

## 伊豆半島北東部の珪長質火山活動の年代

及川輝樹<sup>1,\*</sup>・石塚 治<sup>1</sup>・岩野英樹<sup>2</sup>・檀原 徹<sup>2</sup>

Teruki Oikawa, Osamu Ishizuka, Hideki Iwano, Tohru Danhara(2010) Age of felsic volcanism in the northeastern Izu Peninsula, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 61 (5/6), p. 203-207, 2 figs, 2 table.

**Abstract:** To determine the eruption age of the felsic lava flows distributed in the northeast of Izu Peninsula, we have performed fission-track dating of zircon from three volcanics named Izuyama, Higaneyama and Tenshozan. The resulting ages are  $0.2\pm 0.1$ ,  $0.26\pm 0.04$  and  $0.1\pm 0.1$  Ma for Izuyama, Higaneyama and Tenshozan, respectively.

**Keywords:** Fission-track dating, Felsic rock, Izu Peninsula, Izuyama, Higaneyama, Tenshozan

### 要 旨

伊豆半島北東部の珪長質岩、伊豆山、日金山、天昭山の3溶岩についてそれぞれの形成年代を求めるためFT年代測定を行なった。FT年代値は、伊豆山が $0.2\pm 0.1$ Ma、日金山が $0.26\pm 0.04$ Ma、天昭山が $0.1\pm 0.1$ Maであることが明らかとなった。

### 1. はじめに

伊豆半島北東部における第四紀火山活動は、玄武岩～安山岩質火成活動が主体であるが、少量の珪長質火山活動も存在する(久野, 1952)。これら珪長岩の活動年代については、層序学的な検討の他、鈴木(1969)の黒曜石を対象としたフィッション・トラック(以下、FTと略す)年代測定の研究がある。しかし、黒曜石などのガラスは常温でもFTが消失するため、それらの補正を行なったうえで年代値を算出する必要がある(例えば、檀原, 1995のレビュー)が、鈴木(1969)ではそのような検討を行っていない。我々は、伊豆半島北東部のいくつかの珪長質岩について、ジルコンを対象としたFT年代測定を行ない、その活動年代を明らかにしたのでここに報告する。

### 2. 地質概説

伊豆半島北東部には、主に第四系の湯河原火山、多賀火山噴出物などと被覆関係にある珪長質岩体がいくつか存在する(図1)。それらは、久野(1952)により

輝石“デイサイト”小噴出岩体と名づけられ、伊豆山、上多賀、日金山、軽井沢、鍛冶屋の5つの溶岩に区分されている。これら岩体は、“デイサイト”と名づけられているが、全岩化学組成に基づく今日的な分類(Le Bas and Streckeisen, 1991)からは、流紋岩に区分されるものもある(表1)。なお、伊豆山溶岩はKoto(1884)が記載しており、恐らく日本の岩石としては最も古く記載されたものの一つである。

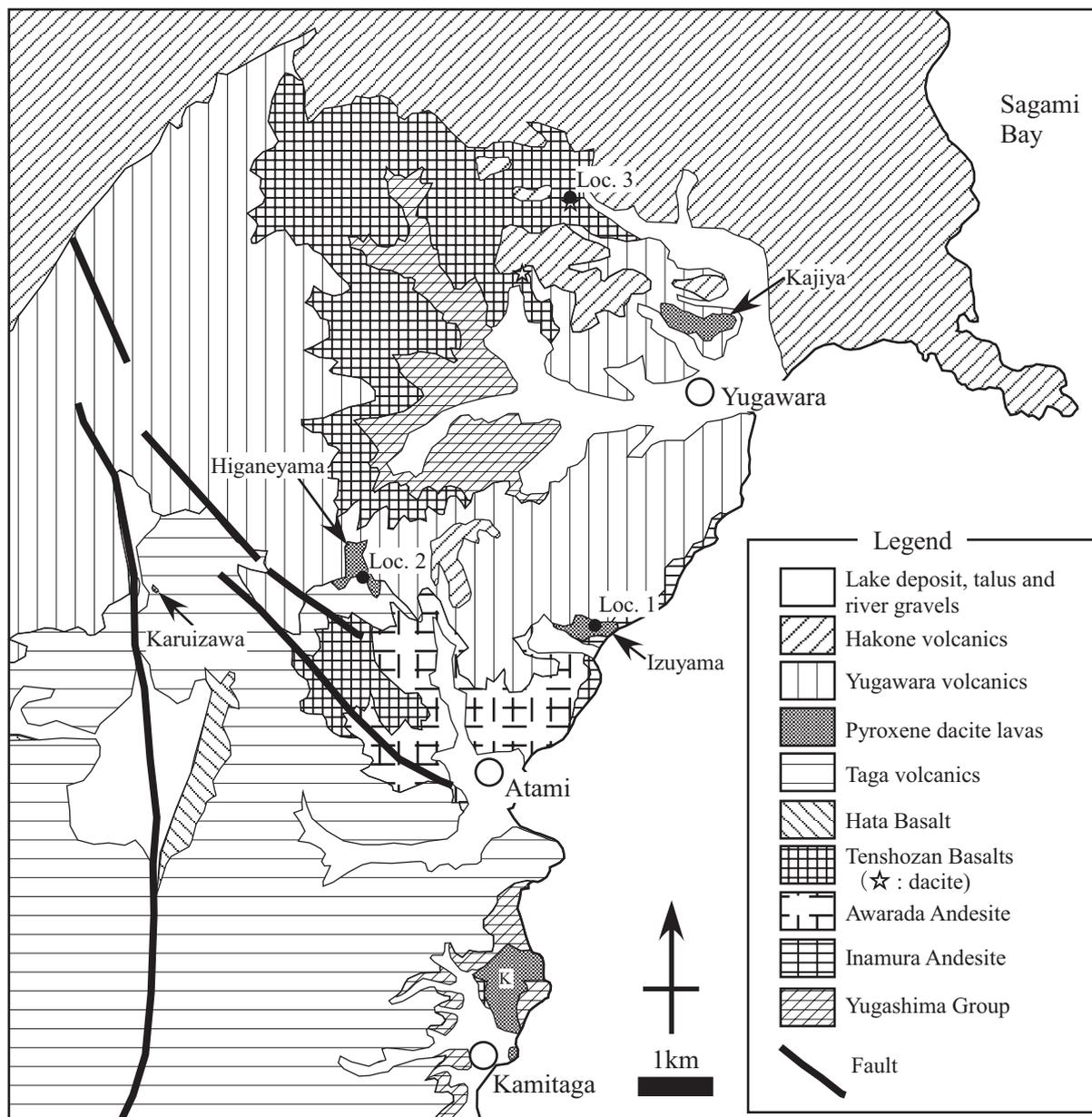
各溶岩と周囲の火山噴出物との層序的關係は、久野(1952)によると以下のとおりである(図2)。伊豆山溶岩は稲村安山岩類を覆い湯河原火山噴出物に覆われる。上多賀溶岩は湯ヶ島層群及び多賀火山噴出物を覆う。日金山溶岩は多賀火山噴出物を覆い湯河原火山噴出物に覆われる。軽井沢溶岩は多賀火山噴出物を覆う。鍛冶屋溶岩は湯河原火山噴出物を覆うが湯河原火山噴出物と同時期の可能性が高い。なお、多賀火山噴出物の北西部からは約0.65Ma(松本ほか, 1993)、湯河原火山噴出物の北部からは約0.4-0.2 Ma(袴田ほか, 2005)、久野(1952)では鮮新統とされていた稲村安山岩類からは約0.6Ma(石塚, 2006)のK-Ar年代値が得られている。これらのK-Ar年代結果に従えば、久野(1952)の輝石“デイサイト”小噴出岩体はおおよそ0.6~0.4Maの活動と推定される。しかし、得られているK-Ar年代値は各火山噴出物とも分布の限られた地域から数点のみで、各火山噴出物の活動年代幅が必ずしも求められているわけではない。

また、輝石“デイサイト”小噴出岩体に隣接した地域に分布する天昭山玄武岩類中にも“デイサイト”溶岩が狭在される(久野, 1952)。天昭山玄武岩類は、久

<sup>1</sup>地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ)

<sup>2</sup>株)京都フィッション・トラック (Kyoto Fission-Track Co., Ltd.)

\* Corresponding autor: T. OIKAWA, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: teruki-oikawa@aist.go.jp



第1図 伊豆半島北東部の珪長質岩の分布と試料採集位置

Fig. 1 Locality and distribution of felsic rocks in the northeastern Izu Peninsula. Geological map is simplified after Kuno (1952).

野 (1952) では鮮新世の噴出物とされていたが、最近の平田 (1999) の K-Ar 年代測定により約 65~50 万年前の噴出物とされ、箱根火山の最初期の噴出物とされている (平田, 1999; 地質学会編, 2007; 長井・高橋, 2008)。なお、この“デイサイト”も全岩化学組成に基づく分類 (Le Bas and Streckisen, 1991) では、流紋岩に区分される (表 1)。

### 3. 試料

本研究で年代測定を行ったのは、久野 (1952) の輝

石“デイサイト”小噴出岩体のうち、伊豆山、日金山溶岩と天昭山玄武岩類に狭定される“デイサイト”である。試料採集地点は、図 1 と表 1 に示す。試料の全岩化学組成も表 2 に示す。各試料の記載岩石学的特徴は以下のとおりである。

伊豆山溶岩を構成する岩石は、風化していると白色ないし淡紫灰色であるが新鮮な部分は灰~黒灰色を呈し、斑状で長径 4mm 以下の斜長石が目立ち 1mm 以下の輝石が散る流理構造が発達した岩石からなる。斑晶として斜長石 (4mm 以下)、単斜輝石 (1mm 以下) が含まれ、少量の斜方輝石 (1mm 以下)、石英 (1mm 以

第1表 伊豆山, 日金山, 天昭山玄武岩類（久野（1952）による“デイサイト”）の全岩化学組成（XRFによる）

Table. 1 Whole rock chemical compositions (XRF analyses) of the felsic rocks of Izuyama, Higaneayama and Tenshozan.

	Izuyama	Higaneayama	Tenshozan
Sampling point*	Loc. 1	Loc. 2	Loc. 3
Latitude**	35° 06' 53" N	35° 07' 18" N	35° 10' 04" N
Longitude**	139° 05' 02" E	139° 03' 03" E	139° 05' 06" E
Major element***			
SiO <sub>2</sub>	70.12	77.04	73.08
TiO <sub>2</sub>	0.43	0.36	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.95	14.69	13.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.70	2.74	2.66
MnO	0.09	0.07	0.06
MgO	1.08	0.34	0.53
CaO	3.75	1.95	2.94
Na <sub>2</sub> O	4.10	3.90	3.97
K <sub>2</sub> O	0.95	1.54	1.53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.04	0.05
Total	99.23	102.67	98.94

\*See Fig. 1.

\*\*Based on the WGS84 Datum.

\*\*\*XRF analyses were made using a Philips PW1404 of GSJ following the method described by Togashi and Terashima (1997).

下), 角閃石 (0.5mm 以下), 不透明鉱物 (0.1mm 以下) も含まれる. 石基はスフェリティック構造を示し, 褐色ガラスと隠微晶質の結晶からなる.

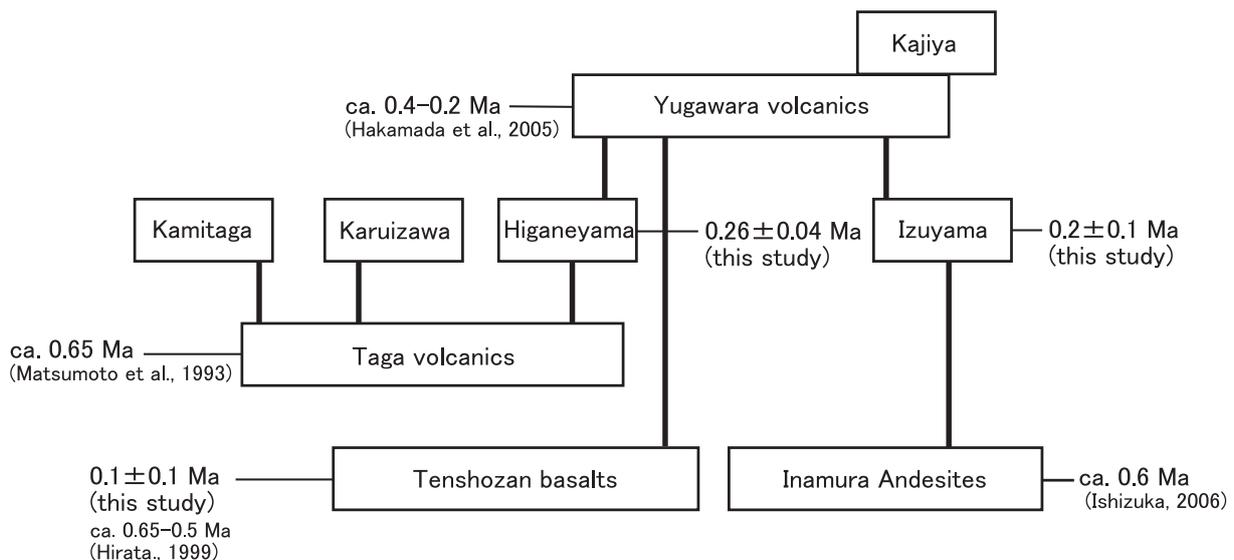
日金山溶岩を構成する岩石は白灰から黒灰色を呈し, 斑状で長径 2mm 以下の斜長石と 1mm 以下の石英がまばらに散る流理構造が発達した岩石からなる. 斑晶として斜長石 (2mm 以下), 石英 (0.5mm 以下), 斜方輝石 (1mm 以下), 単斜輝石 (1mm 以下), と少量の不透明鉱物 (0.1mm 以下) が含まれる. 石基はスフェリティック構造を示し, 褐色ガラスと隠微晶質の結晶からなる.

天昭山玄武岩類の“デイサイト”は, 黒灰色を呈し斑状で長径 3mm 以下の斜長石が目立ち, 2mm 以下の角閃石, 石英が認められる流理構造が発達した岩石である. 斑晶として斜長石 (2mm 以下), 石英 (1mm 以下), 角閃石 (1mm 以下) と少量の単斜輝石 (0.5mm 以下) と不透明鉱物 (0.1mm 以下) が含まれる. 石基はスフェリティック構造を示し, 褐色ガラスと隠微晶質の結晶からなる.

風化の影響をうけていない岩石に含まれる斑晶鉱物はいずれの岩体も新鮮で, 高温の熱水変質などの証拠は認められない.

#### 4. フィッション・トラック年代測定とその結果

測定は Danhara et al. (2007), Danahara and Iwano (2009) に従い, DAP (ジアリルフタレート) を誘導 FT の検出材とする外部ディテクター法 (ED2 法) を用いて行なった. 熱中性子照射は日金山の試料につ



第2図 層序表

Fig. 2 Stratigraphic relation in the study area. This diagram is simplified after Kuno (1952).

第2表 FT年代測定結果

Table. 2 Result of FT dating.

Sample name	No. of crystals	Spontaneous		Induced		P( $\chi^2$ ) (%)	Dosimeter		r	U-content (ppm)	Age ( $\pm 1\sigma$ ) (Ma)
		$\rho_s$ ( $10^5 \text{ cm}^{-2}$ )	$N_s$	$\rho_i$ ( $10^6 \text{ cm}^{-2}$ )	$N_i$		$\rho_d$ ( $10^4 \text{ cm}^{-2}$ )	$N_d$			
Zircon											
Izuyama	60	0.256	3	9.71	1138	7	12.77	4598	0.294	70	0.1 $\pm$ 0.1
Higaneyama	30	1.14	49	5.34	2291	92	3.488	3348	-0.232	1450	0.26 $\pm$ 0.04
Tenshozan	71	0.403	6	9.71	1447	99	12.79	4604	0.022	70	0.2 $\pm$ 0.1

\* $\rho$  and N are the density and the total number of fission tracks counted, respectively.

\*\*Analyses were made by the external detector method using geometry factors of 1 for  $2\pi/2\pi$  (ED2). Ages were calculated using a dosimeter glass NBS-SRM612 and age calibration factors zeta (ED2) =  $352 \pm 4$  (Higaneyama; Danhara et al., 2007) and zeta (ED2) =  $391 \pm 4$  (Izuyama and Tenshozan; Danhara et al., 2009). Higaneyama samples were irradiated using JRR-4 nuclear reactor of JAEA in Japan. Izuyama and Tenshozan samples were irradiated using JRR-3 nuclear reactor of JAEA in Japan.

\*\*\*P( $\chi^2$ ) is the probability of obtaining the  $\chi^2$ -value for n degrees of freedom (where v=number of

\*\*\*\*r is the correlation coefficient between  $\rho_s$  and  $\rho_i$ .

いては、日本原子力研究開発機構 JRR4 炉気送管で行い、その他の試料は JRR3 炉気送管で行なった。熱中性子照射線量の測定には NIST-SRM612 ガラスと DAP 検出材を用いた。ジルコンのエッチング条件は KOH : NaOH=1:1 共融液 (225°C) を用い、日金山が 19 時間、伊豆山と天昭山が 50 時間である。

測定に使用したジルコンは以下のように調整した。日金山については 2.60kg の試料から 600 個のジルコン結晶を抽出した。それらは、結晶形、色調、自発 FT の密度の差から明らかに 2 種類の結晶群に分けられる。それは、無色で稜がやや摩滅した相対的に低自発 FT 密度をもつ結晶群 (約 90%) と赤色・自形で相対的に高自発 FT 密度をもつ結晶群 (約 10%) である。岩質から外来結晶の混入はないと考えられることから、両者には大きなウラン濃度差が予想される。今回は精度向上のため、ウラン濃度が高いことが予想される赤色・自形の高自発 FT 密度の結晶を対象として、それら結晶群のうち 30 個について年代測定を行なった。伊豆山については 0.50kg の試料から 300 個、天昭山については 0.50kg の試料から 1000 個のジルコン結晶を抽出した。これらの 2 試料は測定粒子数を 60~71 個とした (表 2)。

年代測定結果を表 2 に示す。いずれのサンプルも  $\chi^2$  検定 (Galbraith, 1981) に合格した。ただし、伊豆山と天昭山は自発 FT 密度が非常に低く、計数された自発 FT 本数は 3 本と 6 本であったため、測定結果の有効数字は 1 桁のみである。3 試料の中で最も精度よく測定できた日金山溶岩の年代は  $0.26 \pm 0.04 \text{ Ma}$  で、珪長質岩

体類の活動年代として、およそ 0.3-0.1Ma であることが明らかになった。

## 5. 各岩体と周囲の火山岩との関係輝石デイサイト小噴出岩体の年代観

既存の層序と年代値からは、今回測定対象とした輝石 “デイサイト” 小噴出岩体 (伊豆山と日金山) は、上下の層準の K-Ar 年代から 0.6-0.4Ma と推定されていた。しかし、今回得られたジルコン FT 年代値 (伊豆山:  $0.1 \pm 0.1 \text{ Ma}$ , 日金山:  $0.26 \pm 0.04 \text{ Ma}$ ) に基づくと、これらの年代観は既研究のものより明らかに若くなることを示唆する。

伊豆山溶岩から得られた FT 年代値 ( $0.1 \pm 0.1 \text{ Ma}$ ) は、下位の稲村安山岩類の年代値 (約 0.6Ma) と矛盾しないが、上位の湯河原火山噴出物 (約 0.4 - 0.2Ma) より若く層序関係と矛盾する。しかし、湯河原火山噴出物の年代値が得られている地点 (袴田ほか, 2005) はその噴出物の北縁近くで、伊豆山溶岩はその南縁近くに分布している。そのため、湯河原火山噴出物南部の一部は 0.2Ma より若い可能性もある。これら層序と年代値から、伊豆山溶岩は湯河原火山とほぼ同時期に活動したのであろう。

日金山溶岩からは、その上位の湯河原火山噴出物と同時期であることを示す  $0.26 \pm 0.04 \text{ Ma}$  の年代値が得られ、既存の層序と矛盾する結果となった。しかし、久野 (1952) は日金山溶岩を湯河原火山噴出物が直接覆っているのを観察していない。我々の観察によると、分

布から日金山溶岩はその地域の最上位に位置する岩体である可能性が高い。そのため、今回得られたFT年代値と層序は矛盾しないと考えられる。

一方、詳細は明らかにされていないが平田（1999）により0.65-0.50Maとされている天昭山玄武岩類についても、今回0.2±0.1MaというジルコンFT年代が得られた。平田（1999）の天昭山玄武岩類の採集地点が不明のため、今回年代測定した“デイサイト”との層位的関係は明らかでないが、これもまた、既存の年代観より若い値を示す。平田（1999）の年代値が正しいとするなら、天昭山玄武岩類の活動年代は0.65Maから少なくとも0.2±0.1Maまで継続したことになる。しかし、天昭山玄武岩類を覆う湯河原火山噴出物の年代が約0.4~0.2Maであることから、その年代値と今回得られた年代値は層序と矛盾する。既存の年代値と今回の結果をあわせて判断すると、天昭山玄武岩類と湯河原火山の活動時期は重なることは明らかである。

今回得られた珪長質岩のFT年代は、測定精度は低いものの、明らかに従来の年代観と矛盾する結果となった。前述のように、既存の層序区分に基づき年代値を整理すると、いくつかの矛盾が生じる。この問題の一つの原因として、検討地域の放射年代値の蓄積が少なく、各火山の活動年代が必ずしも明らかになっていないことが指摘される。しかし、天昭山玄武岩類の活動年代などは従来の地質区分に基づき単純に放射年代値を増やすだけでは矛盾が解決できそうにない。つまり、新たな視点で、各火山噴出物の定義・分布を見直すことが必要であろう。

## 文 献

檀原 徹（1995）第四紀テフラの高精度フィッシュョン・トラック（FT）年代測定。第四紀研究, **54**, 221-257.

Danhara, T., Iwano, H., Kobayashi, H., and Tsuruta, T. (2007) A report on fission-track data of zircon and apatite age-standards for age calibration using diallyl phthalate (DAP) resin detectors and a minor revision of zeta

values by Danhara et al. (2003). *Jour. Geol. Soc. Japan*, **113**, 77-81.

Danhara, T. and Iwano, H. (2009) Determination of zeta values for fission-track age calibration using thermal neutron irradiation at the JRR-3 reactor of JAEA, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **115**, 141-145.

Galbraith, R. F. (1981) On statistical models for fission track counts. *Jour. Math. Geol.*, **13**, 471-478.

袴田和夫・杉山茂夫・今永 勇・萬年一剛・大木靖衛（2005）箱根火山のK-Ar年代。火山, **50**, 285-299.

平田由紀子（1999）箱根火山の発達史。神奈川県立博物館調査研究報告（自然科学）, no. 9, 153-178.

石塚 治（2006）伊豆半島における火山活動の時空変遷とその鉱床形成との関連。資源地質学会年会講演会講演要旨集, no. 56, 65-65.

Koto, B. (1884) Studies of some Japanese rocks, *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **40**, 431-431.

久野 久（1952）7万5千分の1地質図幅「熱海」およびその説明書。

Le Bas, M.J and Streckeisen, A.L., 1991. The IUGS systematics of igneous rocks. *J. Geol. Soc. London*, **148**, 825-833.

松本哲一・水垣桂子・玉生志郎・小野晃司・北原哲郎・品田正一・笹田政克（1993）伊豆半島，多賀火山初期噴出物としての畑玄武岩類—静岡県丹那盆地付近の地質とK-Ar年代—。火山, **38**, 1-13.

長井雅史・高橋正樹（2008）箱根火山の地質と形成史。神奈川県立博物館研究調査報告（自然）。**13**, 25-42.

日本地質学会編（2007）国立公園地質リーフレット1 箱根火山。日本地質学会, 1 sheet.

Togashi, S. and Terashima, S. (1997) The behavior of gold in unaltered island arc tholeiitic rocks from Izu-Oshima, Fuji, and Osoreyama volcanic areas, Japan. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **61**, 543-554.

（受付：2009年7月30日；受理：2009年11月4日）