

## 前期更新世森田山溶岩—古三瓶期火山—

松浦浩久\*・土谷信之\*

(2002年7月11日受付, 2002年12月29日受理)

## Early Pleistocene Moritayama Lava —An Old-Sambe Volcano—

Hirohisa MATSUURA\* and Nobuyuki TSUCHIYA\*

The Moritayama Lava lies in the adjacent area of Sambe Volcano, and has been thought as a part of Miocene basement rocks. Radiometric age determinations are carried out on the Moritayama Lava, and  $0.9 \pm 0.2$  Ma (fission-track ED-2 method) and  $1.01 \pm 0.03$  Ma (whole rock K-Ar method) are obtained. These data indicate that the Moritayama Lava is the first stage volcanic product of the Sambe Volcano at early Pleistocene time.

## 1. はじめに

森田山溶岩は島根県大田市三瓶町三瓶山の北西約2 kmの森田山(標高664 m)周辺に分布する。本溶岩は種子田(1944)によって、三瓶火山の基盤岩の一部として命名された。島根県地質図(島根県地質図編集委員会, 1982)では森田山溶岩を前期中新世波多層に対比している。三瓶山図幅(服部・他, 1983)では従来から三瓶火山噴出物と認められていた活動を三瓶火山第1期~第4期噴出物に区分し、基盤岩ではないが第1期噴出物より古いと考えられる噴出物を古三瓶期噴出物と呼んで森田山溶岩をこれに含めた。しかしいずれも森田山溶岩の噴出年代を明らかにしてはいない。

本報告では森田山溶岩の産状・岩石・放射年代を記載し、本溶岩の山陰地方における鮮新世末-更新世火山活動の時間・空間分布に占める位置から、三瓶火山の最も古い活動の産物として位置付けられる可能性を述べる。三瓶火山噴出物や活動区分の記述用語は基本的に服部・他(1983)を用いるが、広域テフラ名としての三瓶木次テフラも時代比較のために用いる。

## 2. 基盤岩と森田山溶岩の産状

森田山溶岩周辺には基盤岩類として暁新世花崗岩(小

屋原以北)、始新世火山岩(権現山)、始新世花崗岩(池田以南)、中期中新世貫入岩(茶臼山)、および粘土層を挟む未固結の砂礫層(多根・中津森南方・小屋原)が分布している(Fig. 1)。

森田山溶岩は西側と北側では基盤岩にほぼ水平に重なっているが、東側と南側は三瓶火山第1期~第4期噴出物と沖積層に覆われており、溶岩の東限と南限は不明である。露出している部分の広がりは東西約2 km、南北約2.3 kmである。森田山溶岩の基底の標高は多根と小屋原で約350 m、中津森南方で約330 mであり、基底面は緩い起伏がある。基底部は破碎した溶岩の角礫層が基盤を厚さ5 m以下で覆うが、それ以上の溶岩本体は森田山頂上まで角閃石デイサイトの溶岩からなり、厚さ約320 mの浸食された溶岩ドーム状の山体をなしている。

## 3. 岩石の記載

森田山溶岩は発泡度の違いと酸化による色調の変化を除くとほとんど均質な角閃石デイサイト溶岩からなる。薄片では斑晶として長径0.3~1.0 mmの斜長石と角閃石を含む。斑晶角閃石はZ=褐色の新鮮な結晶が稀に認められるが、ほとんどの結晶はオパサイト化して柱状自形の外形のみを残す。石基鉱物は長径0.2 mm以下で間粒状組織を示し、多い順に斜長石、斜方輝石、磁鉄鉱、普通輝石、燐灰石およびジルコンを含む。斜長石は斑晶・石基ともに短冊状の自形を示し、 $An=70$ 前後の組成をもつ(最大対称消光角法による)。斜方輝石は柱の径が0.01 mm前後と微細なため観察しづらいが、比較的粗粒の結晶ではZ=淡紅色、X=淡緑色の多色性が観察される。岩石は緻密で肉眼的には発泡していないが、鏡下で

\* 〒305-8567 つくば市東1-1-1 中央第7-1  
産業技術総合研究所地球科学情報研究部門  
Geological Survey of Japan, AIST, AIST Tsukuba  
Central 7, 1-1, Higashi 1-chome, Tsukuba-shi,  
Ibaraki-ken 305-8567, Japan.  
Corresponding author: Hirohisa Matsuura  
e-mail: h.matsuura@aist.go.jp

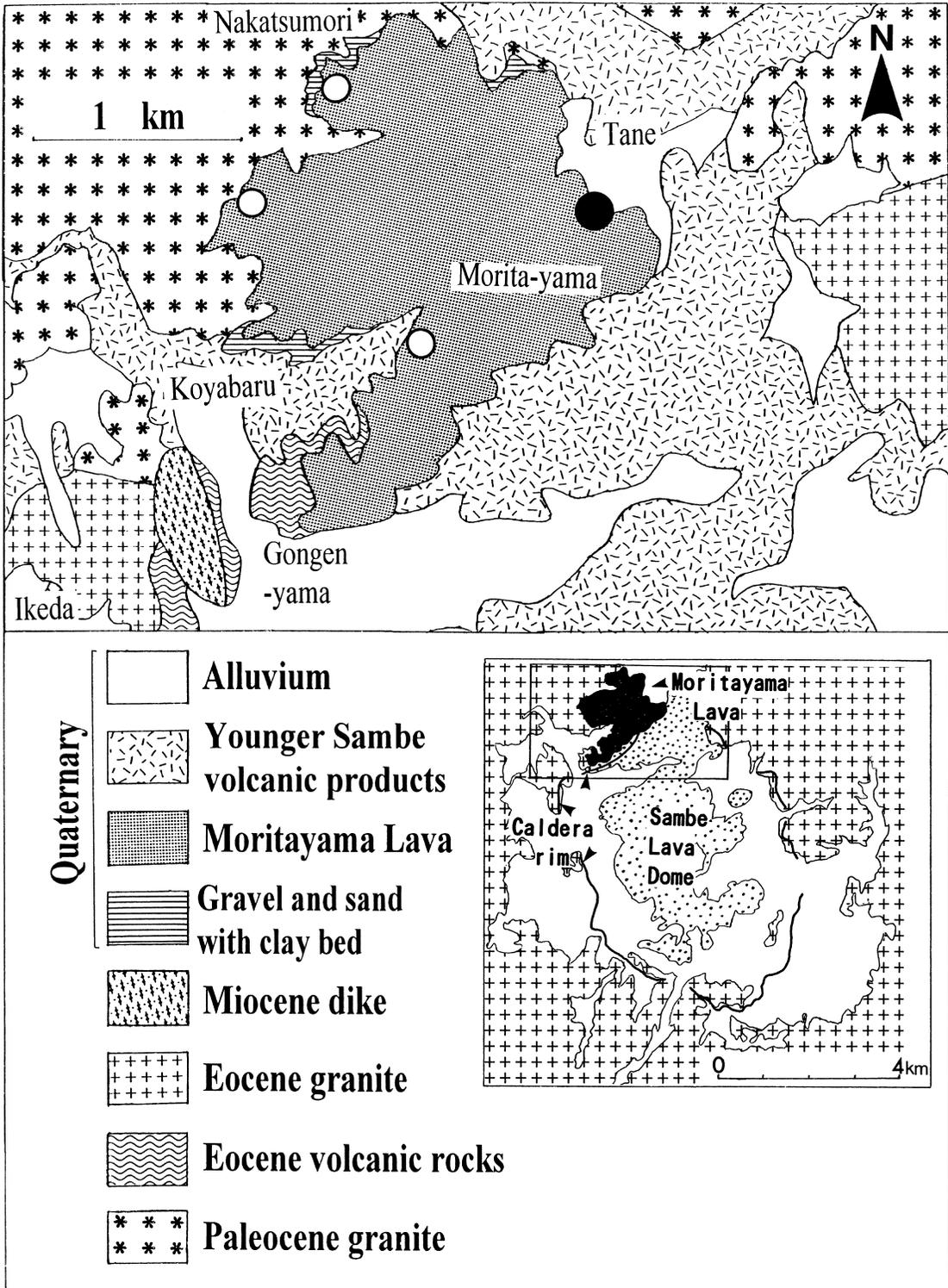


Fig. 1. Geological map of the Sambe area (modified from Hattori *et al.*, 1983). Solid circle shows sample locality for chemical analysis, fission-track and K-Ar dating. Open circles show sample locality for paleomagnetic polarity.

Table 1. Whole-rock chemical compositions of the Moritayama Lava and the younger Sambe volcanic products.

|                                | Moritayama Lava | Sambe Base Surge Dep. | Uyama Base Surge Dep. | Oda Pyroclastic Flow Dep. | Sambe Dome Lava       | Sambe Dome Lava       |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                | Hb dacite       | Hb-bt rhyolite pumice | Bt-hb dacite pumice   | Bt-br. Hb dacite pumice   | Bt-hb dacite lava     | Bt-hb dacite lava     |
| SiO <sub>2</sub>               | 62.98           | 72.14                 | 68.27                 | 63.9                      | 65.07                 | 65.88                 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.36            | 0.07                  | 0.24                  | 0.32                      | 0.35                  | 0.32                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20.48           | 13.7                  | 14.78                 | 17.51                     | 18.05                 | 17.88                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.77            | 0.55                  | 1.45                  | 1.95                      | 2.11                  | 1.91                  |
| FeO                            | 0.38            | 0.38                  | 1.13                  | 1.51                      | 1.45                  | 1.48                  |
| MnO                            | 0.1             | 0.1                   | 0.08                  | 0.08                      | 0.09                  | 0.09                  |
| MgO                            | 1.18            | 0.28                  | 1.2                   | 1.58                      | 1.75                  | 1.6                   |
| CaO                            | 4.38            | 0.62                  | 2.99                  | 4.91                      | 5.06                  | 5.06                  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.78            | 3.5                   | 3.76                  | 3.94                      | 4.11                  | 4.24                  |
| K <sub>2</sub> O               | 1.16            | 4.06                  | 2.24                  | 1.43                      | 1.58                  | 1.56                  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.27            | 0.05                  | 0.12                  | 0.14                      | 0.16                  | 0.16                  |
| H <sub>2</sub> O(+)            | 1.38            | 4.08                  | 3.68                  | 2.65                      | 0.39                  | 0.16                  |
| H <sub>2</sub> O(-)            | 0.73            | 0.53                  | 0.37                  | 0.45                      | 0.21                  | 0.08                  |
| Total                          | 99.95           | 100.06                | 100.31                | 100.37                    | 100.38                | 100.42                |
|                                | This study*     | Hattori et al. (1983) | Hattori et al. (1983) | Hattori et al. (1983)     | Hattori et al. (1983) | Hattori et al. (1983) |

Sample; MRT-1 (Tane, Sambe town, Oda city), and analyzed by Palynosurvey Co., Ltd.

SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (total), MnO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; by XRF, FeO; by wet chemical analysis, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(total)-FeO

は気泡を方珩石と鱗珩石が埋めているのが観察される。また粉碎試料にはごく稀に正長石と石英(径0.5~1mm)が認められることがある。

森田山溶岩を三瓶火山第1期~第4期噴出物と比較すると、デイサイト組成で斑晶に斜長石と角閃石を含む点は、小田火砕流堆積物や三瓶山頂丘溶岩などの三瓶火山第2期以降の噴出物(服部・他, 1983; 福岡・他, 2000)に似ている。しかし森田山溶岩は斑晶にも石基にも黒雲母を欠き石基に斜方輝石を多量に含むのに対し、三瓶火山第1期~第4期噴出物では黒雲母斑晶を含み斜方輝石は石基中に稀にしか含まれない(Taneda, 1952; 服部・他, 1983; 三浦・林, 1987)。

森田山溶岩の全岩化学分析・全岩 K-Ar 年代測定・フィッシュントラック年代測定試料は岩体北部の多根で採集した(Fig. 1)。全岩化学分析はパリオ・サーヴェイ株式会社に依頼した。分析法と結果を Table 1 に示す。全岩化学組成は SiO<sub>2</sub> が 64.3% (無水換算値, 以下同様) で、全アルカリ量が 4.0% のデイサイト組成を示す。また三瓶火山第1期~第4期噴出物と比較するとやや Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富み、アルカリに乏しい。

4. 放射年代値と残留磁気の磁化方向

放射年代測定ではジルコンのフィッシュントラック年代測定を(株)京都フィッシュントラックに、全岩 K-Ar 年代測定を米 Geonuclear 社に依頼した。それぞれの測定結果を Table 2 と Table 3 に示す。

フィッシュントラック測定試料のジルコンは平滑な結

Table 2. Result of fission track dating for the Moritayama Lava.

| Number of zircon crystals | Spontaneous track $\rho_s$ (cm <sup>-2</sup> ) | Ns | Induced track $\rho_i$ (cm <sup>-2</sup> ) | Ni  | P( $\chi^2$ ) | r     | Dosimeter $\rho_d$ (cm <sup>-2</sup> ) | Nd   | U(ppm) | Age (Ma)  |
|---------------------------|--|----|--|-----|---------------|-------|--|------|--------|-----------|
| 29                        | 0.56 × 10 <sup>5</sup>                         | 22 | 1.86 × 10 <sup>6</sup>                     | 732 | 30            | 0.857 | 8.692 × 10 <sup>4</sup>                | 4450 | 170    | 0.9 ± 0.2 |

Sample; MRT-1 (Tane, Sambe town, Oda city)

Fission track age determined by H. Iwano, Kyoto Fission Track Co., Ltd.

$\rho$ ; density of fission tracks, N; total number of fission tracks counted, P( $\chi^2$ ); percentile probability of obtaining the  $\chi^2$ -value, r; correlation coefficient between  $\rho_s$  and  $\rho_i$ , Calibration factor;  $\zeta$ ED 2 = 334 ± 4 (Iwano and Danhara, 1997), Etching conditions; KOH : NaOH = 1 : 1 (mol) etchant, 225°C, 40 hours, Dosimeter glass; NIST-SRM612 glass + Mica, Nuclear reactor; TRIGA MARK II, St. Paul's University

Table 3. Result of whole-rock K-Ar dating for the Moritayama Lava by the isotope dilution method.

| Material                       | Whole Rock  |
|--------------------------------|---|
| rad <sup>40</sup> Ar (mlSTP/g) | 0.0043 × 10 <sup>-5</sup> , 0.0048 × 10 <sup>-5</sup> |
| rad <sup>40</sup> Ar (%)       | 33.7, 34.7  |
| K (%)                          | 1.16, 1.15  |
| K-Ar Age (Ma)                  | 1.01 ± 0.03   |

Sample; MRT-1 (Tane, Sambe town, Oda city)

Whole rock K-Ar age determined by Mass Spec Services, Geonuclear Inc., USA

rad<sup>40</sup>Ar(mlSTP/g); radiogenic <sup>40</sup>Ar concentration, rad<sup>40</sup>Ar(%); radiogenic <sup>40</sup>Ar/all <sup>40</sup>Ar × 100

$\lambda_\beta$ ; 4.962 × 10<sup>-10</sup>/yr,  $\lambda_\alpha$ ; 0.581 × 10<sup>-10</sup>/yr, <sup>40</sup>K/K = 1.167 × 10<sup>-4</sup>, <sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar atmosphere = 295.5 (Steiger and Jäger, 1977)

晶面で囲まれた柱状自形を示し、アルカリエッチャントによる 225°C, 40 時間のエッチングで明瞭なフィッシュントラックが観察された。またジルコン群集としても、全体として均質であり、測年条件は良好であった。本試料のフィッシュントラック年代測定結果は 0.9 ± 0.2 Ma を示した。測年誤差が年代値の約 2 割に達し、一見測年精度が悪く見える理由は、本試料の時代が若いことと、ジルコンの粒径が小さく自発トラックが少ない(29 粒子で 22 トラック)ためて止むを得ない。

K-Ar 年代測定では試料の緻密な溶岩を 10~20 メッシュに砕き、斑晶と捕獲結晶の可能性のある正長石と石英をハンドピックによって除去した。全岩試料の同位体希釈法による K-Ar 年代値は 1.01 ± 0.03 Ma を示した。2 つの測年結果により、森田山溶岩が、三瓶山周辺の暁新世-中新世の基盤岩類よりは明らかに若い更新世前期の噴出物であることが示された。

岩石の残留磁化方向を調べるために、小屋原北方と東方、および中津森南方の3カ所 (Fig. 1) で定方位試料を採取した。試料の簡単な整形を行い、Walker社フラックスゲートマグネットメーターによって、全試料で正常磁を確認した (消磁無し)。フィッシュトラック法と全岩K-Ar法によって得られた年代値を考慮すると、森田山溶岩は松山逆磁極期のハラミヨ・サブクロン (Clr. 1n) の時期に噴出したと考えられる。

##### 5. 山陰地方の新生代火山岩類の時間・空間分布と森田山溶岩の位置付け

山陰地域の第四紀火山の水平分布はまばらで、孤立的である (Fig. 2)。一方、森田山溶岩は三瓶火山第3期噴出物である北の原溶岩や多根火砕流堆積物と接し、三瓶カルデラ (直径約5 km) の外輪山の一部をなしている。したがって空間分布の上から森田山溶岩は三瓶火山の分布域内に含まれると考えられる。

山陰地方の鮮新世末以降のカルクアルカリ火山岩類の活動期間は、間にギャップを含むものが多いが、大江高山火山噴出物は3.6~1.8 Ma (鹿野・他, 2001)、照来層群は3.1~2.2 Ma (古山・長尾, 2001; 宇都・他, 1994)、大山火山では1~0.02 Ma (津久井, 1984; 津久井・他, 1985; 木村・他, 1999)、扇ノ山火山では1.2~0.4 Ma (Furuyama *et al.*, 1993) までの年代幅がある。また中国地方のアルカリ火山岩類は中期中新世から更新世まで活動しているが、それぞれの分布地域内では1~2 m.y. の短期間に年代値が集中することが知られている (宇都・岩森, 1987)。このように山陰地方の火山活動継続期間は中新世以降ほぼ一貫して1~2 m.y. 程度である。火山活動史の中で森田山溶岩の位置付けを見ると、森田山溶岩

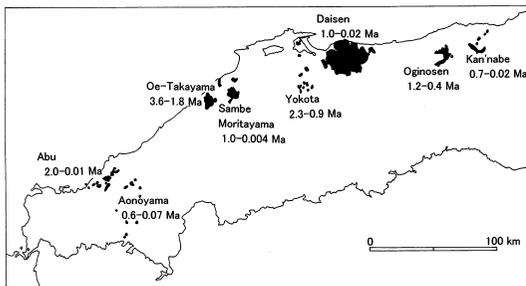


Fig. 2. Distribution of the Pliocene to Holocene volcanoes and their radiometric ages. Age and range data are after Uto and Iwamori (1987), Uto *et al.* (1994), Kano *et al.* (2001), Furuyama and Nagao (2001), Furuyama *et al.* (1993; 2002), Tsukui (1984), Tsukui *et al.* (1985), Kakubuchi *et al.* (2000), Hayashi and Miura (1987) and Kimura *et al.* (1999).

周辺では中新世の火山岩層として、波多層、川合層、くり層、大森層、神西層が22~13 Maに次々と活動しているが、最も新期の神西層の玄武岩は13~14 Maであり (鹿野・他, 1996; 1998)、森田山溶岩の噴出年代は中新世火山活動とは明らかに断絶している。一方、三瓶火山において森田山溶岩を最初期の活動に位置付けても全活動期間は1 m.y. であり、山陰地域の火山活動の一般的な活動継続期間内に収まる。以上のように空間的・時間的分布の上で森田山溶岩は三瓶火山第1期~第4期噴出物に密接に伴っていると見られ、三瓶火山の最初の活動として生じた可能性が考えられる。

さて、森田山溶岩とこれまでに三瓶火山最古の噴出物と考えられてきた三瓶木次テフラの年代 (100 ka; 林・三浦, 1987; 木村・他, 1999) の年代差はおよそ0.9 Maであり、やや大きな時間間隙があるように見える。森田山溶岩の噴出後に、三瓶火山近傍では三瓶ベースサージ堆積物や三瓶火砕流堆積物を、遠方では広域テフラの三瓶木次テフラなどを噴出した大規模なプリニー式噴火を繰り返して現在の三瓶山頂丘溶岩を中心に直径約5 kmのカルデラを生じている (松井・井上, 1971; 服部・他, 1983; 林・三浦, 1987; 木村・他, 1999 など)。このためカルデラ形成以前の火山体が現在のカルデラ内にあったとしても、爆発的な噴火のために破壊されてしまったと考えられる。森田山溶岩はカルデラの外側にあったため破壊を免れたのであろう。三瓶ベースサージ堆積物と三瓶火砕流堆積物には黒雲母流紋岩角礫 (最大径60 cm) が多量に含まれており、これらの岩片はカルデラ内の失われた火山体 (古三瓶溶岩) に由来すると考えられている (服部・他, 1983)。これらは森田山溶岩と三瓶木次テフラまでの時間間隙を埋める火山活動の産物かもしれない。

また森田山溶岩の年代が前期更新世であることから、森田山溶岩に覆われる未固結の砂礫層は大田市以西に広く分布する鮮新世~更新世都野津層群 (山陰第四紀研究グループ, 1969; 鹿野・他, 1998; 2001) に対比が可能である。

##### 6. まとめ

森田山溶岩は更新世前期のハラミヨ・サブクロンに噴出した角閃石デイサイトの溶岩ドームである。また森田山溶岩は三瓶火山の最初の噴出物であった可能性があり、三瓶火山は山陰地域の鮮新世以降の一般的な火山活動継続期間と同程度の1 m.y. に及ぶ長い活動レンジをもっていると考えられる。

## 謝 辞

本研究に当たって、試料の残留磁気の測定では産業技術総合研究所地球科学情報研究部門の古川竜太博士と石塚吉浩博士の協力を得た。研究に用いた薄片は産業技術総合研究所地質標本館の大和田 朗氏と福田和幸氏によって作成された。

## 引用文献

- 福岡 孝・松井整司・草野高志・中村雅史・縫部保徳 (2000) 三瓶火山の火砕流堆積物と三瓶小豆原埋没林。日本地質学会第 107 年学術大会見学旅行案内書, 61-69.
- 古山勝彦・長尾敬介 (2001) 鮮新世照来カルデラの形成年代と発達史。岩鉱学会 2001 年度学術講演要旨集, 242.
- 古山勝彦・長尾敬介・笠谷一弘・三井誠一郎 (1993) 山陰東部, 神鍋火山群および近傍の玄武岩質単成火山の K-Ar 年代。地球科学, 47, 377-390.
- Furuyama, K., Nagao, K., Mitsui, S. and Kasatani, K. (1993) K-Ar ages of Late Neogene monogenic volcanoes in the east San-in district, Southwest Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 47, 519-532.
- Furuyama, K., Nagao, K. and Murata, M. (2002) K-Ar ages of andesites from two volcanic arrays in western Chugoku, Southwest Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 47, 481-487.
- 林 正久・三浦 清 (1987) 三瓶火山のテフラ層序とその分布。山陰地域研究 (自然環境), 3, 43-66.
- 服部 仁・鹿野和彦・鈴木隆介・横山勝三・松浦浩久・佐藤博之 (1983) 三瓶山地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 168 p.
- 岩野英樹・檀原 徹 (1997) 高品位モニターを用いたフィッション・トラック年代測定システムのゼータ校正とシステム間比較。フィッション・トラックニュースレター, 10, 11-20.
- 角縁 進・永尾隆志・長尾敬介 (2000) 阿武単成火山群の K-Ar 年代とマグマ活動史。岩石鉱物科学, 29, 191-198.
- 鹿野和彦・宇都浩三・内海 茂 (1996) 西南日本, 出雲, 中期中新世神西層中の浅海成アルカリ玄武岩火砕丘。日本火山学会 1996 年度秋季大会講演予稿集, 171.
- 鹿野和彦・松浦浩久・沢田順弘・竹内圭史 (1998) 石見大田および大浦地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 118 p.
- 鹿野和彦・宝田晋治・牧本 博・土谷信之・豊 達秋 (2001) 温泉津および江津地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 129 p.
- 木村純一・岡田昭明・中山勝博・梅田浩司・草野高志・麻原慶憲・館野満美子・檀原 徹 (1999) 大山および三瓶火山起源テフラのフィッショントラック年代とその火山活動史における意義。第四紀研究, 38, 145-155.
- 松井整司・井上多津男 (1971) 三瓶火山の噴出物と層序。地球科学, 25, 147-163.
- 三浦 清・林 正久 (1987) 火山活動史から見た三瓶火山の鉱物特性。山陰地域研究, 3, 67-94.
- 山陰第四紀研究グループ (1969) 山陰海岸地域の第四系。地団研専報, 15, 354-376.
- 島根県地質図編集委員会 (1982) 島根県地質図 (20 万分の 1)。国土地図株式会社, 東京.
- Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977) Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, 359-362.
- 種子田定勝 (1944) 三瓶火山の地質並に岩石に就いて (略報)。岩鉱, 32, 170-190.
- Taneda, S. (1952) Petrographic notes on the volcanic rocks from Sambe, Southwestern Japan. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, 22, 1-26.
- 津久井雅志 (1984) 大山火山の地質。地質雑, 90, 643-658.
- 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介 (1985) 蒜山火山群・大山火山の K-Ar 年代。地質雑, 91, 279-288.
- 宇都浩三・岩森 光 (1987) 西南日本新生代アルカリ岩類の時空分布。日本火山学会 1987 年秋季大会講演予稿集, 93.
- 宇都浩三・田上高広・内海 茂 (1994) 山陰地方東部, 鮮新統照来層群火山岩類の K-Ar およびフィッショントラック年代。地質雑, 100, 787-798.

(編集担当 岩森 光)