中期中新世テフラの広域対比：房総半島 Kn-1 凝灰岩と紀伊半島室生火砕流堆積物

Widespread correlation of Middle Miocene tephtras in Japan: a possible link between the Kn-1 tuff (Boso Peninsula) and the Muro Pyroclastic Flow Deposit (Kii Peninsula)

Abstract

檀原 徹* 星 博幸** 岩野英樹*
山下 透* 三田 勲***

Tohru Danhara*, Hiroyuki Hoshi**,
Hideki Iwano*, Tohru Yamashita* and
Isao Mita***

2006年5月8日受付.
2007年1月11日受理.

* (株) 京都フィッション・トラック
Kyoto Fission-Track Co., Ltd., Kita-ku, Kyoto
603-8832, Japan

** 愛知教育大学理科学教育講座地学領域
Department of Earth Sciences, Aichi University
of Education, Kariya, Aichi 448-8542,
Japan

*** 日本天然ガス株式会社
Nihon Tennen Gas Co., Ltd., Chosei, Chiba
299-4205, Japan

Corresponding author: T. Danhara,
kyoto-ft@mb.newweb.ne.jp

Widespread correlation of early Middle Miocene (15 Ma) tephtras is proposed. Mineralogical and geochronological analyses suggest that a felsic tephra on the Boso Peninsula (central Japan) is correlative to an ash-flow deposit on the Kii Peninsula (southwestern Japan), some 400 km distant. The felsic tephra, the Kn-1 tuff in the sedimentary Kinone Formation, is approximately 16 m thick and contains minerals and volcanic glasses that show close affinities with those from the Muro Pyroclastic Flow Deposit and correlative ash-flow units (the Tamateyama and Sekibutsu Tuffs) on the northern Kii Peninsula. Our zircon fission track ages for the Kn-1 tuff are about 15 Ma and indistinguishable from those for the ash-flow deposits. Because the Tamateyama-Sekibutsu-Muro ash-flow deposit originates from a caldera-forming pyroclastic eruption in the Outer Zone (Pacific-side) igneous province including the Kumano and Omine Granitic Rocks, the Kn-1 tuff also comes from that eruption in the Outer Zone (probably at Kumano) of the Kii Peninsula.

Key words: Kn-1 tuff, Boso Peninsula, Muro Pyroclastic Flow Deposit, Kii Peninsula, correlation, Middle Miocene, widespread tephra

はじめに

給源火山と遠距離テフラを結ぶ研究は、我が国では数多くの第四紀広域テフラで実例が知られている。始良カルデラを噴出源とする入戸火砕流と co-ignimbrite ash である始良 Tn (AT) 火山灰 (町田・新井, 1976) や、中部九州の猪牟田カルデラを噴出源とする今市火砕流と大阪層群アズキ火山灰—上総層群 Ku6c 火山灰 (鎌田ほか, 1994a, b) など、日本列島およびその周辺の火山を給源とする代表的な広域テフラがカタログ化されている (町田・新井, 2003)。さらに近年のテフロクロノロジーにおける分析技術の発達やテフラ情報の蓄積は、今や第四紀をはるかに遡り鮮新世の広域テフラにまで対比や編年研究対象を拡張し始めている (例えば、Kurokawa and Tomita, 1998; 田村ほか, 2005 など)。しかし時代が古くなるほど給源域の山体開析が進み、しばしば火山体の全貌を捕らえることが困難となる。そのため第四紀より古い時代においては点在するテフラ間の対比例は報告されているが、特定の給源火山と広域テフラの対比例は知られていない。

紀伊半島 (Fig. 1) の中期中新世珪長質岩類に属する熊野

酸性岩類や大峯花崗岩類、大峯火砕岩岩脈および中奥火砕岩岩脈は、岩体の分布・構造・記載岩石学的特徴から大規模な火山体の深部構造の断面として捉えられている (三浦・和田, 2004, 2005; 佐藤・大和峯研究グループ, 2006)。同時期の二上層群玉手山凝灰岩—地獄谷層石仏凝灰岩—室生火砕流堆積物 (以下、玉手山—石仏—室生火砕流堆積物とする) は一連のアウトフロー火砕流堆積物として対比され (星, 2002, 2003; 星ほか, 2004; 岩野ほか, 2007; 山下ほか, 2007)、それらの給源の有力候補として熊野酸性岩類の形成に関連したカルデラ (Miura, 1999; 川上・星, 2007; Kawakami et al., in press) が指摘されている (山下ほか, 2007)。この火成活動に伴う一連の珪長質岩類の侵食・散逸分を含めた総体積は約 1300 km³ に達すると見積もられ (三浦・和田, 2004, 2005)、これによればこの火成活動は地球上最大規模のカルデラ火山である Toba カルデラ (径 35 × 100 km: Ninkovich et al., 1978) に匹敵する可能性がある。

カルデラ形成を伴う巨大噴火に伴って広域テフラが発生する例は数多く知られている。そのため紀伊半島で約 15 Ma にカルデラ噴火が生じた際にも大量の珪長質火砕物が噴出し、広域テフラとして日本列島各地の同時期の堆積物中に挟

Fig. 1. Map showing the Kumano Acidic Rocks (a representative Outer Zone igneous complex) and Miocene ash-flow deposits on the northern Kii Peninsula, and the Kn-1 tuff on the Boso Peninsula. 1, Kumano Acidic Rocks; 2-4, Miocene ash-flow tuffs (2, Tamateyama Tuff; 3, Sekibutsu Tuff; 4, Muro Pyroclastic Flow Deposit); 5, Kn-1 tuff. The dashed ellipse shows a 15 Ma volcanic source region around Kumano, and the dash-dotted circle encompasses the area probably blanketed by the 15 Ma ash-flow sheet originating from a large-scale pyroclastic eruption at Kumano.

在する可能性が高い。この考えにもとづき我々は房総半島 (Fig. 1) での探索を試みた。房総半島には前期中新世以降の海成堆積物が厚く発達し、微化石層序および放射年代測定によりその堆積年代が詳しくわかっている (例えば, Takahashi and Okada, 2001)。安房層群木の根層は中部中新統の下部層で、多くの珪長質テフラが挟在する (中嶋ほか, 1981; 中嶋・渡辺, 2005)。本研究では、年代測定と記載岩石学的分析の結果から、木の根層の鍵層 Kn-1 凝灰岩が室生火砕流堆積物に代表される紀伊半島北部の中新世珪長質火砕流堆積物と対比可能であることを報告する。なお、紀伊半島の中新世珪長質火成岩類どうしの関連性については、岩野ほか (2007) および山下ほか (2007) を参照されたい。

地 質 概 説

中嶋ほか (1981) によると、木の根層は房総半島南部の鴨川市木の根峠付近を模式地とし、鴨川市川谷、神川、金山川など河川沿いに良好な露頭がある。層厚は川谷で 750 m、神川で 775 m である。本層は下位の神川層と上位の天津層の間の地層として定義され、両層との関係は整合である。本層は暗灰色の頁岩を主とし、最下部に礫岩と砂岩を、中部に砂岩頁岩互層を挟む。本層の頁岩や泥岩にはしばしば白色～灰白色の細粒凝灰岩および軽石凝灰岩が挟まれる。模式地周辺では岩相変化はあまりない。Fig. 2 に川谷と神川における模式柱状図 (中嶋ほか, 1981) を示した。

本層に含まれる凝灰岩は、最下部付近にわずかに砂質スコリア凝灰岩を含むほかは主として珪長質凝灰岩が占める。本層中の主な凝灰岩鍵層として Kn-1 ～ Kn-4 の 4 枚があり

Fig. 2. Geologic columns of the Kanigawa and Kinone Formations at Kawadani and Kanigawa sections, partly modified from Nakajima et al. (1981). Sampling horizons of 20010608-④, 20010608-⑨, and Kn-1 Kawadani are also indicated in this figure.

(中嶋ほか, 1981), 放射年代は Kn-1 で黒雲母 K-Ar 年代 (14.95 ± 0.24 Ma: Takahashi and Okada, 2001) が、Kn-3 でジルコンのフィッション・トラック (FT) 年代 (15.0 ± 0.5 Ma: Takahashi and Danhara, 1997) が得られている。また本層からは各種の微化石が産出し、微化石層序から推定される本層の堆積年代は約 13 ～ 16 Ma であり (例えば, Takahashi et al., 1999), 上記の放射年代と調和的である。

試料と分析方法

木の根層に挟在する珪長質凝灰岩 12 試料を採取し、テフラ分析、ジルコンの FT 年代測定、ジルコンの色調および結晶形の検討を行った。試料採取地点を Fig. 3 に示し、各試料の岩相を Table 1 にまとめた。11 試料は神川ルート (Fig. 2) で採取し、この中には鍵層である Kn-1 と Kn-3 も含まれる。このルートで採取した Kn-1 (試料番号 20010608-④) の火山ガラスは完全に変質していたため、新鮮な火山ガラスの残る Kn-1 凝灰岩として川谷ルート露頭 (Fig. 2) で 1 試料採取した。川谷ルートの Kn-1 は層厚約 16 m、層理が発達し、級化層理と不完全なブーマシーケンスを示す複数の火山灰質タービダイトの集合体からなる。明らかに降下テフラ堆積物と判断できる岩相は見られなかった。試料は Kn-1 基底部をなす黒雲母濃集塊状粗粒凝灰岩 (厚さ 5 cm: タービダイト最下部の級化層理相) から採取した。なお詳しい露頭位置などは、中嶋ほか (1981) による神川および川谷のルートマップを参照されたい。

Fig. 3. Map showing sampling localities. This map is part of 1: 25,000 topographic map “Kamogawa” published by the Geographical Survey Institute of Japan.

Table 1. Sample descriptions and the results of tephra analysis and radiometric dating.

Sample name (Key bed)	Thickness	Lithology	Mineral assemblage		shape	Glass Refractive index (mode)	Color of zircon	Radiometric age (Ma)
			heavy	light				
20010608-11*	1m±	wh. pm. tuff	Opq	Pl, Qz	pm	1.505-1.507 (1.506)		
20010608-10*	50cm±	wh. fine tuff	-	Qz, Pl	(pm)	1.500-1.506 (1.502)		
20010608-9*(Kn-3)	4m±	wh. grey tuff (grad.)	Opq, (Bt)	Qz, Pl, β-Qz	pm>bw	1.498-1.508 (1.505)	red	15.0±0.5 ^{*4}
20010608-8*	50cm±	wh. tuff	Bt, (Opq)	Pl, Qz, β-Qz	pm>bw	1.494-1.508 (1.497)	red.brown	14.3±0.4 ^{*5}
20010608-7*	150cm±	banded wh. tuff	Bt, (Opq)	Qz, Pl	pm	1.498-1.505 (1.502)		
20010608-6*	150cm±	banded wh.-wh. grey tuff	(Bt, Opq)	Pl, Qz	pm	1.499-1.504 (1.503)		
20010608-5*	2m±	wh. tuff	Bt, Opq	Pl	bw, pm	1.498-1.505 (1.500)	pale pink	13.4±0.8 ^{*5}
20010608-4*(Kn-1)	6m±	wh. grey tuff sd.-tuff (grad.)	Bt, (Gar)* ¹	San, Qz, Pl ^{*2}	(altered)	altered	2 kinds ^{*3}	14.9±0.3 ^{*5, *7}
20010608-3*	60cm±	light grey tuff (tuff sd.)	-	Pl	bw, pm	1.501-1.503 (1.502)		
20010608-2*	2m±	light grey tuff	(Opq, GHb)	Pl, β-Qz	pm	1.500-1.509 (1.501)		
20010608-1*	70cm±	light grey tuff st.-sty tuff	(Opq, Bt)	Pl, Qz	pm	1.498-1.507 (1.502)		
Kn-1(Kawadani)**	16m±	light grey fine tuff	Bt, (Gar)* ¹	San, Qz, Pl ^{*2}	bw>pm	1.496-1.499 (1.498)	2 kinds ^{*3}	14.7±0.3 ^{*5}
(Kn-1)								14.95±0.24 ^{*6}

*, Kanigawa section; **, Kawadani section; *1, A small amount of garnet was recognized; *2, oligoclase ~ labradorite; *3, reddish and colorless; *4, zircon fission track age of Takahashi and Danhara (1997); *5, This study; *6, biotite K-Ar age of Takahashi and Okada (2001); *7, weighted mean of sample 20010608-4; Abbreviation: wh, white; pm, pumice; grad., gradual; sd, sand; st, silt; sty, silty; Opq, opaque; Bt, biotite; Gar, garnet; GHb, green hornblende; Pl, plagioclase; Qz, quartz; San, sanidine; bw, bubble wall; red., reddish.

テフラ分析の方法と手順は山下ほか (2007) に準拠し、鉱物組成分析 (全構成鉱物・重鉱物・軽鉱物)、火山ガラスおよび軽鉱物 (斜長石・カリ長石・石英) の屈折率測定を行った。軽鉱物屈折率測定は Kn-1 凝灰岩 (2 試料のみ) を対象とした。

FT 年代測定はジルコンを対象に結晶外面 (ED2) と結晶内部面 (ED1) を用いた外部ディテクター法 (Danhara et al., 1991) で行い、年代較正は国際地質学連合 (IUGS) による FT 年代標準化勧告 (Hurford, 1990) に従った。測定手順は岩野ほか (2007) と同じである。なお測定条件 (測定者・ディテクター・原子炉) ごとのゼータ値は Table 2 の脚

注に示した。

年代測定の前処理段階で、Kn-1 凝灰岩の 2 試料にのみ赤色と無色を呈する 2 種類のジルコン結晶の存在が確認された。この 2 種のジルコンについて、色別モード比と各色で発達する柱面を記載した。方法は岩野ほか (2007) に準拠した。

結 果

テフラ分析 (12 試料)、FT 年代測定 (4 試料)、ジルコン記載 (2 試料) の結果を Table 1 と 2 に示す。12 試料の中で、玉手山-石仏-室生火砕流堆積物 (後述) と同様の主要

Table 2. Zircon fission track ages for felsic tephra layers in the Kinone Formation.

Sample name	n	Spontaneous		Induced		Dosimeter		$P(\chi^2)$	r	U	Age ($\pm 1\sigma$)	Meth.	Detec.	Anal.	Etch time
		ρ_s	(N_s)	ρ_i	(N_i)	ρ_d	(N_d)								
		(10^6 cm^{-2})		(10^6 cm^{-2})		(10^4 cm^{-2})									
20010608-⑧	36	2.35	1597	4.70	3192	8.007	2050	21	0.95	630	14.9 ± 0.6	ED2	mica	TD	28
	24	4.88	1688	5.44	1881	8.629	2209	36	0.96	680	13.6 ± 0.6	ED1	mica	HI	24
	Weighted average										14.3 ± 0.4				
20010608-⑤	47	1.87	579	4.15	1286	7.993	2046	99	0.79	560	13.4 ± 0.8	ED2	mica	TD	26
20010608-④	69	2.21	3010	4.33	5891	7.980	2043	67	0.91	580	15.2 ± 0.5	ED2	mica	TD	28
	69	2.01	3134	3.54	5516	7.980	2043	41	0.85	480	15.1 ± 0.5	ED2	mica	HI	28
	60	2.84	3638	2.96	3795	8.627	2209	7	0.90	370	14.5 ± 0.5	ED1	mica	HI	28
Kn-1(Kawadani)	56	2.35	4262	2.19	3972	7.056	3387	3	0.89	330	14.7 ± 0.4	ED1	DAP	TD	30
	Weighted average for Kn-1										14.9 ± 0.2				

n, number of grains; ρ and N , density and total number of counted tracks, respectively; Analyses were made by T. Danhara (TD) and H. Iwano (HI) using the external detector method (ED1, internal surface; ED2, external surface) (Danhara et al., 1991); NIST-SRM612 standard glasses were used as a dosimeter; $P(\chi^2)$, probability of obtaining the χ^2 value for ν degrees of freedom (ν = number of crystals - 1) (Galbraith, 1981); r , correlation coefficient between ρ_s and ρ_i ; U, uranium content calculated based on the induced track densities (Iwano et al., 2000); Zircon grains were irradiated using TRIGA MARK II nuclear reactor of St. Paul's University, Japan or the pneumatic tube of reactor unit JRR-4 at the Japan Atomic Energy Agency, Japan; Ages were calculated by using zeta calibration factors age calibration factors $\zeta_{ED2} = 372 \pm 5$ (1 σ) for TD, $\zeta_{ED1} = 352 \pm 3$ (1 σ) and $\zeta_{ED2} = 334 \pm 4$ (1 σ) for HI with mica detectors and $\zeta_{ED1} = 390 \pm 3$ (1 σ) for TD with DAP detectors (See details in Danhara et al., 2003).

Fig. 4. Refractive index histograms of light minerals and volcanic glasses from the Kn-1 Tuff and the Tamateyama Tuff. The Tamateyama data are from Yamashita et al. (2007).

造岩鉱物（石英・斜長石・サニディン・黒雲母）をすべて含むものは Kn-1 凝灰岩の 2 試料（20010608-④, Kn-1 Kawadani）のみであった。この 2 試料は赤色と無色のジルコン結晶を含み、ざくろ石も微量確認した。凝灰岩 11 試料の火山ガラス屈折率値 (n) は試料ごとに異なる分布をもち、川谷ルートの Kn-1 のガラス屈折率値は集中し、モードは $n = 1.498$ であった (Fig. 4)。Kn-1 (2 試料) の斜長石屈折率はオリゴクレス〜ラブラドライト成分領域に分布した (Fig. 4)。

年代測定の結果、3 層準で既報年代とほぼ一致する年代値（約 14 ~ 15 Ma）が得られた (Table 2)。Kn-1 の赤色と無色のジルコンはともに約 15 Ma を示した。さらに 2 種類のジルコンのモード比は赤色：無色 = 2 : 3 で、赤色ジルコンの約 80 % が {100} 柱面が発達し、無色ジルコンの約 90 % が {110} 柱面が発達した結晶形であった。

考 察

まず、紀伊半島の玉手山-石仏-室生火砕流堆積物の特徴を整理しておきたい。

- (1) 主要造岩鉱物は重鉱物として黒雲母を、軽鉱物として石英・斜長石・サニディンを含む。ただし玉手山凝灰岩と石仏凝灰岩には火山ガラスが卓越し、室生火砕流堆積物の最下部には火山ガラス（黒曜石片）と斜方輝石が含まれる（以上、山下ほか, 2007）。
- (2) 火山ガラス屈折率のモードは $n = 1.497 \sim 1.499$ に集中する（山下ほか, 2007）。
- (3) 斜長石はオリゴクレス〜ラブラドライトである（山下ほか, 2007）。
- (4) ざくろ石や堇青石などのパーアルミナスな鉱物を含み、S タイプ珪長質火成岩の特徴をもつ（新正ほか, 2000 など）。
- (5) 赤色と無色の異なる 2 種類のジルコンが混在し（星ほか, 2002; 岩野ほか, 2007; 檀原ほか, 2007）、色別のモード比および各色で発達した柱面の割合が一定である（岩野ほか, 2007）。
- (6) ジルコン FT 年代が約 15 Ma である（星ほか, 2002; 岩野ほか, 2007）。

結果で述べたように、Kn-1 の記載岩石学的特徴はすべて玉手山-石仏-室生火砕流堆積物のそれ（項目 1 ~ 5）とよく一致する。また放射年代は FT および K-Ar 法とも約 15

Ma で、玉手山—石仏—室生火砕流堆積物との同時性（項目 6）も満足する。したがって、Kn-1 凝灰岩は玉手山—石仏—室生火砕流堆積物に対比される可能性が高いと筆者らは結論する。

ここで微化石層序年代に関する考察を加えておこう。玉手山—石仏—室生火砕流堆積物については微化石を産出する海成層との層序関係から年代を推定することはできない。しかし給源候補と目される熊野酸性岩類は、下位の熊野層群中に浮遊性有孔虫化石帯（Blow, 1969）の N9/N8 境界があることから確実にその境界年代より若い（Saito, 1963; 池辺ほか, 1975）。N9/N8 境界年代について Berggren et al. (1995) や斎藤（1999）は 15.1 Ma と見積もっているが、最近の年代尺度では 14.7 Ma とされている（Gradstein et al., 2004）。小数点以下の不確定性はあるものの、熊野酸性岩類に対する既存（Hasebe et al., 1993; 角井ほか, 1998）および筆者ら（岩野ほか, 2007）の放射年代は誤差を考慮すれば微化石年代と矛盾しないように見える。従って、熊野酸性岩類と玉手山—石仏—室生火砕流堆積物が給源とアウトフロー堆積物の関係にあるならば、玉手山—石仏—室生火砕流堆積物も N9/N8 境界年代より若いことになる。

ところが、Oda (1977) によれば、木の根層 Kn-1 は N8 帯に含まれるので、その年代は N9/N8 境界年代より古くなってしまう。この矛盾の原因は房総の微化石層序（特に浮遊性有孔虫）にあるのではないかと筆者らは推察している。木の根層下部の浮遊性有孔虫化石の産出間隔は決して細かいとは言えない。また Takahashi et al. (1999) が指摘するように *Orbulina* 属の進化系列（Blow, 1969）がきちんと認識されているわけでもなく、*Orbulina* 属の初出現（first appearance）は初産出層準（first occurrence: Kn-1 の上位約 200 m）よりも有意に下位に存在する可能性がある。木の根層の浮遊性有孔虫化石層序の再検討が待たれる。

今後の展望

今回、紀伊半島を給源地として東へ約 400 km 離れた房総半島に堆積した約 15 Ma の広域テフラを探索した。現時点で対比根拠として挙げられるのは記載岩石学的特徴と年代測定における類似性だけであるが、今後古地磁気方位や火山ガラスの化学組成分析など多くの調査が行われ、対比の確実性がさらに増すことが期待される。

また、テフラの発見地点の増加も期待される。例えば、関東地方北部や東北地方には各地に海成中部中新統が分布し、珪長質凝灰岩がしばしば挟まれる（例えば、栃木県の荒川層群下部: 酒井, 1986）。また、四国沖で実施された DSDP/ODP においても厚さ数 10 m におよぶ中期中新世珪長質火砕堆積物が発見されており（Site 297: The Shipboard Scientific Party, 1975; Site 808: Shipboard Scientific Party, 1991）、本州の外帯花崗岩類が給源である可能性が指摘されている（Underwood et al., 1995）。こうした珪長質テフラの一部が玉手山—石仏—室生火砕流堆積物に対比される紀伊半島起源の広域テフラである可能性は十分あるだろう。中期中新世という古い広域テフラの発見から、単に火山学的視点か

ら給源域での火成活動の解明を促進するだけでなく、周辺海域を含む日本列島規模での中新世のテフロクロノロジーや日本海拡大期のテクトニクスへの寄与が期待される。

謝 辞

産業技術総合研究所の徳橋秀一・中嶋輝允両氏には木の根層の地質やルートマップなどについてご教示・ご助言を賜った。信州大学の原山 智氏には給源火山—テフラ対比研究に関する助言を頂いた。査読者の産業技術総合研究所の高橋雅紀氏、首都大学東京の山崎晴雄氏、および編集幹事の角井朝昭氏からは本稿に対し適切なコメントをいただいた。（株）京都フィッシュン・トラックの山下暢子氏には図表作成で、澤田めぐみ氏には試料前処理でご協力頂いた。以上の方々に心よりお礼申し上げる。

文 献

- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III and Aubry, M. -P., 1995, A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *In* Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M. -P. and Hardenbol, J., eds., *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation (SEPM Spec. Pub. No. 54)*, SEPM, Tulsa, 129-212.
- Blow, W. H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *In* Bronniman, P. and Renz, H. H., eds., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva 1969, Vol. 1*, Leiden, 199-422.
- 檀原 徹・岩野英樹・星 博幸, 2007, 紀伊半島中新世火成岩類と対比テフラ中の赤白ジルコン。地質雑, **113**, IX-X. (本特集号)。
- Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T. and Tsuruta, T., 2003, Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **109**, 665-668.
- Danhara, T., Kasuya, M., Iwano, H. and Yamashita, T., 1991, Fission-track age calibration using internal and external surfaces of zircon. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **97**, 977-985.
- Galbraith, R. F., 1981, On statistical models for fission track counts. *Jour. Math. Geol.*, **13**, 471-478.
- Gradstein, F., Ogg, J. and Smith, A., eds., 2004, *A geologic time scale 2004*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 589p.
- Hasebe, N., Tagami, T. and Nishimura, S., 1993, The evidence of along-arc differential uplift of the Shimanto accretionary complex: Fission track thermochronology of the Kumano Acidic Rocks, Southwest Japan. *Tectonophysics*, **224**, 327-335.
- 星 博幸, 2002, 熊野酸性火成岩類の古地磁気方位。地調研報, **53**, 43-50.
- 星 博幸, 2003, 紀伊半島の古地磁気学。フィッシュン・トラックニュースレター, no.16, 27-30.
- 星 博幸・岩野英樹・檀原 徹, 2002, 瀬戸内火山岩類のフィッシュン・トラック年代測定: 近畿地方、二上層群の例。地質雑, **108**, 353-365.
- 星 博幸・三輪健治・川上 裕, 2004, 古地磁気方位の比較からみた熊野酸性岩類北部と南部及び室生火砕流堆積物の時間関係。地質雑, **110**, 103-118.
- Hurford, A. J., 1990, Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the I.U.G.S. Subcommission of Geochronology. *Chem. Geol.*, **80**, 171-178.
- 池辺展生・千地万造・両角芳郎, 1975, 浮遊性有孔虫層序からみた熊野層群の *Lepidocyclina* 層準。大阪市自然史博研報, no. 29, 81-89.
- 岩野英樹・檀原 徹・星 博幸・川上 裕・角井朝昭・新正裕尚・和田隆隆, 2007, ジルコンのフィッシュン・トラック年代と特徴からみた室生火砕流堆積物と熊野酸性岩類の同時性と類似性。地質雑, **113**, 326-339 (本特集号)。
- 岩野英樹・吉岡 哲・檀原 徹, 2000, フィッシュン・トラック法による年代およびウラン濃度算出式の再検討: 次世代年代測定システムに向けて。フィッシュン・トラックニュースレター, no.13, 1-

10.
鎌田浩毅・檀原 徹・林田 明・星住英夫・山下 透, 1994a, 中部九州の今市火砕流堆積物と類似火砕流堆積物の対比および噴出源の推定. 地質雑, **100**, 279-291.
- 鎌田浩毅・檀原 徹・山下 透・星住英夫・林田 明・竹村恵二, 1994b, 大阪層群アズキ火山灰および上総層群 Ku6C 火山灰と中部九州の今市火砕流堆積物との対比 - 猪牟田カルデラから噴出した co-ignimbrite ash -. 地質雑, **100**, 848-866.
- 川上 裕・星 博幸, 2007, 火山-深成複合岩体にみられる環状岩脈とシート状貫入岩: 紀伊半島, 尾鷲-熊野地域の熊野酸性火成岩類の地質. 地質雑, **113**, 296-309 (本特集号).
- Kawakami, Y., Hoshi, H. and Yamaguchi, Y., in press, A ring dike and sheet intrusion within a dissected caldera: an example from northern part of the Kumano Acidic Rocks, Kii Peninsula, southwest Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*
- Kurokawa, K. and Tomita, Y., 1998, The Znp-Ohta Ash; an early Pliocene widespread subaqueous tephra deposit in central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **104**, 558-561.
- 町田 洋・新井房夫, 1976, 広域に分布する火山灰-始良 Tn 火山灰の発見とその意義. 科学, **46**, 339-347.
- 町田 洋・新井房夫, 2003, 新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東大出版会, 336p.
- Miura, D., 1999, Arcuate pyroclastic conduits, ring faults, and coherent floor at Kumano caldera, southwest Honshu, Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **92**, 271-294.
- 三浦大助・和田穰隆, 2004, 火山学的にみた紀伊半島中新世珪長質火成活動. 地球惑星関連学会 2004 年合同大会予稿集, G017-010.
- 三浦大助・和田穰隆, 2005, 紀伊半島の中新世珪長質火成活動の火山-テクトニクス. 日本地質学会第 112 年学術大会講演要旨, 66.
- 中嶋輝允・牧本 博・平山次郎・徳橋秀一, 1981, 鴨川地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 107p.
- 中嶋輝允・渡辺真人, 2005, 富津地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 産総研地質調査総合センター, 102p.
- Ninkovich, D., Sparks, R. S. J. and Ledbetter, M. T., 1978, The exceptional magnitude and intensity of the Toba eruption, Sumatra: An example of use of deep-sea tephra layers as geological tool. *Bull. Volcanol.*, **41**, 286-298.
- Oda, M., 1977, Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the late Cenozoic sedimentary sequence, Central Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd ser. (Geol.), **48**, 1-72.
- Saito, T., 1963, Miocene planktonic foraminifera from Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd ser. (Geol.), **35**, 123-209.
- 斎藤常正, 1999, 最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序. 石技誌, **64**, 2-15.
- 酒井豊三郎, 1986, 中新統荒川層群 (栃木県) の模式地における層序. 宇都宮大教養研報, no.19, Sec.2, 49-70.
- 佐藤隆春・大和大峯研究グループ, 2006, 大峯・大台コールドロン - 紀伊山地中央部にみられる弧状および半円形の断層・岩脈群と陥没構造 -. 地球科学, **60**, 403-413.
- 新正裕尚・角井朝昭・和田穰隆, 2000, 西南日本前弧の中期中新世火成岩体カタログ-その 1: 近畿地方-. 東京経済大人文自然科学論集, **110**, 85-117.
- Shipboard Scientific Party, 1991, Site 808. In Taira, A., Hill, I., Firth, J., et al. eds., *Proc. ODP, Init. Repts.*, **131**, College Station, TX, 71-411.
- 角井朝昭・内海 茂・新正裕尚・下田 玄, 1998, K-Ar 法による熊野酸性火成岩類の年代の再検討. 地質雑, **104**, 387-394.
- Takahashi, M. and Danhara, T., 1997, Fission track age of Miocene Kn-3 Tuff in central Japan: Towards better age-control on magneto-biostratigraphic time scale. *Jour. Geomag. Geoelectr.*, **49**, 89-99.
- Takahashi, M. and Okada, Y., 2001, K-Ar age of the Kn-1 Tuff in the Miocene marine sequence in the Boso Peninsula, central Japan. *Jour. Japan. Assoc. Petrol. Technol.*, **66**, 396-403.
- Takahashi, M., Mita, I., Watanabe, M. and Motoyama, I., 1999, Integrated stratigraphy of the Middle Miocene marine sequence in the Boso Peninsula, central Japan: a review. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **50**, 225-243.
- 田村糸子・山崎晴雄・水野清秀, 2005, 前期鮮新世 4.1 Ma 頃の広域テフラ, 坂井火山灰層とその相当層. 地質雑, **111**, 727-736.
- The Shipboard Scientific Party, 1975, Site 297. In Karig, D. E., Ingle, J. C., Jr., et al. eds., *Init. Repts. DSDP*, **31**, Washington (U.S. Government Office), 275-316.
- Underwood, M. B., Ballance, P. F., Clift, P. D., Hiscott, R. N., Marsaglia, K. M., Pickering, K. T. and Reid, R. P., 1995, Sedimentation in forearc basins, trenches, and collision zones of the western Pacific: a summary of results from the Ocean Drilling Program. In Taylor, B. and Natland, J., eds., *Active margins and marginal basins of the western Pacific (Geophysical Monograph 88)*, AGU, Washington, DC, 318-353.
- 山下 透・檀原 徹・岩野英樹・星 博幸・川上 裕・角井朝昭・新正裕尚・和田穰隆, 2007, 紀伊半島北部の室生火砕流堆積物と周辺に分布する凝灰岩の対比およびそれらの給源: 軽鉱物屈折率を用いたモード分析によるアプローチ. 地質雑, **113**, 340-352 (本特集号).

(要 旨)

檀原 徹・星 博幸・岩野英樹・山下 透・三田 勲, 2007, 中期中新世テフラの広域対比：房総半島 Kn-1 凝灰岩と紀伊半島室生火砕流堆積物. 地質雑, **113**, 384-389. (Danhara T., Hoshi H., Iwano H., Yamashita T. and Mita I., 2007, Widespread correlation of Middle Miocene tephra in Japan: a possible link between the Kn-1 tuff (Boso Peninsula) and the Muro Pyroclastic Flow Deposit (Kii Peninsula), Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **113**, 384-389.)

中期中新世前期 (15 Ma) テフラの広域対比を提案する. 記載岩石学および放射年代学的分析から, 房総半島の Kn-1 凝灰岩は約 400 km 離れた紀伊半島の火砕流堆積物と対比される. Kn-1 は木の根層中に挟まる約 16 m 厚の珪長質凝灰岩で, 紀伊半島北部の室生火砕流堆積物とそれに対比される火砕流堆積物 (玉手山凝灰岩, 石仏凝灰岩) と共通した造岩鉱物および火山ガラスをもつ. Kn-1 のジルコンのフィッシュ・トラック年代は約 15 Ma で, 紀伊半島の火砕流堆積物の年代と区別できない. 玉手山-石仏-室生火砕流堆積物は熊野酸性岩類や大峯花崗岩類を含む紀伊半島外帯火成活動で起きたカルデラ噴火に由来することから, Kn-1 凝灰岩も紀伊半島外帯 (おそらく熊野) 起源の広域テフラと考えられる.