

古土壌の加速器¹⁴C年代による噴火年代の推定

奥野 充*

* 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)

〒464-01 名古屋市千種区不老町

Tel: +81-052-789-2578, Fax: +81-052-789-3095

E-mail: i45148a@nucc.cc.nagoya-u.ac.jp

I. はじめに

火山噴火では、テフラ、溶岩、火山ガスなど様々な状態の物質が噴出する。テフラのうち、火砕流堆積物は地形に制限されて分布し、層厚も厚いことから層序学的研究にはあまり適していない。一方、降下テフラは、薄く広く分布することから火山噴火史の編年にきわめて有用である(早川, 1990 など)。¹⁴C年代測定法による噴火年代の推定には、試料として炭化木片が用いられることが多い。炭化木片は火砕流中からはしばしば産するが、降下テフラ中からはあまり見いだすことができない。したがって、降下テフラについては、上下の土壌を試料とするほかにない(例えば、奥野ほか, 1994a)。古土壌は閉鎖系(生物圏との隔離)になりにくいことから、炭素の定着した時点が必ずしも明らかでないという問題があるが、河川堆積物などによって比較的急速に埋没した土壌の¹⁴C年代は有効であると考えられている(Orlova and Panychev, 1993)。火山噴火によるテフラの降下は比較的短い期間のできごとであると考えられ、その直下の土壌の¹⁴C年代はその噴火の年代を示すものと考えられているが、テフラの層厚が薄い場合などには、どの程度閉鎖系が維持されるのかは明らかでない。これまでに筆者らが得たデータでは、これらの問題に対して明確な回答を与えるまでには至っていないが、本稿では試料の調製手順や測定例を報告して、これまでの知見および今後の課題を述べる。

II. 試料の調製手順

露頭では土壌の攪乱の有無などを十分に観察して、保存の最もよい部分を選び出す。露頭の表面は、降雨などによって上位の層準の炭素で汚染されている可能性があるため、ねじり鎌を用いて十分に削り取る。その後、できるかぎり塊の状態(層厚約2~3 cm)で測定試料を採取する。これは、実験室において採取時の汚染を除去できるようにするためである。実験室では塊状の試料に蒸留水を噴射して表面を洗い流した後、中村・中井(1988)にもとづいて調製操作を行った(Fig. 1)。加速器質量分析法(AMS法)は、測定に必要な炭素が数mgほどときわめて微量である特徴をもっている。したがって、調製に供した土壌の量は、湿潤重量にして約20~30gである。試料からピンセットを用いて植物細根を取り除き、これを蒸留水中で約10分間超音波洗浄してできるだけ分散させておく。この中から開口径106 μmのふるいを通したものをを用いて、1.2規定の塩酸(約2時間、2回)で炭酸塩を除去し、1.2規定の水酸化ナトリウム水溶液(約1時

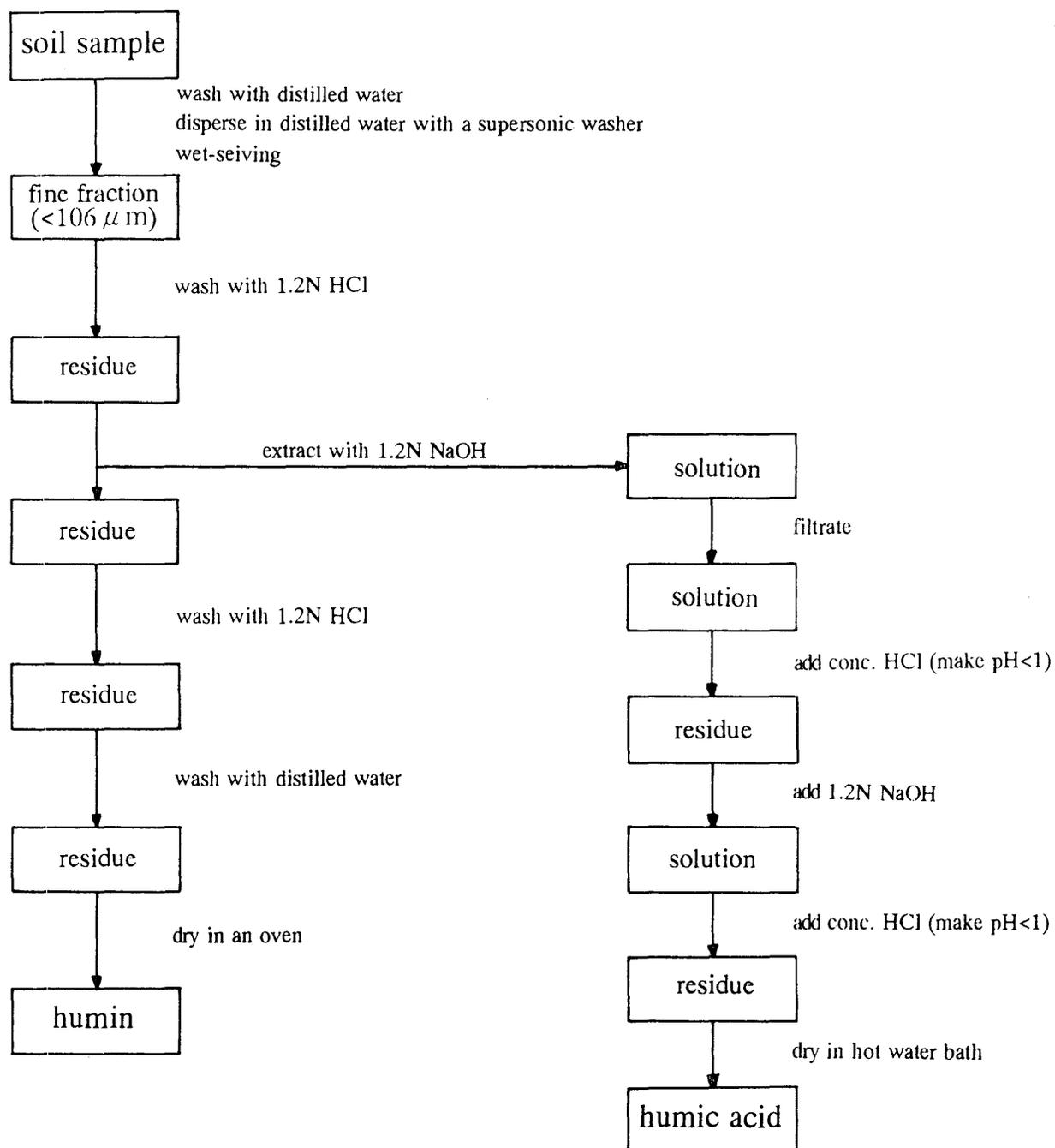


Fig. 1 Flow chart showing chemical treatment for AMS ^{14}C measurement of paleosol.

間, 1回)でフミン酸とフルボ酸を除去し, さらに1.2規定の塩酸で炭酸塩を除去し, 蒸留水で繰り返し洗浄してフューミンを得た. フューミンの有機炭素および有機窒素含量をCNコーダー(柳本製, MT-700)を用いて測定した. 試料(炭素量として約2mg)を酸化銅, 還元銅および銀粉と共に真空封管して(Fig. 2), 約2時間950°Cに加熱して生じたCO₂を寒剤を用いて精製した後, Kitagawa *et al.* (1993)の水素還元法によりグラファイトターゲットを作成した. これを用いて, 名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデトロン質量分析計(Nakamura *et al.*, 1985; 中村・中井, 1988)により¹⁴C年代を測定した.

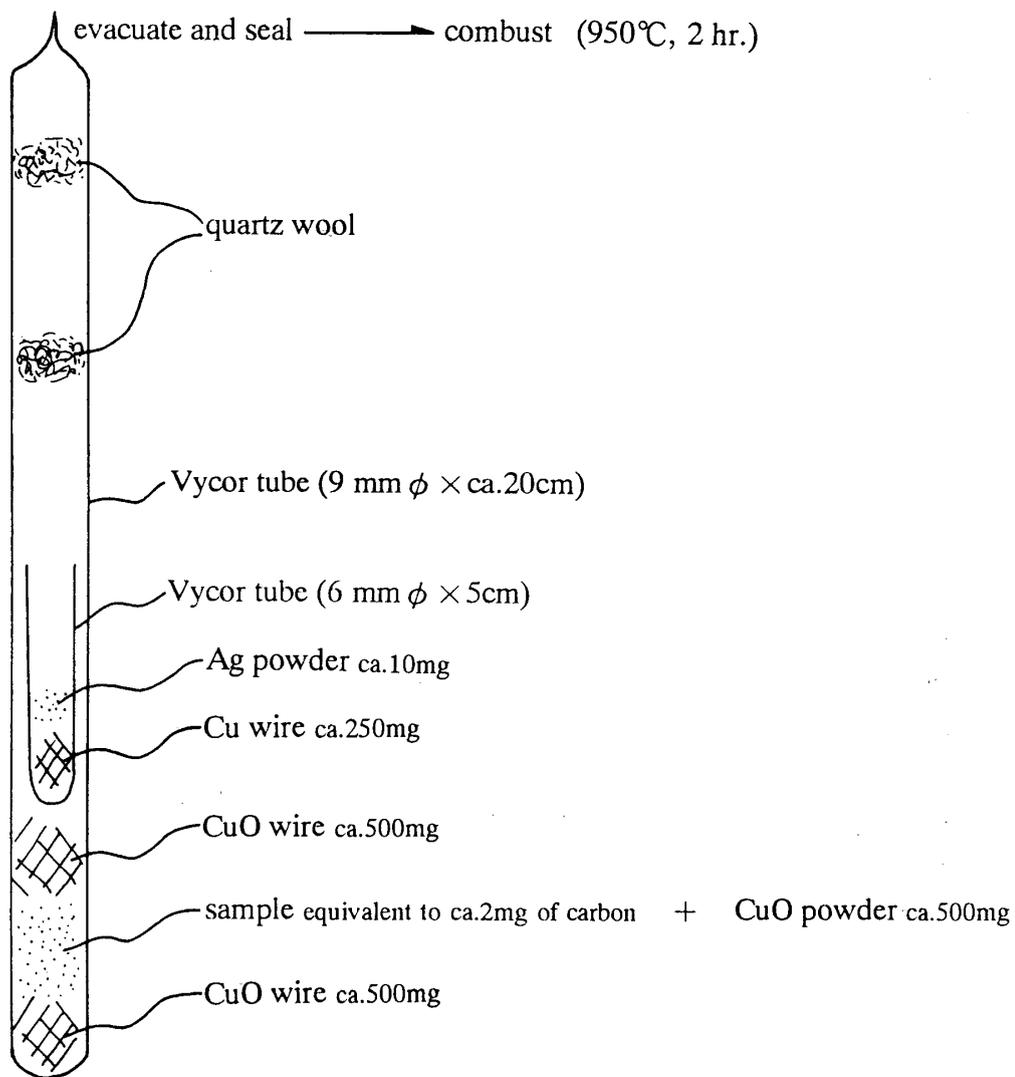


Fig. 2 Schematics of sample combustion using Vycor tube.

Ⅲ. 測定例

ここでは、鬼界カルデラの籠港テフラ群中の古土壌（奥野ほか，1994c）と北八ヶ岳のNYk-1 テフラ直下の古土壌（奥野ほか，1994b）の¹⁴C年代について記述する。なお、¹⁴C年代値は、Libbyの半減期5,570年を用いて算出し、西暦1950年から遡った年数で示してある。なお、 $\delta^{13}\text{C}$ による同位体分別効果の補正は行っていない。測定誤差は、¹⁴Cの計数にもとづく統計誤差を考慮して1標準偏差（1 σ ）で示してある。

1. 鬼界カルデラ，竹島の籠港テフラ群中の腐植土の¹⁴C年代

竹島での籠港テフラ群（K-Km）の柱状図をFig. 3に、¹⁴C年代値をTable 1に示す。両地点の柱状図の最上部は、鬼界カルデラのアカホヤ噴火（6.3ka）による一連の堆積物（K-Kh：町田・新井，1978）に覆われ、この中には桜島起源の薩摩テフラ（Sz-S：町田・新井，1992）が挟在している（奥野ほか，1994c）。Loc.①はK-Kmの模式地で、¹⁴C年代値は①-1を除いて層位とほぼ調和している。炭素含量は、やや低い①-L1を除くと1～3%程度である。試料①-1は、直上のK-Ahより若い。この試料は、CNコーダーの炭素含量から計算される炭素量に対する収率（yield%）が102.8%と他の試料と比較してやや高い（Table 1）。

Loc.②の試料は、すべて炭素含量が1%未満である。試料②-6と②-8の年代値は、Loc.①の同じ層位のものとは一致していない。また、両者の年代値は層位的にも逆転しており、上位のK-Ahとも矛盾する。どちらの試料も炭素/窒素比（C/N比）が他の試料に比べて低い（Table 1）。なお、②-10はLoc.①の¹⁴C年代値やK-Ahなどとは一応矛盾していないが、その確からしさを詳しく検討することはできない。現段階では、堆積物の産状および¹⁴C年代値から、K-Kmは14～8kaの断続的噴火により形成されたものと考えられる。

Table 1 ¹⁴C ages of paleosol in K-Km (modified from Okuno *et al.*, 1994c).

Sample	C%	N%	C/N	yield%*	¹⁴ C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
①-1	1.27	0.09	14.33	102.8	4,710 ± 70	3595
①-2a	1.84	0.08	22.75	69.6	8,220 ± 90	3660
①-2b	3.20	0.15	21.69	84.9	8,030 ± 70	3601
①-4	1.22	0.05	22.26	70.1	9,360 ± 90	3472
①-6a	2.58	0.12	21.24	88.1	9,310 ± 240	2544
①-6b	1.83	0.06	31.23	96.0	9,670 ± 140	3276
①-7	1.12	0.05	22.43	74.8	10,550 ± 90	3373
①-L1	0.19	0.01	15.32	70.0	11,830 ± 110	3306
②-6	0.27	0.04	7.20	66.8	4,010 ± 80	3411
②-8	0.36	0.04	9.36	64.8	3,300 ± 70	3473
②-10	0.15	0.01	13.72	57.2	13,480 ± 100	3374

* yield% = $\frac{\text{carbon amount by combustion (mg)}}{\text{sample amount (mg)} \times \text{C\%}}$

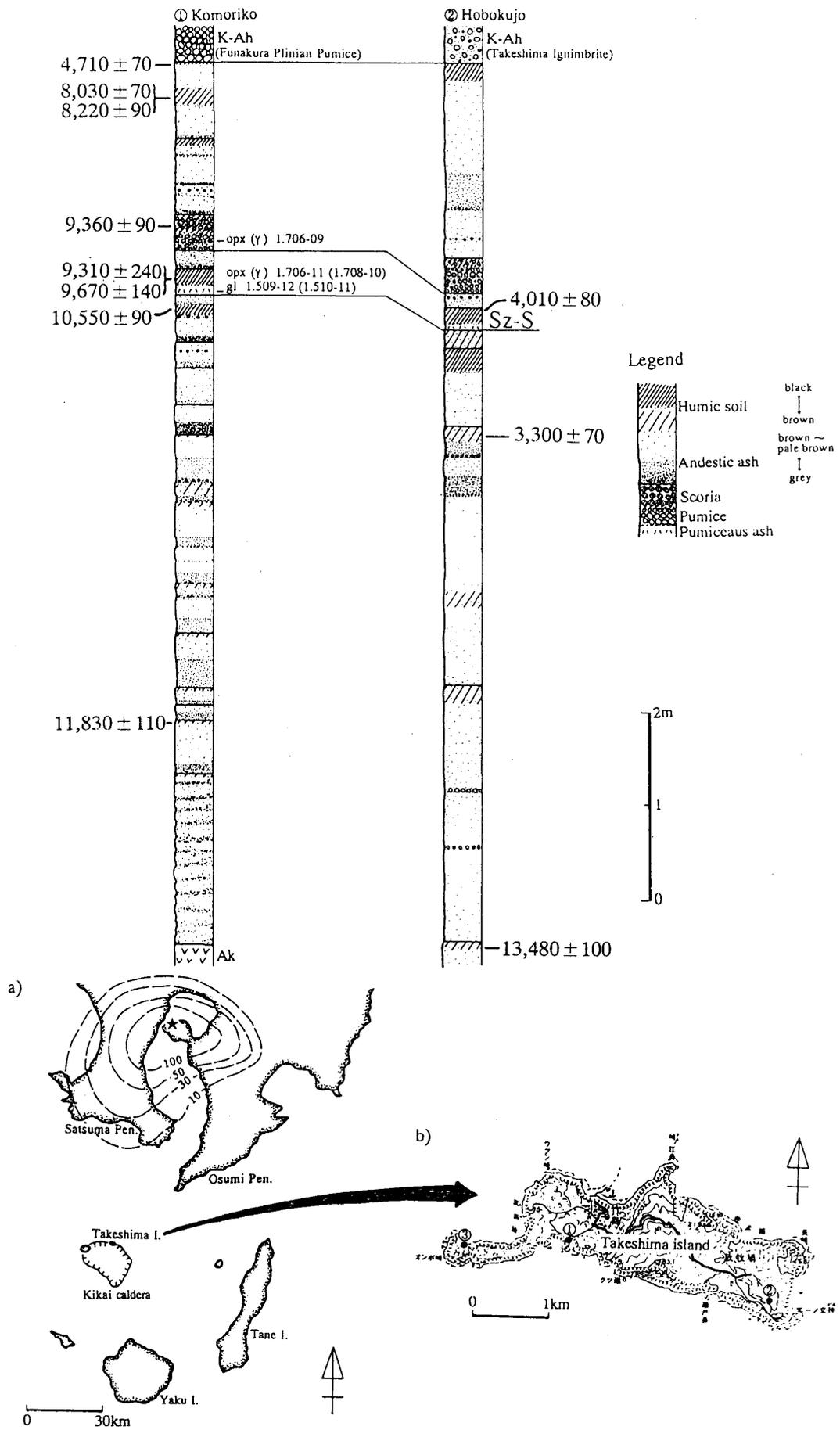


Fig. 3 Columnar sections for K-Km (modified from Okuno *et al.*, 1994c).

2. 北八ヶ岳, NYk-1テフラ直下の腐植土の ^{14}C 年代

北八ヶ岳, 横岳周辺の柱状図を Fig. 4 に, NYk-1 直下の腐植土の ^{14}C 年代値を Table 2 に示す. Loc.④では, 地表から7 cm にNYk-1 が厚さ4 cm の淡赤褐色~灰白色の粗粒火山灰として認められる. NYk-1 直下の土壌の ^{14}C 年代は, 640 ± 80 yr BP (NUTA-3280) である. 同じ層準の土壌の ^{14}C 年代は, Loc.①が 890 ± 80 yr BP (NUTA-3293), Loc.②が 860 ± 80 yr BP (NUTA-3300) であり, これらはほぼ一致している. なお, 奥野ほか (1994b) は, 八丁平溶岩 (坪庭: Y₉) 上にも NYk-1 を認めているが, その産状が不明瞭であること, 土壌 (Y-15-2) の測定値が Modern であることから, NYk-1 に対比することはできないと考えられる.

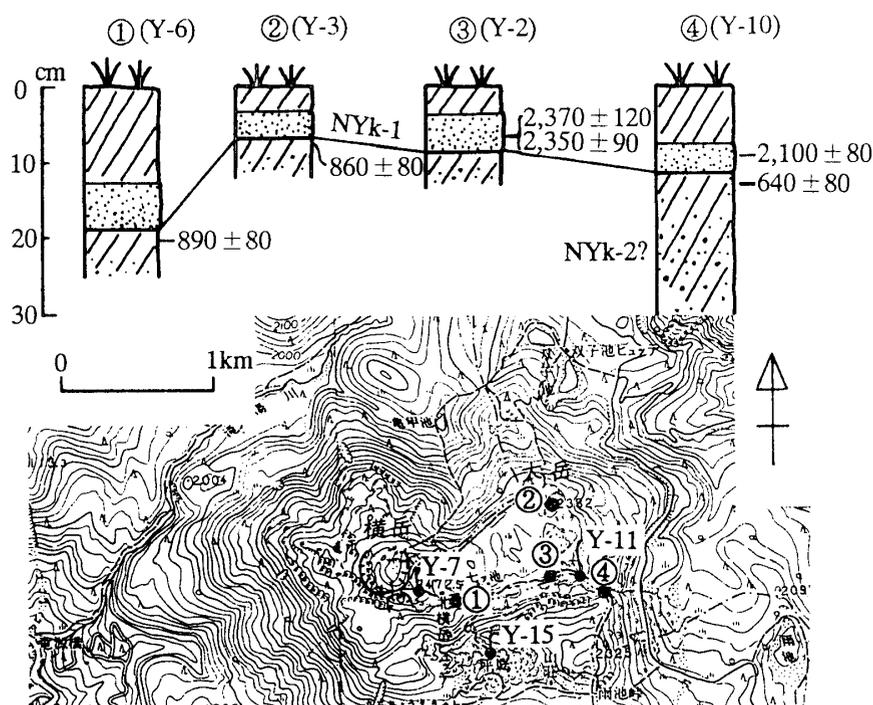


Fig. 4 Columnar sections around Yokodake lava dome (modified from Okuno *et al.*, 1994b).

Table 2 ^{14}C ages of humic soil just below NYk-1 (modified from Okuno *et al.*, 1994b).

Sample	C%	N%	C/N	yield%*	^{14}C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
Y-10-2	4.20	0.17	24.64	54.9	640 ± 80	3280
Y-6-3	6.74	0.56	12.00	70.8	890 ± 80	3293
Y-15-2	19.89	0.99	20.10	78.4	Modern	3294
Y-3-3	22.03	1.59	13.86	63.6	860 ± 80	3300

* yield% = $\frac{\text{carbon amount by combustion (mg)}}{\text{sample amount (mg)} \times \text{C\%}}$

一方, NYk-1 中には炭化した細木片が含まれている. これらの炭化木片の ^{14}C 年代値を Table 3 に示す. Loc.④ での ^{14}C 年代値は $2,100 \pm 80$ yr BP (NUTA-3301) であり, 直下の土壌の年代値とは一致しない. その他の地点での ^{14}C 年代値は, Loc.③が $2,370 \pm 120$ yr BP (NUTA-3266), $2,350 \pm 90$ yr BP (NUTA-3279), 試料 Y-11-2 が $2,600 \pm 140$ yr BP (NUTA-3285) であり, これらもほぼ一致している. セツ池から横岳への登山道沿いでは暗褐色火山礫が厚さ40cm 以上あり, 一部にやや発泡した本質岩片も含まれる. この火山礫層は直接の層位関係は明らかではないが, Loc.④ などの NYk-1 下位の土壌中の火山礫に相当すると考えられる. これを NYk-2 とよぶ. 横岳の山頂付近では NYk-2 直上のローム層中に炭化木片 (Y-7-1) がみられ, その ^{14}C 年代は $2,420 \pm 80$ yr BP (NUTA-3289) である. Y-7-1の ^{14}C 年代値が NYk-1 中の炭化木片のそれとよく一致することから, NYk-1 噴火以前に炭化木片となっていたものを噴出時に取り込んだ可能性が高い. さらに詳しく検討する必要であるが, NYk-2 は 2.4ka 以前に噴出し, NYk-1 は 8 ka に噴出したものと考えられる. また, 最も新しい溶岩である Y₉ は, NYk-1 の噴火にともない流出した可能性もある.

Table 3 ^{14}C ages of wood charcoal around Yokodake lava dome
(modified from Okuno *et al.*, 1994b).

Sample	Stratigraphic position	^{14}C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
Y-2-1	in NYk-1	$2,370 \pm 120$	3266
Y-2-1	in NYk-1	$2,350 \pm 90$	3279
Y-10-1	in NYk-1	$2,100 \pm 80$	3301
Y-11-2	in NYk-1	$2,600 \pm 140$	3285

Y-7-1	just above NYk-2	$2,420 \pm 80$	3289

IV. これまでの知見と今後の課題

竹島の K-Km 中の土壌の ^{14}C 年代は, Loc.① では ①-1 を除くと K-Ah や Sz-S と層位的に調和している. 試料 ①-1 については, その収率から封管・加熱して CO_2 を得る際に若い炭素が混入した可能性が考えられる. また, 同じ層位から採取して個別に調製操作を行った試料 ①-2a と ①-2b, 試料 ①-6a と ①-6b では, 有機炭素含量や C/N 比はそれぞれ異なる値を示している (Table 1). これは, 試料の不均一性や調製操作の諸条件が厳密には同じでないことによるものと考えられる. しかし, ^{14}C 年代については, それぞれでほぼ一致した結果が得られた (Table 1). Loc.② の試料 ②-6 と ②-8 については, 有機炭素含量が低く, C/N 比も 1 桁であることから, 何らかの分解作用を被ったことを示唆するものと考えられる. ^{14}C 年代値から判断すると, 単に炭素が除去されただけでなく, その際に若い炭素の混入もおこったものと推定される. 有機炭素含量や C/N 比が低い場合には, 得られる ^{14}C 年代の確からしさに問題が生じるものと考えられるが, その詳細については, $\delta^{13}\text{C}$ 値や粒度などによる炭素含量や C/N 比の変化など, さらに検

討する必要がある。また、両地点での最下部の試料①-L1と②-10については、C/N比は10以上であるが、炭素含量は1%に満たない。このような試料の¹⁴C年代値がどの程度の確からしさをもつものか層序学的に十分に検証することができない。他の測定例からの検討が必要である。

北八ヶ岳では、NYk-1直下の土壌の¹⁴C年代が、NYk-1中の炭化木片のそれよりも確実にその噴出年代を示すことを述べた。すなわち、炭化木片が異質物質（accidental material）として取り込まれていれば、本質的でない年代を示すが、古土壌は露頭において攪乱が認められなければ、そう大きく外れることはないと考えられる。本稿で報告した古土壌の¹⁴C年代は、フューミンについて測定したものである。宮崎（1971）は、土壌試料からフューミンを得る際、未分解の植生の混入が避けられないのであるなら、フミン酸の安定なフラクションを測定する方が適当と考えている。しかし、フミン酸には雨水などによって運ばれ吸着された有機物も含まれると考えられる。NYk-1直下の土壌は、地表面と非常に近いために現代の植物細根が多く混入していたが、3つの¹⁴C年代はほぼ揃っていることから（Table 2）、これらの植物細根は106μmのふるいによってほぼ完全に除去されているものと判断される。また、得られたフミン酸（Fig. 1）の¹⁴C年代もあわせて測定して、未分解の植生がフューミンほどの程度混入しているのか検討する必要がある。

謝 辞

本稿は、名古屋大学年代測定資料研究センターの1994年度シンポジウム「加速器の¹⁴C年代測定利用による火山噴火史研究の新展開」（1995年1月17日・18日）における講演内容に加筆・修正したものである。本稿で報告した¹⁴C年代は、名古屋大学年代測定資料研究センターの中村俊夫助教授との共同研究により測定したもので、試料調製にあたっては、同センターの太田友子、池田晃子両氏に種々の便宜を図っていただいた。また、籠港テフラ群は、鹿児島大学理学部の小林哲夫助教授、同大学法文学部の森脇広助教授、前橋市の新井房夫博士、北八ヶ岳については、金沢大学文学部の守屋以智雄教授との共同研究によるものである。なお、この研究には、文部省科学研究費補助金（特別研究奨励費、00002051）の一部を使用した。

記して謝意を表します。

引用文献

- 早川由紀夫（1990）堆積物から知る過去の火山噴火。火山，34，S121-S130。
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ¹⁴C measurements. *Radiocarbon*, 35, 295-300.
- 町田 洋・新井房夫（1978）南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰。第四紀研究，17，143-163。
- 町田 洋・新井房夫（1992）火山灰アトラス [日本列島とその周辺]。276pp. 東京大学出版会，東京。

- 宮崎明子 (1971) 土壤試料の¹⁴C年代測定結果と処理法の検討. 第四紀研究, **10**, 159-164.
- 中村俊夫・中井信之 (1988) 放射性炭素年代測定法の基礎 - 加速器質量分析法に重点をおいて -. 地質学論集, **29**, 83-106.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S. Taniguchi, M. and Yoshioka, S. (1985) Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **24**, 1716-1723.
- 奥野 充・守屋以智雄・中村俊夫 (1994a) 那須茶臼岳, 高原山, 日光白根山の最近6,000年間の噴火頻度. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (V), 207-215.
- 奥野 充・中村俊夫・守屋以智雄 (1994b) 北八ヶ岳火山, 横岳溶岩ドームの完新世噴火活動. 日本地質学会第101年学術大会講演要旨, 221.
- 奥野 充・新井房夫・森脇 広・中村俊夫・小林哲夫 (1994c) 鬼界カルデラ, 籠港テフラ群に挟在する腐植土の加速器¹⁴C年代, 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), **27**, (印刷中).
- Orlova, L. A. and Panychev, V. A. (1993) The reliability of radiocarbon dating buried soils. *Radiocarbon.*, **35**, 369-377.

Eruption age inferred from radiocarbon accelerator (AMS) dating of paleosol

Mitsuru OKUNO*

* Graduate Student (JSPS Research Fellow),
Graduate School of Human Informatics, Nagoya University,
Chikusa-ku, Nagoya, 464-01, Japan.
Tel: +81-052-789-2578, Fax: +81-052-789-3095
E-mail: i45148a@nucc.cc.nagoya-u.ac.jp

Abstract

This paper provides the procedure for AMS ^{14}C measurement of paleosol and preliminary results for the eruption ages of the Kikai-Komoriko tephra group (K-Km) and the North Yokodake tephra (NYk-1).

K-Km, distributed on Takeshima island, southern Kyushu, is overlaid by the Kikai-Akahoya tephra (K-Ah: 6.3ka) and intercalated with the Sakurajima Satsuma tephra (Sz-S: 11ka). Except for three samples, ^{14}C ages of paleosol in K-Km are consistent with tephra-stratigraphy. The unacceptable ages are attributed to some failure in preparation or deterioration of samples. The former is inferred from high yield of carbon, the latter from low C content and low C/N ratio. The reliability of ^{14}C age of paleosol may be confirmed from these items as well as field observation.

NYk-1 distributes around Yokodake lava dome of the Northern Yatsugatake volcano, central Honshu. ^{14}C ages of humic soil just below NYk-1, ranging from 0.6ka to 0.8ka, are different from those of charcoal fragments in the tephra, from 2.1ka to 2.6ka. Judging from ^{14}C age (2.4ka) of wood charcoal from a loam bed just above NYk-2 (another tephra prior to NYk-1) near the summit of Yokodake, the charcoal fragments in NYk-1 are originally produced by "NYk-2" eruption, and are derived as accidental material in "NYk-1" eruption.

It is necessary to obtain additional information, e.g. $\delta^{13}\text{C}$, for discussion on the reliability of ^{14}C age of paleosol.

Key words: AMS ^{14}C ages of humic soil, Kikai-Komoriko tephra group (K-Km),
North Yokodake tephra (NYk-1)

口頭発表

- 1) 奥野 充・中村俊夫・小林哲夫：南九州，鬼界カルデラの籠港テフラ群の噴出年代. 1994年日本第四紀学会大会，東京都立大学，1994年8月.
- 2) 奥野 充・中村俊夫・守屋以智雄：北八ヶ岳火山，横岳溶岩ドームの完新世噴火活動. 日本地質学会第101年学術大会，北海道大学，1994年9月.
- 3) 奥野 充・中村俊夫・新井房夫・早川由紀夫・守屋以智雄：乗鞍岳火山，位ヶ原テフラ層の噴出年代. 日本地理学会1995年度春季学術大会，筑波大学，1995年3月.

論文発表

- 1) 鈴木毅彦・奥野 充・早川由紀夫（1994）：噴火史からみた日光火山群，月刊地球，**16**，215-221.
- 2) 奥野 充・新井房夫・森脇 広・中村俊夫・小林哲夫（1994）：鬼界カルデラ，籠港テフラ群に挟在する腐植土の加速器 ^{14}C 年代，鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学），No.27，（印刷中）.
- 3) 奥野 充・中村俊夫・守屋以智雄・早川由紀夫（1994）：乗鞍岳火山，位ヶ原テフラ層直下の炭化木片の加速器 ^{14}C 年代，名古屋大学古川総合研究資料館報告，No.10，71-77.
- 4) 奥野 充（1995）：降下テフラからみた水蒸気噴火の規模・頻度，金沢大学文学部地理学報告，No.7，1-23.