氏と福井志郎氏には大変お世話になった。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 茅原一也 (1958), 佐渡島, 小木半島の地質と最近の地史. 新潟県文化財年報, **2**, 1-37.
- Chinzei K. (1986), Opening of the Japan Sea and Marine Biogeography during the Miocene. *J. Geomag. Geoelectr.*, **38**, 487-497.
- 雁沢好博 (1982), フィッション・トラック法によるグリーンタフ変動の年代区分 その 1—佐渡地域—. 地質雑, **88**, 943-956.
- Itaya, T., Nagao, K., Okada, T. and Ogata, A.

- (1991), Argon isotope analysis by newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineral. J.*, **15**, 203-221.
- 兼岡一郎 (1991), 日本海の形成時期を探索—放射年代を基にして—. 地質ニュース, **442**, 16-29.
- 火砕流グループ (1976), 大佐渡田島海岸—戸地川付近に発達する新第三紀中新世の火砕流堆積物について. 新潟大地鉱研究報告, **4**, 235-243.
- 今田 正, 植田良夫 (1980), 東北地方の第三紀火山岩の K-Ar 年代. 岩鉱, 特別号, **2**, 343-346.
- 倉沢 一, 今田 正 (1986), 東北日本第三紀火山岩類の Sr 同位体比—日本海拡大との関連—. 地質雑, **92**, 205-217.
- 長尾敬介, 板谷徹丸 (1988), K-Ar 法による年代測定. 地質学論集, **29**, 5-21.
- 長尾敬介, 西戸裕嗣, 板谷徹丸, 緒方惟一 (1984), K-Ar 法による年代測定. 岡山理大火山研報, **9**, 19-38.
- Nohda, S., Tatsumi, Y., Otofuji, Y., Matsuda, T. and Ishizaka, K. (1988), Asthenospheric injection and back-arc opening: isotope evidence from northeast Japan. *Chem. Geol.*, **68**, 317-327.
- 小木団体研究グループ (1977), 新潟県佐渡島, 小木半島の玄武岩—とくに, その産状について. 佐渡博物館研究報告, **7**, 3-19.
- Otofuji, Y., Matsuda, T. and Nohda, S. (1985), Paleomagnetic evidence for the Miocene counter-clockwise rotation of Northeast Japan: rifting process of Japan arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **75**, 265-277.
- 大佐渡研究グループ (1970a), 大佐渡南半分の新第四系—佐渡の新第三系の研究 (その 1). 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, **3**, 1-24.
- 大佐渡研究グループ (1970b), 大佐渡北半分の新第三系—佐渡の新第三系の研究 (その 2). 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, **3**, 25-43.
- 鹿園直建, 綱川秀夫 (1982), 細倉・佐渡鉱床の K-Ar 年代. 鉱山地質, **32**, 479-482.
- 島津光夫, 外山哲英 (1982), 佐渡の新第三紀火山岩類. 地質雑, **88**, 381-400.
- 島津光夫, 外山哲英, 皆川 潤, 高浜信行, 若林茂敬, 齊藤良二郎 (1977a), 大佐渡の新第三系. 日本油田・ガス田図 11, 佐渡地質説明書, 13-42, 地質調査所.
- 島津光夫, 金井克明, 市橋紘一, 佐々木正 (1977b), 小佐渡の新第三系. 日本油田・ガス田図 11, 佐渡地質説明書, 43-67, 地質調査所.
- Shimazu, M., Kagami, H., Kawano, Y. and Yamamoto, G. (1993), Geochemistry of Early-Middle Miocene volcanic rocks in the backarc region of Japan: Sado, Noto and Tadami areas. *J. Geol. Soc. Japan*, **99**, 799-811.

- 周藤賢治, 大木淳一, 山本和広, 渡部直喜 (1993), 陸
弧火山活動から島弧火山活動へー東北日本弧第三
紀火山活動の時間変遷ー. 地質ニュース, **464**,
6-18.
- Steiger, R.H. and Jäger, E. (1977), Subcommission
on geo-chronology: convention on the use of
decay constants in geo- and cosmo-chronology.
Earth Planet. Sci. Lett., **36**, 359-362.
- Tsunakawa, H., Takeuchi, A. and Amano, K.
(1983), K-Ar ages of dikes in Northeast Japan.
Geochem. J., **17**, 269-275.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1987), 昭和 61 年度広
域地質構造調査報告書, 佐渡地域. 239 p.
- 通商産業省資源エネルギー庁 (1988), 昭和 62 年度広
域地質構造調査報告書, 佐渡地域. 225 p.
- Ujike, O. and Tsuchiya, N. (1993), Geochemistry
of Miocene basaltic rocks temporally strad-
dling the rifting of lithosphere at the Akita-
Yamagata area, northeast Japan. *Chem.
Geol.*, **104**, 61-74.
- 歌代 勤 (1950), 佐渡ヶ島(大佐渡)西南部, 沢根, 相
川地域の層序について. 地質雑, **56**, 302-303.
- 山川 稔, 茅原一也 (1968), 佐渡島小木玄武岩の岩石
学的研究(その 1, 岩石化学的性質). 新潟大学理
学部地質鉱物学教室研究報告, **2**, 41-79.