

EPMA 分析及び岩石記載的性質に基づく房総半島 中部更新統テフラの対比

中里 裕 臣

農業工学研究所

〒305-8609 つくば市観音台 2-1-2

要 旨 中部更新統上総・下総層群中の細粒ガラス質火山灰について、7 テフラ 9 試料の火山ガラスの EPMA 分析を行った。その結果、Ky4 は離れた 2 地点の分析値が一致し、屈折率特性による対比を裏付けた。Yb1, J4, Ty1 は、中部～北関東地方における重要な指標テフラである大町 APm テフラ群のいずれかに対比される。特に J4 と Ty1 は同一層と考えられ、この対比により千葉県北東部における地蔵堂層の分布が明らかになった。Ky4, Km1, J1 は火山ガラスの主成分化学組成からは給源や既知の広域テフラとの対比を明らかにできず、今後の課題である。

キーワード: 下総層群, 上総層群, 犬吠層群, テフラ, EPMA, 大町 APm テフラ群。

房総半島の上総、下総層群中には多くのテフラの挟在が知られている。これらのテフラは、1970 年代までは主として岩相記載及び重鉱物組成による地域的な対比に用いられてきた。その後、新井 (1972) によって主要鉱物の屈折率測定法が確立され、火山ガラス、斜方輝石、角閃石の屈折率記載はテフラ対比の精度向上と広域化をもたらした。房総半島においても、屈折率測定は房総と大磯-横浜地域の指標テフラとの対比を可能にし、地域的な層序を改訂するなど大きな成果をあげてきた (杉原ほか, 1978; 中里, 1993; 佐藤, 1993 など)。しかし、全国的な記載テフラ数の増大に伴い、屈折率値の独自性は薄れつつあり、特に離れた地域間の対比にはより多くのパラメータを導入し、対比の精度をあげる必要が生じている。このような目的で EPMA, ICP, INAA, 蛍光 X 線などの手法による火山ガラスの多元素同時定量が行われ、近年では数多くの中上部更新統テフラの広域対比が示されている (図 1)。これらの広域テフラの給源の多くは南九州とされているが、中部山岳地域が給源と考えられているものに Ng-1 のグループ (吉川ほか, 1991)、大町 APm テフラ群 (APms: 鈴木・早川, 1990)、上宝火砕流堆積物 (KMT: Suzuki, 1996)―上総層群笠森層 Ks22 のグループ (Suzuki, 1996; 斉藤ほか, 1996) などがある。これらのテフラは黒雲母を含み、高屈折率の角閃石、斜方輝石を含む特徴的な岩石記載的性質を示し、内陸部の第四系の編年に利用されてきた。しかし各テフラ (APms では A₁Pm～A₅Pm の 5 枚) はそれぞれ化学組成においても類似の性質を示し、単層毎の層位及び対比には研究者間の相違がある。

房総半島の中上部更新統、上総・下総層群は第四紀の氷河性海水準変動の影響下に堆積したことが知られ

ている (町田ほか, 1980; 増田, 1988 など)。このため、上総・下総層群において広域テフラの挟在層準を確定することは、離れた地域間の古環境変化を関連づける上で重要である。下総層群では軽石やスコリアからなる粗粒なテフラが主体であるが、各累層毎に上位から、木下層: Tk-a, b (佐藤, 1993)、清川層: Ky4 (中里, 1993)、上泉層: Km1、藪層: Yb1、地蔵堂層: J4; J1 といった細粒ガラス質テフラが挟在している (図 1)。これらのうち、Km1 (の一部) と Aso-1 (Suzuki, 1996)、Yb1 と APms (鈴木ほか, 1997) 及び J4 と TE-5 (町田ほか, 1974) の対比が示されているほかは、他地域との対比は行われていない。

一方、房総半島北東部の飯岡台地では藪層が犬吠層群豊里層 (酒井, 1990) を不整合で覆っている (佐藤, 1993)。この豊里層は岩相的に上総層群笠森層に対比されているが (青木・馬場, 1972 など)、この不整合の規模をおさえるためには豊里層と上総層群との正確な対比が必要である。

そこで本稿では、下総層群の細粒ガラス質テフラ Ky4, Km1, Yb1, J4, J1 について、岩石記載的性質とともに EPMA による火山ガラスの主成分組成を示し、地域的あるいは広域的な対比について検討を行う。さらに豊里層基底の Ty1 テフラ (酒井, 1990) について、このテフラと APms との対比を示し、下総層群地蔵堂層の J4 との対比を提案する。なお本稿では特に断らない限り、上総層群のテフラ名は河井 (1952)、下総層群のテフラ名は徳橋・遠藤 (1984)、その他のテフラ名は町田・新井 (1992) に従った。

研究方法

本研究では、EPMA 分析用試料として、図 2, 3 に

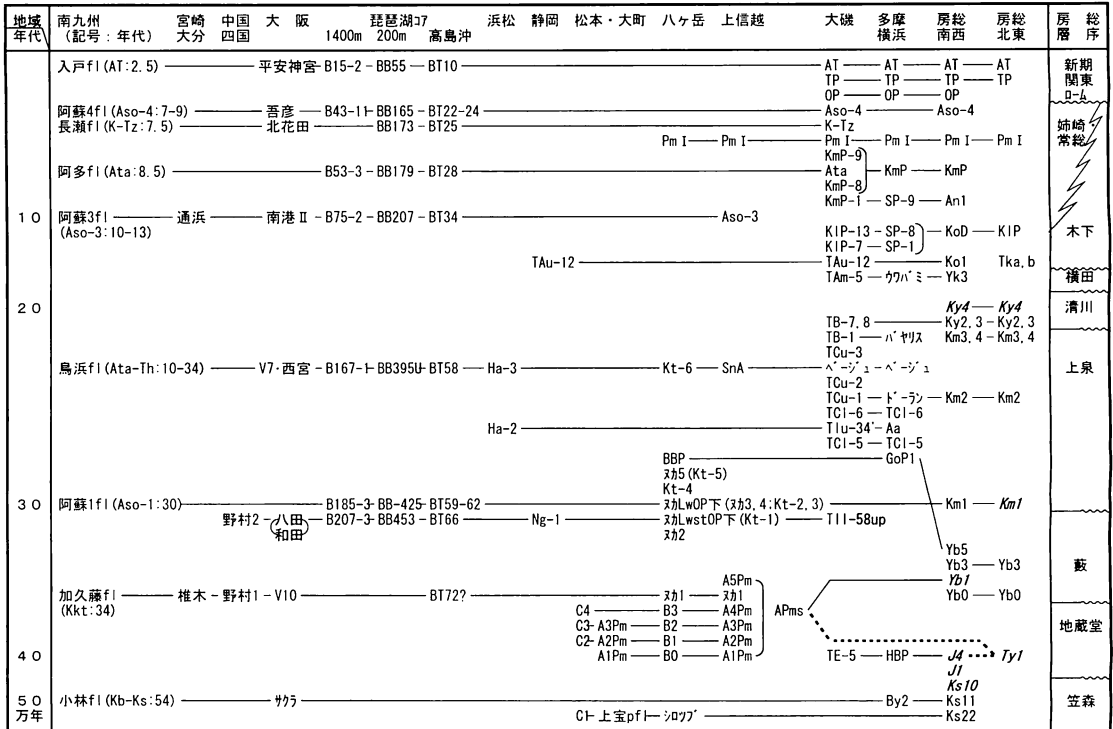


図 1. 中・上部更新統の広域テフラと房総半島のテフラとの関係 (年代は万年. pfl=火砕流堆積物). 縦軸の年代は目安で地域における上下関係は相対的なものである. 横線は対比を示し, 横線のないもの同士は上下関係は考慮していない. 房総の層序区分は横田層以下は徳橋・遠藤 (1984) に従い, 木下層以上は岡崎ほか (1994) の定義による. 斜体は本報告で分析を行ったテフラ, 太破線は本報告による対比. その他の対比は会田 (1992), 檀原・藤原 (1996), 福岡ほか (1996), 関東第四紀研究会 (1987), 吉川ほか (1991), 小森・矢口 (1992), 町田ほか (1980), 町田ほか (1991), 町田・新井 (1992), 町田・新井 (1994), 三梨・菊地 (1982), 水野ほか (1991), 水野・吉川 (1991), 中里 (1993), 齊藤ほか (1996), 佐藤 (1991), 杉原ほか (1978), 杉山 (1991), 鈴木・早川 (1990), 竹村ほか (1991), 徳橋・遠藤 (1984), 内山 (1998), 横山ほか (1980), 横山 (1986), 横山・西田 (1987), 吉川・井内 (1991), 吉川ほか (1993), 吉川・井内 (1993), 吉川 (1994) を参考として作成.

示す Locs. 1~8 から 7 テフラ, 9 試料を取り上げた. Loc.1 の Ky4 の火山ガラスには厚手のものと薄手のものがあるため, これらは分けて検討した. Loc.7 の Ks10 は低屈折率の火山ガラスを含むため (町田ほか, 1980), Ty1 の対比候補として取り上げた. 各テフラの岩石記載的性質は表 1 のとおりである. これらのほかに, 図 2, 3 の Locs. 9, 10 における Km1, 及び Loc. 11 における Ky4 についても屈折率測定を行った (表 1, 図 5). 鉱物の屈折率は, 千葉県立中央博物館の RIMS87 (京都フィッシュン・トラック社製) を用いて筆者が測定した.

EPMA 分析は, 基礎地盤コンサルタンツ株式会社に依頼して行った. 各テフラ試料は蒸留水で超音波洗浄後乾燥し, 火山ガラスを実体鏡下で手選し, 樹脂封入後研磨, カーボン蒸着を行った. 使用機器は日本電子社製 JXA-8800 M 型 WDS であり, 加速電圧 15 kV, 試料電流 $2.8 \sim 3.0 \times 10^{-9}$ A, ビーム径 $1.0 \sim 2.5$ μm の設定で 1 試料あたり 20 点の分析を目標とした.

定量は ZAF 補正により, SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO^* (Fe^{2+} , Fe^{3+} 全量を FeO として計算), MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , Cr_2O_3 , NiO の 11 成分について行った.

分析結果及び考察

9 試料の EPMA 分析結果は表 2 にまとめた. 各試料欄の上段は分析値の平均値で, 中段はその標準偏差, 下段は上段の平均値について Cr_2O_3 と NiO を除いた値の合計を 100% としてノーマライズした値である. 以下の検討ではこのノーマライズ値を用いている.

分析値を概観すると, どのテフラも SiO_2 に富み (約 78%), K_2O 以外の成分は互いによく似た組成を示す. そこで, 各テフラ相互について similarity coefficient (Borchardt *et al.*, 1972, 以下 SC とする) を算出し, それぞれの類似性について検討した (表 3). ここでは表 2 のノーマライズ値について, 標準偏差が測

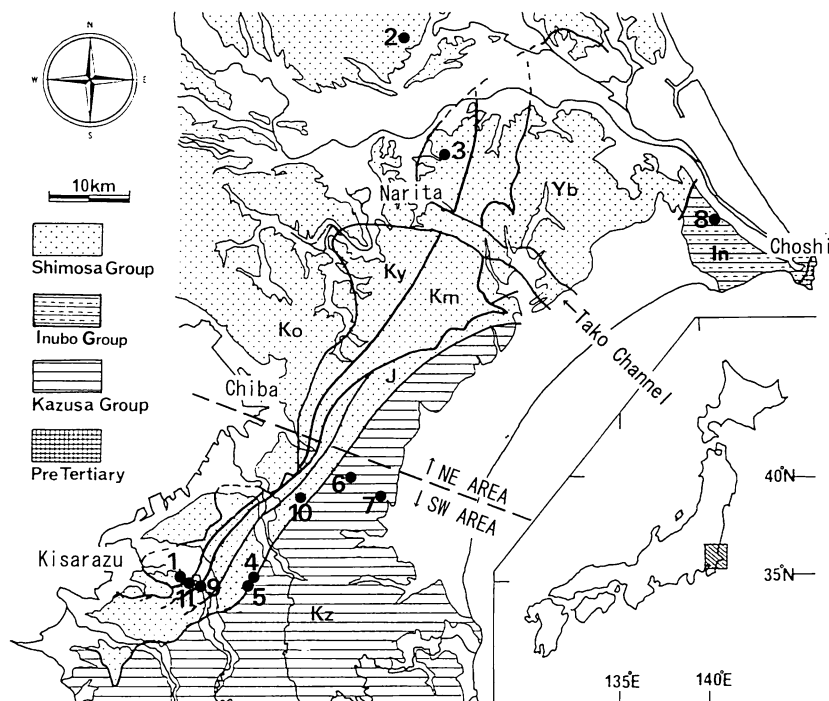


図 2. テフラ試料採取地点位置図及び地質図。Ko: 木下層, Ky: 清川層, Km: 上泉層, Yb: 藪層, J: 地蔵堂層, In: 犬吠層群, Kz: 上総層群。累層境界線は標高 20 m における等高線。図中北東地域と南西地域の境界は図 1 の地域区分に対応。

定値よりも大きい MnO を除いた 8 成分で SC を求めた。SC は INAA 分析において用いられ、0.92 以上の値が対比の目安とされており (Froggatt, 1992), EPMA 分析にも適用されている (Suzuki, 1996)。表 3 によれば、SC が 0.92 以上であるのは Ky4 厚手ガラス (Loc. 1) と Ky4 (Loc. 2) 及び Ty1 と J4, Yb1 であり、これらは互に対比される、もしくは類似するテフラと判断できる。

次に、今回の測定値と既存の分析データとの比較を試みる。分析値には試料の不均一性や風化変質による誤差のほかに、ラボ間もしくは手法間 (WDS, EDS, ICP など) の系統誤差も含まれており、同一プロセスで得られた分析値同士以外の比較には、標準試料の分析値を併せて比較するなど十分な留意が必要とされている (奥村, 1991)。今回の分析値は JB-1Glass などの標準試料によるチェックを行っておらず既存資料との比較には問題があるが、町田・新井 (1992) にまとめられたデータを中心に既存資料による化学組成散布図を作成し、房総半島の更新統テフラの位置づけを検討することとした。この散布図上で既知の広域テフラのグループ化ができれば、今回の分析値をプロットすることで房総のテフラの対候補や給源地域に関する情報を得ることができる。

散布図を作成するのに先立ち、日本の主要な第四紀

テフラについて火山ガラスの屈折率と主要成分の相関を求めた (表 4)。屈折率モードは文献に記載のあるものはその値を、無いものはレンジの中央値とした。化学組成は文献に示された平均値の平均をとっている。表 4 によれば、吉川 (1978) が報告したように火山ガラスの屈折率と SiO_2 及び全 Fe 量により相関があり、 TiO_2 についても同様の相関が認められる。同定のパラメータを増やすためには屈折率と独立したデータを用いることが望ましいので、相関係数の小さい K_2O と CaO を軸として散布図を作成した。このうち K はインコンパティブル元素であり、給源の火山フロントからの距離に応じた含有量の変化が知られている (奥村, 1991)。

図 4 では K_2O が 0~7% の範囲で幅広い値をとるのに対し、 CaO は 1~2% の範囲に集中する。しかし、各テフラはそれぞれ独自の領域にプロットされるように見え、大域的に K_2O と CaO には負の相関が認められる。地域的にみると、北海道 (クッチャロ、支笏カルデラ)・東北 (十和田カルデラ) 及び箱根火山起源のテフラは K_2O に乏しい。中部地方の火山のテフラは K_2O が 4% 未満の御岳第 1 (On-Pm1)、浅間板鼻黄色、草津 (As-YP, K)、ハッ岳 BBP (下総層群 Yb5) のグループと、 K_2O が 5% 前後の APms 及び KMT のグループに分けられる。九州起源のテフラは K_2O が

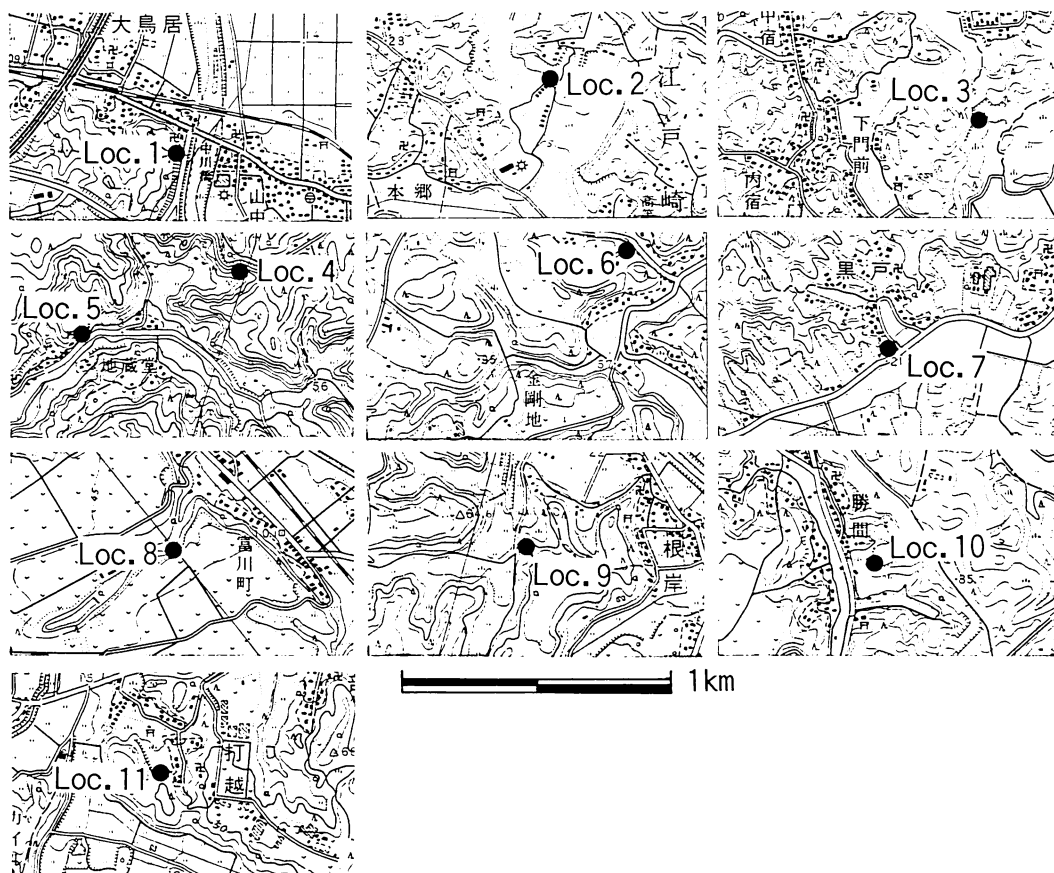


図 3. テフラ試料採取地点。国土地理院 1:25000 地形図使用。Loc.1 (Ky4: 袖ヶ浦市大島居), 4 (Yb1: 袖ヶ浦市丹原), 5 (J4: 袖ヶ浦市地藏堂), 9 (Km1: 木更津市根岸), 11 (Ky4: 木更津市打越): 上総横田図幅; Loc.2 (Ky4: 江戸崎町本郷): 江戸崎図幅; Loc.3 (Km1: 下総町下門前): 下総滑川図幅; Loc.6 (J1: 市原市金剛地), 10 (Km1: 市原市勝間): 海士有木図幅; Loc.7 (Ks10: 茂原市大登): 茂原図幅; Loc.8 (Ty1: 銚子市森戸町): 小南図幅。

少なく CaO が多い鬼界アカホヤ (K-Ah), 阿多 (Ata) のグループ, K_2O , CaO がともに少ない始良 Tn (AT), 鬼界葛原 (K-Tz), 阿多島浜 (Ata-Th) のグループ, K_2O の多い阿蘇 1~4 (Aso-1~4) 及び加久藤 (Kkt) と分けられる。阿蘇の各テフラは CaO の量で識別できる。大陸系とした白頭山苦小牧 (B-Tm) は K_2O の高い領域で幅広い分布を示し、鬱陵隠岐 (U-Oki) は特に K_2O に富む。これらに対し、房総の更新統テフラのうち、町田・新井 (1992) 及び水野 (1997) などにより九州起源と考えられている上総層群のテフラ, Ks5, Ks10, Ks11 (小林・笠森: Kb-Ks) 及び Ks18 は九州・阿蘇起源の領域にプロットされる。第四紀前期末の指標テフラである曲一アズキテフラ (Mg-Az) は、上総層群では国本層 Ku6c に対比されている (町田ほか, 1980)。Ks22 は中部山岳起源とされており (Suzuki, 1996), APms とともに高 K_2O , 低 CaO の部分にプロットさ

れる。Ku1 は東北の八甲田第 1 期火砕流に対比されており (鈴木, 1998), K_2O , CaO がともに低く特徴的である。この対比は、房総のテフラの給源に、西方ばかりでなく東北地方も考慮する必要があることを示している。

図 4 によれば、下総層群のテフラのうち, Ky4, Km1, J1 は九州起源テフラの領域にプロットされる。しかし、これらのテフラの火山ガラスは軽石型が多く、斑晶鉱物も豊富であることからあまり遠来とは思われない。特に Ky4 は基底に径数 mm の軽石層を伴うため、給源は関東周辺と推定される。したがって、これらのテフラの給源はこの図からは推定できない。一方, J4, Ty1, Yb1 は APms と同じ領域にプロットされる。Ty1 は高屈折率の斜方輝石と角閃石を含む点 (表 1) から APms に確実に対比される。

表 1. テフラの岩石記載的性質 (pm: 軽石型, bw: バブルウォール型; opx: 斜方輝石, cpx: 普通輝石, ho: 角閃石, bi: 黒雲母, mt: 磁鉄鉱). Ybl の opx の屈折率は佐藤 (1991) による.

Tephra	Glass Type	H. M. Comp.	Index (mode, range (main range))	Color	Thickness (cm)	Loc.
Ky4 _{thin}	pm>bw	opx>cpx>mt	glass 1.505 ± 1.498-1.508	pink	20	Loc. 1
Ky4 _{thick}	pm>bw	opx	opx 1.710 ± 1.700-1.712	pink	35	Loc. 2
Ky4	pm	mt>>opx, ho	glass 1.501 ± 1.495-1.502 opx 1.704-1.710 (1.707-1.709)	orange	15	Loc. 11
Km1	pm>bw	ho>opx	glass 1.497-1.499 opx 1.710 ± 1.706-1.721 glass 1.4995 ± 1.498-1.501	pink	0-5	Loc. 3
Ybl	pm>bw	bi>ho>opx	ho 1.670-1.680 (1.675-1.679) glass 1.497 ± 1.496-1.499 ho 1.691-1.701	white	0-2	Loc. 4
J4	pm>bw	bi>ho>opx	opx* 1.727 ± 1.721-1.732 glass 1.4995 ± 1.498-1.501	pink	15	Loc. 5
J1	pm>bw	ho>opx>cpx	ho 1.673-1.679, 1.697-1.702 opx 1.699-1.706, 1.713-1.722 glass 1.501 ± 1.500-1.502	white	10	Loc. 6
Ks10	pm>bw	bi>ho>opx	ho 1.670 ± 1.665-1.675 opx 1.710 ± 1.705-1.713 glass 1.500 ± 1.498-1.501	pink	5-8	Loc. 7
Ty1	pm>bw	bi>>ho>opx	ho 1.665-1.686 (1.670-1.675) opx 1.706 ± 1.703-1.709 glass 1.4995 ± 1.498-1.501 ho 1.677-1.700 (1.687-1.692) opx 1.732-1.738	pink	25	Loc. 8

表 2. 火山ガラス EMPA 分析結果 (FeO*: 全 Fe 量; 上段: 分析値平均値, 中段: 標準偏差, 下段: 9 成分ノーマライズ値).

Tephra	Loc.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO	Total	n
Ky4 _{thin}	Loc.1	73.47	0.19	11.56	1.25	0.07	0.19	1.21	3.48	2.94	0.05	0.07	94.48	20
		1.09	0.14	0.39	0.35	0.08	0.16	0.48	0.44	1.05	0.06	0.08		
Ky4 _{thick}	Loc.1	77.86	0.20	12.25	1.32	0.07	0.20	1.28	3.69	3.12			100.00	20
		73.32	0.13	11.57	1.21	0.07	0.13	1.06	3.28	3.35	0.04	0.06	94.22	
Ky4	Loc.2	1.42	0.12	0.35	0.36	0.09	0.10	0.46	0.39	1.27	0.05	0.08		19
		77.90	0.14	12.29	1.29	0.07	0.14	1.13	3.48	3.56			100.00	
Km1	Loc.3	73.94	0.13	11.55	1.02	0.09	0.14	0.84	2.96	3.65	0.02	0.07	94.41	20
		0.97	0.08	0.33	0.27	0.11	0.13	0.47	1.06	1.28	0.04	0.07		
Ybl	Loc.4	78.39	0.14	12.25	1.08	0.10	0.15	0.89	3.14	3.87			100.00	20
		73.36	0.19	11.78	0.82	0.08	0.14	0.85	3.42	4.20	0.03	0.08	94.95	
J4	Loc.5	0.53	0.09	0.18	0.16	0.09	0.08	0.10	0.15	0.17	0.04	0.07		20
		77.35	0.20	12.42	0.86	0.08	0.15	0.90	3.61	4.43			100.00	
J1	Loc.6	73.56	0.14	11.33	0.76	0.10	0.09	0.79	2.72	5.26	0.04	0.06	94.85	20
		0.86	0.10	0.24	0.18	0.10	0.08	0.09	0.24	0.33	0.06	0.09		
Ks10	Loc.7	77.64	0.15	11.96	0.80	0.11	0.09	0.83	2.87	5.55			100.00	20
		73.88	0.07	11.52	0.84	0.09	0.11	0.84	2.83	5.08	0.06	0.09	95.41	
Ty1	Loc.8	0.65	0.07	0.21	0.19	0.09	0.09	0.09	0.29	0.23	0.08	0.09		20
		77.56	0.07	12.09	0.88	0.09	0.12	0.88	2.97	5.33			100.00	
Ky4	Loc.1	73.97	0.31	10.95	1.10	0.06	0.26	1.16	2.56	4.51	0.02	0.04	94.94	20
		0.48	0.08	0.27	0.19	0.08	0.09	0.10	0.15	0.09	0.04	0.05		
Km1	Loc.3	77.96	0.33	11.54	1.16	0.06	0.27	1.22	2.70	4.75			100.00	20
		73.64	0.22	11.74	1.05	0.04	0.32	1.14	3.43	3.18	0.04	0.05	94.85	
Ybl	Loc.4	1.16	0.10	0.73	0.33	0.05	0.12	0.15	0.34	0.62	0.06	0.09		20
		77.71	0.23	12.39	1.11	0.04	0.34	1.20	3.62	3.36			100.00	
J4	Loc.5	74.50	0.10	11.63	0.80	0.06	0.11	0.84	2.79	5.08	0.05	0.10	96.06	20
		0.58	0.11	0.15	0.14	0.08	0.09	0.10	0.41	0.24	0.06	0.13		
J1	Loc.6	77.68	0.10	12.13	0.83	0.06	0.11	0.88	2.91	5.30			100.00	20

各テフラに関する地獄的な問題

1. Ky4

中里 (1993) は, Loc. 1 と Loc. 2 のガラス質火山灰層を岩石記載的性質により Ky4 として対比し, 下総層群の標準層序で上下関係とされていた上岩橋層と清川層が同時異相である根拠の 1 つとした. この際, 火

山ガラスのモード値が若干異なり, その理由を保存のよい Loc. 1 では薄手の高屈折率のガラスが残っており, Loc. 2 では粘土化により薄手のガラスが失われ厚手の低屈折率ガラスのみを測定したためと考えた. 今回, 表 3 の SC により両地点の厚手ガラスの類似性が示され, 両者の対比が確認できた. 表 2 を詳しく見ると, 薄手ガラスは K₂O 含有量が小さい. また, Loc. 2

表 3. MnO を除く 8 主成分 (100%) 換算値による各テフラ間の相似係数 (SC).

	Ky4_thin	Ky4_thick	Ky4	Km1	Yb1	J4	J1	Ks10	Ty1
Ky4_thin	x								
Ky4_thick	0.88	x							
Ky4	0.82	0.92	x						
Km1	0.84	0.86	0.90	x					
Yb1	0.72	0.80	0.85	0.85	x				
J4	0.71	0.79	0.85	0.84	0.89	x			
J1	0.81	0.78	0.78	0.78	0.74	0.73	x		
Ks10	0.89	0.84	0.81	0.82	0.71	0.70	0.86	x	
Ty1	0.74	0.81	0.88	0.87	0.94	0.94	0.79	0.76	x

表 4. 日本の主要な第四紀テフラの火山ガラスの屈折率と主成分との相関. 文献 ①: 町田・新井 (1992), ②: 鈴木 (1989), ③鈴木ほか (1997), ④: 鈴木・早川 (1990), ⑤鈴木ほか (1998).

テフラ	屈折率モード	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	文献
B-Tm	1.5130	75.70	0.24	10.50	4.00	0.08	0.30	4.70	4.40	①
B-Tm'	1.5200	68.40	0.40	14.70	4.50	0.12	1.30	5.50	5.10	①
K-Ah	1.5120	75.00	0.53	13.00	2.50	0.50	2.00	3.60	2.80	①
U-Ok	1.5210	61.60	0.44	20.10	2.90	0.30	1.50	6.70	6.30	①
AT	1.4990	78.40	0.13	12.20	1.20	0.14	1.10	3.30	3.40	①
Kc-Sr	1.5035	78.30	0.31	12.10	1.40	0.30	1.60	4.00	2.10	①
Spfa-1	1.5025	78.40	0.15	12.40	1.40	0.17	1.50	3.80	2.20	①
Aso-4	1.5080	72.70	0.43	14.90	1.60	0.40	1.20	4.60	4.20	①
K-Tz	1.4985	79.30	0.22	11.90	1.10	0.20	1.10	3.00	3.20	①
On-Pm1	1.5015	76.30	0.15	13.90	1.00	0.26	1.60	3.60	3.00	①
Ata	1.5100	75.20	0.47	13.30	2.10	0.50	1.90	3.80	2.70	①
Toya	1.4960	79.00	0.05	12.60	1.00	0.04	0.40	4.30	2.50	①
Aso-3	1.5170	71.00	0.71	15.00	2.50	0.30	1.70	3.80	4.90	①
Kc-Hb	1.5030	78.10	0.39	12.00	1.60	0.30	1.50	4.30	1.80	①
KIP-7	1.5210	72.45	0.65	14.20	3.59	0.69	3.31	4.00	0.96	②
Ata-Th	1.4990	78.50	0.16	12.30	1.00	0.10	1.10	3.40	3.30	①
Aso-1	1.5200	68.90	0.60	15.10	3.20	0.80	2.10	3.80	5.30	③
KKt	1.5010	77.00	0.19	12.70	1.30	0.14	0.90	3.70	4.10	①
A ₃ Pm	1.4940	78.10	0.09	11.95	1.00	0.01	0.83	2.77	5.17	④⑤
A ₂ Pm	1.4970	78.13	0.10	12.11	0.95	0.03	0.77	2.71	5.12	④⑤
A ₁ Pm	1.4990	78.40	0.16	12.04	1.02	0.04	0.75	2.74	4.77	③④
Kb-Ks	1.5060	74.76	0.32	14.00	1.29	0.22	1.10	4.01	4.25	①
Mg-Az	1.5150	71.95	0.53	14.80	2.51	0.21	1.59	3.73	4.67	①
相関係数		-0.87	0.87	0.66	0.90	0.64	0.61	0.63	0.21	

では Na₂O 含有量が小さくなっており, 粘土化による溶脱の影響が考えられる. また, 3 試料とも CaO の標準偏差が大きく, これは本テフラの特徴であるといえる.

Loc. 1 は 1998 年現在, 道路工事により観察不能となっているが, 下総台地研究グループ (1996) は袖ヶ浦市打越 (Loc. 11) において, 清川層 Ky3 の上位約 8 m に未命名のガラス質テフラの存在を報告した. このテフラは厚さ 15 cm の粘土化した淡桃色細粒火山灰層で基底部に軽石層を伴う. このような岩相と表 1 の岩石記載的性質からこのテフラは Ky4 に対比される. 下総台地研究グループ (1996) は, 斜方輝石の屈折率からこのテフラを千葉県北東部の多古チャネル (佐藤, 1993) を埋積する地層に挟在する T3 テフラに対比し, この地層を上岩橋層 (=清川層) に対比する根拠の一つとした. しかし, T3 テフラは杉原 (1979) 及び佐藤 (1993) が Tk-a として報告したもので, 火山ガ

ラスの屈折率は 1.518 モードと極めて高く, Ky4 とは対比されない.

2. Km1

Km1 は複数の厚さ数 cm の細粒ガラス質火山灰層, 軽石層, スコリア層から構成されるテフラ群で, 木更津市根岸 (Loc. 9) でまとまった産状を観察できる (徳橋・遠藤, 1984). Suzuki (1996) 及び福岡ほか (1996) は根岸の Km1 の下部のユニットから, 1.520 に及ぶ高屈折率, 苦鉄質の化学組成を示す火山ガラスを認め, Aso-1 に対比した. Locs. 9, 10, 3 の柱状図及び Km1 の各ユニットの岩石記載的性質を図 5 に示す (以下, 試料番号は図 5 のもの). 筆者は Loc. 9 においてこのような高屈折率を示すガラス質テフラを検出していないが, 市原市勝間 (Loc. 10) の Km1 には 1.520 に及ぶ高屈折率を示すガラスを含むユニット (試料番号 8) が認められる (佐藤, 1993). その上位には, 普

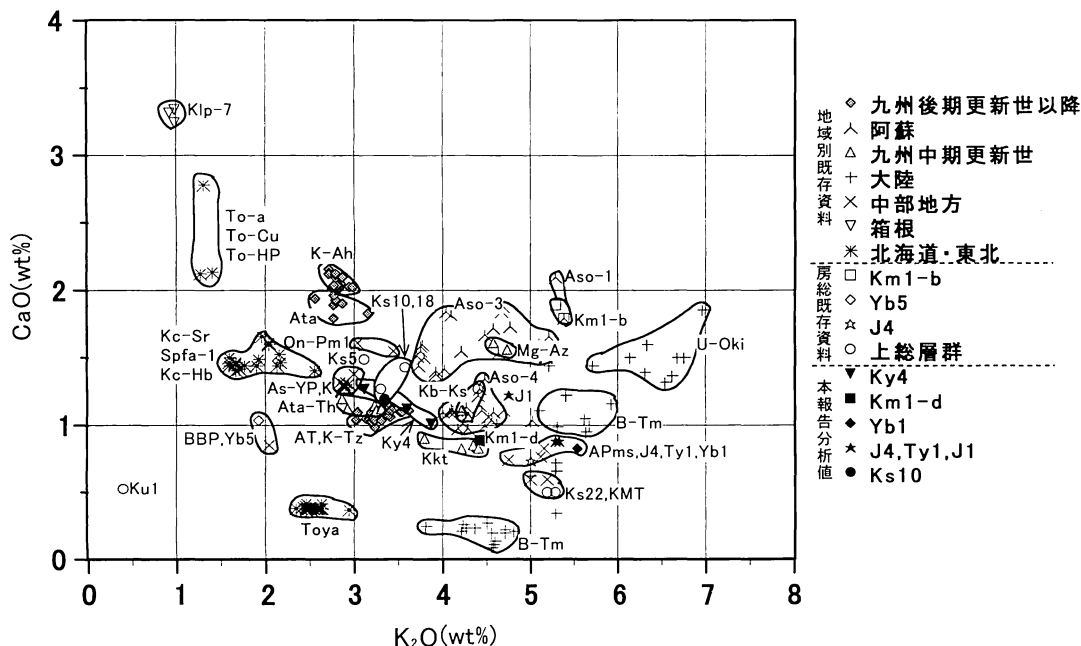


図 4. 第四紀テフラの火山ガラスの K_2O - CaO 散布図. 町田・新井(1992), 鈴木(1989), 鈴木・早川(1990), Suzuki (1996), 鈴木ほか(1997), 小岩・早田(1995), 水野(1997), ト部(1996), 八木・早田(1989) 及び本報告の分析値(主成分による 100% 換算値)より作成.

通輝石に富み斜方輝石の屈折率が低く、1.693~1.695 付近にモードを持つ特徴的なスコリア混じり軽石層(試料番号 6, 10)が Locs. 9, 10 で認められる. Loc. 9 ではその下位に、火山ガラスが 1.500 前後の低屈折率を示す数枚の細粒ガラス質火山灰層が挟在し、これらのうち試料番号 2, 3 のユニットは層厚が 1~3cm で連続性がよい. また、その上位には、層厚 10 cm の比較的低屈折率の斜方輝石(1.703±モード)を含む軽石層(試料番号 7)が挟在し、さらに 4.5 m 上位には Km2 が挟在する. 一方、千葉県北部の下総町下門前(Loc. 3)の上泉層下部泥層中にも複数の細粒ガラス質火山灰層及び軽石層からなるテフラ群(試料番号 11~13)が挟在し、上位に Km2 及び Km4 が分布することから、このテフラ群は Km1 に対比できる(中里, 1986). Loc. 3 では泥層の基底付近に斜方輝石の屈折率が 1.701±のモードを示す軽石層(試料番号 11)があり、その上位には角閃石を含む細粒ガラス質火山灰層が数枚挟在する. このうち最上位の試料番号 13 は比較的新鮮で、今回 EPMA 分析に供したものである. このユニットは、ここから東方の佐原市にかけては下位の藪層の砂鉄質中粒砂層中に挟在し(中里・佐藤, 1988), 南東には多古町(佐藤, 1993), 北には茨城県玉造町(中里, 1998)まで分布し、房総半島北東部の藪層上部の重要な指標テフラとなっている. Km1 の複数のユニットについて、対比に有効と思わ

れるものに下位から a~g の番号を付し、それぞれの関係を図 5 に示した. 房総半島北部と中部の Km1 は、角閃石に富み、低屈折率の火山ガラスを含む Km1-d 火山灰層によって対比され、その上下にガラス質火山灰及び軽石層が数枚挟在するものと考えている. 鈴木らが Aso-1 としたものは下部の Km1-b に相当し、今回 EPMA 分析を行った Km1-d とは火山ガラスの屈折率及び化学組成は大きく異なる(図 4, 5). なお図 1 に示すように、鈴木らによる Aso-1 と Km1 の対比は、ハヶ岳地域と南関東地域で従来対比されてきた BBP と GoP₁(町田ほか, 1974) 及び Yb5 との対比(新井, 1972)と斜交しており問題となっている.

Loc. 3 の Km1 は下総台地研究グループ(1996)の八日市場層最上部の指標テフラ Yo5 に相当する. 下総台地研究グループは Yo5 が角閃石を含むことを理由として、根岸(Loc. 9)の Km1 (おそらく Km1-e をさすと思われる)とは対比されないとした. しかし、図 5 に示したとおり Loc. 9 の Km1 の下部には角閃石に富むガラス質火山灰層が挟在することが確認できる.

今後、Km1 の各ユニットについて火山ガラスの成分分析を行い、房総半島北東部と南西部の Km1 の対比を確認するとともに、低屈折率の火山ガラスを含む Km1 ユニットの他地域との対比を検討し、Aso-1 相当層との関係を明らかにすることが課題である.

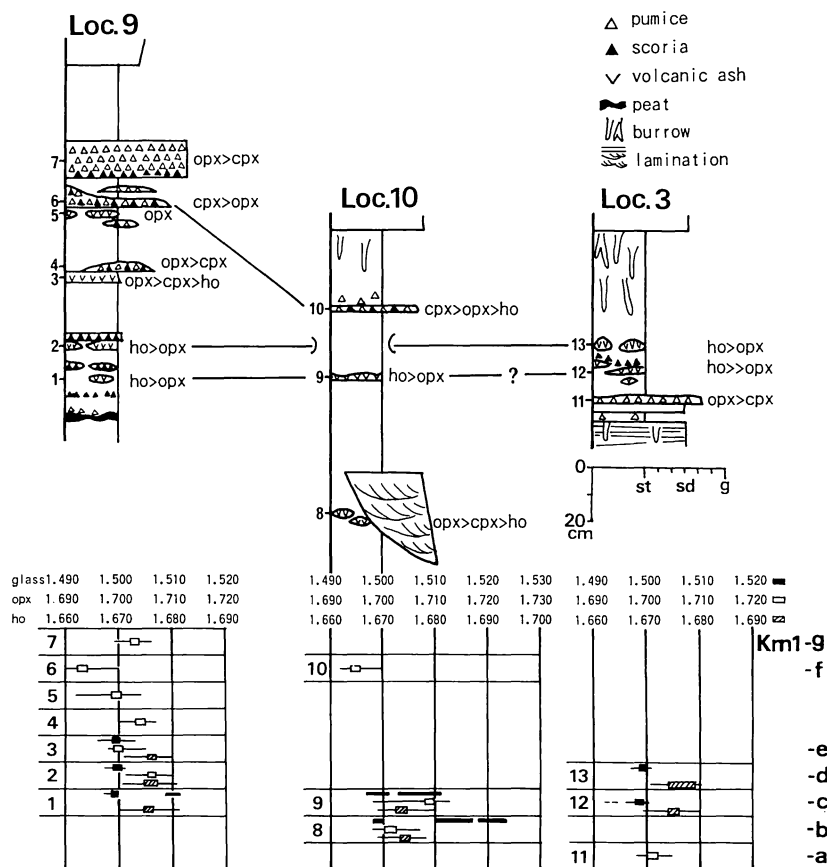


図 5. Km1 に関する柱状図及び各ユニットの対比.

3. Yb1, J4, Ty1

Yb1 は藪層下部に挟在する細粒ガラス質火山灰層で、黒雲母に富み、低屈折率の火山ガラスと高屈折率の角閃石で特徴づけられる (表 1). 佐藤 (1991) は本テフラを屈折率特性から静岡県有度丘陵の Ng-1 テフラに対比したが、杉山 (1991) は Ng-1 が海進ピークの上位にあることから、海進期の地層に挟在する Yb1 との対比を疑問視した。鈴木ほか (1997) は Yb1 の岩石記載的性質及び火山ガラスの化学組成から APms のいずれかに対比されるとした。Ng-1 は相当層がハヶ岳において APms の上位に位置し、岩石記載的性質及び主成分組成は APms に酷似するが、Ng-1 の斜方輝石の屈折率は APms のものより若干低く、微量成分組成が異なる (水野・吉川, 1991). Yb1 の斜方輝石の屈折率は 1.730 以上に及び Ng-1 より高いレンジをもつ (佐藤, 1991) ことから、ここでは鈴木ほか (1997) に従い、Yb1 を APms と考える。

Ty1 もすでに述べたように APms に対比される。犬吠層群における Ty1 より下位のテフラについては、久光・岡田 (1997) により犬吠層群横根層 Yk12 と上総層群長南層 Ch2 が対比されている (図 6). また、石

灰質ナンノ化石層序によれば、犬吠層群における *Pseudoemiliania lacunosa* の絶滅層準 (約 41 万年前) は Ty1 の下位に認められている (西田, 1980; 高山ほか, 1995). この示準面は大阪湾ではサクラ火山灰の直下である (西田, 1996). 豊里層は藪層に不整合で覆われるため、Ty1 の層準はサクラ火山灰に対比される笠森層 Ks11 から下総層群地藏堂層にかけての範囲に求められる。これらの層準のテフラでは、火山ガラスの屈折率、主成分組成及び角閃石の屈折率から地藏堂層の J4 との対比が考えられる。J4 とこれに対比される大磯の TE-5、多摩丘陵の HBP と APms との対比は前者に含まれる低屈折率の角閃石と斜方輝石の問題を中心に議論されてきている (吉川ほか, 1991; 鈴木・早津, 1991 など). ここでは J4 から高屈折率の角閃石が認められる点、及び最近 TE-5 グループと APms では同様のフィッシュ・トラック年代が求められている点 (鈴木ほか, 1998; 檀原・岩野, 1998) から、J4 も APms の一部と考える。

J4 と Ty1 の対比により千葉県北東部では上総・下総層群の境界層準は犬吠層群倉橋層の塊状シルト岩中に求められる (中里・佐藤, 1998a). このことは、多

— 81 —

引用文献

- 会田信行. 1992. “クリスタル・アッシュ”に含まれる強磁性鉱物の熱磁気特性. 第四紀 25: 7-10.
- 青木直昭・馬場勝良. 1972. 千葉県北東部の更新統の層序. 地質雑 78: 65-73.
- 新井房夫. 1972. 斜方輝石・角閃石の屈折率によるテフラの同定. 第四紀研究 11: 254-259.
- Borchardt, G. A., P. J. Aruscavage and H. T. Jr. Millard. 1972. Correlation of the Bishop Ash, Pleistocene marker bed, using instrumental neutron activation analysis. *Journal of Sedimentary Petrology* 42: 301-306.
- 檀原 徹・藤原 治. 1996. 南九州の広域テフラ給源試料の高精度 FT 年代測定. 日本第四紀学会講演要旨集 26: 184-185.
- 檀原 徹・岩野英樹. 1998. 大町テフラ群のジルコン FT 年代の再検討 (2). 日本地質学会第 105 年学術大会講演要旨集, p. 318.
- Froggatt, P. C. 1992. Standardization of chemical analysis of tephra deposits: report of the ICCT working group. *Quaternary International* 13/14: 93-96.
- 福岡孝昭・鈴木毅彦・奥村晃史・町田 洋. 1996. 中期更新世に噴出した Aso-1 テフラとそれに対比される可能性をもつガラス質火山灰層. 日本第四紀学会講演要旨集 26: 90-91.
- 久光敏夫・岡田 誠. 1997. 銚子地域第四系犬吠層群中部の火山灰を用いた上総層群との直接対比. 日本地質学会第 104 年学術大会講演要旨集, p. 370.
- 関東第四紀研究会. 1987. 大磯丘陵の層序と構造. 関東の四紀 13: 3-46.
- 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. 石油技術協会誌 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広域対比. 月刊地球 13: 228-234.
- 小岩直人・早田 勉. 1994. 東北地方中南部に分布する更新世末期のガラス質テフラ. 地学雑 103: 68-76.
- 小森郁美・矢口裕之. 1992. クリスタルアッシュの層位と強磁性鉱物の熱磁気特性による対比. 第四紀 25: 11-16.
- 町田 洋・新井房夫・村田明美・袴田和夫. 1974. 南関東における第四紀中期のテフラの対比とそれに基づく編年. 地学雑 83: 22-58.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫・横山卓雄. 1991. 琵琶湖 200 m コアにおける指標テフラ層の再検討. 第四紀研究 30: 439-442.
- 町田 洋・新井房夫. 1992. 火山灰アトラス. 276 pp. 東京大学出版会, 東京.
- 町田 洋・新井房夫. 1994. 時間指標テフラ阿蘇 3 によって示唆される最終間氷期直後 5d 期の海面低下. 地学雑 103: 749-759.
- 増田富士雄. 1988. ダイナミック地層学—古東京湾の堆積層解析から—(その 1 基礎編). 応用地質 29: 312-321.
- Matoba, Y. 1967. Younger Cenozoic Foraminiferal Assemblages from the Choshi District, Chiba Prefecture. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol)* 38: 221-263.
- 三梨 昂・菊地隆男. 1982. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅) 横浜地域の地質. 105 pp. 地質調査所.
- 水野清秀・杉山雄一・古澤 明・牧野内猛. 1991. 中部日本における中期更新世後期の広域火山灰. 日本第四紀学会講演要旨集 21: 82-83.
- 水野清秀・吉川清志. 1991. 中期更新世テフラ, Ng-1 火山灰の広域性の検討. 第四紀研究 30: 435-438.
- 水野清秀. 1997. 岩石学的特徴に基づく, 南九州中期更新世前期の火砕流堆積物の広域対比. 地球惑星科学関連学会 1997 年合同大会予稿集, p. 636.
- 中里裕臣. 1986. 千葉県北部に分布する下総層群の層序の再検討. 日本地質学会第 93 年学術大会講演要旨集, p. 107.
- 中里裕臣・佐藤弘幸. 1988. 下総層群上泉層中の Km2 テフラ. 地質雑 94: 793-796.
- 中里裕臣. 1993. 下総層群清川層と上岩橋層の層序学的関係. 千葉中央博自然誌研究報告 2(2): 115-124.
- 中里裕臣. 1998. 茨城県南部の下総層群の層序. TAGS シンポジウム予稿集, pp. 15-16.
- 中里裕臣・佐藤弘幸. 1998a. 銚子半島犬吠層群における大町 APm テフラ群の層位. 日本第四紀学会講演要旨集 28: 62-63.
- 中里裕臣・佐藤弘幸. 1998b. 中期更新世における千葉県北東部の構造運動像. 日本地質学会第 105 年学術大会講演要旨集, p. 12.
- 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.
- 西田史朗. 1980. 千葉県銚子地域更新統の石灰質ナンノプランクトン層序. 第四紀研究 19: 87-97.
- 西田史朗. 1996. 中期更新世の後半以降のナンノ化石と火山灰の連結層序—大阪湾泉州沖を例として—. 地学雑 105: 317-327.
- 岡崎浩子・佐藤弘幸・中里裕臣. 1994. 上部更新統下総層群, 木下層と常総層・姉崎層の層序—その 1: 下総台地地域—. 千葉中央博自然誌研究報告 3(1): 19-69.
- 奥村晃史. 1991. 火山ガラスの主成分組成に基づくテフラの対比—EPMA. 月刊地球 13: 169-174.
- 斉藤尚人・クリスタルアッシュ (大町 APm, BP) 研究会. 1996. 中部日本における中期更新世の指標テフラ. 第四紀研究 35: 339-345.
- 酒井豊三郎. 1990. 千葉県銚子地域の上部新生界—岩相・古地磁気・放散虫化石層序—. 宇都宮大教育学部紀要 23: 1-34.
- 佐藤弘幸. 1991. 有度丘陵に分布する中・上部更新統のテフラと層序. 静岡理工科大学研究紀要 3: 1-22.
- 佐藤弘幸. 1993. 千葉県成東町-八日市場市周辺に分布する下総層群の層序. 千葉中央博自然誌研究報告 2(2): 99-113.
- 下総台地研究グループ. 1996. 下総台地北東部の層序及び地質構造 (その 1). 地団研専報 45: 1-22.
- 杉原重夫・新井房夫・町田 洋. 1978. 房総半島北部の中・上部更新統のテフロクロノロジー. 地質雑 84: 583-600.
- 杉原重夫. 1979. 下総層群成田層の層序と基底地形. 明治大学人文科学研究紀要 18: 1-41.
- 杉山雄一. 1991. 渥美半島—浜名湖東岸地域の中部更新統一海進—海退サイクルとその広域対比. 地調月報 42: 75-109.
- 鈴木毅彦. 1989. 常磐海岸南部における更新世後期の段丘と埋没谷の形成. 地理評 62: 475-494.
- 鈴木毅彦・早川由紀夫. 1990. 中期更新世に噴出した大町 APm テフラ群の層位と年代. 第四紀研究 29: 105-

- 120.
- 鈴木毅彦・早津賢二, 1991. 関東-中部地方の第四紀テフラ研究—とくに中期更新世テフラの重要性—, 第四紀研究 30: 361-368.
- Suzuki, T. 1996. Chemical analysis of volcanic glass by energy dispersive X-ray spectrometry with JEOL JED-2001 and JSM-5200: analytical procedures and application. Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ. 31: 27-36.
- 鈴木毅彦・杉原重夫・町田 洋, 1997. 第6回第四紀学会テフラ研究委員会野外集会八ヶ岳-房総野外巡検案内書, 59 pp.
- 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ュン・トラック年代, 地学雑 107: 348-367.
- 鈴木毅彦, 1998. 房総半島上総層群中の中期更新世ガラス質テフラと東北地方に分布するテフラの対比, 地球惑星科学関連学会 1998 年合同大会予稿集, p. 196.
- 高山俊昭・佐藤時幸・亀尾浩司・後藤登美子, 1995. 第四系石灰質ナノ化石層序と鮮新統/更新統境界の年代値, 第四紀研究 34: 157-170.
- 竹村恵二・横山卓雄・西田史朗・檀原 徹, 1991. 近畿地方の第四紀テフラ研究, 第四紀研究 30: 353-360.
- 徳橋秀一・遠藤秀典, 1984. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅) 姉崎地域の地質, 136 pp. 地質調査所.
- 内山 高, 1998. 南八ヶ岳山麓の上/中部更新統風成火山灰層序とガラス質火山灰の広域対比, 地球科学 52: 26-37.
- 卜部厚志, 1996. 房総半島における更新統豊房層群と上総層群中・上部の火山灰層による対比, 地球科学 50: 303-314.
- Williams, D. F., R. C. Thunell, E. Tappa, D. Rio and I. Raffi. 1988. Chronology of the Pleistocene oxygen isotope record: 0-1.88 m.y. B. P. Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol. 64: 221-240.
- 八木浩司・早田 勉, 1989. 宮城県中部及び北部に分布する後期更新世広域テフラとその層位, 地学雑 98: 871-885.
- 横山卓雄・中川要之助・竹村恵二・林田 明, 1980. 琵琶湖深層試錐からみた中期更新世, 第四紀研究 19: 185-201.
- 横山卓雄, 1986. 琵琶湖深層試錐中の火山ガラスの屈折率測定値からみた現琵琶湖堆積物の火山灰層序, 地質雑 92: 653-661.
- 横山卓雄・西田史朗, 1987. 琵琶湖深層試錐中の火山ガラスの EDX 分析による火山灰の同定と対比, 地質雑 93: 275-286.
- 吉川周作, 1978. 大阪層群火山灰中の火山ガラスの化学組成について, 地質雑 84: 131-140.
- 吉川周作・井内美郎, 1991. 琵琶湖高島沖ボーリングコアの火山灰層序, 地球科学 45: 81-100.
- 吉川周作・井内美郎, 1993. 琵琶湖高島沖ボーリング火山灰から見た中期更新世～完新世の噴火活動史, 地球科学 47: 97-109.
- 吉川周作・小倉博之・福西佐代, 1993. 大阪平野地下の中・上部更新統火山灰層序, 地質雑 99: 467-478.
- 吉川周作, 1994. 近畿地方の阿蘇 4 火山灰層, 第四紀 26: 17-22.

(1999 年 2 月 23 日受理)

Correlation of the Middle Pleistocene Tephra Occurring in the Boso Peninsula, Central Japan, Based on EPMA Analysis and Petrographical Description

Hiroomi Nakazato

National Research Institute of Agricultural Engineering
2-1-2 Kan-nondai, Tsukuba 305-8609, Japan

EPMA analysis was carried out on 9 samples from 7 tephra layers, all of which occurred in the Middle Pleistocene Kazusa, Shimosa and Inubo Group in the Boso Peninsula. Examined tephra consist of fine-grained and vitric volcanic ash, and are as follows: Ky4 (Kiyokawa Formation), Km1 (Kamiizumi Formation), Yb1 (Yabu Formation), J4 and J1 (Jizodo Formation), Ks10 (Kasamori Formation) and Ty1 (Toyosato Formation). The results are summarized below.

1) Chemical composition of glass shades correlates Ky4 tephra distributed in the northern part and middle part of the Boso Peninsula, and supports this correlation by refractive index.

2) Yb1, J4 and Ty1 are correlated with one of the Omachi Apm tephra beds. The correlation between J4 and Ty1 clarifies distribution of the Jizodo Formation in the northeast part of the Boso Peninsula.

3) It is not possible to identify the source volcanoes of Ky4, Km1 and J1, nor, subsequently, to correlate them to well-described widespread tephra on the basis of chemical composition of glass shades.