

第四紀研究において加速器 ^{14}C 年代測定に期待されること

藤井昭二（富山大学教養部）

1. 加速器 ^{14}C 年代測定器（以下AMSと省略する）の役割

a AMSの年代測定における位置

物を観察するのに裸眼でみる、虫眼鏡でみる、顕微鏡でみる、電子顕微鏡でみる等、いろいろな方法があり、方法によって認識の世界が変わってくる。

編年の方法も、地層累重の法則の適用による方法。化石や土器を使用しての相対的編年、すなわち時代決定の方法。 ^{14}C が崩壊する β 線を測定する方法。加速器により ^{14}C を直接測定する（AMS）法法がある。それぞれの方法はそれぞれの対象において大変有効で大切な方法である。後述するようにAMSは(1)炭素数mgで年代が測定できることと、(2)60～70ka近くまで年代を測定できる特徴がある。この2つの特徴を充分にいかした仕事のがぞまれる。また単なる編年の目盛としてだけ使用されるのではなく、それを使って、堆積速度の測定など有効な利用が望まれる。

b AMSと他の ^{14}C 年代測定法との違い

この問題に関して中村ら（1992）は次のようにのべている。

- (1) β 線計数法による年代測定の資料は2.2～20gの量を必要とするが、AMSは5～10mgの量があればよい。
- (2) β 線計数法による年代測定は35～40kaが限界であるが、AMSでは60kaまで測定可能である。
- (3) β 線計数法では一試料につき16～20時間かかるが、AMSで一試料は3～5時間ですむ。
- (4) 誤差の範囲が狭く年数をかなり厳密に測定できる。
- (5) 上記はよい点であるが、AMS一台で数億円かかり、維持、補修に専門家が必要である等の問題がある。

c AMSの重点努力課題

この問題について、中村ら（1992）は次のように述べている。

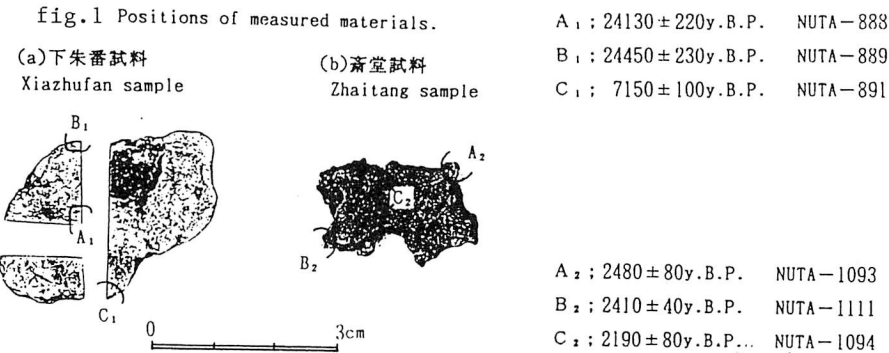
- (1) ^{14}C 測定資料数をふやす、この問題はsample holderを改良し、真空度を落とすことなく連続的に測定できるようになればかなり測定数を増加できるとのことである。
- (2) 測定値の信頼性をます。
- (3) 古い年代資料の測定。
- (4) 極微資料の測定。
- (5) 他の年代測定法とのクロスチェック。

以上のことがあげられている。藤井が関係した研究を中心にAMSの望ましい研究例を幾つか紹介する。

2. 極微量測定の例

a 黄土小僧の年代は地層の年代を表わすか。(生長する結核) (藤井ら、1992)

山東半島の下朱番近くの“馬蘭黄土”を切っている約20mの高さの海成段丘の年代が、馬蘭黄土の上にあるので23kaといわれているので、上部古土壌近くの黄土小僧を採集し、全岩、中心、2縁部について、それぞれ年代を測定したら、それぞれ13, 130 ± 240y, B. P., 24, 130 ± 220y, B. P., 24, 450 ± 230y, B. P., 7150 ± 100y, B. P. とそれぞれ異なった値がえられた。馬蘭黄土の模式地齋堂の黄土小僧の年代を、中心と2縁にわけて年代測定を行ったら、それぞれ2480 ± 80y, B. P., 2410 ± 40y, B. P., 2190 ± 80y, B. P. を得た。



これらのことは黄土小僧は各部分が異なった成長をしそれらが融合したのと考えられ、地層の年代とは何ら関係ないことを示している。Lu et al (1987) は馬蘭黄土の熱ルミネッセンスの年代を研究し、¹⁴Cで23, 000 ± 1500y, B. P. の年代を得た前後の年代を3.3 ~ 4.1 万年前としている。Chen and Polach (1986) は土壌中の炭酸塩結核体の¹⁴C年代が部分によって違うこと、および、それと共存する有機物の¹⁴C年代より炭酸塩結核体が若い年代を示すことを指摘している。

b 野尻湖層中のナウマンゾウとオオツノシカの年代測定 (中井ら1991、1992)

β線計数法による、骨・歯・牙の¹⁴C年代測定に必要な試料の量は、1950年代では2200g、1960年代では100 ~ 500gであったが、AMSの開発により、炭素で2 ~ 5mgあれば年代測定できるようになった。

野尻湖層の¹⁴C年代測定による編年は、材化石を用いてβ線計数法による編年が行われたが、年代値のばらつきが大きくて、一義的な組み立てでは難しいとされていた (中村由克ら1990)。

table 1 野尻湖層ナウマンゾウ・オオツノシカ・材化石の
AMS¹⁴C年代

層 準	ナウマンゾウ・オオツノシカ化石						材化石	
	試料 No.	試料 No.	¹⁴ C年代[NUTA] (Yr. BP)	G含量 (%)	S含量 (%)	GのC/N 比(wt.)	試料 No.	¹⁴ C年代[NUTA] (Yr. BP)
J列層	不 産 出						NW-1	8, 260 ± 140 [1298]
III	不 産 出						NW-2	17, 460 ± 340 [1391]
							NW-3	16, 860 ± 250 [1392]

上	II	不 産 出					NW-4 28,350±350[1305]
	I	ND T-58 34,500±670[1281]	0.77	0.28	3.6	NW-5 32,750±490[1297]	
部		ND T-57 38,820±1,580[1263]	0.98	0.26	3.8	NW-6 38,490±520[1240]	
		ND T-59 38,310±1,400[1262]	2.14	0.52	3.7	NW-7 39,290±480[1237]	
		ND T-31 42,540±1,420[1317]	1.30	0.85	3.9		
		ND T-27 31,920±700[1299]	0.37	0.49	4.2		
		DB T-30 30,580±1,290[1194]	0.14	0.16	5.6		
		DH T-28 33,660±1,850[1190]	0.22	0.33	4.0		
中	II	ND T-53 40,770±1,200[1280]	2.53	0.64	3.6		
		ND T-22 41,700±1,260[1294]	1.54	1.26	3.7		
		ND T-62 40,130±1,080[1296]	1.20	2.41	3.8		
		DH T-54 40,560±1,500[1261]	2.29	1.29	3.6		
部	I	ND T-19 40,860±1,170[1231]	1.93	2.77	3.8	NW-8 39,420±950[1239]	
		ND T-51 41,520±1,020[1282]	1.36	0.31	3.5		
		NI AK-14 35,570±790[1077]	—	—	—		
		DB T-21 35,410±1,550[1195]	0.14	0.16	4.5		
下部 III	B3	ND T-49 45,120±1,350[1267]	2.97	0.54	3.6		
		ND T-35 45,810±1,290[1279]	2.88	1.26	3.5		
		NI T-16 35,140±910[1232]	0.21	0.15	5.2		
		NI AK-7 37,420±910[630]	—	—	—		
下部 III	B2	ND A-20 45,100±1,190[1252]	1.12	2.92	3.7	NW-9 42,550±530[1242]	
		ND T-34 42,670±1,120[1269]	1.96	1.80	4.1		
		ND T-48 42,250±990[1283]	4.22	1.35	3.4		
		NI AK-9 33,540±620[631]	—	—	—		
	B1	ND T-32 48,800±1,950[1278]	0.70	0.29	3.7		
		ND L-16 42,420±1,500[1254]	2.06	1.22	3.8		
		NE L-16 30,540±1,430[1192]	n.d.	0.06	N.D.		
		ND T-44 43,350±1,160[1340]	1.78	1.68	3.6		
		DH T-13 41,250±1,190[1316]	3.68	0.20	3.7		
	A2	ND T-60 43,520±1,340[1295]	>1	—	3.5	NW-10 43,070±570[1241]	
	A1	ND T-40 43,310±1,200[1268]	2.22	0.43	3.5		
		NI T-9 37,250±1,280[1230]	0.29	0.63	4.3		
	下部	ND T-66 41,770±1,470[1329]	0.73	—	3.6	NW-11 47,150±810[1273]	
		ND T-69 43,460±1,630[1330]	0.58	—	3.9		
		ND T-4 46,230±2,430[1328]	1.70	—	3.9		
	最下部	ND H-5 39,180±1,370[1251]	0.55	0.27	3.9	NW-12 49,410±970[1274]	
NE H-5 43,640±920[1189]		N.D.	0.48	4.1	NW-13 51,260±1,150[1276]		

G: gelatin collagen, S: solution collagen, NUTA: 名古屋大学加速器年代登録番号

ND: ナウマンゾウ臼歯の象牙質, NE: ナウマンゾウ臼歯のエナメル質, NI: ナウマンゾウ切歯

DH: オオツノシカ角片, DB: オオツノシカ骨片

太字の¹⁴C年代値・Gコラーゲン: Gコラーゲンの含有量が0.7%以上で、哺乳類化石で年代値に信頼のおけるもの

哺乳類の歯や角からコラーゲンを抽出し、その年代を測ったところ、コラーゲン含有量が0.7 %以上で、コラーゲンのC/N の原子比で3-4 でなければ材化石などと整合する値がでないことが明らかになった。すなわち保存状態がよいか悪いかにより、年代値に差がでてくることを明らかにしている。

3. 堆積速度、堆積環境および海水面上昇速度

(1) 川崎の堆積物の堆積速度変化

松島ら(1987)は川崎市内の沖積層の総合研究を行なった。その中で30-40m のボーリング試料について β 線法だと資料を多く必要とするため年代測定がほとんどできなかったところ、多くの年代測定値をだし、堆積物による堆積速度の変化なども明らかにしている。すなわち、今まではせいぜい一番下と一番上の年代を測り、例えば Loc1. では堆積速度を年間0.4cm というのを下から0.120m/y, 3cm/y, 0.45cm/y, 0.046 cm/y, 1.5cm/yとわけシルトでは3cm/y, 1.5cm/y, 粘土では0.12cm/y, 0.046cm/yなどと堆積物による堆積速度の変化なども明らかにしている。

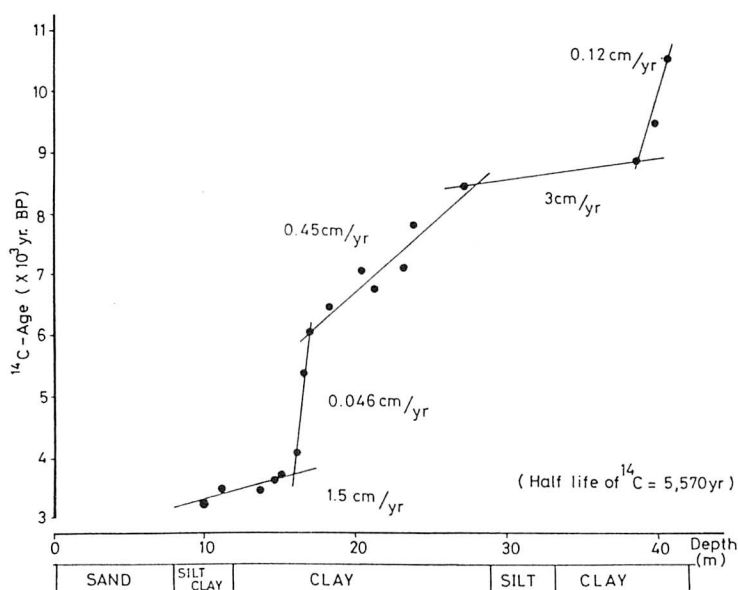


fig.2 Loc. 3 コアの貝化石による ^{14}C 年代と深度の関係
(図中の数字は堆積速度cm/年を示す)

(2) 堆積環境

海水準変動は一般に気温に比例する (FUJII, FUJI, 1967)。堆積物コアに含まれる有林物の安定同位体比は生物が棲息していた当時の海水準 (古水温) の相対的な変動を反映する。そこで中井ら (1987) は川崎市のコアで ^{14}C とN/C 比を測り、横軸に年代、縦軸に ^{14}C の値をとり曲線を描いた。この曲線は普通の海水準変動曲線に表れない細かい凹凸を描いている。

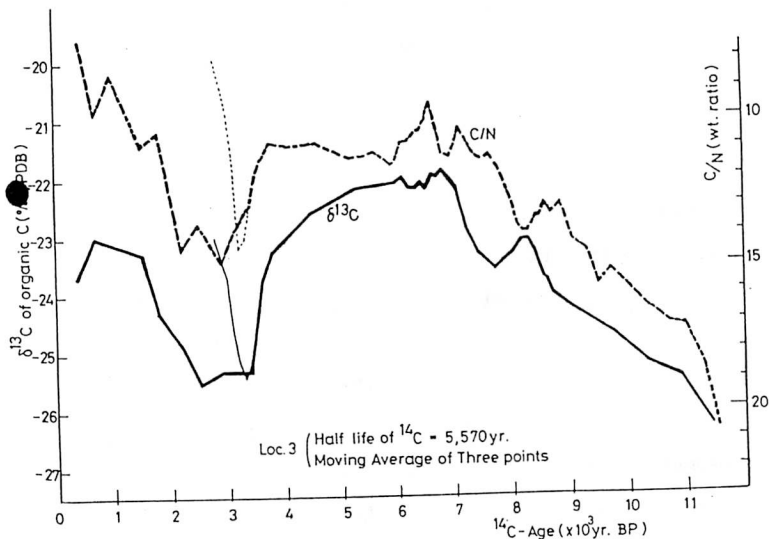


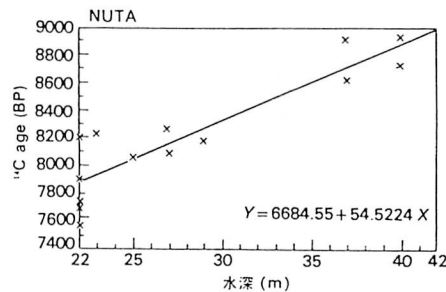
fig. 4 Loc. 3 コアの $\delta^{13}\text{C}$ 値及び C/N 比の年代による変化
(3 点移動平均を用いた)

(3) 黒部川扇状地沖海底林の年代と海水準上昇速度

黒部川扇状地沖で海底林が発見された（藤井ら1988）際、年代測定を担当した中井ら（1988）は水深40m か20m まで海水準が上昇する速度を1000年につき20m、1年に20mmと陸地の上昇、沈降速度年1mmと比べ桁違いに大きかったことを示している。

fig. 5

水深と年代の関係



4. 他の年代測定法とのクロスチェック

30-100ka の間の信頼できる年代測定法がなく、需要が多くても間に合わないのが現状である。AMS法で60ka近くまで信頼にたる測定が可能になった。またK-Ar法も50ka近くまでの年代測定が可能になってきている。そこでAMSによる年代とフィッシュントラック、K-Ar、TL法による年代のクロスチェックが要望される。

(1) 東京軽石のAMS年代とフィッシュントラック年代

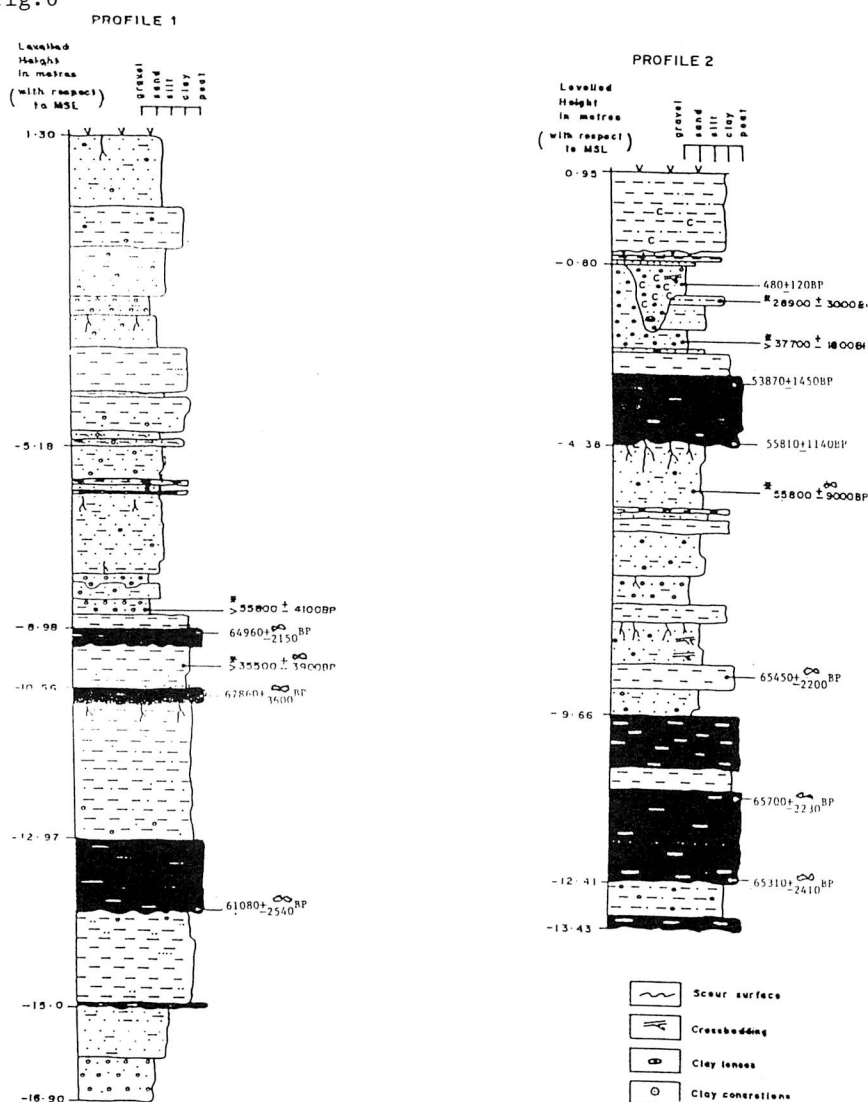
東京軽石直上・下のフィッシュントラックの年代は49ka（町田・鈴木1971）というのが知られている。そこで東京軽石におおわれた直下の材を秦野で求め年代測定をしたところ、 $52,310 \pm 360\text{y, B. P.}$ なる年代を得ている（坂本・中村1992）。

(2) 始良Tnテフラにおおわれた溶岩のK-Ar法による若い年代の測定をこころみ、始良Tnテフラ (21~22ka、横山・西田、1987) におおわれた阿蘇火山岩類の沢津野溶岩と白水火山の年代測定を行ったところ、それぞれ 27 ± 6 ka、 30 ± 6 kaという年代を得ている。

(3) マレーシアPantaiの錫鉱山の ^{14}C 年代とTL年代 (K. b. Hassan et al 1992)。

この錫鉱山を形成している古期沖積層はマレーシア西端、シンガポール、インドネシアに広がっている。この地層に数層の泥炭層が挟在している。それらのAMS年代は64.9ka, 67.8, 61.0, 53.8, 55.8, 65.4, 65.7, 65.3kaで ^{14}C 年代のギリギリの年代を与えている。そこで泥炭の前後の砂のTL年代を測定したところ28.9, >37.7, 55.8, >35.5, >55.8, 29.7, 38.6, >67.6ka等の値を得ることができ、 ^{14}C 測定限界のところでTL年代とかなり整合した年代を得ることができた。

fig.6



5. β 法の測定限界とAMS

β 法の測定限界は30-40ka前までである。京都産業大学の液体シンチレーション法では50ka年前の値を得ている。 β 法で35kaの年年代が得られたとき、それが35kaか、それよりもっと古いのか問題がある。マレーシアの錫鉱床でのべたようにAMSで60~65kaの年代をえて、TL法とよく整合していた。

(1) 真川の断層近くの湖成層の年代

跡津川の断層の大露頭が真川の砂防ダム建設の取つけ道路で発見された(竹村・藤井1984)。近くの湖成層中の木片の ^{14}C 年代はGaKで $34,510 \pm 1000$, $33,770 \pm 1270$, $29,380 \pm 460$ yBPであった。同じ木片を京都産業大学では $50,700 \pm 8300$, $56,300 \pm 5600$, $>50,500$ y, B. P. となっており、NUTAでは $>64,400$, $>61,300$, $>62,100$ y, B. P. であった。現在この湖成層は約10万年前の立山2期の噴出によって形成されたと考えられ(INQU-COT 1992)鬼界葛原テフラでおおわれている。

放射性炭素年代測定結果 table 2

サンプル名	放射性炭素年代値 (y BP)		
	名大タンザトロン	学習院	京都産業大
木片MG-A	$>61,600$		
木片MG-B1	$>64,400$	$34,510 \pm 1,000$	$50,700 \pm 8300 / -8,300$
木片MG-B2	$>61,300$	$33,770 \pm 1,270$	$56,300 \pm 5600 / -5,600$
木片MG-C	$>62,100$	$29,380 \pm 460$	$>50,500$
木片MG-D1	$1,840 \pm 70$	$(490 \pm 170) \pm$	
腐植質MG-D2	$2,340 \pm 180$		
木片MG-D3	$1,800 \pm 160$		
木片MG-E1	$3,810 \pm 110$	$(1,390 \pm 110) \pm$	
木片MG-E2	$3,450 \pm 90$		
木片MG-G	$3,380 \pm 80$	$(3,370 \pm 100, 4,000 \pm 90) \pm$	
木片MG-H	$7,920 \pm 90$		

6. AMS測定法に期待すること

(1) AMS測定法は β 線法とちがって30-60Ka年前の年代が信頼できる値としてうることできる唯一といわないまでも現在では最良の方法である。できたなら β 線計数法でできないことをどんどんやって後期更新世の編年とそれに伴う堆積速度などに

大いに力を発揮してほしい。

(2) 現在学内共同研究施設に限定されているがぜひ学外共同施設になるよう努力されたい。また東南アジアの人達も利用できるような国際的共同利用施設に発展するようお願いしたい。

文献

Chen, Y and Polach (1986) Validity of ^{14}C ages of carbonates in sediments, Radiocarbon. V 28, no 2A. p. 464-472

Fujii, S. N. Fuji (1967) Rostglacial Sea Level in the Japanese Islands Jour. Geosci. Osaka City Univ. 10, p. 34-51

藤井昭二・奈須紀幸編 (1988) 海底林、東大出版会 163p

藤井昭二・坂本亨・中村俊夫・耿秀山・趙松齡・干洪軍 (1991) 黄土小僧の放射性炭素年代について名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (Ⅲ) p. 128-131

Hassan, K. b, T. Nakamura, C. Woodroote, D. M. Price & S. Fujii (1992) Radiocarbon and Thermoluminescence Dating of the Old Alluvium from a coastal site in Parak, Malayaia (in Press).

INQUA-CoT (1992) Guide Book of Tateyama Region, Toyama, Japan

町田洋・鈴木正男 (1971) 火山灰の絶対年代と第四紀後期の編年 科学41巻 p. 263-270

松島義章編 (1987) 川崎市内沖積層の総合研究

中井由克・野尻湖発掘調査団 (1990) 野尻湖立が鼻遺跡の旧石器文化と古環境 第四紀研究 28巻 p. 235-252

中井信之・中村俊夫・小西健二 (1988) 海底林の年代 海底林 p. 78-82

中井信之・大石昭二・中村俊夫 (1987) 化学分析 川崎市内沖積層の総合研究 p. 97-116

中井信之・有田陽子・森育子・中村俊夫・亀井節夫・秋山雅彦・沢田健 (1992) ナウマンゾウ・オオツノシカ・ニホンシカの ^{14}C 年代測定と ^{14}C により環境変動の解明

中村俊夫・中井信之 (1992) 名古屋大学タンデロン加速器質量分析法による ^{14}C 測定の現状 名古屋大学加速器質量分析計業績報告集Ⅲ p. 12-25

坂本亨・中村俊夫 (1992) 東京軽石堆積物中の焼けた木片の加速器質量分析計による放射性炭素年代測定 地質学雑誌 98巻

竹村利夫・藤井昭二 (1984) 飛騨山地北縁部の活断層群 第四紀研究22巻 p. 297-312

田中剛・松本哲一 (1992) カリウム-アルゴン法による若い年代測定の試み-特に ^{14}C 年代との連繫について 名古屋大学加速器質量分析計業績報告集Ⅲ p. 36-42

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 地質学雑誌 93巻 p. 275-296