地質学雑誌　第111巻　第7号　417－433ページ，2005年7月
Jour. Geol. Soc. Japan, Vol. 111, No. 7, p.417－433, July 2005

古期御岳火山起源の中期更新世テフラと房総半島上総層群中のテフラとの対比

Correlation of the tephra beds in the Middle Pleistocene Older Ontake Volcano with those in the Kazusa Group in Boso Peninsula, central Japan

竹下欣宏*　三宅康幸**　酒井潤一

*Yoshihiro Takeshita**
*Yasuyuki Miyake*** *and*
Jun'ichi Sakai

2004年11月15日受付.
2005年4月12日受理.

* 栃木県立博物館
Tochigi Prefectual Museum, 2-2 Mutsumi-machi, Utsunomiya, Tochigi 320-0865, Japan
** 信州大学理学部地質科学科
Department of Geology, Faculty of Science Shinshu University, Asahi 3-1-1, Matsumoto 390-8621, Japan

Corresponding author; Y. Takeshita, take@muse.pref.tochigi.jp

Abstract

Heavy mineral assemblage and chemical compositions of hornblende of the nine Middle Pleistocene tephra beds (Ku6E, Ku5C, Byakubi tephra, Ka2.4A, Ka2.4B, Ch3, Ch1.5, Ks18, Ks12) from the Kazusa Group, in Boso Peninsula were examined in order to correlate them with the tephra from the Older Ontake Volcano in central Japan. Hornblende composition from the nine tephra beds can be distinguished and two tephra beds, the Byakubi tephra (BYK) and the Ks12 tephra, were correlated with the tephras from the Older Ontake Volcano, the YUT4 or 5 of the H Substage and KZT of the Lava Stage, respectively. The age of these tephra beds of the Kazusa Group can be inferred from the stratigraphic relationships with the dated lavas on the foot of the Older Ontake Volcano, and from the well-known widespread tephras and magnetostratigraphy in Boso Peninsula. These two correlated tephra beds became valuable marker tephras for geochronological studies of both inland and marine sediments from central Japan. It should be also emphasized that the BYK and YUT4 or 5 can provide a datum plane of the Early-Middle Pleistocene boundary in both regions. The present study indicates that hornblende chemistry can be a useful tool for correlation of highly weathered tephra, in which volcanic glass is strongly altered.

Key words: Byakubi tephra, Ks12 tephra, Kazusa Group, Older Ontake Volcano, hornblende, chemical composition, Middle Pleistocene, correlation

はじめに

テフラは火山の爆発的噴火により数時間～数週間といった短時間のうちに，陸地，海，湖などの場所を問わず広い範囲に堆積し地層を形成する．このような性質をもつために，テフラは離れた場所に分布する地層間において同時間面を示す鍵層となり，各地の地層の対比および地質層序を解明するうえで重要な役割を果している．

房総半島中央部に分布する上総層群（三梨ほか, 1979）は，日本を代表する鮮新世～更新世の海成層であり，これまで層序学，古地磁気学，古生物学的研究が総合的に行われてきた．最近では，世界的な気候変動を反映する海洋酸素同位体ステージ（Emiliani, 1978）との対比も議論されている（Ito, 1994; 増田, 1997; Pickering et al., 1999など）．本層群中には数多くのテフラが挟在し，それらは，上総層群の鍵層として重要な役割を果たしてきた（三梨ほか, 1959, 1979など）．しかし，それらのうち給源火山との関連が明らかにされたものは，恵比寿峠－福田テフラ（長橋ほか, 2000），猪牟田アズキテフラ（鎌田ほか, 1994），貝塩上宝テフラ（鈴木, 2000），小林－笠森テフラ（町田・新井, 1992）にそれぞれ対比されるKd38テフラ，Ku6Cテフラ，Ks22テフラ，Ks11テフラ（以下，テフラを省略し記号のみで示す）など一部のものに過ぎない．

近年，乗鞍火山列南部に位置する古期御岳火山の40枚以上の溶岩について年代値が測定され（Kioka et al., 1998; 松本・小林, 1999），それらの溶岩との層序関係から，挟在するテフラの年代値も精度良く求められた（松本盆地団体研究グループ, 2002; 竹下, 2004）．古期御岳火山は約0.78－0.39 Ma（Kioka et al., 1998）に活動し，中部地方の西部に位置する（Fig. 1）ことから，中部～関東地方の中期更新世テフラの給源となる可能性が高い．古期御岳火山起源のテフラと房総半島・上総層群中のテフラを対比することができると，日本の代表的な鮮新～更新統である上総層群に記録された地球規模の環境変動と中部地方の陸成層に記録された内陸地域における気候・構造運動などの変動との関係を明らかにすることが可能になる．また，古期御岳火山において確立されたテフラ層序および，それらの年代値を上総層群，さらにはそれと対比される関東地方の中部更新統の層序学的，編年学的研究に反映させることが可能になる．

以上のような背景から，本論では上総層群中のテフラと古期御岳火山近傍のテフラとの対比について検討した．その結果，上総層群中の白尾（びゃくび）テフラ（Satoguchi, 1996; 町田・新井,

©The Geological Society of Japan 2005

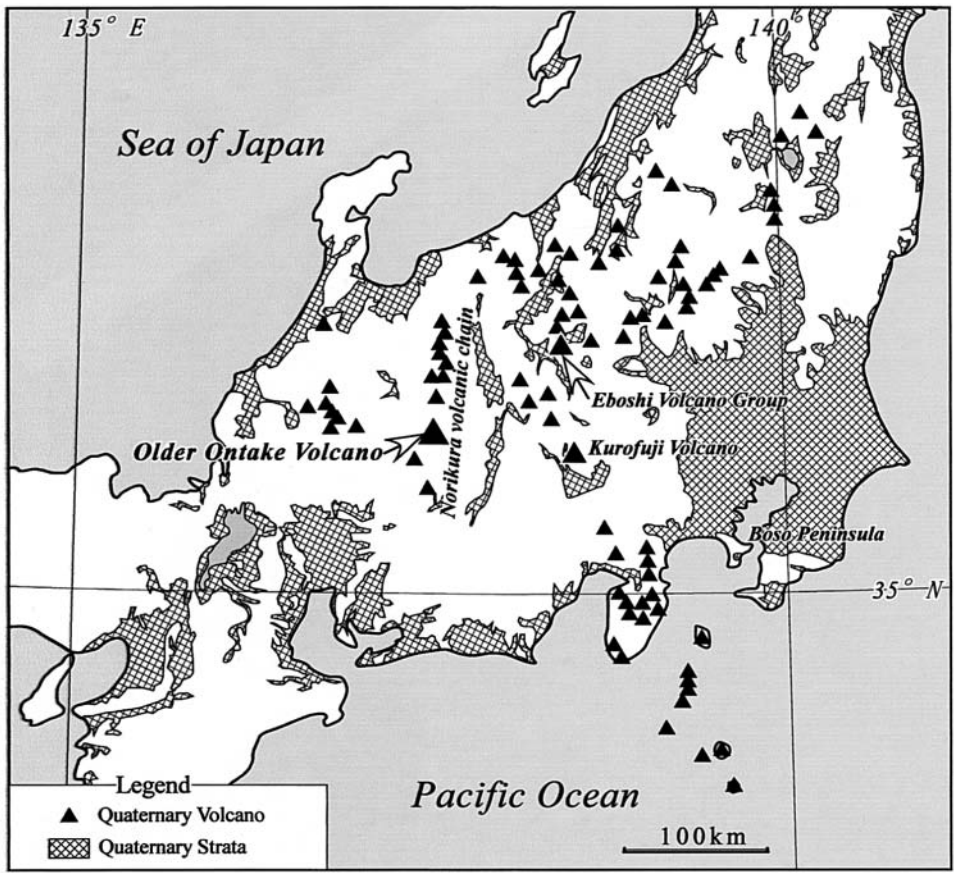


Fig. 1. Distribution of the Quaternary strata and volcanoes, in central Japan.

2003）と Ks12（河井, 1952）が古期御岳火山起源のテフラと対比できることが明らかになったので報告し，その地質学的重要性について述べる．

なお，本論ではテフラの同定・対比の指標の 1 つとして角閃石の化学組成値を用いた．一般にテフラを同定・対比する指標としては層相，層厚，重鉱物組成のほか，火山ガラスや鉱物の屈折率などがよく用いられている．最近では火山ガラスの化学組成も有効な手法として用いられている（中川ほか, 1994; 富田・黒川, 1994; 長橋ほか, 2000; 長橋ほか, 2004 など）．しかし，古期御岳火山の山麓に分布するテフラの多くは陸上堆積であるために風化作用を被り，その中の火山ガラスが変質しているのでガラスの諸特性を明らかにすることが困難である．これを打開するために竹下（2004）は，古期御岳火山の山麓地域に分布するテフラの記載にあたって，保存状態の悪いテフラ中にも苦鉄質鉱物が新鮮な状態で残っていることに着目して，その化学組成を測定し，特に複雑な固溶体からなる角閃石の組成に注目してテフラの同定・分類に用いた．従来，テフラの同定・対比に角閃石の化学組成を利用した研究は少なく，日本では卜部（1992）や青木・黒川（1999）などにより火山ガラスの化学組成とともに利用されたほか，荒牧・宇井（1976），小滝ほか（2002）により利用されているに過ぎず，世界的にみても Ruapehu 火山（ニュージーランド）起源の安山岩質テフラの対比（Shane et al., 1996）などわずかである．本論では，テフラ対比の指標として，これまであまり利用されてこなかった角閃石の化学組成の有用性についても示す．

古期御岳火山起源テフラの概説

古期御岳火山起源のテフラは，すでに詳しく記載されているので，ここではその概要を述べるにとどめる．本論の議論に必要なそれらの産状，層序，試料採取位置，記載岩石学的性質については竹下（2004）のものを用いる．

御岳火山は，乗鞍火山列の南部，長野・岐阜県境に位置しており（Fig. 1），古期御岳火山と新期御岳火山に区分され（山田・小林, 1988），前者は約 0.78－0.39 Ma（Kioka et al., 1998）に，後者は約 0.09－0.02 Ma（Matsumoto and Kobayashi, 1995）にそれぞれ活動した．このうち古期御岳火山の噴出物は，主に山麓部に露出している．

古期御岳火山の地質，活動史に関しては，松本盆地団体研究グループ（2002），竹下（2004）に詳しいので，両研究に従って古期御岳火山の地質概説を以下に述べる．古期御岳火山を構成する樽沢累層は，主として多量の土石流堆積物とそれらに挟在する溶岩層やテフラからなる下部層と，溶岩層を主体とする上部層に区分される．樽沢累層は新期御岳火山噴出物に一部覆われて東麓，南東麓，南西～西麓，北麓地域に分かれて山麓の広い範囲に分布するが，下部層中の里宮パミス（St Pm），寒原（かんばら）パミス Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ（Kb Pm Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ），上部層中の白布沢（ほったるさわ）パミス（Ht Pm）を鍵層として全山麓地域にまたがる火山層序が組み立てられた．この火山の活動期は，噴出物の特徴と Kioka et al.（1998）により報告された 47 枚

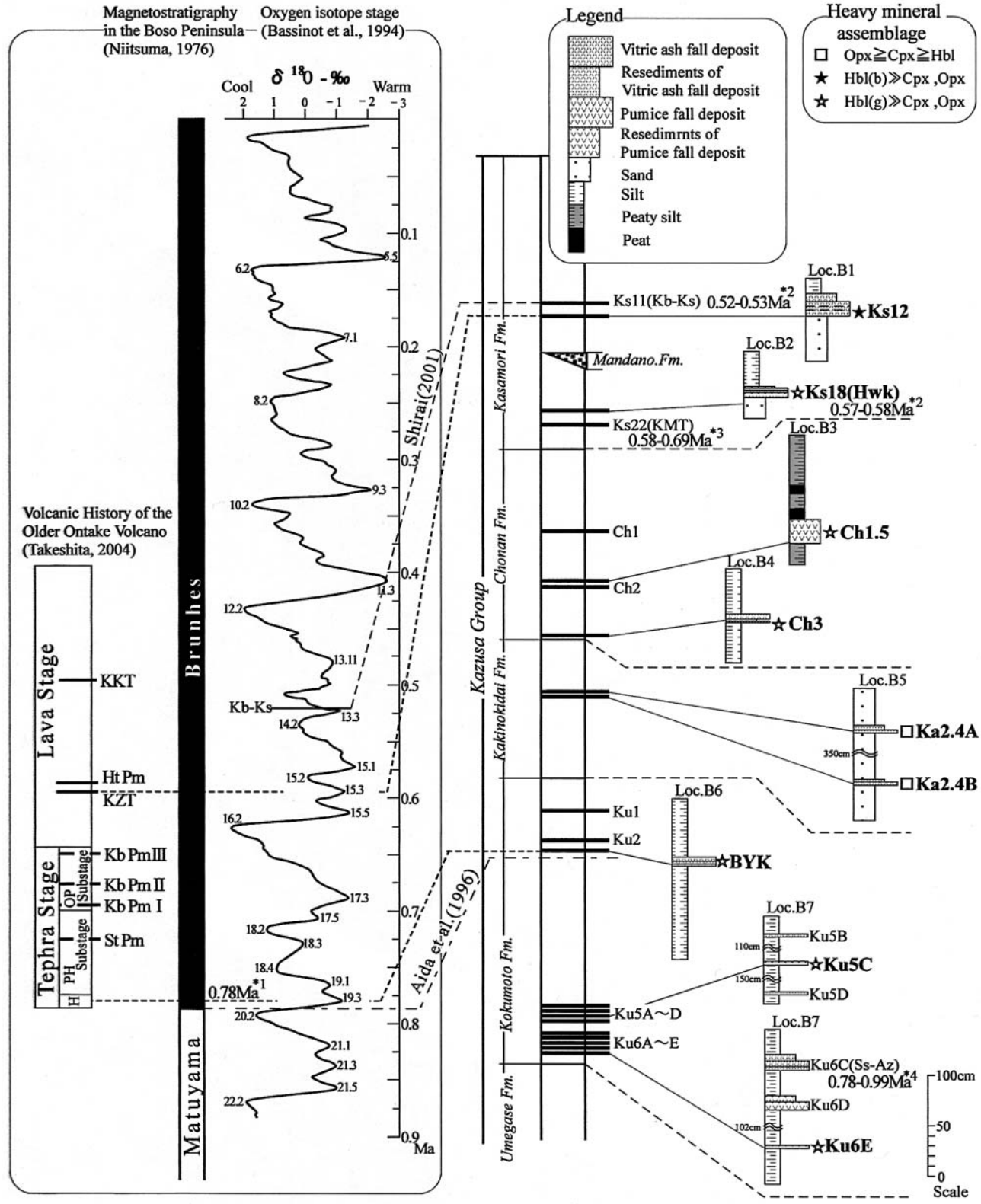


Fig. 2. Stratigraphic compilations of the Kazusa Group and the Older Ontake Volcano. Columnar sections (Loc.B1-B7) are from localities shown in Fig.3. Stratigraphy of the Kazusa Group and the oxygen isotope stage are after Mitsunashi et al. (1979) and Bassinot et al. (1994), respectively. Ages are after: *1 ; Berggren et al. (1995), *2 ; Machida and Arai (2003), *3 ; Suzuki (2000), *4 ; Kamata et al. (1994). Fm : Formation.

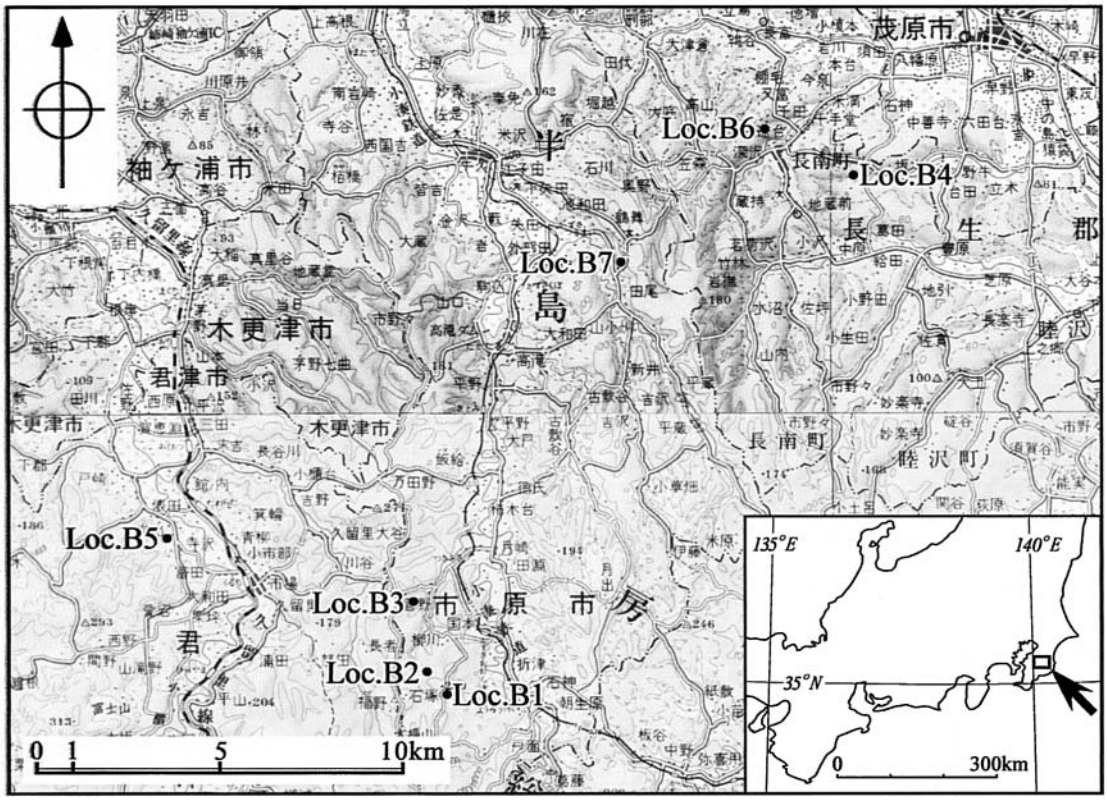


Fig. 3. Locality map of the Middle Pleistocene tephra in the Kazusa Group, in Boso Peninsula. Black dots indicate the outcrops of the Middle Pleistocene tephra. Loc.B1 (35° 16' 8" N, 140° 7' 54" E), Loc.B2 (35° 16' 21" N, 140° 6' 59" E), Loc.B3 (35° 17' 33" N, 140° 7' 6" E), Loc.B4 (35° 23' 30" N, 140° 15' 12" E), Loc.B5 (35° 18' 9" N, 140° 2' 57" E), Loc.B6 (35° 24' 23" N, 140° 13' 44" E), Loc.B7 (35° 22' 21" N, 140° 11' 9" E). Site localities (latitudes and longitudes) are based on Japanese Geodetic Datum 2000 (JGD2000). Topographic map is a part of 1/200,000 scale map sheet of "Chiba" and "Otaki" published by Geographical Survey Institute.

の溶岩層の K-Ar 年代値に基づき，降下テフラを噴出する噴火が卓越するテフラステージ（約 0.78 Ma もしくはそれ以前−0.64 Ma）と溶岩の噴出が卓越する溶岩ステージ（約 0.64−0.39 Ma）に区分されている（Fig. 2）．さらに，竹下（2004）は古期御岳火山のテフラに含まれる苦鉄質鉱物の組み合わせと苦鉄質鉱物の化学組成に基づいて，テフラステージを下位より順に，主として緑色角閃石を含むテフラが卓越する H サブステージ（約 0.78 Ma もしくはそれ以前），主として褐色角閃石と輝石を含むテフラが卓越する PH サブステージ（約 0.78−0.70 Ma），主としてかんらん石と輝石を含むテフラが卓越する OP サブステージに区分した（Fig. 2）．各ステージ，サブステージのテフラおよび鍵層になっているテフラに含まれる角閃石および輝石の化学組成は，それぞれ異なる特徴をもっている．なお，溶岩ステージにも約 0.61−0.58 Ma と約 0.51−0.43 Ma にテフラが噴出しているが，それらの記載岩石学的特徴はテフラステージのものと区別できる（竹下, 2004）．

対比を検討した上総層群中のテフラについて

房総半島中部に分布する上総層群（伊田ほか, 1956）は，後期鮮新世から中期更新世にかけての海成堆積物であり，詳細な層序が確立し（河井, 1952; 三梨ほか, 1959; 石和田ほか, 1971 など），その年代も詳細に検討されている（渡辺・檀原, 1996; 鈴木ほか, 1998）．房総半島中・東部では，三梨ほか（1979）により本層群は 12 の累層に区分されている．本論では上総層群中の多数のテフラのうち，以下のようにして選定した 9 層のテフラについて対比を検討した．まず，古期御岳火山の活動期間（0.78−0.39 Ma）と堆積時期が重なると考えられている上総層群中・上部の国本層，柿木台層，長南層，笠森層に含まれるテフラを対象とした（Fig. 2）．それら 4 累層中に挟在するテフラの層相は，河井（1952），千葉県教育委員会（1988）をはじめ多くの研究により記載されており，重鉱物組成などの記載岩石学的性質も明らかにされている（町田ほか, 1980; 里口, 1995; Satoguchi, 1996; 東京地下地質研究会火山灰グループ, 2000）．以上のテフラの層相，構成物質の粒径，鉱物組成などと，すでに対比や放射年代が明らかにされているテフラとの層序関係（Fig. 2）などに基づき，国本層から笠森層中に挟在するテフラのうちで，古期御岳火山起源である可能性があるものを選び出した．対象としたテフラは下位より順に，国本層中の Ku6E，Ku5C（町田ほか, 1980），白尾テフラ（Satoguchi, 1996; 町田・新井, 2003），柿木台層中の Ka2.4B，Ka2.4A（徳橋・遠藤, 1984），長南層中の Ch3（三梨ほか, 1959），Ch1.5（東京地下地質研究会火山灰グループ, 2000），笠森層中の Ks18，Ks12（河井, 1952）

Table 1. Facies and heavy mineral assemblage of tephra beds. afa : ash fall deposit, pfa: pumice fall deposit, pfl: pyroclastic flow deposits. dar.: dark, gra. : gray, pin : pink, whi. : white, yel. : yellow. f. : fine, m. : middle, c. : coarse, v.c. : very coarse, sd. : sand. －: absent or little, ＋ present. Cpx : clinopyroxene, Opx : orthopyroxene, Hbl (g): green hornblende, Hbl (b): brown hornblende. Bt: biotite.

name of tephra	Region	Sampling locality	unit	type	color	thick-ness(cm)	grain size(cm)	lithics	mafic mineral assemblage
Ks12	Boso Peninsula	B7	b	resediment	pin.-gra.	1.5	c.-v.c.sd.	-	not determined
			a upper	pfa	pin.-whi.	2.0	c.-v.c.sd.	-	not determined
			a middle	pfa	dar.-gra.	2.5	c.-v.c.sd.	-	Hbl(b)≫Cpx＞Opx
			a lower	pfa	pin.-gra.	5.0	c.-v.c.sd.	-	Hbl(b)≫Opx＞Cpx
Ks18		B6	d	resediment	gra.-whi.	23.0	f.-m.sd.	-	not determined
			c	afa	yel.-whi.	4.5	f.-m.sd.	-	not determined
			b	afa	gra.-whi.	4.0	c.sd.	-	Hbl(g)＞Opx＞Cpx＞Hbl(b)
			a	afa	yel.-whi.	6.0	f.-m.sd.	-	not determined
Ch1.5		B5		pfa	whi.	24.0		-	Hbl(g)＞Hbl(b)≫Opx＞Cpx
Ch3		B4	b	afa	gra.-whi.		f.sd.	-	not determined
			a	afa	gra.-whi.	8.0	f.-m.sd.	-	Hbl(g)≫Hbl(b)≧Opx＞Bt
Ka2.4A		B3	b	resediment	gra.-whi.	4.5	f.sd.	-	not determined
			a	afa	whi.	2-5	f.-m.sd.	-	Opx＞Hbl(b)＞Cpx
Ka2.4B		B3	b	resediment?	pin.-gra.	2.5	f.-m.sd.	-	not determined
			a	afa	pin.-whi.	3.5	f.-m.sd.	-	Opx＞Cpx≧Hbl(b)
BYK		B2	c	afa	gra.	4.0	f.sd.	-	not determined
			b	pfa	whi.	1.0-2.0	m.-c.sd.	-	not determined
			a	pfa	pin.-whi.	2.0	c.-v.c.sd.	-	Hbl(g)＞Hbl(b), (Opx, Cpx)
Ku5C		B1		pfa	whi.	3-5	c.-v.c.sd.	-	Hbl(g)＞Cpx≫Opx
Ku6E		B1		pfa	whi.	2-3	c.-v.c.sd.	-	Hbl(g)＞Hbl(b)≫Cpx≧Opx
Krf2	Kurofuji	K1		pfl	gra.	200.0	m.sd.-25	+	Hbl(b)≫Opx＞Cpx

Table 2. Petrographic properties of air fall tephra beds from Boso peninsula, southwestern foot of the Kurofuji Volcano, and foot of the Older Ontake Volcano. Ref. : References, A : Matsumoto Basin Collaborative Research Group (2002), B : Takeshita (2004). St.Pm.＝ Satomiya Pumice, Kb.Pm. Ⅰ＝ Kanbara Pumice Ⅰ, Kb.Pm. Ⅱ＝ Kanbara Pumice Ⅱ, Kb.Pm. Ⅲ＝ Kanbara Pumice Ⅲ. Ht.Pm.＝ Hottarusawa Pumice. H : H Substage, PH : PH Substage, OP : OP Substage, L : Lava Stage. Gl : volcanic glass, Qtz : quartz, Pl : plagioclase, R.F. : rock fragment, H.M. : heavy minerals. Hbl (g): green hornblende, Hbl (b) : brown hornblende, oxHbl : oxyhornblende, Cpx : clinopyroxene, Opx : orthopyroxene, Ol : olivine, Bt : biotite, Opq : opaque mineral, Ap : apatite, Zrn : zircon. ＋: trace, －: absent. H : Platy shards, T : Pumice Shards, C : Intermediate shards.

name of tephra	Reg-ion	Sampling locality	grain composition(%) Gl	Qtz	Pl	R.F.	H.M.	heavy mineral composition (%) Hbl(g)	Hbl(b)	oxHbl	Cpx	Opx	Ol	Bt	Opq	Ap	Zrn	type of glass shard	Ref.
Ks12	Boso Peninsula	B1	56.0	--	25.0	4.5	14.5	--	50.0	--	1.6	9.0	--	--	38.7	0.8	--	T	
Ks18		B2	79.7	1.1	11.8	3.0	4.4	64.4	4.4	--	3.3	21.5	--	--	2.9	2.5	1.1	H＞C≫T	
Ch1.5		B3	25.4	1.3	41.9	6.1	25.3	81.2	3.8	1.7	1.7	4.8	--	--	6.8	--	--	T	
Ch3		B4	32.3	1.8	50.7	0.9	14.3	88.1	1.4	0.3	0.3	6.6	--	+	2.4	0.3	0.3	T	
Ka2.4A		B5	71.7	0.6	22.5	3.5	1.7	2.8	23.3	--	14.6	43.2	--	--	15.0	1.0	--	T≫C	
Ka2.4B		B5	47.4	0.3	44.6	1.3	6.4	--	39.7	--	17.1	30.9	--	--	17.1	1.2	0.3	T≫C	
BYK		B6	61.2	--	34.6	1.7	2.5	76.0	9.4	--	+	1.0	--	--	13.2	0.3	--	T	
Ku5C		B7	16.7	0.7	46.5	9.6	26.5	76.7	1.3	0.3	1.9	12.3	--	--	6.9	0.3	0.3	T	
Ku6E		B7	18.8	--	35.9	31.0	14.4	71.0	8.7	--	7.1	5.6	--	--	7.1	0.4	0.4	T	
Krf2	Kuro-fuji	K1	38.6	0.8	44.6	0.0	16.0	--	60.0	--	13.3	18.6	--	--	5.6	2.1	0.4	T	

name of tephra	Reg-ion	Stage	grain composition(%) Gl	Qtz	Pl	R.F.	H.M.	heavy mineral composition (%) Hbl(g)	Hbl(b)	oxHbl	Cpx	Opx	Ol	Bt	Opq	Ap	Zrn		Ref.
Ht.Pm.	Older Ontake Volcano	L	--	--	10.2	86.0	3.9	--	9.9	--	1.4	9.0	--	+	75.5	--	0.5		A
KKT		L	--	--	38.4	36.7	24.9	--	14.1	--	4.0	44.6	--	--	36.6	0.7	--		B
KZT		L	--	--	44.6	45.4	10.0	--	38.5	--	4.2	17.7	--	--	39.6	--	--		B
KbPmⅢ		OP	7.9	--	50.4	6.2	35.5	--	43.0	--	0.5	0.8	--	--	55.7	--	--		A
KbPmⅡ		OP	7.7	--	57.0	5.5	29.8	--	61.0	--	1.9	4.2	--	--	32.9	--	--		A
KbPmⅠ		OP	33.8	--	48.5	3.7	13.9	--	64.5	--	1.1	0.7	--	--	31.9	1.8	--		A
YUT67		OP	--	--	11.3	24.6	64.1	--	--	--	33.9	35.3	28.6	--	2.2	--	--		B
YUT66a		OP	--	--	65.5	8.7	25.8	--	--	--	4.2	9.2	24.4	--	62.2	--	--		B
YUT48d		OP	--	--	38.5	44.9	16.6	--	--	--	13.0	9.4	42.6	--	35.0	--	--		B
StPm		PH	2.5	--	56.4	1.9	39.2	--	48.8	--	0.5	0.5	--	--	50.2	+	--		A
YUT26		PH	35.0	--	43.0	1.8	15.9	--	16.5	--	26.7	41.7	--	--	14.6	0.5	--		B
YUT10		PH	6.0	--	42.1	35.7	14.4	--	3.1	--	19.7	53.7	--	--	23.1	0.4	--		B
YUT9		PH	3.8	--	55.6	11.3	24.6	--	18.7	--	33.5	42.6	--	--	4.8	0.5	--		B
YUT6		PH	2.6	--	60.1	4.2	30.3	--	8.7	--	39.6	47.8	--	--	3.9	--	--		B
YUT5		H	36.4	--	50.8	2.6	1.1	70.8	17.3	--	0.4	0.8	--	--	10.7	+	+		B
YUT4		H	34.6	--	46.9	4.7	2.8	54.4	15.6	--	0.8	0.4	--	+	24.5	--	--		B
YUT3		H	35.6	--	37.7	0.7	1.8	70.2	15.7	--	+	1.7	--	--	11.9	0.4	--		B
YUT1		H	--	--	57.3	30.1	7.6	69.9	5.2	--	+	2.0	--	--	22.5	0.4	--		B

である（Fig. 2）．以上 9 枚のテフラは，それぞれの年代が古期御岳火山の活動時期に重なると考えられ，いずれのテフラも角閃石を含むために本研究の対象として適している．そして，その苦鉄質鉱物組み合わせが，古期御岳火山起源のテフラのいずれかに類似する．なお，対象としたテフラのうち Ks18 は，長野県南部に位置する伊那盆地の久米テフラ（松島ほか 1998; 松島・寺平, 1999）および南九州の樋脇テフラとすでに対比されている（町田・新井, 2003; 菅沼ほか, 2003）が，その苦鉄質鉱物組み合わせ，層位などが古期御岳火山起源のテフラと類似するため，比較のために分析の対象とした．

なお，本論では上総層群のテフラのうち角閃石を含まないものは対象からはずした．その第一の理由は角閃石が複雑な固溶体であり格段に情報量に富んでいるので，本論ではまず角閃石を利用した対比を試みたためである．さらに，第二の理由は古期御岳火山起源のテフラのうち角閃石を含まない OP サブステージのテフラの多くは輝石とかんらん石を含むスコリア質テフラであり，それらを噴出した噴火が房総半島まで地層として残るような降灰をもたらすほどに爆発的であったとは考えにくいからである．

対比を検討した上総層群のテフラの記載

前述したようにすでに上総層群中に挟在するテフラの層相，鉱物組成などの記載岩石学的性質は記載されており，その層序も検討されている．ここでは対象とした 9 枚のテフラについて本論の議論に必要な層相および記載岩石学的性質を記載する．

本論での記載にあたって，1 つのテフラ層中に複数の堆積ユニットが確認できるものについては，ユニットごとに下位から順に a，b，c，d の記号をつけた．テフラの層厚，色，層相，粒径，岩片の有無，苦鉄質鉱物組み合わせを Table 1 に，粒子組成，重鉱物組成，火山ガラスの形状を Table 2 に，テフラの層準および採取位置をそれぞれ Fig. 2, 3 に示す．

テフラの苦鉄質鉱物組み合わせ，および粒子組成，重鉱物組成の測定法は次の通りである．試料を洗浄し，篩い分けをせずに双眼実体顕微鏡下で降下テフラ各層の苦鉄質鉱物組み合わせを鑑定した．その後，60，100，200 メッシュ（250, 144, 78 μm）の篩で区分し，100 ～ 200 メッシュの粒径のものを粒子組成，重鉱物組成の測定に用いた．粒子組成は偏光顕微鏡下で 500 粒以上同定し粒子百分率で表した．重鉱物組成についてはネオジウム磁石を用いて苦鉄質鉱物を濃集し，偏光顕微鏡下で 200 粒以上同定し粒子百分率で表した．磁選の残留フラクションには，苦鉄質鉱物は一切残っていないことを確認した．なお，苦鉄質鉱物組み合わせ，重鉱物組成中で黒雲母については，その有無を確認するにとどめた．火山ガラスの形状については吉川（1976）の分類に従った．

1. Ku6E［町田ほか（1980）］

Ku6E は粗粒～極粗粒砂サイズの白色軽石質テフラで，その層厚は 3 cm 程度であるが，一部レンズ状になるところもある．本テフラは苦鉄質鉱物として緑色角閃石を多く含み，少量の褐色角閃石，斜方輝石，単斜輝石を伴う．本テフラは Loc.B1（Fig. 3）で採取した．

2. Ku5C［町田ほか（1980）］

Ku5C は粗粒～極粗粒砂サイズの白色軽石質テフラで，その層厚は 3 ～ 5 cm である．本テフラは苦鉄質鉱物として緑色角閃石と斜方輝石を多く含み，少量の単斜輝石と微量の酸化角閃石を伴う．本テフラは Loc.B1（Fig. 3）で採取した．

3. 白尾（びゃくび）テフラ［BYK: Satoguchi（1996）; 町田・新井（2003）］

本テフラは，Okada and Niitsuma（1989）により TNTT と最初に名付けられた．その後 Satoguchi（1996）が，その産状および記載岩石学的性質を詳しく記載して Shirao volcanic ash bed と命名した．ただし，「角川日本地名大辞典」編纂委員会（1984）によると Satoguchi（1996）が模式地とした付近の地名は“白尾（びゃくび）”となっているので，本論では町田・新井（2003）に従い，白尾（びゃくび）テフラ（以下 BYK とする）と呼ぶことにする．

BYK は粗粒～極粗粒砂サイズの桃白色軽石質テフラの下半部と細粒砂サイズの灰色テフラの上半部からなる．桃白色軽石質テフラには 2 つのユニット（ユニット a, b）が確認でき，灰色テフラ（ユニット c）もあわせると 3 つのユニットに区分することができる．各ユニットの層厚は下位より約 2 cm，1 ～ 2 cm，4 cm である．ユニット a は弱い級化構造を示し，その色調も下位から上位に向けて桃白色から淡灰色に変化する．一方ユニット b は塊状で，桃白色である．分析にはユニット a から採取した試料を用いた．本テフラは苦鉄質鉱物として緑色角閃石を多く含み，少量の褐色角閃石と微量の斜方輝石，単斜輝石を伴う．本テフラは Loc.B2（Fig. 3）で採取した．

4. Ka2.4B［徳橋・遠藤（1984）］

Ka2.4B は 2 つのユニット（ユニット a, b）に区分できる．ユニット a は細粒～中粒砂サイズの桃色ガラス質テフラ，ユニット b は灰色シルトが混じり桃灰色を呈する細粒～中粒砂サイズのガラス質テフラからなる．各ユニットの層厚はそれぞれ約 3 cm である．分析にはユニット a から採取した試料を用いた．本テフラは苦鉄質鉱物として単斜輝石，斜方輝石，褐色角閃石を含む．本テフラは Loc.B3（Fig. 3）で採取した．

5. Ka2.4A［徳橋・遠藤（1984）］

Ka2.4A は 2 つのユニット（ユニット a, b）に区分できる．ユニット a は細粒～中粒砂サイズの白色ガラス質テフラ，ユニット b は弱い斜交葉理がみられる細粒砂サイズの灰色～灰白色ガラス質テフラからなる．ユニット b には弱い斜交葉理がみられるので再堆積物である可能性がある．各ユニットの層厚は下位より約 3 cm と 5 cm である．また，本テフラとその上下の砂層は全体的に生物擾乱により堆積構造を乱されている．分析にはユニット a から採取した試料を用いた．本テフラは苦鉄質鉱物として単斜輝石，褐色角閃石，斜方輝石と微量の緑色角閃石を含む．本テフラは灰色シルト層を挟んで Ka2.4 B の約 100 cm 上位にある．本テフラは Loc.B3（Fig. 3）で採取した．

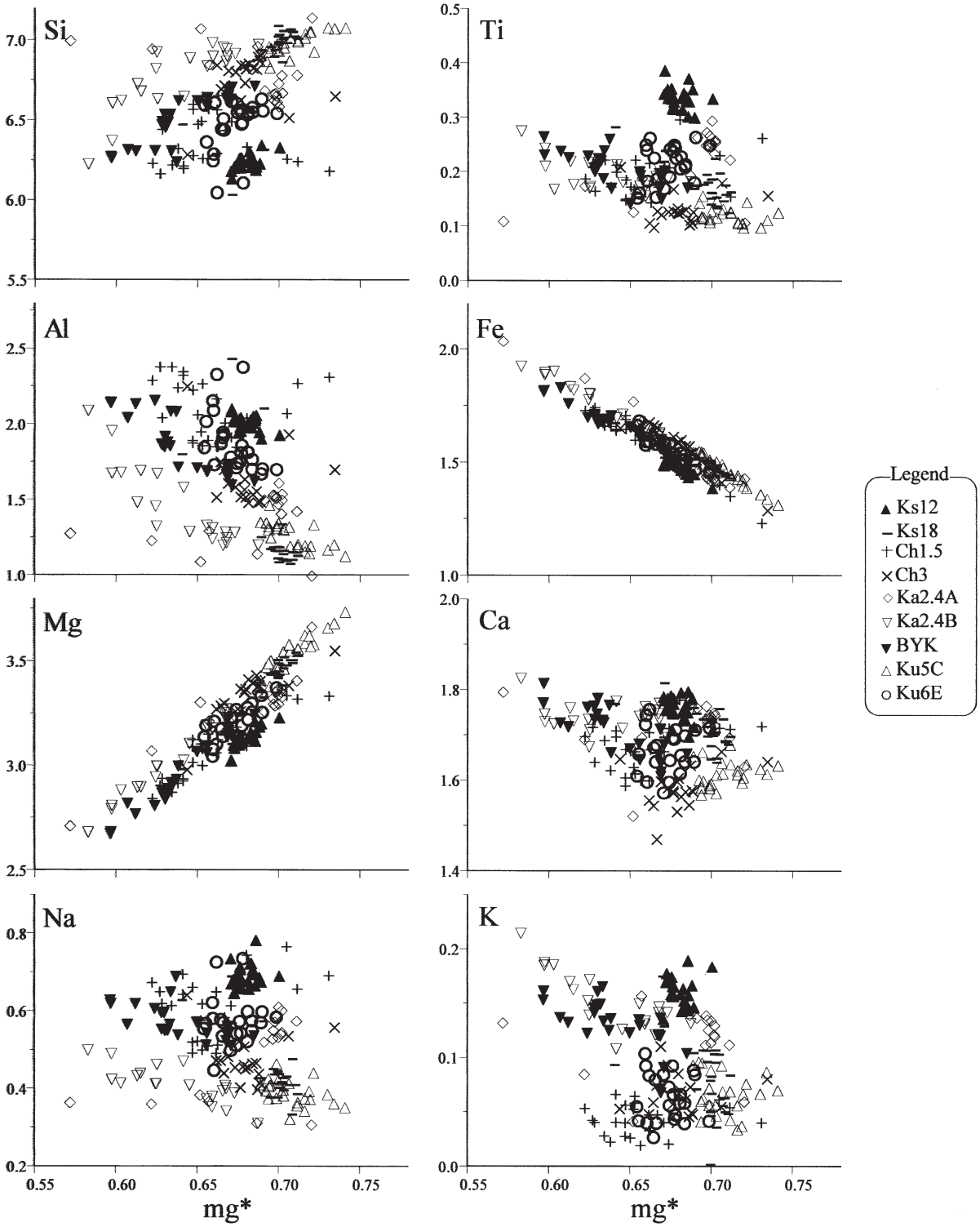


Fig. 4. Relationships between mg* (Mg/(Mg + Fe)) and atomic ratio (O = 23) of cations in hornblende from the Middle Pleistocene tephra in the Kazusa Group, Boso Peninsula.

6. Ch3［三梨ほか（1959）］

Ch3は2つのユニット（ユニットa, b）に区分できる．ユニットaは中粒砂サイズの灰白色ガラス質テフラ，ユニットbは細粒砂サイズの淡灰白色ガラス質テフラからなる．各ユニットの層厚は下位より約5 cmと7 cmである．分析にはユニットaから採取した試料を用いた．本テフラは苦鉄質鉱物として緑色角閃石を多く含み，少量の褐色角閃石，斜方輝石および微量の酸化角閃石，黒雲母を伴う．本テフラは

Table 3. Representative chemical analyses of hornblende.

	Representative analyses of hornblende : wt.%									
	Boso Peninsula									Southwestern foot of the Kurofuji Volcano
	Ku6E	Ku5C	BYK	Ka2.4B	Ka2.4A	Ch3	Ch1.5	Ks18	Ks12	Krf2
SiO_2	44.46	46.74	42.84	44.99	45.46	46.35	42.12	47.72	41.86	46.50
TiO_2	2.13	1.41	2.06	1.94	2.30	1.13	1.67	1.67	3.04	1.36
Al_2O_3	10.04	8.47	12.41	8.38	8.63	9.13	13.10	6.82	11.24	7.95
FeO	12.22	12.21	13.78	14.65	11.54	12.90	13.96	12.00	11.75	11.97
MnO	0.56	0.31	0.25	0.42	0.24	0.34	0.30	0.00	0.29	0.26
MgO	14.28	15.52	12.79	12.99	15.21	14.90	12.88	15.68	14.19	15.15
CaO	10.71	10.62	11.16	10.98	11.09	10.07	10.70	11.08	10.99	10.47
Na_2O	2.00	1.43	2.12	1.49	2.11	1.59	2.34	1.45	2.50	1.64
K_2O	0.49	0.51	0.65	0.89	0.69	0.49	0.28	0.42	0.80	0.37
Total	96.89	97.22	98.06	96.73	97.27	96.90	97.36	96.84	96.66	95.67
	numbers of ions on the basis of 23 O									
Si	6.56	6.82	6.30	6.72	6.66	6.79	6.22	6.96	6.23	6.88
Al	1.75	1.46	2.15	1.48	1.49	1.58	2.28	1.17	1.97	1.39
Ti	0.24	0.15	0.23	0.22	0.25	0.13	0.19	0.18	0.34	0.15
Fe	1.51	1.49	1.70	1.83	1.41	1.58	1.72	1.46	1.46	1.48
Mn	0.07	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	0.00	0.04	0.03
Mg	3.14	3.38	2.81	2.89	3.32	3.26	2.84	3.41	3.15	3.34
Ca	1.69	1.66	1.76	1.76	1.74	1.58	1.69	1.73	1.75	1.66
Na	0.57	0.40	0.60	0.43	0.60	0.45	0.67	0.41	0.72	0.47
K	0.09	0.09	0.12	0.17	0.13	0.09	0.05	0.08	0.15	0.07
total	15.61	15.50	15.70	15.55	15.65	15.50	15.71	15.41	15.82	15.48
mg*	0.68	0.69	0.62	0.61	0.70	0.67	0.62	0.70	0.68	0.69

mg*=Mg/(Mg+Fe)

Loc.B4（Fig. 3）で採取した.

7. Ch1.5［東京地下地質研究会火山灰グループ（2000)］

Ch1.5は，白色軽石質テフラ密集層である．褐色泥炭質シルト層中に粗粒～極粗粒砂サイズの軽石が厚さ約24 cmの範囲で密集する．本テフラは苦鉄質鉱物として緑色角閃石を多く含み，少量の褐色角閃石，斜方輝石および微量の単斜輝石，酸化角閃石を伴う．褐色泥炭質シルト層を挟んでCh2（河井, 1952）の約200 cm上位にある（東京地下地質研究会火山灰グループ, 2000）．本テフラはLoc.B5（Fig. 3）で採取した.

8. Ks18［河井（1952)］

Ks18は4つのユニット（ユニットa～d）に区分できる．ユニットaは細粒～中粒砂サイズの淡黄白色ガラス質テフラ，ユニットbは中粒～粗粒砂サイズの淡灰色ガラス質テフラ，ユニットcは細粒～中粒砂サイズの淡黄白色ガラス質テフラ，ユニットdは弱い斜交葉理のみられる細粒～中粒砂サイズの灰白色ガラス質テフラからなる．ユニットdには弱い斜交葉理がみられることから再堆積物である可能性がある．各ユニットの層厚は下位より約6 cm，4 cm，4.5 cm，23 cmである．分析にはユニットbから採取した試料を用いた．本テフラは苦鉄質鉱物として緑色角閃石と斜方輝石を多く含み，少量の単斜輝石，褐色角閃石を伴う．本テフラはLoc.B6（Fig. 3）で採取した.

9. Ks12［河井（1952)］

Ks12は2つのユニット（ユニットa, b）に区分できる．ユニットaは粗粒～極粗粒砂サイズの桃白色～暗灰色軽石質テフラからなり，最大で1.5 mm程度の軽石を含む．ユニットbは斜交葉理のみられる粗粒～極粗粒砂サイズの桃灰色軽石質テフラからなる．ユニットaの層厚は約9.5 cmであり，色調の変化により桃灰色の下部（約5 cm），暗灰色の中部（約2.5 cm），桃白色の上部（約2 cm）に区分できる．ユニットbの層厚は約1.5 cmで，斜交葉理がみられることから再堆積物である可能性がある．分析にはユニットaの下～中部から採取した試料を用いた．本テフラは苦鉄質鉱物として褐色角閃石を多く含み，少量の斜方輝石，単斜輝石を伴う．本テフラはLoc.B7（Fig. 3）で採取した.

上総層群中のテフラに含まれる角閃石の化学組成

対象とした上総層群中に挟在する9層のテフラに含まれる角閃石の主成分化学組成分析を，信州大学理学部地質科学教室のSEM（日本電子製JSM－5310E）－EDS（EDAX社製DX4）システムで行った．EDS分析の試料には重鉱物組成の測定用に調整した144～78 μmの粒径のものを用いた．テフラに含まれる結晶は，噴火の際に破砕されており，さらに前処理の過程で破砕が加わった可能性もあるために核部と縁部の区別が困難である．そこで，1つの結晶片では中央付近を1点測定するにとどめ，それぞれの試料に含まれる角閃石を20～25粒測定した．なお，測定条件および分析精度については竹下（2004）と同じである.

上総層群中のテフラに含まれる角閃石の分析結果をmg*値（Mg/（Mg＋Fe））を横軸に，酸素数O＝23に対する各陽イオン数を縦軸にとったグラフ（Fig. 4）にプロットした．また，代表的な分析値をTable 3に示す．以下に，テフラに含まれる角閃石の化学組成からみた個々のテフラの特徴につ

いて述べる．

Ku6E は，K vs. mg*図上で Ch3 以外のテフラと区別でき，かつ Ch3 とは Ti 量で区別できる．Ku5C は，Ca vs. mg*図上で他のテフラと区分できる．BYK は，Na vs. mg*図上で Ch1.5 以外のテフラと区別でき，かつ K vs. mg*図上において Ch1.5 とも区別できる．Ka2.4 B は，他のテフラに比べ mg*が低くかつ Al，Na に乏しいことから他のテフラと区分できる．Ka2.4 A は，いずれの元素でも組成領域が狭く，Ti および K vs. mg*図上で他のテフラと区別できる．Ch3 は，Ti および Ca に乏しいことから他のテフラと区分できる．Ch1.5 は，K に乏しいことから他のテフラと区分できる．Ks18 は，Ku5C に含まれるものとその組成領域が類似するが，Ku5C に比べ Ca に富むため区別できる．Ks12 は，Ti vs. mg*図上で他のテフラと区別できる．

議　　論

1．対象とした上総層群中のテフラの噴出・堆積年代

対象としたテフラのうち，最も上位に位置する Ks12 は，Ks11 の下位に位置する（河井, 1952）．Ks11 は大阪層群中のサクラ火山灰に対比され（町田ほか, 1980），さらに，南九州に分布する小林火砕流堆積物（長峰, 1987）にも対比される（吉川ほか, 1991）広域テフラであり，小林笠森テフラ（Kb-Ks）とも呼ばれる（町田・新井, 1992）．Kb-Ks の層位学的位置は海洋酸素同位体ステージ 13.3 に当たると考えられ（白井, 2001），その堆積年代は 0.52－0.53 Ma と見積もられている（町田・新井, 2003）．一方，対象とした上総層群中のテフラのうち最も下位に位置する Ku6E は，約 130 cm の砂層を挟み Ku6C の下位に位置する（千葉県教育委員会, 1988）．Ku6C は大阪層群の第 3 海成粘土層（Ma3）に挟まれるアズキ火山灰および九州北部の猪牟田カルデラを給源とする今市火砕流堆積物に対比される（鎌田ほか, 1994）広域テフラであり，猪牟田アズキテフラ（Ss-Az）とも呼ばれる（町田・新井, 2003）．Ku6C は新妻（1976）による古地磁気層序および鈴木・杉原（1983），檀原・渡辺（1994）により年代値の測定されたテフラとの層序関係から Jaramillo Subchron 後の逆帯磁極期（0.78－0.99 Ma; Berggren et al, 1995）に噴出，堆積したとされており，さらに，今市火砕流堆積物の噴出年代は，同火砕流堆積物および下位の耶馬溪火砕流堆積物，上位の由布川火砕流堆積物（星住ほか, 1988）の放射年代値，自然残留磁化方位から約 0.9 Ma と推定されている（鎌田ほか, 1994）．以上の層序関係から，本論で対象とした上総層群中のテフラは，約 0.9－0.5 Ma に噴出，堆積したと推定される（Fig. 2）．

2．給源の可能性をもつ他の火山と古期御岳火山のテフラの判別

日本では偏西風の影響でテフラは給源火山の東側に広く分布する傾向がある．対象とした上総層群中のテフラは細粒で淘汰が良い（Table 1）ために，給源火山は房総半島の西側の比較的遠方に位置する可能性が高い．また，今回検討の対象とした上総層群中のテフラは，約 0.9－0.5 Ma の間に噴出した角閃石を特徴的に含むものである．以上のような条件を満たすテフラの給源火山には古期御岳火山のほか，中部地方には黒富士火山（三村ほか, 1994），烏帽子火山群（高橋, 2004; 高橋・三宅, 2004）が知られているので，これら 2 火山が上記テフラの給源となるか否か，また，その可能性がある場合は古期御岳火山起源のテフラと区別できるか検討する．

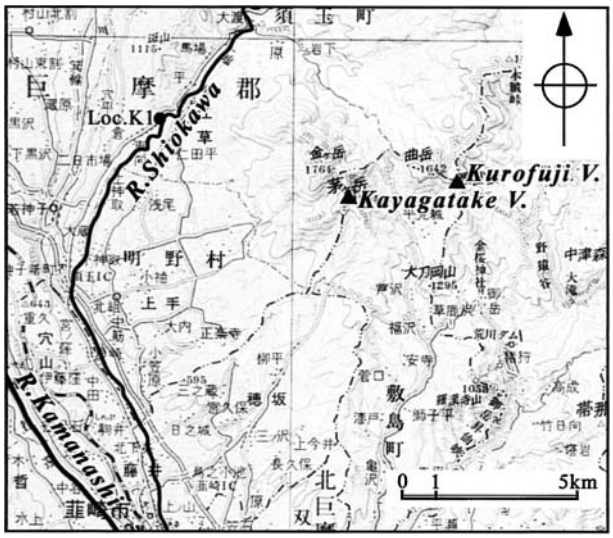


Fig. 5. Sampling locality of the Kurofuji second stage pyroclastic flow deposit. Closed circle indicates location of outcrop, Loc.K1 (35° 48' 49" N, 138° 27' 16" E). Site locality (latitude and longitude) is based on Japanese Geodetic Datum 2000 (JGD2000). Topographic map is a part of 1/200,000 scale map sheet of "Kofu" published by Geographical Survey Institute.

まず房総半島の北西約 250 km に位置する烏帽子火山群（Fig. 1）であるが，中期更新世初頭に同火山から噴出した角閃石を特徴的に含むテフラはブロックアンドアッシュフロー堆積物である（高橋, 2004）．これに対し，対象とした上総層群中のテフラは軽石型ないしはバブルウォール型の火山ガラスを多く含む（Table 2）ので，一般に溶岩ドームや溶岩流の末端が崩落して形成されるブロックアンドアッシュフロー（Fisher and Schmincke, 1984）由来のテフラとは考えにくい．よって，烏帽子火山は本論で対象としたテフラの給源の候補からはずれる．次に，房総半島の西北西約 150km に位置する黒富士火山（Fig. 1）であるが，この火山は，約 1.0－0.5 Ma に大規模な火砕流を 5 回（黒富士第 1 ～ 5 期火砕流堆積物）噴出し，それらの黒富士第 1 ～ 5 期火砕流堆積物は，苦鉄質鉱物として角閃石を多く含む（三村, 1967; 三村ほか, 1984）．このうち黒富士第 1 および 3 ～ 5 期火砕流堆積物はブロックアンドアッシュフロー堆積物であるが，黒富士第 2 期火砕流堆積物（Krf2）は大規模な軽石流堆積物である（三村ほか, 1984）．そのため，黒富士火山も本論で対象とした上総層群中のテフラの給源になる可能性がある．また，黒富士第 2 期火砕流堆積物の本質礫は苦鉄質鉱物として褐色角閃石，斜方輝石，単斜輝石を含み，わずかに燐灰石を伴う（Table 1）．その重鉱物組成は，古期御岳火山 PH サブステージの降下テフラ（YUT6, 9, 10, 26），OP サブステージの寒

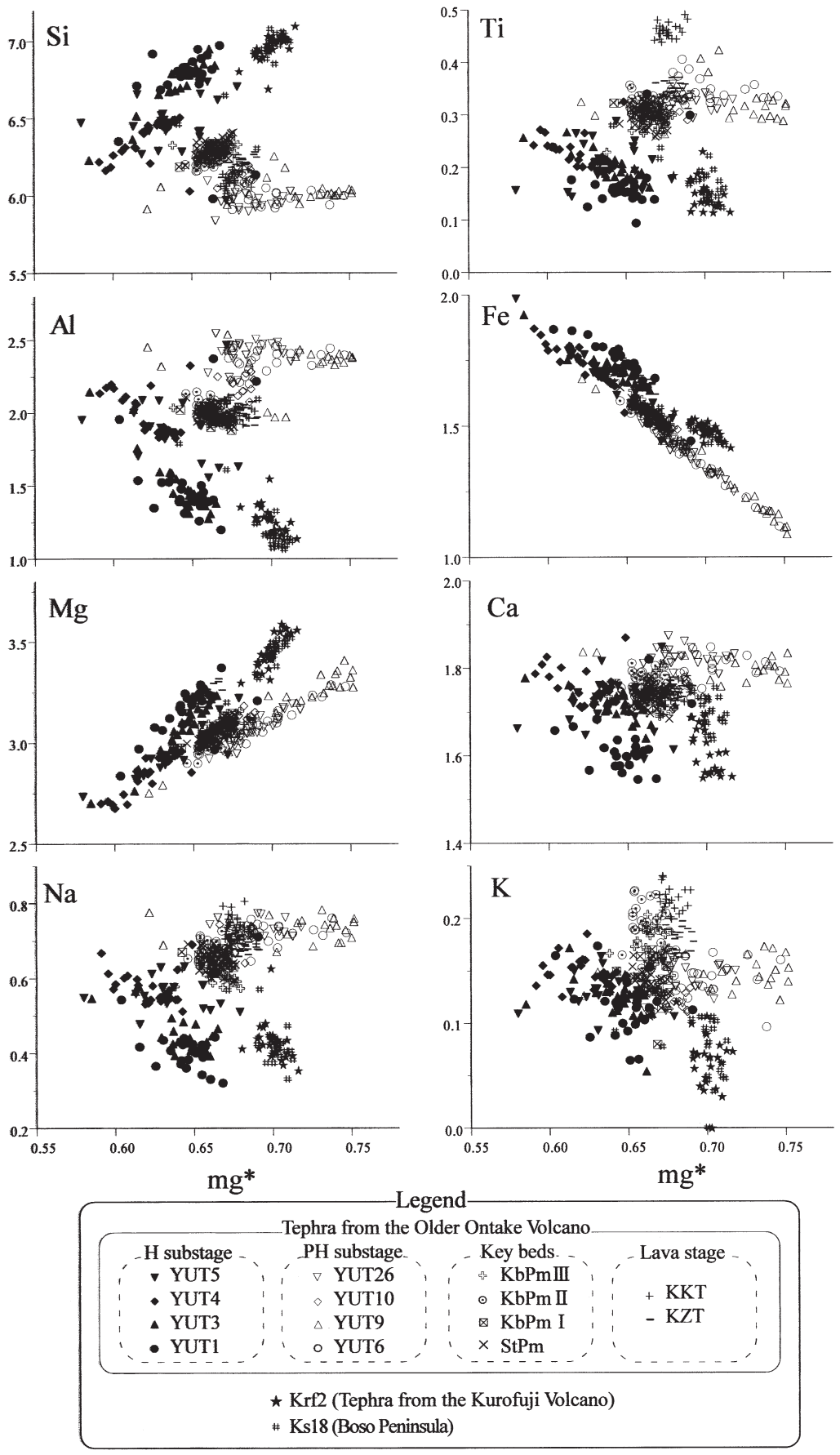


Fig. 6. Relationships between mg* (Mg/ (M + Fe)) and atomic ratio (O = 23) of cations in hornblende from the Kurofuji second stage pyroclastic flow deposit, Ks18 (Boso Peninsula) and tephra from the Older Ontake Volcano. Chemical compositions of hornblende in the tephra beds from the Older Ontake Volcano are after Takeshita (2004).

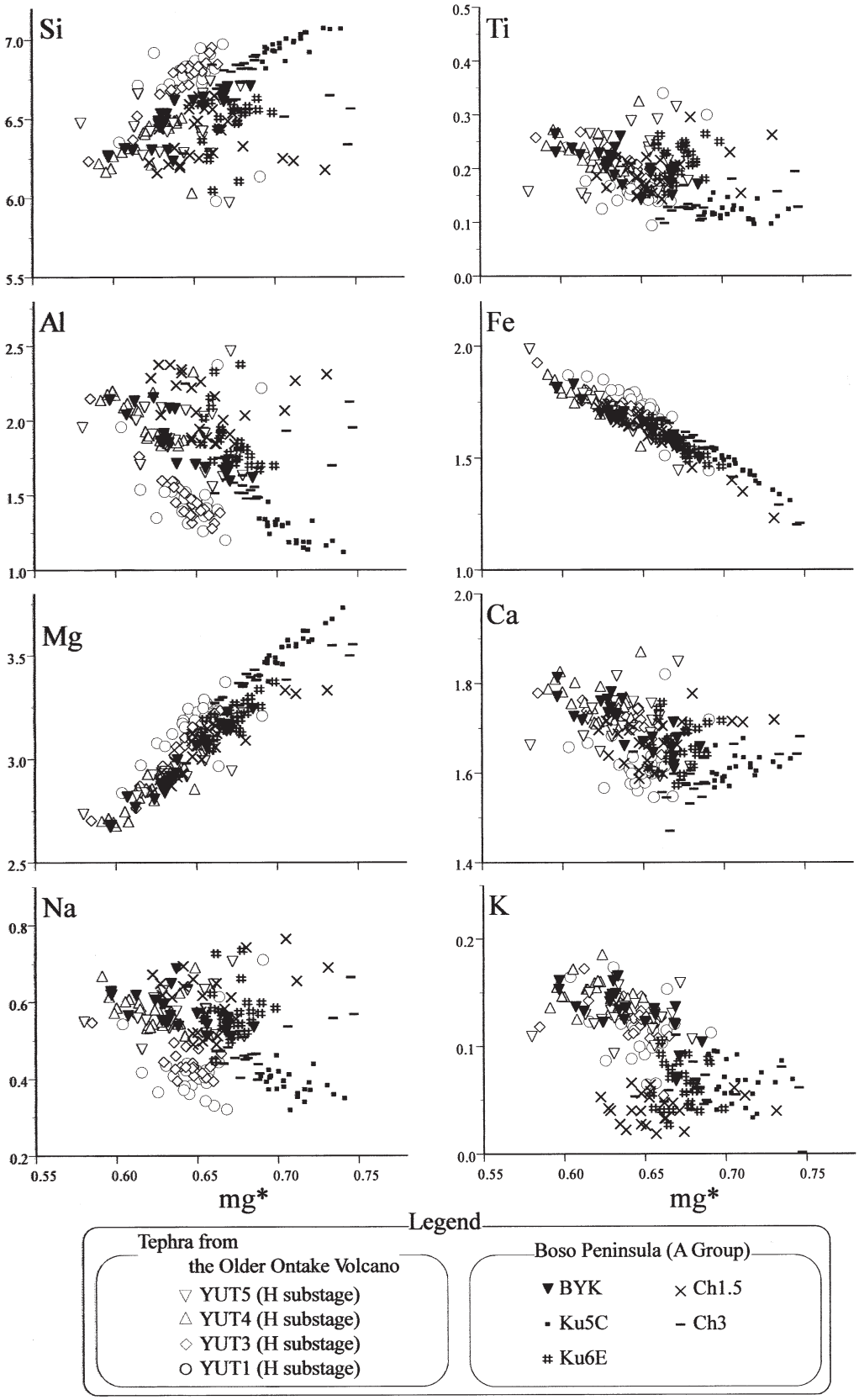


Fig. 7. Relationships between mg* (Mg/ (Mg + Fe)) and atomic ratio (O = 23) of cations in hornblende from Ku6E, Ku5C, BYK, Ch3, Ch1.5 (the Kazusa Guroup) and the tephra group of H Substage (the Older Ontake Volcano).

原パミスⅡ，溶岩ステージの上浦沢テフラ（KZT），上黒沢テフラ（KKT）（竹下, 2004）のそれに類似する（Table 1, 2）ために，苦鉄質鉱物組み合わせだけでは両火山のテフラを明瞭に区別することは困難である．そこで，黒富士第 2 期火砕流堆積物（三村, 1967; 三村ほか, 1984）中の角閃石の化学組成について検討した．黒富士第 2 期火砕流堆積物の採取位置（Loc.K1）を Fig. 5 に示す．採取した試料は，直径 20 cm の多孔質な灰白色デイサイト質火山岩塊で，放射状の冷却節理がみられることから本質物質であると判断した．

採取した試料を乳鉢で破砕した後の分析方法は上総層群中のテフラと同様である．黒富士第 2 期火砕流堆積物（Krf2）の本質礫に含まれる角閃石の代表的な分析値を Table 3 に示す．また，本質礫中の角閃石の分析結果を mg*値（Mg/(Mg ＋ Fe)）を横軸に，酸素数 O ＝ 23 に対する各陽イオン数を縦軸にとったグラフ（Fig. 6）にプロットした．

黒富士第 2 期火砕流堆積物に含まれる角閃石の化学組成は，古期御岳火山起源のテフラに含まれるそれらに比べ，Si, Mg に富み，Al，K に乏しい特徴をもつ．さらに，Ti，Ca, Na vs. mg*の各図においても両者は有意に離れた領域にプロットされる（Fig. 6）．このように，角閃石の化学組成によって両火山のテフラは明瞭に区別できる．

なお，九州の諸火山も給源である可能性があるが，例えば南九州に給源をもつ上総層群中の Ks18（町田・新井, 2003）は古期御岳火山起源のテフラと角閃石の化学組成の上で明瞭に識別できる（Fig. 6）．

3. 上総層群中のテフラと古期御岳火山のテフラとの対比

古期御岳火山起源のテフラは，少なくとも 70 枚以上存在し，記載岩石学的性質が互いに類似するものも多い（竹下, 2004）ために，上総層群中に挟在するテフラと古期御岳火山のテフラを単層で対比することは困難である．しかし，古期御岳火山の活動期は，テフラステージと溶岩ステージに区分され（松本盆地団体研究グループ, 2002），さらに，テフラステージは H，PH，OP サブステージに細分される（Fig. 2）．それぞれのサブステージ，ステージに噴出したテフラ群は，それぞれ独自の共通した記載岩石学的性質をもつ（竹下, 2004）．このように古期御岳火山のテフラは単層としては識別が困難であるが，テフラ群としては可能である．そのため，上総層群のテフラと対比するにあたり，テフラ群として対比を検討することは有効である．ただし，鍵テフラである里宮パミス，寒原Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ（松本盆地団体研究グループ, 2002）は，同時期の PH，OP サブステージのテフラ群と異なる特徴的な記載岩石学的性質をもつ（竹下, 2004）．

本論で対象とした，上総層群のテフラは苦鉄質鉱物組み合わせにより，多量の緑色角閃石とわずかに斜方輝石，単斜輝石を含む Ku6E，Ku5C，BYK，Ch3，Ch1.5，Ks18（以後，グループ A と呼ぶ）と褐色角閃石，斜方輝石，単斜輝石を含む Ka2.4A，Ka2.4B，Ks12（以後，グループ B と呼ぶ）の 2 グループに区分できるので，2 つのグループに分けて，各々特徴の類似する古期御岳火山起源のテフラとの対比を検討する．ただし，Ks18 は古期御岳火山起源でないことが角閃石の化学組成からも明らかになったので以下の議論の対象からはずす．以下，竹下（2004）による古期御岳火山の H サブステージ（約 0.78 Ma もしくはそれ以前）のテフラを「H テフラ群」，里宮パミスを除く PH サブステージ（約 0.78 － 0.70 Ma）のテフラを「PH テフラ群」，寒原パミスⅠ, Ⅱ, Ⅲを除く OP サブステージ（0.70 － 0.64 Ma）のテフラを「OP テフラ群」と呼ぶことにする．ただし，H テフラ群については，YUT1，3 と YUT4，5 で角閃石の化学組成が明瞭に

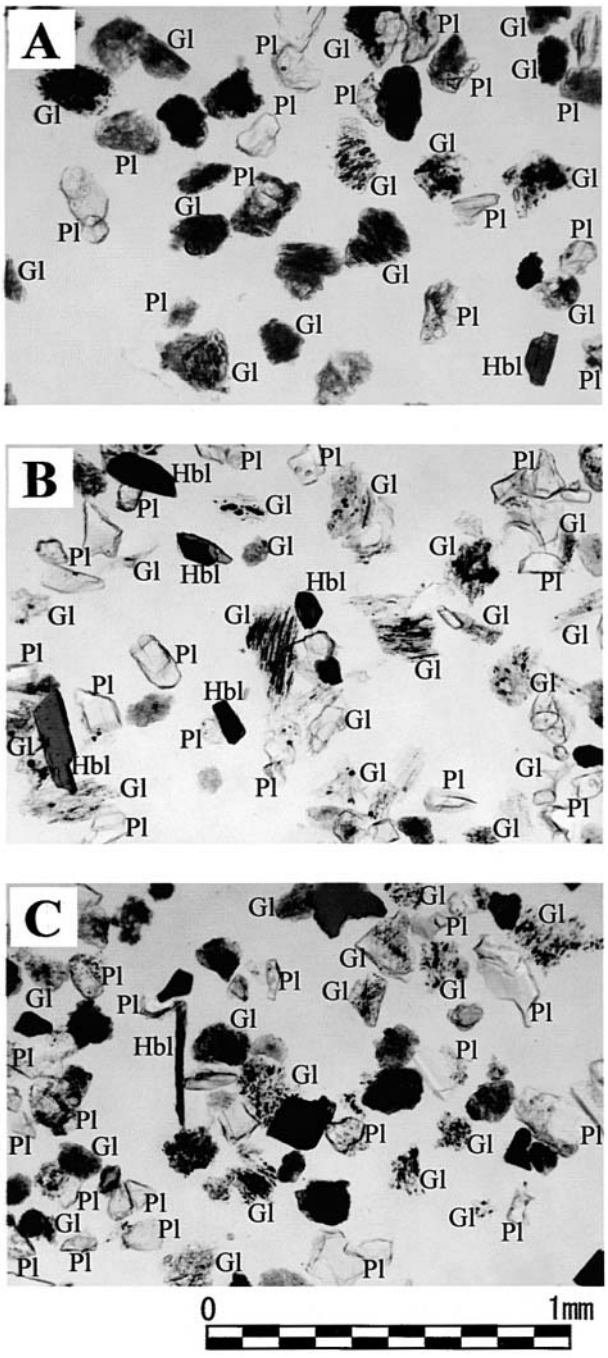


Fig. 8. Photomicrographs of constituent grains of BYK and YUT4, 5. A; BYK（the Kazusa Group）, B; YUT5（the Older Ontake volcano）, C; YUT4（Older Ontake volcano）. Gl: volcanic glass, Pl: plagioclase, Hbl: hornblende.

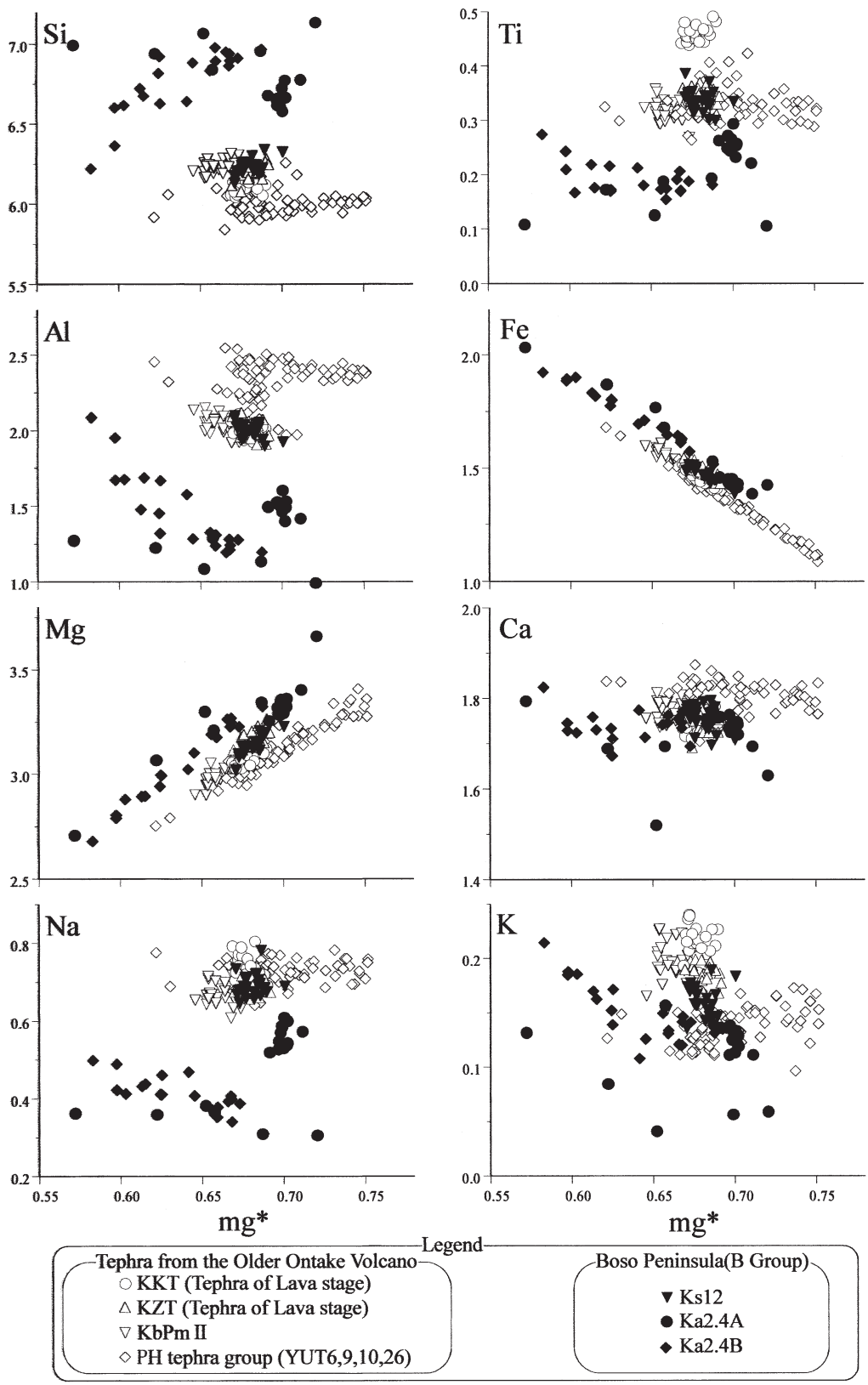


Fig. 9. Relationships between mg* (Mg/ (Mg + Fe)) and atomic ratio (O = 23) of cations in hornblende from Ka2.4A, Ka2.4B and Ks12 in the Kazusa Group, the tephra group of PH Substage, and the Kanbara pumice II and Kamiurazawa, Kamikurosawa tephras of Lava Stage of the Older Ontake Volcano.

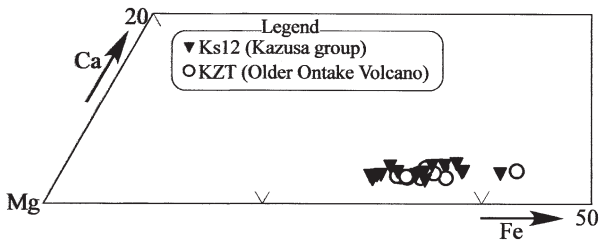


Fig. 10. Chemical analyses of orthopyroxene (Opx) plotted on part of Ca-Mg-Fe diagram. Chemical compositions of Opx in the KZT are referred from Takeshita (2004).

異なる（Fig.6）ので，それぞれに分けて検討する．なお，古期御岳火山溶岩ステージのテフラの名称および略称は竹下（2004）に従う．

上総層群中のテフラのうち，苦鉄質鉱物として緑色角閃石を多く含むグループAは，古期御岳火山起源のテフラのうちHテフラ群に類似する（Table 2）．Ks18を除く5層のテフラのうち，BYKに含まれる角閃石の化学組成が，Hテフラ群のうちYUT1，3とは異なり，YUT4，5にいずれの元素においても類似する（Fig. 7）．さらに，BYKに含まれる火山ガラスの形状は，軽石型で繊維状に引き伸ばされているものが多く特徴的であり，YUT4，5に含まれる火山ガラスの形状と類似している（Fig. 8）．以上のことから，BYKはYUT4もしくは5に対比される可能性が高い．これに対し，その他の4層のテフラに含まれる角閃石の化学組成は，Hテフラ群に含まれる角閃石の組成といずれかの元素において不一致がみられる（Fig. 7）ために，BYKを除く4層のテフラは古期御岳火山起源のテフラとは対比できない．

次に，BYKとYUT4，5との対比を火山学的，層序学的，年代学的な視点から検証する．YUT4，5はそれぞれ古期御岳火山の東麓地域に分布する層厚約50 cmの軽石層で，粒径1～2 cmの軽石からなる．両テフラとも基質に乏しい（竹下, 2004）ためにプリニアン噴火の降下堆積物と考えられる．一方のBYKは粗粒～極粗粒砂サイズの軽石層と細粒砂サイズの灰色火山灰層から構成される（Table 1）ことから，本テフラがYUT4もしくは5の遠方堆積相（distal plinian ash; 鎌田ほか, 1994）と考えて矛盾しない．BYKは前期・中期更新世境界であるブリュンヌ正帯磁極期・松山逆帯磁極期境界（0.78 Ma; Berggren et al., 1995）の直上に位置している（Aida et al., 1996）．また，BYKの上位に位置するKu1は八甲田第1期火砕流堆積物に対比される広域テフラであり，約0.76 Maに噴出したと見積もられている（鈴木ほか, 2001; 鈴木・植木, 2002）．以上の層序関係，年代値から，BYKは前期・中期更新世境界（0.78 Ma）直後に噴出したテフラであると考えられる．一方，古期御岳火山のHサブステージの年代は，年代値の明らかな溶岩層との層序関係から約0.78 Maかそれ以前であると考えられる（竹下, 2004）．このように，BYKとYUT4，5の噴出年代は近接していることからも，BYKをYUT4もしくは5に対比することの信頼性は高いといえる．

グループBの3層のうちKa2.4A，Bは苦鉄質鉱物として褐色角閃石，斜方輝石，単斜輝石を含み，古期御岳火山起源のテフラのうちPHテフラ群もしくは上黒沢テフラ（KKT; 溶岩ステージのテフラ）の苦鉄質鉱物組み合わせに類似する（Table 2）．しかし，Ka2.4A，Ka2.4Bに含まれる角閃石の化学組成は，PHテフラ群とKKTに含まれる角閃石の組成とすべての元素で異なる（Fig. 9）ために，この2層のテフラは古期御岳火山起源のテフラとは対比できない．一方，Ks12は苦鉄質鉱物として褐色角閃石を多く含み，斜方輝石，単斜輝石を伴うことから，古期御岳火山起源のテフラのうち，寒原パミスⅡと上浦沢テフラ（KZT; 溶岩ステージのテフラ）の苦鉄質鉱物組み合わせに類似し，PHテフラ群やKKTとは異なる（Table 2）．そして，Ks12に含まれる角閃石の化学組成は，KZTに含まれる角閃石の化学組成とすべての元素で類似するが，寒原パミスⅡに含まれる角閃石の化学組成にくらべmg*が高く，Kに乏しい（Fig. 9）．さらに，Ks12に含まれる斜方輝石の化学組成について，角閃石と同様の分析を行い，KZTに含まれる斜方輝石の化学組成（竹下, 2004）と比較したところ，両者は類似している（Fig. 10）．以上のことから，Ks12はKZTに対比される可能性が高い．

次に，火山学的，層序学的，年代学的な視点からKs12とKZTとの対比を検証する．KZTは古期御岳火山の南西麓地域に分布する軽石層で，軽石の粒径は0.5～1 cm，その層厚は約15 cmと薄い（竹下, 2004）．これは降灰分布の中心であった可能性が高い東麓地域ではKZT噴出期（約0.61－0.58 Ma）の堆積物は欠如している（竹下, 2004）ためであるかもしれない．KZTは基質を欠く（竹下, 2004）ためにプリニアン噴火の降下堆積物であると考えられる．一方のKs12は粗粒～極粗粒砂サイズの軽石から構成される（Table 1）ため，本テフラがKZTの遠方堆積相（distal plinian ash）と考えて矛盾しない．Ks12の層準は，Ks11とKs18の間に位置する（河井, 1952）．Ks12の上位に位置するKs11の層位は海洋酸素同位体ステージ13.3に位置し（白井, 2001），その年代値は0.52－0.53 Maと推定されている（町田・新井, 2003）．Ks18は南九州が起源と考えられる樋脇テフラに対比され（町田・新井, 1992, 2003），K-Ar年代測定法により0.57 ± 0.03 Ma，0.58 ± 0.03 Maの年代が測定されている（町田・新井, 2003）．Ks11とKs18との層序関係および年代値から，Ks12の噴出，堆積年代は約0.61－0.52 Maと考えられる（Fig. 2）．一方，古期御岳火山のKZTは，年代値の明らかな溶岩層との層序関係から約0.61－0.58 Maに噴出したと推定されている（竹下, 2004）．このように，Ks12とKZTの推定される噴出年代は重なることからKs12とKZTの対比の信頼性は高い．また，Ks12より下位に位置するBYKが，KZTより下位に位置するHテフラ群中のYUT4もしくはYUT 5に対比されるために，本論の対比は層序学的にも矛盾しない（Fig. 11）．

古期御岳火山が活動した約0.78－0.39 Ma（Kioka et al., 1998）において中部地方の陸成層と関東地方の海成層を結ぶ広域テフラは，従来，貝塩上宝テフラ（鈴木, 2000），樋脇テフラ（町田・新井, 2003）のみであったが，今回の対比によ

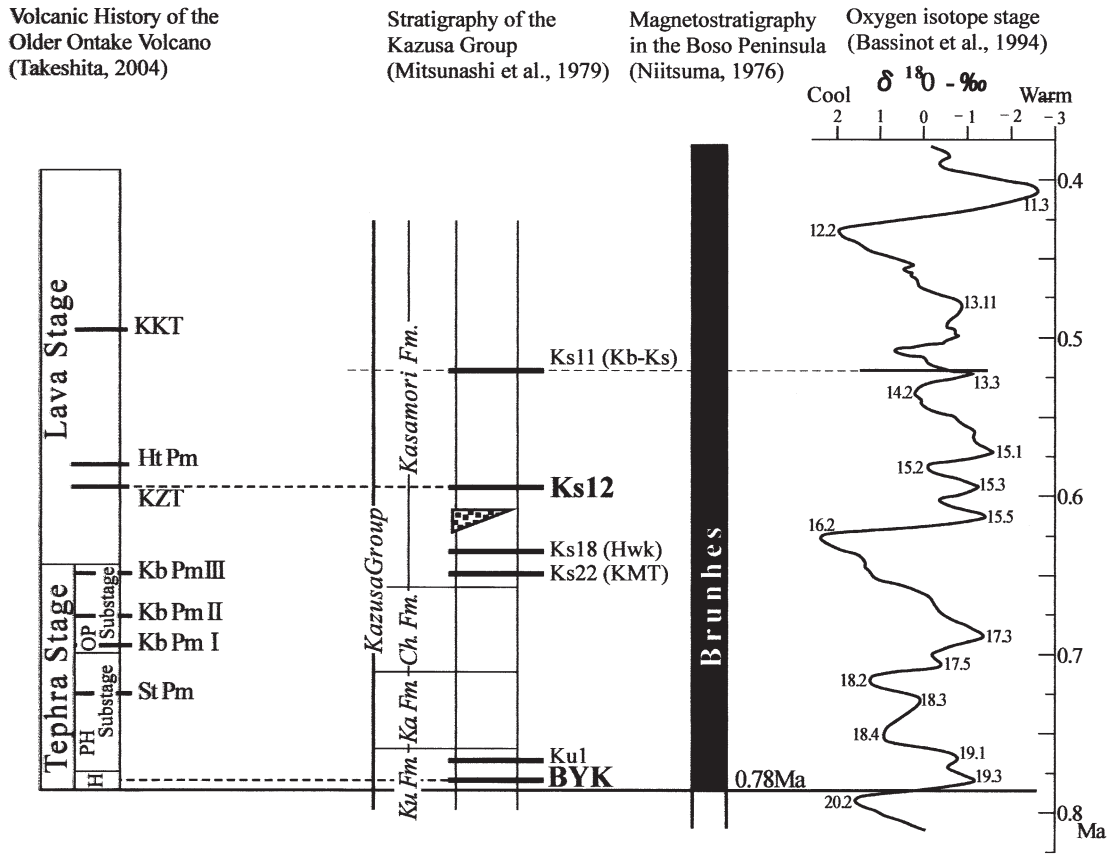


Fig. 11. Correlation of the tephra beds in the Kazusa Group, Boso Peninsula with those from the Older Ontake Volcano. Stratigraphic position of Ks11 in the marine isotope stage is after Shirai (2001). Age of the Matuyama-Brunhes boundary is after Berggren et al. (1995). Oxygen isotope stage is after Bassinot et al. (1994). Ku. Fm. : Kokumoto Formation, Ka. Fm. : Kakinokidai Formation, Ch. Fm. : Chonan Formation,

ってKs12とBYKも内陸地域と海岸地域の中部更新統を同時間面で結ぶ重要な鍵層に加えられた．さらに，両テフラともに年代が明らかであるために年代基準面を提供する指標テフラとなる．特にYUT4もしくは5に対比されるBYKの層位は，更新世前・中期境界（B/M境界）直上であるために，中部～関東地方において重要である（Fig. 11）．

4. テフラ対比からみた古期御岳火山の活動と年代

上総層群中のBYKとKs12が古期御岳火山起源のテフラと対比できたことから，古期御岳火山はHサブステージおよび溶岩ステージ中には，中部～関東地方にかけての広い範囲でテフラを降灰させたことが明らかになった．また，古期御岳火山の活動開始時期については，更新世前・中期境界である0.78 Ma（Kioka et al., 1998）より古くなる可能性が指摘されていた（竹下, 2004）が，この活動の最初期にあたるHサブステージのYUT4もしくは5がBYKに対比されたことから，その可能性は小さくなった（Fig. 11）．

また，古期御岳火山の山麓部には，今回対比が明らかになったテフラの他に，里宮パミス，寒原パミスⅠ，Ⅱ，Ⅲ（松本盆地団体研究グループ, 2002）など層厚100cmを越すような軽石質テフラが多数存在し，それらのテフラの噴出年代も明らかにされている（竹下, 2004）．本論により，角閃石の化学組成値を用いることにより遠方のテフラと古期御岳火山近傍のテフラの対比が可能であることが示された．今後BYK，Ks12以外にも同火山起源のテフラが中部～関東地方で発見されることにより，古期御岳火山起源テフラの降灰分布が明らかにされると同時に，この地域の中部更新統に同時間面および年代を示す鍵層を提供することが期待される．

ま　と　め

本論では，上総層群中の9枚のテフラおよび黒富士火山起源の火砕流堆積物（黒富士第2期火砕流堆積物）に含まれる角閃石の化学組成をEDSで測定した結果，以下のことが明らかになった．

1. 角閃石の化学組成値は，上総層群中の9枚のテフラにおいて異なり，さらに，古期御岳，黒富士両火山起源のテフラを識別することもできた．このように角閃石の化学組成値はテフラを同定・対比するための有効な指標になる．
2. 角閃石の化学組成を用いて，上総層群中のテフラと古期御岳火山起源のテフラの対比を検討した結果，上総層群中の白尾テフラ（BYK）とKs12が古期御岳火山のHサブステージのYUT4もしくは5，溶岩ステージの上浦沢テフラ（KZT）にそれぞれ対比されることが明らかになった．

3. BYK と Ks12 が古期御岳火山起源であることが明らかになったことにより，古期御岳火山は中部～関東地方に広くテフラを供給したことを確かめることができた．
4. BYK と Ks12 は，中部～関東地方の中部更新統に年代情報をもった同時間面を提供する重要な指標テフラとなる．特に BYK の層位は，更新世の前・中期境界（B/M 境界）直上であるために，中部～関東地方において時間基準面として重要な役割を果たすと考えられる．

謝　　辞

本研究をまとめるにあたって，信州大学の牧野州明助教授には苦鉄質鉱物の EDS 分析に関して多くの見識とご指導をいただいた．斉藤尚人・佐知ご夫妻には房総半島のテフラ調査の際に，ご自宅に宿泊させていただくだけでなく，房総半島のテフラの露頭を案内していただきテフラに関する多くの見識をいただいた．匿名の 2 名の査読者には，建設的かつ適切なコメントをいただき，本稿を改善することができた．また，編集担当の中川光弘教授にも大変お世話になった．以上の方々に感謝します．

文　　献

Aida, N., Furuno, K. and Kagawa, A., 1996, Paleomagnetic stratigraphy of the Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan－Matuyama-Brunhes magnetic polarity reversal in the Kokumoto Formation－. *In* Inter Research Group for the Lower-Middle, Middle-Upper Pleistocene boundary, Japan Association for Guaternary Research. eds. *Proceedings on the research of stratotype for the Lower-Middle Pleistcene Boundary*, 62-72.

青木豊樹・黒川勝己, 1999, 長野地域猿丸層の T1, T4 火山灰層と新潟地域の Ykp（浜忠層）, SK110（魚沼層群）火山灰層の対比. 地質雑, **105**, 473-479.

荒牧重雄・宇井忠英, 1976, 南九州の火砕流堆積物－斑晶鉱物の Ca-Mg-Fe 比による対比－. 地震研究所彙報, **51**, 151-182.

Bassinot, F. C., Labeyrie, L. D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N. J. and Lancelot, Y., 1994, The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **126**, 91-108.

Berggren, W. A., Hilgen, F. J., Langereis, C. G., Kent, D. V., Obradovich, J. D.Raffi, I. Raymo, M. E. and Shackleton, N. J., 1995, Late Neogene chronology: New perspectives in high resolution stratigraphy. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **107**, 1272-1287.

千葉県教育委員会, 1988, 上総層群上部鍵層集. 145p.

檀原　徹・渡辺真人, 1994, 房総半島上総・下総層群の FT 年代測定（その 1）. フィッション・トラックニュースレター, no. 5, 73-77.

Emiliani, C., 1978, The cause of the ice ages. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **37**, 349-352.

Fisher, R. V. and Schmincke, H-U., 1984, *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag, Berlin,471p.

星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎, 1988, 別府地域の地質. 地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図副）, 地質調査所, 131p.

伊田一善・三梨　昂・影山邦夫, 1956, 関東南部の地層の大区分について. 地調月報, **7**, 435-436.

石和田靖章・三梨　昂・品田芳二郎・牧野登喜男, 1971, 日本油田・ガス田図 10 茂原（1: 50,000）. 地質調査所.

Ito M., 1994, Compositional variation in depositional sequences of the upper part of the Kazusa Group, a middle Pleistocene forearc basin fill in the Boso Peninsula, Japan. *Sediment. Geol.*, **88**, 219-230.

「角川日本地名大辞典」編纂委員会, 1984, 角川日本地名大辞典 12 千葉. 角川書店, 1558p

鎌田浩毅・檀原　徹・山下　透・星住英夫・林田　明・竹村恵二, 1994, 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-igninbrite ash －. 地質雑, **100**, 848-866.

河井興三, 1952, 茂原ガス田西方周辺地域（茂原－鶴舞地域）の地質及び天然ガス. 石技誌, no.17, 1-21.

吉川清志・水野清秀・杉山雄一, 1991, 関東～九州における前～中期更新世テフラの対比. 月刊地球, **13**, 228-234.

Kioka, H., Furuyama, K., Miyake, Y., Sakai, J., Nagao, K., Ikemoto, M., Noiri, H. and Oda, K., 1998, K-Ar chronology of the Middle Pleistcene lavas at Ontake volcano, central Japan. *Earth Science*（*Chikyu Kagaku*）, **52**, 464-474.

小滝篤夫・古山勝彦・井上陽一, 2002, 京都府北部, 福知山・綾部地域の高位段丘層中の含カミングトン閃石火山灰層と大山最下部火山灰層との対比. 地球科学, **56**, 35-48.

町田　洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 276p.

町田　洋・新井房夫, 2003, 新編火山灰アトラス. 東京大学出版会, 336p.

町田　洋・新井房夫・杉原重夫, 1980, 南関東と近畿の中部更新統の対比と編年－テフラによる一つの試み－. 第四紀研究, **19**, 233-261.

増田富士雄, 1997, 上総・下総層群－酸素同位体比曲線－大阪層群: 対比（案）. 月刊地球, **19**, 474-479.

Matsumoto, A. and Kobayashi, T., 1995, K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the "mass fractionation correction procedure": application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. *Chem. Geol.*, **125**, 123-135.

松本哲一・小林武彦, 1999, 御嶽火山, 古期御嶽火山噴出物の K-Ar 年代に基づく火山活動史の再検討. 火山, **44**, 1-12.

松本盆地団体研究グループ, 2002, 古期御岳火山の地質. 地球科学, **56**, 65-85.

松島信幸・寺平　宏, 1999, 伊那谷の地形面の編年と気候変動および地盤運動との関連. 飯田市美術博物館研究紀要, **9**, 171-198.

松島信幸・寺平　宏・村松　武, 1998, 伊那谷の活断層. 日本地質学会第 105 年学術大会見学旅行案内書, 43-88.

三村弘二, 1967, 黒富士火山の火山層序学的研究. 地球科学, **21**, 1-10.

三村弘二・加藤祐三・片田正人, 1984, 御岳昇仙峡地域の地質. 地質調査所研究報告（5 万分の 1 図幅）, 地質調査所, 61p.

三村弘二・柴田　賢・内海　茂, 1994, 黒富士火山と甲府盆地北方に分布する火山岩類の火山活動と K-Ar 年代. 岩鉱, **89**, 15-20.

三梨　昂・菊地隆男・鈴木尉元・平山次郎・中嶋輝允・岡　重文・小玉喜三郎・堀口万吉・桂島　茂・宮下美智夫・矢崎清貫・影山邦夫, 1979, 東京湾とその周辺地域の地質説明書. 地質調査所, 67p.

三梨　昂・安田　昇・品田芳二朗, 1959, 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序. 地調月報, **10**, 83-98.

長橋良隆・里口保文・吉川周作, 2000, 本州中央部における鮮新－更新世の火砕流堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代. 地質雑, **106**, 51-69.

長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山　高・井内美郎, 2004, 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去 43 万年間の広域テフラの層序と編年－ EDS 分析による火山ガラス片の主要成分化学組成－. 第四紀研究, **43**, 15-35.

長峰　智, 1987, 南部九州更新世中期の一火砕流堆積物について. 地団研専報, **33**, 171-178.

中川光弘・藤岡換太郎・古田俊夫・小泉聡子, 1994, 日本海, Leg.127, 128 コア中の火山灰層－火山ガラスの主成分化学組成からの火山灰対比と第四紀火山活動史－. 月刊地球, **16**, 691-698.

新妻信明, 1976, 房総半島における古地磁気層位学. 地質雑, **82**, 163-181.

Okada, M. and Niitsuma, N., 1989, Detailed paleomagnetic records during the Bruhnes-Matuyama geomagnetic reversal, and a direct determination of depth lag magnetisation in marine sediments. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **56**, 133-150.

Pickering, K. T., Souter, C., Oba, T., Taira, A., Schaaf, M. and Platzman, E., 1999, Glacio-eustatic control on deep-marine clastic forearc sedimentation, Pliocene-mid-Pleistocene (c.1180-600 ka) Kazusa Group, SE Japan. *Jour. Geol. Soc. London*, **156**, 125-136.

里口保文, 1995, 上総層群中・下部の火山灰層序. 地質雑, **101**, 767-782.

Satoguchi, Y., 1996, Tephrostratigraphy of Quaternary System in the Boso Peninsula, Japan. *In* Inter Research Group for the Lower-Middle,Middle-Upper Pleistcene Boundary, Japan Association for Quaternary Research. eds. *Proceedings on the research of stratotype for the Lower-Middle Pleistcene Boundary*, 24-35.

Shane, J. C., Vincent, E. N., Robert, B. S. and Alan, S. P., 1996, A multiple-

parameter approach to andesitic tephra correlation, Ruapehu volcano, New Zealand. *Jour. Volcanol. Geoterm. Res.*, **72**, 199-215.
白井正明, 2001, 日本海東部で見出された更新世中期のテフラ．月刊地球, **23**, 600-604.
菅沼悠介・鈴木毅彦・山崎晴雄・菊地隆男, 2003, 長野県南部, 伊那層群のテフラとその対比．第四紀研究, **42**, 321-334.
鈴木正男・杉原重夫, 1983．フィッショントラック年代から見た上総層群の鮮新／更新統境界．日本第四紀学会演旨, 13, 69-70.
鈴木毅彦, 2000, 飛騨山脈貝塩火道起源の貝塩上宝テフラを用いた中期更新世前半の地形面編年．地理学評論, **73**, 1-25.
鈴木毅彦・D. Eden ・檀原　徹・藤原　治, 2001, 東北日本の大規模火砕流は広域テフラを生産したか？．月刊地球, **23**, 610-613.
鈴木毅彦・藤原　治・檀原　徹, 1998, 関東・中部地方に分布する第四紀テフラのフィッション・トラック年代．地学雑, **107**, 348-367.
鈴木毅彦・植木岳雪, 2002, 岩石記載・古地磁気層序・広域対比に基づく八甲田カルデラ起源火砕流堆積物群の層序・年代に関する再検討．日本第四紀学会演旨, **32**, 60-61.
竹下欣宏, 2004, 中部日本, 中期更新世古期御岳火山の火山活動史－テフラ層序学と記載岩石学に基づいて－．地質雑, **110**, 158-174.
高橋　康, 2004, 長野県北東部烏帽子岳とその周辺の地質と火山形成史．火山, **49**, 83-102.
高橋　康・三宅康幸, 2004, 上信地域烏帽子岳南西麓の溶岩類の K-Ar 年代．火山, **49**, 207-212.
徳橋秀一・遠藤秀典, 1984, 姉崎地域の地質．地質調査所研究報告（5 万分の 1 図幅）, 地質調査所, 136p.
東京地下地質研究会火山灰グループ, 2000, 東京港地下のテフラとその対比．地団研専報, **47**, 23-30.
富田裕子・黒川勝己, 1994, 大阪ピンク火山灰と新潟地域の小木火山灰との対比．地球科学, **48**, 467-476.
卜部厚志, 1992, 三浦・房総半島の三浦層群における火砕鍵層対比－重鉱物組成と化学組成による再検討－．地質雑, **98**, 415-434.
渡辺真人・檀原　徹, 1996, 房総半島上総層群のフィッション・トラック年代．地質雑, **102**, 545-556.
山田直利・小林武彦, 1988, 御嶽山地域の地質．地質調査所研究報告（5 万分の 1 図幅）, 地質調査所, 136p.
吉川周作, 1976, 大阪層群の火山灰層について．地質雑, **82**, 497-515.

（要　旨）

竹下欣宏・三宅康幸・酒井潤一, 2005, 古期御岳火山起源の中期更新世テフラと房総半島上総層群中のテフラとの対比. 地質雑, 111, 417－433.（Takeshita, Y., Miyake, Y. and Sakai J., 2005, Correlation of the tephra beds in the Middle Pleistocene Older Ontake Volcano with those in the Kazusa Group in Boso Peninsula, central Japan *Jour. Geol. Soc. Japan*, **111**, 417－433）

古期御岳火山起源のテフラと上総層群中のテフラの対比を角閃石の化学組成値を用いて検討した．その結果，上総層群中の白尾テフラ（BYK）と Ks12 テフラが古期御岳火山の H サブステージの YUT4 もしくは 5 と溶岩ステージの上浦沢テフラにそれぞれ対比できることが明らかになった．BYK と Ks12 は内陸地域と海岸地域を結ぶ重要な鍵テフラとなるだけでなく，特に BYK は更新世の前・中期境界の直上に位置するために，中部～関東地方において重要な時間基準面を提供すると考えられる．

上総層群中の 9 枚のテフラ（Ku6E, Ku5C, BYK, Ka2.4B, Ka2.4A, Ch3, Ch1.5, Ks18, Ks12）に含まれる角閃石の化学組成値はそれぞれ異なることを示した．さらに，黒富士火山，古期御岳火山のテフラも角閃石の組成値により明瞭に区別することができた．それらの結果は，その組成値がテフラの同定，対比の有効な指標になることを示している．