

箱根古期外輪山西斜面に分布する中央火口丘起源の火砕流堆積物

小林 淳*・奥野 充**・中村俊夫***

* 東京都立大学大学院理学研究科地理学専攻

** 名古屋大学大学院人間情報学研究科

(日本学術振興会特別研究員)

*** 名古屋大学年代測定資料研究センター

1. はじめに

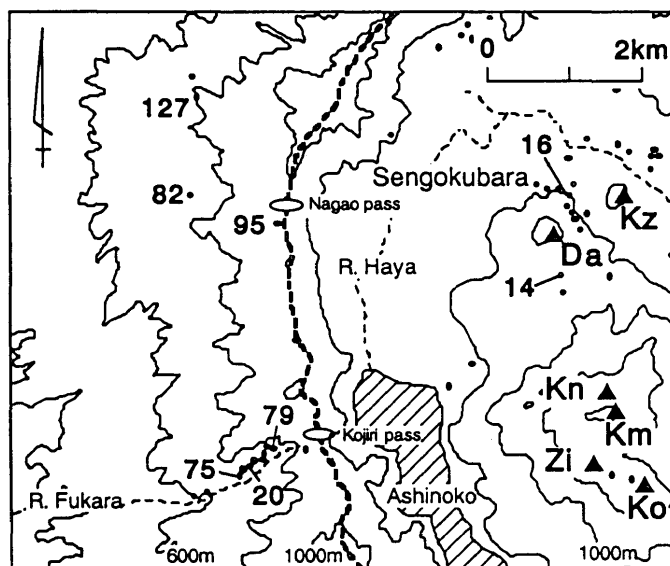
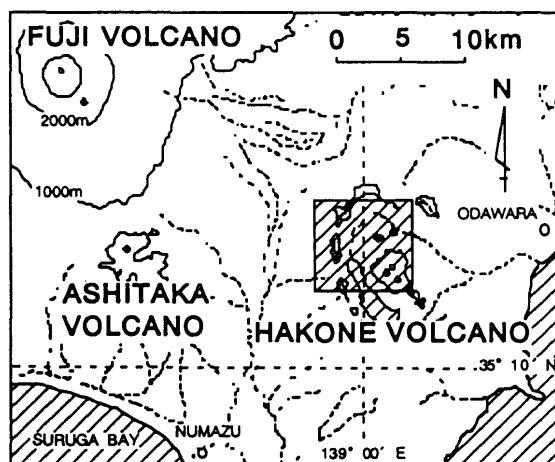
箱根火山は伊豆半島の基部に位置する第四紀火山で、山頂部には南北12km、東西8kmの古期カルデラを有する。箱根火山の爆発的な噴火活動は、町田（1971）、町田ほか（1974）などによるテフラ層序学的研究から明らかにされ、このテフラ層序は、南関東の地殻変動や海面変動などの第四紀の諸現象を議論するのに不可欠なものになっている。しかし、約52ka（中村ほか，1992）に噴出した箱根東京テフラ（Hk-TP，Hk-TPfl：町田・新井，1992）や、それに引き続く箱根中央火口丘テフラ群（Hk-CCP群：町田，1971）以降の噴火活動は小規模でテフラを広域に噴出しなかったため、大磯丘陵などでは最近4万年間のテフラを確認することができない。Kuno（1950）は、地形の開析度などからカルデラ内の中央火口丘群を台ヶ岳，小塚山，神山，陣笠山，駒ヶ岳，上・下二子山に分類した。これらの中で最も大型の成層火山である神山は、他の中央火口丘と比べて長期間活動したものと考えられている。大木・袴田（1975）は、神山の馬蹄形凹地内において大涌谷火砕流の噴出（2.9ka）に伴って冠ヶ岳が形成されたとし、大涌谷火砕流が古期カルデラ西縁を乗り越え静岡県側にまで流下していることから古期外輪山西斜面の重要な鍵層と考えた（Table 1）。袴田（1981）は、この大涌谷火砕流を冠ヶ岳火砕流と記載するとともに、神山起源の火砕流堆積物中に含まれる炭化木片の¹⁴C年代をもとに、約28ka，20ka，12ka，6ka，2.9kaに火砕流を噴出したと報告している（Table 1）。一方、上杉ほか（1992）は、古期外輪山西斜面の深良川沿いに分布する3層の火砕流堆積物を上位から深良川第1～3火砕流，長尾峠西側に分布する火砕流堆積物を長尾火砕流と記載し、いくつかの火砕流堆積物中に含まれる炭化木片の¹⁴C年代を報告している（Table 1）。しかし、これらの報告ではテフラの層位関係に基づいた火砕流堆積物の対比がなされておらず、またカルデラ内に分布する火砕流堆積物との対比も行われていない。

本研究では、古期外輪山西斜面からカルデラ内北部（Fig. 1）にかけて分布する中央火口丘起源の火砕流堆積物と外来テフラの層位関係をまとめ、火砕流堆積物中に含まれる炭化木片の¹⁴C年代をもとにしてその対比の再検討を行った。

2. 箱根カルデラ内に分布する神山起源の火砕流堆積物

今回の調査では、箱根カルデラ内で6層の神山起源の火砕流堆積物（下位から箱根神山1～5テフラ；Hk-Km1～5，箱根冠ヶ岳テフラ；Hk-Kn）を確認した（Table 1）。

台ヶ岳林道 (Loc.16) は, Hk-Km1以上のテフラをほぼ連続的に確認できる露頭であり, 5層の神山起源の火砕流堆積物 (下位からHk-Km1, 2, 4, 5, Hk-Kn) のほかに始良Tnテフラ (AT) や富士火山起源のテフラが認められる (Fig. 2) . 上湯場西 (Loc.14) では Hk-Knの上位に4層の富士火山起源テフラ (下位から富士S-10, 11テフラ ; S-10, S-11, 富士砂沢テフラ ; Zu, 富士S-18テフラ ; S-18) と, S-10とS-11の間にカワゴ平テフラ (KwP) を確認できる (Fig. 2) .

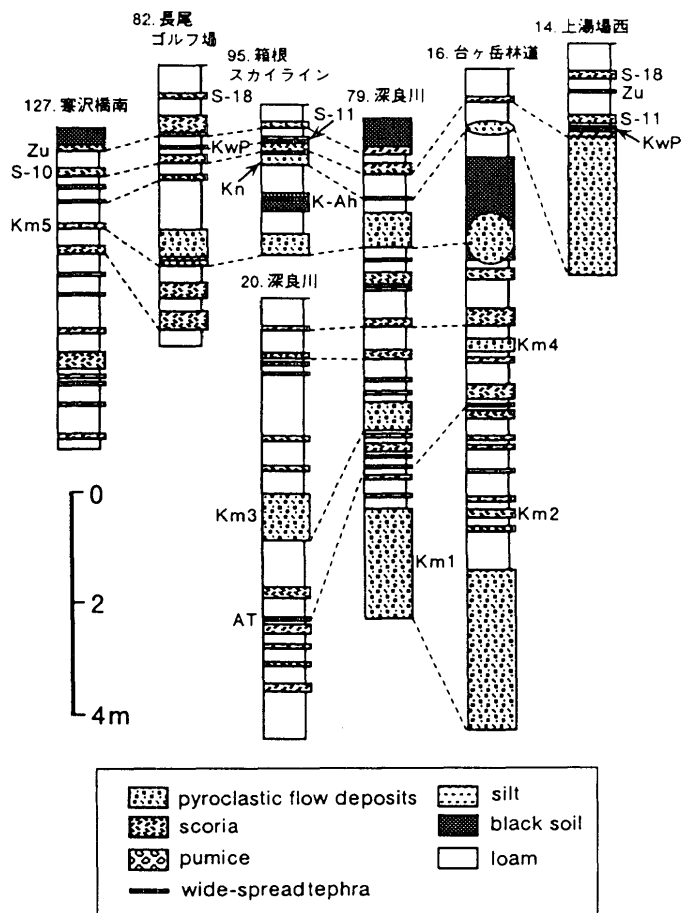


第1図 箱根火山周辺地域の地形図と観察露頭地点

Fig. 1. (top) Index map of Hakone volcano and adjacent area.

(bottom) Topographic map of the area of inside north Hakone old caldera to western slope of old somma.

Contour interval is 200m. Solid circle with number shows the locality of each outcrop. Kz: Kozukayama, Da: Daigatake, Kn: Kanmurigatake, Km: Kamiyama, Zi: Zingasayama, Ko: Komagatake.



第2図 箱根カルデラ内外の代表的なテフラ柱状図

Fig. 2. Representative columnar sections of late Quaternary tephra / loam successions in and around Hakone volcano.

S-18: Fuji-S-18 tephra, Zu: Fuji-Zunasawa tephra, S-10: Fuji-S-11 tephra, KwP: Kawagodaira tephra, S-10: Fuji-S-10 tephra, Hk-Kn: Hakone-Kanmurigatake tephra, K-Ah: Kikai-Akahoya tephra, Hk-Km1~5: Hakone-Kamiyama 1~5 tephras, AT: Aira-Tn tephra.

第1表 過去の研究で記載された火砕流堆積物の対比表

Table 1. Comparison of pyroclastic flow deposits erupted from Kamiyama.

Hk-Kn: Hakone-Kanmurigatake tephra, Hk-Km1~5: Hakone-Kamiyama 1~5 tephras, KwP: Kawagodaira tephra, K-Ah: Kikai-Akahoya tephra, AT: Aira-Tn tephra.

大木・袴田 (1975)		町田 (1977)	袴田 (1981)	上杉ほか (1992)		本研究	
カルデラ内	深良川沿い	カルデラ内	カルデラ内	深良川沿い	長尾峠西側		
大涌谷火砕流 2900±100yr BP			冠ヶ岳火砕流 ca. 2.9ka			Hk-Kn *	KwP
	大涌谷火砕流		未命名 ca. 6ka	深良川第1火砕流	長尾火砕流 7560±190yr BP	Hk-Km5 *	K-Ah
			未命名 ca. 12ka				
						Hk-Km4	
未命名 20,000±690yr BP			未命名 ca. 20ka	深良川第2火砕流		Hk-Km3 *	AT
						Hk-Km2	
		未命名 28,200±1700yr BP	未命名 ca. 28ka	深良川第3火砕流		Hk-Km1	

*印は新たにC年代を測定したものの、測定値はTable 2参照。

3. 箱根古期外輪山西斜面のテフラ層序

古期外輪山西斜面では、4層の中央火口丘起源の火砕流堆積物と3層の広域テフラ（カワゴ平テフラ；KwP，鬼界アカホヤテフラ；K-Ah，始良Tnテフラ；AT）を確認できる（Fig.2）。また，調査地域は富士火山の南西約25kmに位置することから，富士火山起源の完新世～後期更新世テフラが多く分布するが，本論では特徴的な完新世テフラのみを記載する。なお本論で用いたテフラの名称は，町田（1964）と上杉（1990）に従った。上位から各テフラの説明をする。

第2表 調査地域において確認できる広域テフラの特徴

Table 2 Mineralogical characters of widespread tephtras in this study area

Tephra	Source Volcano	glass type	Refractive Index	
KwP	Kawagodaira	pm, pl	gl	1.498-1.502
K-Ah	Kikai-Caldera	bw	gl	1.510-1.514
AT	Aira-Caldera	bw	gl	1.497-1.502

pm; 軽石型, pl; 厚板型, bw; バブル・ウォール型

富士S-18, 富士砂沢, 富士S-11テフラ (S-18, Zu, S-11)

富士S-18テフラ (S-18: 上杉, 1990), 富士砂沢テフラ (Zu: 町田, 1964), 富士S-11テフラ (S-11: 上杉, 1990) は, カルデラ内の北部において, 袴田 (1981) がそれぞれS1, S2, S3と記載した富士火山起源の降下スコリアにあたる。特に, Zuは富士火山東麓から南麓にかけて広く分布することからこの地域の重要な指標テフラと考えられている (宮地, 1988)。長尾ゴルフ場 (Loc. 82) において, ZuはS-18の下位30cmの層準に, 層厚35cmの暗灰色～黒色の降下スコリア (スコリアの平均最大粒径; MS=15mm) 層として確認でき, その基底部には橙色の軽石 (軽石の平均最大粒径; MP=5mm) が散在する岩相を示す。

カワゴ平テフラ (KwP)

箱根スカイライン (Loc.95) において, S-11と後述する富士S-10テフラには含まれる層厚4cmのローム中には, 軽石型や厚板型の火山ガラスと若干のホルンブレンドを含む白色降下軽石 (軽石の平均最大粒径; MP=2mm) が散在する (Fig. 2)。この火山ガラスの屈折率が1.498-1.502を示すことからカワゴ平テフラ (KwP) に同定した (Table 2)。KwPの噴出年代は, それに伴って噴出したカワゴ平火砕流堆積物に含まれる炭化木片の¹⁴C年代より2830±120yr BP (GaK-523: Kigoshi and Endo, 1963), 3250±70yr BP (TK-191: 葉室, 1977), 3360±110yr BP (GaK-18324: 嶋田・杉原, 1996) と報告されている。

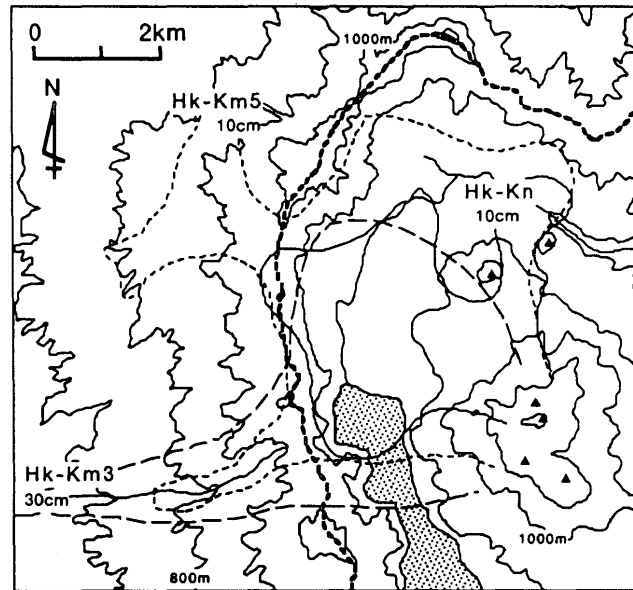
富士S-10テフラ (S-10)

富士火山起源の発泡の悪い黒色の降下スコリアで, 箱根スカイライン (Loc.95) においてS-11の下位4cmに層厚17cm (MS=15mm) の明瞭な層として確認できる。S-10は

町田 (1964) の仙石スコリア (SgS) , 袴田 (1981) のS4にあたる。

箱根冠ヶ岳テフラ (Hk-Kn)

箱根冠ヶ岳テフラ (Hk-Kn) は、神山北西部の山体崩壊 (3100±90yr BP (GaK-5256 : 大木・袴田, 1975)) により馬蹄形凹地内において、冠ヶ岳が形成される際に噴出したプレー式火砕流堆積物であると考えられ (大木・袴田, 1975) , 箱根スカイライン (Loc. 95) では、S-10の下位5cmの層準に層厚19cmの暗灰色岩片を基質とした火砕流堆積物 (岩片の平均最大粒径 ; ML=25mm) として確認できる。Hk-Knは主に神山の北西方向に分布し (Fig. 3) , 噴出量は $5.9 \times 10^9 \text{kg}$ (M=2.8, M ; 噴火マグニチュード : 早川, 1993) と推定できる。大木・袴田 (1975) は、Hk-Knに含まれる炭化木片の ^{14}C 年代を2900±100yr BP (GaK-5255) と報告している (Table 1) .



第3図 神山起源の火砕流堆積物の分布

Fig. 3. Distribution map of pyroclastic flow deposits (Hk-Kn, Hk-Km5, Hk-Km3) from Kamiyama

鬼界アカホヤテフラ (K-Ah; 6.3ka)

箱根スカイライン (Loc.95) において、Hk-Knの下位80cmの埋没黒色土中にバブルウォール型火山ガラスの濃集層準が認められる。この火山ガラスの屈折率が1.510-1.514を示すことから、鬼界アカホヤテフラ (K-Ah : 町田・新井, 1992) に同定した (Table 2) . 噴出年代は6.3kaと考えられている (町田・新井, 1992) .

箱根神山5, 箱根神山3テフラ<新称> (Hk-Km5, Hk-Km3)

箱根神山5と箱根神山3テフラ (Hk-Km5, Hk-Km3) は、安山岩質玄武岩～安山岩塊とその細粉、さらに若干の軽石から構成される火砕流堆積物である。

Hk-Km5は箱根スカイライン (Loc. 95) において、K-Ahの下位40cmに確認できる暗灰色岩片を基質とした層厚40cm以上の火砕流堆積物 (ML=25mm) である。現在まで、大木・袴田 (1975) が深良川流域において冠ヶ岳火砕流、上杉ほか (1992) が深良川流域において深良川第1火砕流、長尾峠西側で長尾火砕流 (7560±190yr BP : GaK-16185) と記載した火砕流堆積物は、層位および後述する ^{14}C 年代よりすべてHk-Km5に対比されることが明らかになった (Table 1) . この結果から、Hk-Km5は古期外輪山西

斜面に広く分布することになり (Fig. 3), $1.0 \times 10^{10} \text{kg}$ ($M=3.0$) といった噴出量が推定できる. またHk-Km3は, 深良川流域 (Loc. 20) において, ATの上位約150cmに層厚85cmの暗灰色岩片を基質とした火砕流堆積物 ($ML=150\text{mm}$) として確認でき, 上杉ほか (1992) の深良川第2火砕流に対応する (Table 1). 今回の調査から, Hk-Km3は神山の北西麓に分布する火砕流堆積物に対比できることが明らかになり (Fig. 3), 噴出量は $7.6 \times 10^9 \text{kg}$ ($M=2.9$) と推定できる.

始良Tnテフラ (AT; 25ka)

深良川流域 (Loc.79) では, Hk-Km5の下位260cmの層準にパッチ状の淡黄色のガラス質テフラを確認できる. この火山ガラスはバブルウォール型を示し, 屈折率が1.497-1.502と低いことから始良Tnテフラ (AT: 町田・新井, 1992) に同定できる (Table 2). 池田ほか (1995) は, 大隅降下軽石と入戸火砕流堆積物中に含まれる炭化木片の ^{14}C 年代を $24,510 \pm 220 \text{yr BP}$ と報告している.

箱根神山1テフラ<新称> (Hk-Km1)

箱根神山1テフラ (Hk-Km1) は, 深良川流域 (Loc. 79) において, ATの下位75cmに軽石を多く含む安山岩塊とその細粉から構成される火砕流堆積物として確認することができ, 上杉ほか (1992) によって深良川第3火砕流として記載されている (Table 1).

4. 結果と考察

今回の調査で記載した神山起源の火砕流堆積物のうち, Loc. 16, Loc. 75, Loc. 79, Loc. 82で確認できる火砕流堆積物に含まれる計5点の炭化木片を採取し, 名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデトロン加速器質量分析計を用いて ^{14}C 年代を測定した (Table 3). ^{14}C 年代値の算出には, 国際的に用いられているLibbyの半減期5568年を用い, 試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値によって同位体分別効果を補正した (中村, 1995; 中村ほか, 1994). また, 測定誤差は ^{14}C の総計数に基づく統計誤差 ($\pm 1\sigma$) である. ^{14}C 年代の測定結果について以下に示す.

第3表 火砕流堆積物に含まれる炭化木片の ^{14}C 年代

Table 3 ^{14}C dates of charcoal fragments in Hk-Kn, Hk-Km5 and Hk-Km3.

Tephra		Locality	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C age (yr BP)	Lab. No.
Hk-Kn	16	台ヶ岳林道	-26.9	2720 ± 70	NUTA-4827
Hk-Km5	75	深良川	-25.5	6890 ± 80	NUTA-4385
	82	長尾ゴルフ場	-27.8	7000 ± 100	NUTA-4519
	16	台ヶ岳林道	-25.7	7130 ± 90	NUTA-4339
Hk-Km3	79	深良川	-24.6	$22,330 \pm 170$	NUTA-4516

台ヶ岳林道 (Loc.16) で確認できるHk-Knに含まれる炭化木片の ^{14}C 年代は, $2720 \pm 70 \text{yr BP}$ (NUTA-4827) であり, 大木・袴田 (1975) が報告した ^{14}C 年代 ($2900 \pm 100 \text{yr}$

BP) とよく一致する。しかし、調査地域においてHk-Knの上位に約5cmのロームをはさんで確認できるKwPの噴出年代は、年代値のばらつきなどを考慮すると2.7~3.5kaの間にあると推定され、一方、KwPの下位のHk-Knの噴出年代は2.7~3.0kaの間にあると考えられる。KwPとHk-Knの層位関係を考慮に入れると、KwPの噴出年代は、最近の研究によって多く報告されている¹⁴C年代(3.3ka前後)よりも、むしろKigoshi and Endo (1963) が示した¹⁴C年代(2830±120yr BP)に近いと考えられる。

古期外輪山西斜面に広く分布する火砕流堆積物のうち、深良川流域(Loc. 75)に分布する火砕流堆積物(深良川第1火砕流:上杉ほか, 1992)に含まれる炭化木片は6890±80yr BP (NUTA-4385), 長尾ゴルフ場(Loc. 82)に分布する火砕流堆積物(長尾火砕流; 7560±190yr BP (GaK-16185):上杉ほか, 1992)から採取した炭化木片からは7000±100yr BP (NUTA-4519)といった¹⁴C年代が得られた(Table 3)。これまで古期外輪山西斜面を大規模に流下している火砕流はHk-Knと考えられてきた(大木・袴田, 1975)が、本研究によって得られたHk-Knの¹⁴C年代(2720±70yr BP)から、その対比が誤りであることが明らかになった。台ヶ岳林道(Loc. 16)におけるHk-Km5に含まれる炭化木片の¹⁴C年代が7130±90yr BP (NUTA-4339)であることから(Table 3), 深良川第1火砕流や長尾火砕流はHk-Km5に対比されるものと考えられる(Table 1)。

深良川流域(Loc.79)において、Hk-Km5に対比される火砕流堆積物の下位260cmの層準に確認できる火砕流堆積物(深良川第2火砕流:上杉ほか, 1992)に含まれる炭化木片の¹⁴C年代は22,330±170yr BP (NUTA-4516)と得られた(Table 1)。一方、神山北西麓の尾根は、神山の溶岩とそれを覆う厚い火砕流堆積物(20,000±690yr BP; GaK-5257:大木・袴田, 1975)によって形成されており、この¹⁴C年代が深良川第2火砕流の¹⁴C年代に比較的良好に調和することから、Hk-Km3は神山から北西方向に流下し、カルデラ西縁を乗り越えて古期外輪山西斜面を流下したものと考えられる(Fig. 3)。

Hk-Km1は、袴田(1981)の示した28kaの火砕流堆積物(28,200±1700yr BP; GaK-3674)に対比されるが、台ヶ岳林道(Loc.16)においてATとHk-Km1の間には層厚220cmのロームがはさまれることから(Fig.2), 調査地域におけるロームの堆積速度を考慮すると、Hk-Km3の噴出年代は35ka前後と考えられる。

5. まとめ

箱根カルデラ内では、神山起源の火砕流堆積物を6層(下位からHk-Km1~5,Hk-Kn)確認できるが、これらのうち古期外輪山西斜面に分布する中央火口丘起源の火砕流堆積物は、上位からHk-Kn, Hk-Km5, Hk-Km3, Hk-Km1に対応することが分かった。また深良川流域において、現在までHk-Knに対比されてきた火砕流堆積物はHk-Km5であり、Hk-Km5が古期外輪山西斜面に広く分布していることが明らかにされたが、今回の調査では、袴田(1981)が示した12kaの神山火砕流に対応する堆積物を確認できなかった。

謝 辞

大涌谷自然科学館の袴田和夫館長には、露頭の情報を教えていただくとともに中央火口丘期の噴火活動について御教示をいただいた。東京都立大学理学部地理学教室の鈴木毅彦博士と吉田 浩氏には原稿の不備を指摘していただいた。なお、この研究の一部に、文部省科学研究費補助金（特別研究員奨励費，2051）を使用した。記して謝意を表します。

引 用 文 献

- 袴田和夫（1981）箱根仙石原の地質と編年．大涌谷自然科学館調査研究報告，**1**，1-10.
- 葉室和親（1977）伊豆大室山天城側火山群地久保中央火口丘降下スコリア，カワゴ平火砕流の¹⁴C年代．火山，**22**，277-278.
- 早川由紀夫（1993）噴火マグニチュードの提唱．火山，**38**，223-226.
- 池田晃子・奥野 充・中村俊夫・筒井正明・小林哲夫（1995）南九州，始良カルデラ起源の大隅降下軽石と入戸火砕流中の炭化樹木の加速器質量分析法による¹⁴C年代．第四紀研究，**34**，377-379.
- Kigoshi, K. and Endo, K. (1963) Gakushuin natural radiocarbon measurements II. *Radiocarbon*, **5**, 109-117.
- Kuno, H. (1950) Geology of Hakone volcano and adjacent areas. Part I. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, sec. II., **7**, 257-279.
- 町田 洋（1964）Tephrochronologyによる富士火山とその周辺域の発達史．地学雑誌，**73**，293-308，337-350.
- 町田 洋（1971）南関東のテフロクロノロジー（I）-下末吉期以降のテフラの起源および層序と年代について-．第四紀研究，**10**，1-20.
- 町田 洋（1977）火山灰は語る．蒼樹書房，249p.
- 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・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．地学雑誌，**83**，22-58.
- 宮地直道（1988）新富士火山の活動史．地質学雑誌，**94**，433-452.
- 中村俊夫（1995）加速器質量分析（AMS）法による¹⁴C年代測定の高精度化および正確度向上の検討．第四紀研究，**34**，171-183.
- 中村俊夫・岡 重文・坂本 亨（1992）東京軽石流堆積物中の炭化木片の加速器質量分析計による放射性炭素年代．地質学雑誌，**98**，905-908.
- 中村俊夫・池田晃子・小田寛貴（1994）タンデム加速器質量分析計による¹⁴C測定における炭素同位体分別の補正について - ¹⁴C年代算出の手引き - ．名古屋大学加速器質量分析計業績報告書，**V**：237-243.
- 大木靖衛・袴田和夫（1975）箱根芦ノ湖誕生のなぞをさぐる．国土と教育，**30**，2-9.
- 嶋田 繁・杉原重夫（1996）伊豆半島中部，カワゴ平火山噴出物の層序区分と分布．

日本第四紀学会講演要旨集, **26**, 86-87.

上杉 陽 (1990) 富士火山東方地域のテフラ標準柱状図 - その1 : S-25~Y-114 -. 関東の四紀, **16**, 3-28.

上杉 陽・米澤 宏・宮地直道・千葉達朗・肥田木 守・細田一仁・米澤まどか・由井将雄 (1992) 富士系火山泥流のテフラ層位. 関東の四紀, **17**, 3-33.

Pyroclastic flow deposits from central cones on the western slope of old somma of Hakone volcano, central Japan

Makoto KOBAYASHI*, Mitsuru OKUNO** and Toshio NAKAMURA***

*Graduate Student, Department of Geography, Tokyo Metropolitan University.

**Graduate Student, Graduate School of Human Informatics, Nagoya University.

(Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science for Japanese Junior Scientists)

***Dating and Materials Research Center, Nagoya University.

Abstract

In the northern floor of the Hakone old caldera, we recognized three widespread tephra layers (Kawagodaira tephra: KwP, Kikai-Akahoya tephra: K-Ah, Aira-Tn tephra: AT), four fallout scoria layers from Fuji volcano (Fuji S-18 tephra: S-18, Fuji-Zunasawa tephra: Zu, Fuji S-11, 10 tephras: S-11, 10) and six pyroclastic flow deposits from Kamiyama central cone (Hakone-Kanmurigatake tephra: Hk-Kn, Hakone-Kamiyama 5~1 tephra: Hk-Km5 ~ 1). Four pyroclastic flow deposits (Hk-Kn, Hk-Km5, Hk-Km3, Hk-Km1) overflowed the caldera floor into the western slope of the old somma. AMS-¹⁴C ages of charcoal fragments in Hk-Kn, Hk-Km5 and Hk-Km3 are obtained as *ca.* 2.8 ka, *ca.* 7 ka and *ca.* 22 ka, respectively.

Based on AMS-¹⁴C dates and tephra-stratigraphy, this study revealed that Hk-Km5 distributes widely on the western slope of the old somma of the Hakone volcano.

Key words: Hakone volcano, Kamiyama central cone, AMS-¹⁴C date, tephra-stratigraphy

<学会発表>

小林 淳・奥野 充・中村俊夫（1996）箱根火山中央火口丘期の噴火活動史．日本火山学会講演予稿集，1996年度秋季大会，伊豆大島，21．

小林 淳（1997）箱根火山の最近5万年間の噴火活動に伴う地形発達．地球惑星科学関連学会合同大会（日本第四紀学会，固有セッション），名古屋大学（愛知）．

小林 淳・吉田 浩（1997）箱根火山の最近5万年間の噴火史．地球惑星科学関連学会合同大会（日本火山学会，固有セッション），名古屋大学（愛知）．

<論文発表>

小林 淳・奥野 充・中村俊夫（1997）箱根古期外輪山に分布する中央火口丘起源の火砕流堆積物の¹⁴C年代．火山，（投稿中）．