

近畿の遺跡と関わる火山ガラスの特性

西田 史朗*・横山 卓雄**・石田 志朗***

1. はじめに

土器編年の及ばない旧石器遺跡にあっては、古地磁気層序・放射性炭素同位体 (^{14}C) 年代・熱ルミネッセンス (TL) 年代・フィッシュントラック (FT) 年代などと共に、火山灰による対比は有力な基準面を与える。もちろんこれらの年代を知る手法には、それぞれの原理的な特性からくる制約があり、何時でも何処でも適用できるわけではない。また文化様式による編年は、伝播時間の遅れを含み、それが大きくなると議論の混乱の因となる。

火山灰については、遺跡や遺物の包含層に目視的な夾在層として、あるいは地層として顕在しなくても火山ガラスを多産する層準として存在することが知られ、^{1,2)}適用される範囲も広がる。後者の場合、火山ガラスを含むと思われる試料に多少手を加えることによって顕在層と同様に認識され、層位的価値を持つようになり、地質編年・考古編年の上で有力な手段となり得る。そのような見地から考古遺跡と火山灰層の関わりについて、幾多の論文が出されてきた。^{1,2,3)}

ところが火山灰層の層位的価値が喧伝されるほどには、その同定は容易でない。同じ露頭で層位的上下に重なっている場合、両者の異なることは明白であるが、離れた地点の層序断面から得られた火山灰について、その異同を判別するのには、特定の火山灰層を除いて、かなり難しい作業で熟練を要する仕事であった。火山灰層の鍵層としての論理的な有効性は、いまさら言うまでもないことであるが、その同定をめぐる論議が絶えず、また広い範囲に遍く分布するような火山灰層がそれほど多くないことも分かってきた。^{5,6)}

従来行なわれてきた火山灰の同定・類別の方法は岩相と鉱物組成・層厚と分布・層位、さらに斑晶鉱物とガラスの組成について、また斑晶鉱物と火山ガラスの屈折率・火山ガラスと斑晶の量比・火山ガラスの大きさと厚さ・火山ガラスの形態などにおもに注目してきた。火山灰の主要な構成物は火山ガラスであると認識すると、それぞれの火山を原材料の異なった、あるいは反応特性の異なったルツボを備えた化学工場とみることができる。さらに、ある時期のマグマ活動による火山ガラスの生成は化学工場でのロット単位での生産に相当し、そこではロット単位での品質を示すのと同様に、火山灰ではフォールユニットあるいはフローユニット単位の特性を示すことになる。

火山ガラスを火山活動の最終生産物と考えると、その構成元素組成は火山単位の、あるいは火山活動単位の特性を強く示すはずである。この観点から火山ガラスの化学分析がなされてきたが、好まし

* 奈良教育大学教育学部地学教室：630 奈良市高畑町

** 同志社大学地学研究室：602 京都市上京区烏丸今出川東入

*** 京都大学理学部地質学鉱物学教室：606 京都市左京区北白川追分町

い結果を得ることができなかった。その原因として今までの湿式分析では供試試料が多量に必要とされ、火山ガラスの混雑物を十分に排除できないままに分析してきたことにあるのではなかろうか。そのため分析結果がばらつき、資料としての有意性を低下させていたと見ることができる。

放射化分析は微量元素組成を知るうえで不可欠な手段であるが、現時点では混り物の無い必要量の供試試料の調整に問題が多く、結果的に測定値のまとまりを悪くしている。この点の改良が達成されると、主要構成元素組成では区別し難い火山ガラスの同定に寄与し、適用範囲を広め信頼度を高めるであろう。

ここでは混じり物の無い火山ガラスで汚染の無いきれいな面について、エネルギー分散型マイクロアナライザー (EDX) で主要構成元素を定量分析し、それらの組成比を基礎的な特性として捉えようとする。この方法は標準試料の基準スペクトラムで毎回検定する機器分析であり、測定結果をあらかじめ選定した Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe の 8 主要構成元素の組成比で得るため、分析結果のまとまりが良くなる。

本報では近畿の遺跡と関わって見いだされたアカホヤ・隠岐・阪手・始良の 4 枚の火山灰層の火山ガラスについて、その化学組成からみた特性を報告する。さらに今後見いだされることが期待され、考古年代認定の上で役立つことが予想される 8 枚の火山灰層の主要構成元素組成の特性について報告し、合わせて試料の処理と測定の方法についても紹介する。⁷⁾

2. 試料について

近畿の遺跡と関わって報告されてきた火山灰には、新しい順に次のものがある。

アカホヤ火山灰 (京都市上京区一乗寺向畑遺跡など)

隠岐火山灰 (福井県美方町鳥浜遺跡)

鬼虎川火山灰 (大阪市鶴見区鬼虎川遺跡)

阪手火山灰 (奈良県田原本町阪手遺跡)

始良火山灰 (兵庫県春日町春日・七日市遺跡など)

このうち、鬼虎川火山灰は吉川ほか⁸⁾の報告によるもので、ここでの EDX 分析データと異質な根拠にもとづくが、同時に示された琵琶湖 200 m ボーリングの相当層とされた BB51 の EDX 分析結果にもとずき議論する。したがって、本報告ではひとまず BB51 火山灰を鬼虎川火山灰としておく。

岡山県野原遺跡群の火山灰について、笹嶋¹⁾はここでの AT (始良) の欠如に疑問をもち再検討しているが、その結果 AT の存在を認め、浮布 (U₂)、大山ホーキへの同定を不適当なものとしている。筆者らの今までの測定では、近畿の中部以南では三瓶・大山系と断定できる火山灰は意外と少ない。

さらに、今までのところ大阪湾や琵琶湖でのボーリング試料によってのみ知られている次の火山灰がある。これらはいずれ畿内の遺跡と関わって発見されてくるものと期待されるが、おそらく火山灰

表1 遺跡に関わる近畿の火山灰と降下時期。

Table 1. Volcanic ashes concerning archaeological sites in Kinki, and their stratigraphic horizons and estimated falling ages.

降下年代 yBP	火山灰
	曾根沼火山灰
3,000	_____
6,300	_____ アカホヤ火山灰
	BB15火山灰
	ポスト隠岐火山灰
9,300	_____ 隠岐火山灰
	阪手火山灰
	鬼虎川火山灰 V1 ◇ V2 火山灰
24,000	_____ 始良火山灰
	プレ隠岐火山灰
	B41-2火山灰
	BB179火山灰

層として産出することは少なく、遺物包含層中に火山ガラスの多産層として存在しているものと思われる。

曾根沼火山灰（彦根市曾根沼ボーリング）

BB15 （琵琶湖 200 m ボーリング）

ポスト隠岐 （琵琶湖 1400 m ボーリング）

プレ隠岐 （琵琶湖 1400 m ボーリング）

V1 < V2 （新関空 57-30 ボーリング）

B41-2 （琵琶湖 1400 m ボーリング）

BB179 （琵琶湖 200 m ボーリング）

琵琶湖 200 m ボーリングの BB15 火山灰は、笹嶋¹⁾と石田ほか²⁾により Akahoya（アカホヤ）とされたが、今回の方法では各地のアカホヤ火山灰の EDX 特性と微妙な差を示し（表3・表5参照）、ここでは別物と見なしたい。同じく彼らによると BB 23 火山灰を Oki ash（隠岐火山灰）としているが、鳥浜遺跡の分析値（表3・表7参照）と異なり、同じく別物と考えたい。琵琶湖 1400 m ボーリングはこの意味で純正な隠岐火山灰 B5-3（L）が見つかり、同じコアで隠岐火山灰 B5-3（L）の上位に BB23 火山灰と同じ化学組成を示す B5-3（M）火山灰がある。小論でポスト隠岐・隠岐・プレ隠岐と呼んだ火山灰は、層的に明らかに異なるが化学組成の上での類似性があり、とくに SiO₂ 量が65～67%と少ないことから隠岐火山灰と一連のものであらうと考えたからである。

降下年代の分かっているものを基準に上記の火山灰を新しいものから年代順に配列すると表1のようになる。

3. 試料の調整と測定の方法

従来の火山ガラスの化学分析^{9,10,11)}の弱点は、発泡したり、パミス状の火山ガラスから夾雑物とくに粘土鉱物を十分に除き切らないで分析してきたことにあった。そのため分析結果のばらつきが大きくなりがちであったと考えられ、また分析能率の上での実用性にも問題があった。ここでは火山ガラス片ごとに、走査電子顕微鏡 (SEM) 下で表面汚染の有無を確認し、それぞれの表層部の化学組成比を得て、統計的検討の上で議論しようとする。

試料の調整—火山ガラスの存在する粗試料約 1 グラムに、純水を加え超音波で分散させる。風化による産物や夾雑物が多いときには、1%ヘキサメタリン酸ソーダを少量加え超音波処理を数分間加える。さらに超音波篩分装置で 100~25 μm の粒度フラクションに揃える。同時に純水で 25 μm 以下のフラクションをできるだけ完全に洗い流し、分散剤を除去する。この処理は火山ガラスの濃集と言うより、EDX 分析に際し X線の発生効率を良くするためと発生 X線の効率的な収集を計るためである。火山ガラスのひじょうに少ない試料について、どうしても火山ガラスを濃集したいときには、ヨウ化水銀やヨウ化カリウムなどの重液を調整し、比重の差で捕集することができ、あまりに極端な濃集は二次的・三次的に再堆積したものまでを集めがちになり、確実な層位を示すとは思われず、この目的のためには実際的ではない。また光学顕微鏡下で火山ガラス片を確認し、拾い出す方法もあるが、多くの試料をこなすには、現時点では実用的でない。

イオンエッチングを施したガラス片に、精製した試料を純水とともに展開し、充分に加熱乾燥させる。イオンエッチングはガラス片上での試料の凝集を防ぎ、均一な試料の展開を保証するが、多くの場合この操作を省いても支障はない。不完全な乾燥は水を主とする揮発性物質をマイクロアナライザーに持ち込み、鏡体内でのガス発生の原因となり、火山ガラスの形態観察と正常な X線スペクトラム収集に支障をきたすうえに、鏡体内を汚染する。

次いで両面テープを貼付けた試料台に転写し、不安定な付着をしたガラス片をブローで吹き飛ばし、さらに先の尖がったステンレスパチュラで掻き落とす。この操作で火山ガラスの新しい破断面ができ、この面を狙って集中的に分析することができる。両面テープの一端を導電性塗料で接地し、カーボン蒸着を施して前処理を終了するが、蒸着膜の厚さは両面テープの白い地色が灰黒色に変わる程度が良い。蒸着に際してかなり加熱されるので使用する両面テープの製品によっては火山ガラス片を埋没させたり、分析に際してガスを発生して、分析条件を低下させ、鏡体を汚染することがあるので十分に吟味する必要がある。

火山ガラスを樹脂で包埋し、鏡面仕上げをする方法もあるが、波長分散型マイクロアナライザー (WDX) では不可欠であろうが、エネルギー分散型マイクロアナライザー (EDX) では必ずしも必要ではなく、試料調整の煩わしさと測定結果のまとまりを結果的にみる限りでは、上記の処方で十分である。

測定済みの試料を保存する必要があるれば、両面テープを 1 cm×1 cm 程度のガラス片に貼り、さら

に両面テープで試料台にとめておき、測定後外して保存することができる。試料台ごと保存できる余裕があればこの必要は無い。カーボン製の試料台が使用できれば、バックスキタリングX線が減り申し分ない。

EDX 分析—分析は HITACHI-X650 走査電子顕微鏡 (SEM) に Kevex-7000 Q エネルギー分散型スペクトロメーター (EDX) を組み合わせたシステムで、DEC PDP-11+RX-02 ミニコンピュータで定量計算される。分析の条件は次の通りである。

加速電圧	20 kV
フィラメント電流	75 μ A
照射電流	200 μ A
分析倍率	1000倍でスポット分析
カウント数	500 KI/全チャンネル

この分析条件は、分析元素の種類と定量計算の標準試料と共にこの一連の火山ガラスの分析では固定されている。これらの分析パラメーターは1年間に及ぶ予備実験の結果、設定されたもので、大きく変えることは今までの蓄積データと比較する上で好ましくない。

X線の取込みは SEM で、火山ガラスであることを先ず確認し、汚染の無い新鮮な破断面を選んで電子ビームを照射する。多くの場合、上の条件で1スペクトラムの獲得に200~250秒を要している。同じ火山ガラス片の中での、特定元素の偏った分布は予備実験ではそれほどの有意差を示さない。火山ガラス表面の溶食や水和層の形成もさほど影響しない。SEM 観察では、火山ガラスの溶食は氷が溶けるのと同じように表面から溶け、特定の元素が先に溶出するわけではなさそうに見える。同じ観察から厚い水和層はあたかも乾上がった水溜り跡のように、上に凹んだ皿のようにカールし、超音波処理に際して剝落するようだ。また、薄い水和層はそのまま残るが、X線の多くはその下部から発生し、測定結果に大きく影響しないようだ。

EDX 分析の精度として、組成比で0.05%程度が実用限界で、この限りで火山ガラスに一般的に含まれる構成元素は、Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe の8種類であることを予備実験から見いだした。したがって、以下の分析ではこれらの8元素を対象とする。計算は Kevex 社の定量計算プログラム Quantx 3.2H 版により表2の標準試料のスペクトラムにより行なった。定量計算の細かなパラメーターについては省略する。

分析結果は ZAF 補正のうえ、酸化物の重量パーセントで示した。酸化物のかたちで表現したのは、火山ガラスの岩石学的な特徴を知り、火山ガラスを放出した火山活動の特性に近づくことにあつた。Fe については total Fe を便宜上 FeO として示した。

各試料について、火山ガラス片を最低10個、多いときには100個について、それぞれ EDX 分析する。

対象元素を8元素に固定し、酸化物として組成比で表現することは、多次元的データとして、これ

表2 EDX定量計算に用いた標準試料。

Table 2. Standard materials for Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDX).

元素	標準物質	当該酸化物の重量%
Na	ASAMA 71803	4.54
Mg	JB-2	4.76
Al	JA-1	15.50
Si	Brazil quartz	100.00
K	JG-1	3.95
Ca	JA-1	5.89
Ti	Wako pure reagent G1	98.50
Fe	JA-1	5.08

自体の内部にクロスチェック機能を内蔵する結果を生んでいる。したがって、この EDX による結果のみで、以下に示すようにかなり適確な判断をすることができる。

測定結果の処理—試料毎の測定値について、最高値 (Maximum), 最低値 (Minimum), 変動範囲 (Range), 平均値 (Mean), 平方和 (Sum of square), 分散 (Variance) と標準偏差 (Standard deviation) を求める。Si₂O について、その標準偏差がおおよそ1.0を越す試料については、経験的にそのまま議論できないことがあり、検討を要する。

SiO₂ の標準偏差がおおよそ1.0以下、できれば0.5以下が望ましいが、試料については次の組み合わせの測定値の散布図を作製し、平均値のみでは比較しづらい点の異同を区別するのに役立つ。SiO₂/Na₂O, SiO₂/MgO, SiO₂/Al₂O₃, SiO₂/K₂O, SiO₂/CaO, SiO₂/TiO₂, SiO₂/FeO, SiO₂/FeO+MgO, SiO₂/Na₂O+K₂O, K₂O/MgO, K₂O/CaO の11組み合わせから、平均値のみでは分らない構成元素組成の変化傾向についてのデータが得られ、類似した元素組成を示す火山ガラスを区別するのに役立つことができる (図1～6参照)。

4. 分析の結果

近畿の遺跡と関わって産出する、あるいは産出するであろう火山灰の標準試料として、新しいものから順に次のものを選定する。

曾根沼火山灰 (図1参照)

彦根市曾根沼¹²⁾

曾根沼は彦根市西南・宇曾川左岸の琵琶湖河口近くにあり、湖岸堤による後背湿地、あるいは荒神山の山陰の湿地とも考えられる。ここでのボーリングは9mに達し、地表から275—300cmに火山ガラスの多産層が認められ、直下の泥炭の¹⁴C年代は3,460±95 yBPと報告されている。また625—650cmにも火山ガラスの多産が認められ、アカホヤと同定されている。

表3 近畿の遺跡に関わる、あるいは関わる可能性のある対照火山ガラスのEDX分析結果、化学組成はパーセントで表示。以下同じ。

Table 3. EDX results of referential volcanic glasses concerning archaeological sites in Kinki.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
曾根沼火山灰	1.85	0.55	10.14	80.78	2.33	2.17	0.20	1.99
N430 標準偏差	0.44	0.30	0.18	0.72	0.10	0.23	0.06	0.43
アカホヤ火山灰	2.61	1.37	11.44	76.13	1.96	2.39	0.39	3.73
N005 標準偏差	0.49	0.30	0.21	0.63	0.10	0.23	0.04	0.35
BB15火山灰	2.02	0.87	10.30	77.97	2.34	2.40	0.40	3.71
K76 標準偏差	0.37	0.21	0.20	0.39	0.10	0.27	0.04	0.41
ポスト隠岐火山灰	3.30	0.79	15.53	67.46	5.22	2.16	0.38	5.16
K19 標準偏差	0.84	0.45	0.18	1.01	0.57	0.32	0.14	1.37
隠岐火山系	5.21	1.38	17.13	65.41	4.44	1.76	0.24	4.45
N084 標準偏差	0.56	0.26	0.24	0.64	0.26	0.17	0.07	0.48
阪手火山灰	3.29	1.42	12.17	77.23	1.81	2.50	0.12	1.45
N553 標準偏差	0.33	0.17	0.54	0.32	0.10	0.12	0.04	0.12
BB51火山系	2.19	0.91	10.54	79.86	2.63	1.92	0.15	1.80
K78 標準偏差	0.42	0.19	0.13	0.41	0.08	0.11	0.02	0.23
V1◇V2火山灰	3.50	1.29	10.78	78.36	2.50	1.51	0.10	1.96
N262 標準偏差	0.30	0.21	0.14	0.48	0.08	0.21	0.02	0.37
始良火山灰	2.13	0.84	10.86	80.54	2.42	1.29	0.09	1.84
N001 標準偏差	0.33	0.22	0.12	0.40	0.09	0.10	0.03	0.20
プレ隠岐火山灰	3.20	2.93	12.97	65.76	2.02	5.57	0.77	6.76
K25 標準偏差	0.49	0.41	0.62	1.53	0.37	0.97	0.11	0.66
B41-2火山灰	3.75	1.79	12.72	72.68	1.76	3.53	0.25	3.44
K27 標準偏差	0.23	0.15	0.30	0.37	0.05	0.34	0.03	0.32
BB179火山灰	2.83	1.25	10.95	76.17	2.11	2.14	0.32	4.24
K4 標準偏差	0.45	0.21	0.18	0.90	0.09	0.21	0.04	0.64

アカホヤ火山灰（図1参照）

三重県美杉村中太郎生¹³⁾

アカホヤ火山灰の降下年代は 9,300 yBP と見積もられてきた³⁾が、今回の分析にあたっては室生山地池ノ平湿原の地表から 220—230 cm 層準のものを採用する。¹³⁾ この火山灰層の直下の泥炭の¹⁴C年代は 6,680±85 yBP, 直上のそれは 5,630±70 yBP と報告されている。

BB15 火山灰（図2参照）

琵琶湖 200 m ボーリング；横山¹⁴⁾

琵琶湖 200 m ボーリングの最上位の火山灰層で、ポスト隠岐火山灰層の上位からみいだされるものを意味する。上限の確認はないが、アカホヤの降下前後と考えられる。

ポスト隠岐火山灰（図2参照）

琵琶湖 200 m ボーリング BB23¹⁵⁾

琵琶湖の 200 m ボーリングと 1400 m ボーリングにみいだされ、⁶⁾ 1400 m ボーリングではB5-3

曾根沼火山灰 アカホヤ火山灰 (N78-6)

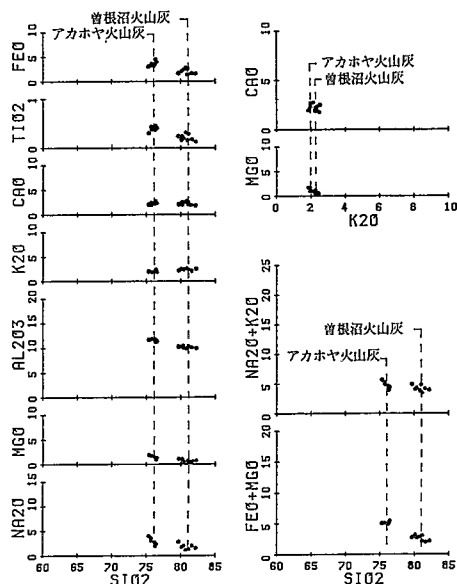


図1 曾根沼火山灰ガラスとアカホヤ火山灰ガラスのEDX分析値散布図
数値の単位はパーセント。以下第6図まで同じ。

Fig. 1 Standard EDX scattering diagram of Sonenuma and Akahoya volcanic glasses.
Numbers in the figure are re-represented in percent. They are same in following figures.

BB15火山灰 ポスト隠岐火山灰 (B5-3*)

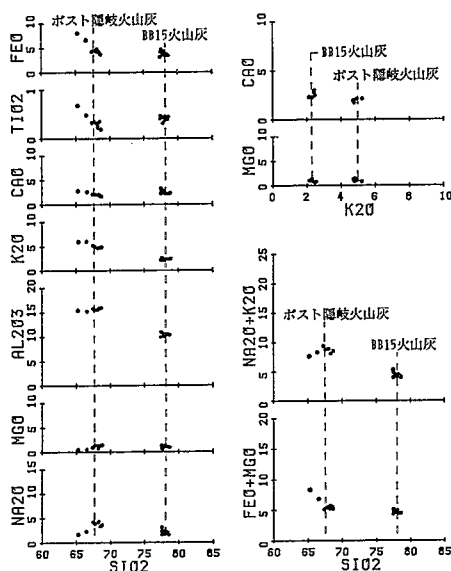


図2 BB15火山灰ガラスとポスト隠岐火山灰ガラスのEDX分析値散布図。

Fig. 2 Standard EDX scattering diagram of BB15 and Post-Oki volcanic glasses.

(M) がこれに相当し、上位にアカホヤ火山灰層B5-3(U)，下位に隠岐火山灰層B5-3(L)を伴う。したがって ^{14}C 年代としては 6,300 yBP と 9,300 yBP の間に位置することになる。

隠岐火山灰 (図3 参照)

福井県鳥浜遺跡¹⁶⁾

鳥浜遺跡第3区から下中昌樹氏らによって採取されたもので、直下の泥炭質粘土の ^{14}C 年代は $9,460 \pm 125$ yBP と報告されている。隠岐火山灰は構成元素比からみて、ひじょうに特徴があり、近畿では琵琶湖 1400 m ボーリング⁶⁾、大阪南港¹⁷⁾と未報告であるが京都八丁平湿原などで見いだされている。鳥浜遺跡での ^{14}C 年代測定から、この火山灰の降下年代は 9,300 yBP と見積られている。

阪手火山灰 (図3 参照)

奈良県田原本町阪手 T-4¹⁸⁾

阪手遺跡の第I層上部に見いだされ、直上層の ^{14}C 年代は $9,550 \pm 210$ yBP、下位約 1 m の ^{14}C 年代は $16,590 \pm 440$ yBP と報告され、その直下に始良火山灰層を伴う。この火山灰に同定されるものは、天理市桧垣の NARA84-12 の -279 cm と NARA84-28 の -310 cm に見いだされた火山灰が

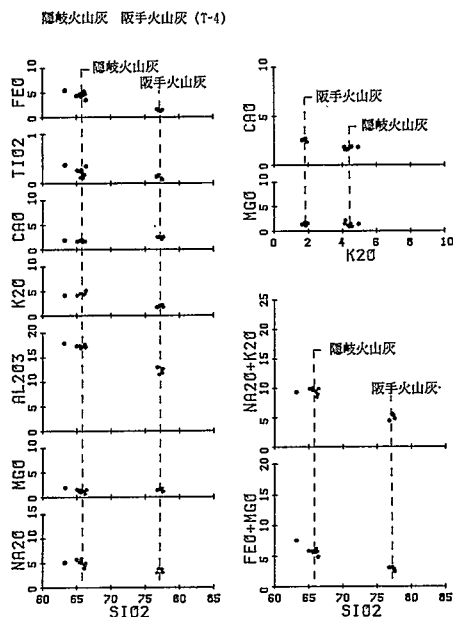


図3 隠岐火山灰ガラスと阪手火山灰ガラスのEDX分析値散布図。

Fig. 3 Standard EDX scattering diagram of Oki and Sakate volcanic glasses.

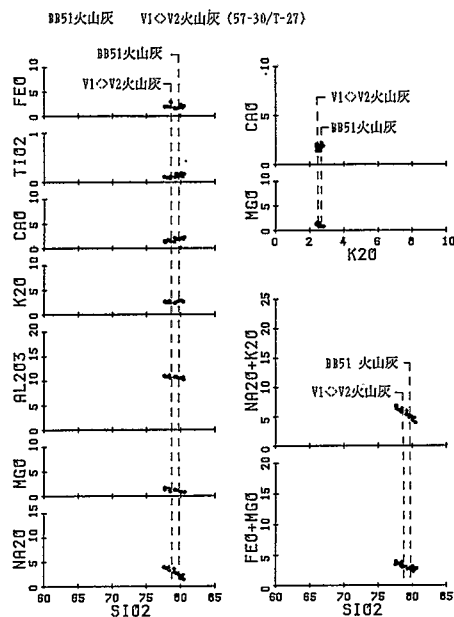


図4 BB51火山灰ガラスとV1/V2火山灰ガラスのEDX分析値散布図。

Fig. 4 Standard EDX scattering diagram of BB51 and V1/V2 volcanic glasses.

ある。¹⁹⁾

BB51 火山灰 (図4 参照)

琵琶湖 200 cm ボーリング BB51¹⁴⁾

括弧付きながら鬼虎川火山灰層に同定されたものである。²¹⁾琵琶湖 200 m では始良火山灰層 BB55 の上位に産出する。

V1/V2 火山灰 (図4 参照)

大阪湾泉州沖 57-31/T-27⁵⁾

大阪湾泉州沖の関西国際空港地盤地質調査 56-23 ボーリングで見いだされたもので、上位にアカホヤ火山灰、下位に始良火山灰を伴い産出する。近畿での他の報告は無く、その正確な層位と降下年代についての情報が待たれる。

始良火山灰 (図5 参照)

天理市横広N80-7¹⁷⁾

アカホヤ火山灰と共に広域テフラの代表で、ここでは¹⁴C年代データの豊富な奈良盆地の最上部更新統をとりあげ、その代表的なものとして N80-7 コアの火山灰を基準にする。ここでは地表下 440-450 cm にあって、上位層の¹⁴C年代値は 20,900±300 yBP、下位層のそれは 26,400±540 yBP で

始良火山灰 (N80-7) プレ隠岐火山灰 (B22cc)

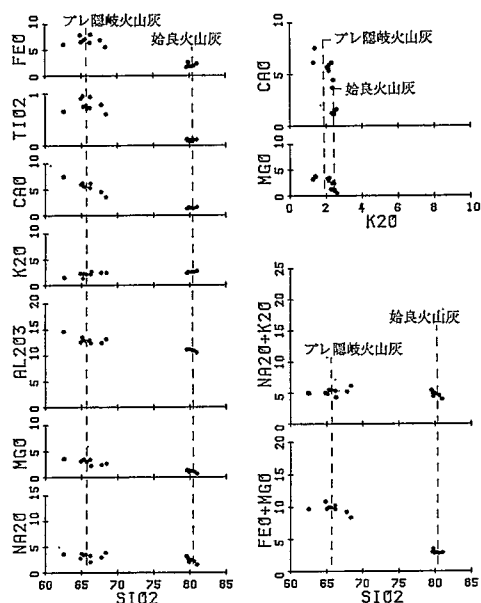


図5 始良火山灰ガラスとプレ隠岐火山灰ガラスのEDX分析値散布図。

Fig. 5 Standard EDX scattering diagram of Aira and Pre-Oki volcanic glasses.

B41-2火山灰 BB179 火山灰

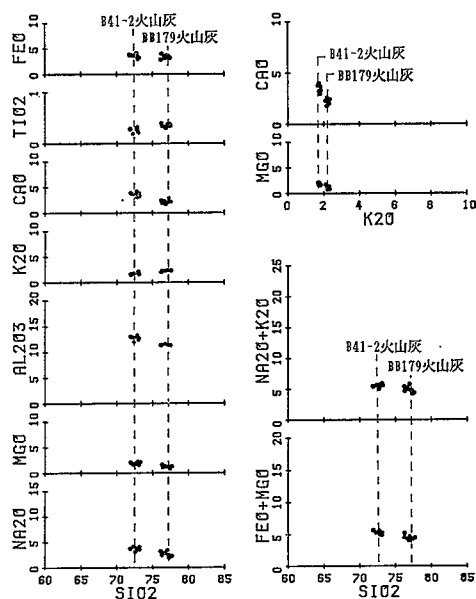


図6 B41-2火山灰ガラスとBB179火山灰ガラスのEDX分析値散布図。

Fig. 6 Standard EDX scattering diagram of B41-2 and BB179 volcanic glasses.

ある。この火山灰の構成元素組成は、鹿児島県の入戸火砕流堆積物のそれと良い一致を示す。

プレ隠岐火山灰 (図5参照)

琵琶湖 1400 m ボーリング B22-cc⁶⁾

始良火山灰層の下位に見いだされるもので、隠岐火山灰・ポスト隠岐火山灰とは同一コア中に存在し、元素組成はこれらと一連のものであることを伺わせるが、層位的には明らかにこれらとは別の物である。正確な降下年代は不明であるが、5万年以上には遡らないものとおもわれる。

B41-2火山灰 (図6参照)

琵琶湖 1400 m ボーリング⁶⁾

プレ隠岐火山灰層の下位にあるが、正確な降下年代は不明である。

BB179 火山灰 (図6参照)

琵琶湖 200 m ボーリング¹⁵⁾

琵琶湖 200 m ボーリング BB179, 琵琶湖 1400 m ボーリング B53-3 とともにみいだされる。鹿児島県蒲生(阿多)火砕流堆積物の火山ガラスの化学組成に似る。それらの火山ガラスのEDX分析による化学組成の平均値を標準偏差とともに表3に示す。

近畿各地の遺跡から見いだされ、EDX分析された火山灰には、新しいものから順に次のものがある

る。

アカホヤ火山灰

京都市一乗寺向畑遺跡

天理市桧垣町六反田 84-4/ -174-188 cm

奈良県田原本町十六面遺跡

隠岐火山灰

福井県美浜町鳥浜遺跡

阪手火山灰

奈良県田原本町阪手遺跡 T-4

天理市柳本町机 84-12/ -278-282 cm

天理市北桧垣町西和田 84-28/ -291-295 cm

始良火山灰

奈良県田原本町阪手遺跡 T-1/T-2

奈良県香芝町桜ヶ丘遺跡

大和郡山市若槻遺跡

大和郡山市白土遺跡

天理市西井戸堂遺跡

兵庫県春日・七日市遺跡

兵庫県板井遺跡

5. EDXによる火山灰の同定

近畿地方の中部に降灰した広域火山灰として、上位からアカホヤ、隠岐、ホーキ、始良火山灰があげられている。²⁰⁾ この4枚の火山灰層は従来の観察方法によっても十分に識別可能であると思われるが、それらと近接して誠に紛らわしい火山灰層が存在することが分かりつつある。以下ではEDX特性からみた従来の同定の再検討とその特徴について考察する。

基準として火山ガラスの主要構成元素組成と各地の遺跡から発見された火山ガラスとの同定を試みる。同定の基準は各測定値の中央値とそれぞれの組み合わせの散布図上での測定値の散らばりの傾向である。基準とした火山ガラスのEDX特性と対比される火山ガラスならびに関連する問題点を次に示す。以下の文中および表中で、NあるいはKを頭に付けた数字は、EDX分析試料の一連番号を示す。

曾根沼火山灰一遺跡からの発見はない。おそらく火山ガラスの多産層として見られるのであろう。鹿児島県の池田湖カルデラに関する池田湖火山灰に対比されたが、²¹⁾ 鹿児島県の池田湖火山灰(N655、鹿児島県肝属郡大根占町鳥浜東)のEDX特性(表4)と表3の曾根沼の比較によって認められるよ

表4 池田湖火山灰ガラス（鹿児島）のEDX分析結果。

Table 4. EDX results of Ikedako volcanic ash in Kagoshima.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
池田湖火山灰	2.58	0.77	10.45	80.58	2.81	1.26	0.11	1.44
N655 標準偏差	0.31	0.24	0.25	0.42	0.12	0.06	0.03	0.13

表5 アカホヤ火山灰ガラスのEDX分析結果。

Table 5. EDX results of Akahoya volcanic ash.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
アカホヤ火山灰	2.15	0.90	10.72	76.83	2.19	2.77	0.42	4.02
N660 標準偏差	0.62	0.37	0.19	0.39	0.12	0.25	0.08	0.58

表6 近畿の遺跡から発見されたアカホヤ火山灰ガラスのEDX分析結果。

Table 6. EDX results of Akahoya volcanic ashes found in some archaeological sites in Kinki.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
一乗寺向畑遺跡	3.38	1.56	11.62	75.21	1.93	2.35	0.36	3.60
N165 標準偏差	0.63	0.33	0.25	0.79	0.08	0.14	0.04	0.41
NARA84-4	4.11	1.63	11.45	74.68	2.05	2.42	0.38	3.26
N373 標準偏差	0.46	0.29	0.14	0.40	0.20	0.28	0.04	0.26
十六面遺跡	1.85	0.82	10.59	76.86	2.23	2.99	0.45	4.21
N641 標準偏差	0.61	0.43	0.13	0.68	0.09	0.32	0.11	0.68

うに微妙な差異が見られ、別物かと思われる。

両者とも 80.5% < SiO₂ < 80.8% で、池田湖火山灰（N655）に比べ曾根沼火山灰は FeO, CaO について相対的に富み、Na₂O, K₂O について僅かに乏しい。この様子は図1の曾根沼火山灰の構成元素散布図に池田湖火山灰のデータを重ね合わせた際に明確になり、分析値の変化傾向と測定値群の分離として現れる。

また始良火山灰とも類似するが、層位的にかけはなれている上、EDX 特性では、TiO₂, CaO に富み、Al₂O₃ の不足することから区別できる。

アカホヤ火山灰—近畿の遺跡では京都市左京区一乗寺向畑遺跡²⁰⁾と奈良県田原本町十六面遺跡と直接の遺跡ではないが四丁田遺跡に近い NARA 84-4（天理市松垣町六反田）ボーリングコア¹⁹⁾から見いだされている。EDX 特性として SiO₂ で75.5%±を示し、他の主要構成元素についても測定値のばらつきは少なく安定している。模式地に近い大隅半島のアカホヤ火山灰（N660、鹿児島県肝属郡大根占町島浜東）の EDX 分析値は表5のようである。

上記の遺跡から得た火山ガラスの EDX 分析平均値を標準偏差とともに表6に示す。この火山灰は研究者によって横大路火山灰ともよばれている。⁸⁾

BB15 火山灰—この火山灰はすでにアカホヤ火山灰に同定されているが、²⁰⁾ EDX 特性からみると以

表7 近畿で発見された隠岐火山灰ガラスのEDX分析結果。

Table 7. EDX results of Oki volcanic ash found in Kinki area.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Ti ₂ O	FeO
大阪南港	5.91	1.43	16.97	64.86	4.50	1.83	0.29	4.28
N93 標準偏差	0.98	0.33	0.17	0.63	0.31	0.15	0.07	0.69
八丁平湿原	5.34	0.81	16.58	65.49	5.15	2.06	0.22	4.35
N393 標準偏差	0.61	0.44	0.15	1.12	0.28	0.41	0.01	0.92
B5-3(L)	4.71	0.94	16.39	65.28	4.98	2.17	0.29	5.24
K20 標準偏差	0.99	0.40	0.28	0.95	0.51	0.44	0.12	1.34

下の点で異なる。SiO₂ 平均値がアカホヤでは75.5%±であるのにたいし、BB15 火山灰では77.9%±を示し、別物であることは明らかである。琵琶湖 200 m ボーリングではアカホヤ火山灰がみられず、層位関係は不明であるが、ポスト隠岐 (BB 23) の上位に存在し、6, 300~9, 300 yBP の降灰と考えられ、おそらく下限は、9, 300 yBP より新しくなるものとおもわれる。この火山灰が見いだされ、降灰年代が確定できれば、縄文前期の有力な指標となり、考古学上の貢献も大きく、その検出が期待される。

ポスト隠岐火山灰(BB 23)—琵琶湖 200 m ボーリングで、BB 23 を隠岐火山灰と同定しているが、²⁰⁾ EDX 特性ではこの BB 23は琵琶湖 1400 m ボーリングの B5-3(M) に対比される。⁹⁾ 琵琶湖 1400 m ボーリングでは B5-3(M) の直下に、鳥浜遺跡に見られるものと同じ EDX 特性を示す隠岐火山灰 B5-3(L) がある。この火山灰は SiO₂ 平均値が隠岐火山灰の 65.4%±にたいし 67.4%±を示し、K₂O, CaO, TiO₂, FeO は高めの値を、Na₂O, MgO, Al₂O₃ は小さい値を示し、さらに測定値のばらつきも大きい。降灰年代は隠岐以後・アカホヤ以前で確定していないが、SiO₂ の少ないことと Al₂O₃ の多いことから、隠岐火山灰と一連のものとも考えられ、その降灰直後あるいは降灰期最後のものと見ることできよう。

隠岐火山灰—福井県鳥浜遺跡から発見されたのみで、他の遺跡からの報告はない。¹⁷⁾ 大阪南港・八丁平湿原・琵琶湖 1400 m ボーリングで見いだされている。非常に特徴のある火山灰で、4 地点の試料について EDX 測定値のまとまりもよく、縄文早期の有力な示標となる。一部ではこの火山灰に港火山灰の名称を与えている。⁹⁾ 表3に鳥浜遺跡の隠岐火山灰の、また表7に大阪南港・八丁湿原・琵琶湖 1400 m ボーリング B5-3(L) の分析結果を示す。

阪手火山灰—奈良県阪手遺跡での層位から、少なくとも隠岐火山灰の降灰以前、始良火山灰の降灰以後の降灰と考えられる。¹⁸⁾ EDX 特性の上で紛らわしいものに琵琶湖 200 m ボーリングの BB15 火山灰と V1<V2火山灰がある。BB 15 とは層位的にもかけ離れている上に、Al₂O₃, TiO₂, FeO の含有量に大きな差異があり(図2, 3 参照) 確実に区別できる。V1<V2火山灰とは Al₂O, K₂O, CaO₂, TiO₂, FeO で違いが見られ(図3, 4 参照) 識別することが可能である。阪手遺跡以外からの報告はないが、天理市南方の NARA84-12(天理市柳本町机) と NARA84-28(天理市北桧垣町西和田)

表8 阪手火山灰ガラスのEDX分析結果。

Table 8. EDX results of Sakate volcanic ashes found in Nara.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Ti ₂ O	FeO
阪手遺跡T-4	3.29	1.42	12.17	77.23	1.81	2.50	0.12	1.45
N553 標準偏差	0.33	0.17	0.54	0.32	0.10	0.12	0.04	0.12
NARA84-12	3.48	1.37	11.90	77.72	1.76	2.16	0.11	1.50
N371 標準偏差	0.62	0.38	0.22	0.44	0.06	0.19	0.07	0.49
NARA84-28	4.01	1.51	11.73	77.40	1.90	2.05	0.09	1.29
N372 標準偏差	0.46	0.15	0.14	0.47	0.08	0.19	0.03	0.09

表9 入戸火砕流堆積物の火山ガラスのEDX分析結果。

Table 9. EDX results of volcanic glass in the Ito pyroclastic flow, Kagoshima.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
入戸火砕流	3.01	1.02	10.81	79.88	2.63	1.37	0.10	1.17
N114 標準偏差	0.59	0.32	0.16	0.84	0.10	0.09	0.02	0.26

ボーリングコアから産出している¹⁾(表8参照)。

鬼虎川火山灰—確実に鬼虎川火山灰と同定されたものについてEDX分析はなされていない。火山ガラスの屈折率などから、琵琶湖200mボーリングのBB51について、この火山灰層との同定の可能性が示されている。⁸⁾ここでは一先ず表3にBB51のEDX特性を示した。BB51と類似したEDX特性を示すものに始良火山灰がある。しかし始良火山灰にくらべて、BB51はK₂O, CaO, TiO₂, FeOで大きく、Na₂O, MgO, Al₂O₃は小さな値を示す(図4, 5参照)。いっぽうBB51はすでに大山ホーキ火山灰と同定されている。⁴⁾

V1<V2火山灰—降灰と類似の火山灰については先に示した。遺跡からの報告はない。阪手火山灰・鬼虎川火山灰との層位関係についても不明である。最終寒冷期を示すものとして、層位・降灰時期が特定できれば有用なものとなろう。

始良火山灰—アカホヤ火山灰とならび産出状況・肉眼観察からも容易に同定できる特徴のある火山灰で各地の遺跡で見つかっている。鹿児島県の入戸火砕流堆積物(N114, 鹿児島県始良郡加治木町東雛場)の火山ガラスとEDX特性での良い一致をみる(表9参照)。

ここでは桜ヶ丘遺跡, 若槻遺跡, 阪手遺跡, 白土遺跡, 西井戸堂遺跡, 春日・七日市遺跡, 板井遺跡のものについてEDX分析を行なった。このうち桜ヶ丘遺跡については火山灰層として産出せず,²¹⁾遺物包含層中に散在していたものである。旧石器遺跡の有力な示標層となる。これらの遺跡から得た火山ガラスのEDX分析平均値を標準偏差とともに表10に示す。

プレ隠岐火山灰—琵琶湖1400mボーリングのBB22-ccで、始良火山灰B15-2の下位に見つかり、EDX特性では隠岐火山灰グループに属するが、層位的に始良火山灰の下位に位置し明らかに異なる。SiO₂平均値では隠岐火山灰に似るが、その他の主要元素組成で明瞭な違いがあり、また測定値

表10 近畿の遺跡から発見された始良火山灰ガラスのEDX分析結果。

Table 10. EDX results of Aira volcanic ashes found in some archaeological sites in Kinki.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
桜ヶ丘遺跡A	2.93	1.08	11.13	79.35	2.30	1.29	0.09	1.84
N121 標準偏差	0.77	0.34	0.34	0.93	0.27	0.18	0.02	0.38
桜ヶ丘遺跡B	3.13	1.17	10.84	79.42	2.32	1.30	0.09	1.83
N122 標準偏差	0.68	0.33	0.38	0.77	0.40	0.15	0.03	0.16
若槻遺跡	2.30	0.68	10.72	80.03	2.62	1.47	0.11	2.07
N064 標準偏差	0.73	0.37	0.17	0.75	0.13	0.12	0.04	0.37
白土遺跡	2.04	0.64	10.18	80.69	2.81	1.50	0.10	2.05
N643 標準偏差	0.58	0.35	0.24	0.89	0.15	0.12	0.02	0.21
阪手遺跡T1/T2	2.27	0.82	10.45	80.50	2.71	1.46	0.09	1.71
N555 標準偏差	0.44	0.22	0.11	0.56	0.05	0.13	0.03	0.14
西井戸堂遺跡	2.39	1.00	10.84	80.25	2.37	1.34	0.10	1.70
N003 標準偏差	0.32	0.19	0.07	0.37	0.08	0.07	0.02	0.14
春日・七日市遺跡	2.33	0.87	10.28	80.53	2.62	1.52	0.10	1.76
N465 標準偏差	0.45	0.17	0.14	0.57	0.09	0.09	0.04	0.12
板井遺跡1	2.25	0.78	10.02	80.53	2.68	1.72	0.12	1.88
N425 標準偏差	0.35	0.18	0.14	0.49	0.09	0.08	0.03	0.15

表11 蒲生火砕流堆積物の火山ガラスのEDX分析結果。

Table 11. EDX results of volcanic glass in the Kamou pyroclastic flow, Kagoshima.

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
蒲生火砕流	3.22	1.31	11.41	76.11	2.26	2.21	0.33	3.13
N111 標準偏差	0.54	0.24	0.11	0.50	0.10	0.17	0.03	0.29

の分散が大きい。遺跡からの報告はない。

B41-2 火山灰—琵琶湖 1400 m ボーリングに見られるものであるが、遺跡からの報告はない。SiO₂ 平均値が72.6%±と小さくこの年代では例の少ない特徴的な火山灰である。測定値のまとまりもひじょうに良い。

BB 179 火山灰—遺跡からの報告はないが、琵琶湖でのボーリングより、広域火山灰としての有用性が感じられる。この火山灰は鹿児島での蒲生（阿多）火砕流堆積物（N111, 鹿児島県始良郡加治木町大山東）の火山ガラスにEDX特性で類似し（表11参照）、そうだとすればその活動年代として5～8万年±が予想され、有力な示標層になりうる。

6. ま と め

1. エネルギー分散型マイクロアナライザー（EDX）による火山ガラスの主要構成元素組成の定量分析から、近畿地方に分布する遺跡に関わる、あるいは関わる可能性のある12枚の火山灰を識別した。

2. 従来からその層位と降灰時期の分かっていたアカホヤ、隠岐、阪手、始良火山灰については、在来の手法で十分に同定できるが、その前後の時期に紛らわしい火山灰の降灰があり、混乱の原因となっていた。

3. それらについても、EDX 分析から識別することが可能で、コア試料で確認できた層序から、凡その降灰時期を推定するのに役立てることができる。

4. こんごは、これらの火山灰を遺跡との関連で発見し、それぞれの降灰時期を詳しく特定することにより、有力な示時面・同時面の提供者となろう。

7. 謝 辞

今回の研究に当たって、特に遺跡から産出した火山灰試料の入手に関して福井県立美方高等学校・下中昌樹教諭、奈良県教育委員会・東 潮主査、奈良県橿原考古学研究所・奥田 尚研究員、神戸市教育研究所・前田保夫指導主事のご援助をえた。八丁平湿原の試料は大阪府農林技術センター・高原光技師の採取による。以上の方々の名を記して感謝の意に代えたい。京都大学理学部・竹村恵二博士と京都フィッシュントラック KK. 檀原 徹氏には、遺跡と関わる火山灰全般について有益な討論をいただいた。

文 献

- 1) 笹嶋貞雄(1982) 中国・近畿地方の旧石器時代・遺物包含層の火山灰編年の枠組. 考古学と自然科学：1—12.
- 2) 石田志朗・竹村恵二・新井房夫(1985) 池田湖テフラの近畿における発見. 昭和60年度日本文化財科学大会研究発表要旨, 15.
- 3) 町田 洋・新井房夫(1983) 広域テフラと考古学. 第四紀研究. 22—3：113—148.
- 4) 町田 洋・新井房夫・小田静夫・遠藤邦彦・杉原重夫(1983) テフラと日本の古考古—考古学研究と関係するテフラのカタログ. 古文化財に関する保存科学と人文・自然科学：865—928.
- 5) 竹村恵二・西田史朗(1984) 火山ガラス調査. 関西国際空港地盤地質調査：141—154. 災害科学研究所報告.
- 6) 横山卓雄・西田史朗(1985) 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. (投稿準備中).
- 7) 西田史朗(1985) 遺跡とかかわる火山灰層—EDX 分析から—, 昭和60年度日本文化財科学大会研究発表要旨：16.
- 8) 吉川周作・那須孝悌・樽野博幸・古谷正和(1985) 近畿地方中部に分布する後期更新世～完新世の火山灰層. 日本地質学会第92年学術大会講演要旨：60.
- 9) Itihara, M., Shimoda, C. and Itihara, Y. (1978) Chemical composition of volcanic glass

in the Osaka Group. Jour. Geosci., Osaka City Univ., 21: 27—38.

- 10) 市原 実・下田知恵子・市原優子(1978) 大阪層群の火山灰層に含まれるガラスの化学組成.「日本の新生代地質」(池辺展生教授記念論文集). 113—119.
- 11) 吉川周作(1978) 大阪層群火山灰層中の火山ガラスの化学組成について. 地質学雑誌, 84—3: 131—140.
- 12) 石田志朗・河田清雄・宮村 学(1984) 彦根西部地域の地質. 地域地質研究報告, 5 万分の 1 図幅. 地質調査所.
- 13) 松岡教充・西田史朗・金原正明・竹村恵二(1983) 紀伊半島室生山地の完新統の花粉分析. 第四紀研究. 22—1: 1—10.
- 14) 横山卓雄(1985) 琵琶湖堆積物からみた古環境. 月刊地球, 6: 328—332.
- 15) 横山卓雄(1973) びわ湖周辺の第四系とびわ湖ボーリングサンプルの観察結果についておよび火山灰分析. 陸水学雑誌, 34—2: 111—118.
- 16) 鳥浜貝塚研究グループ(1979) 鳥浜貝塚—縄文前期を主とする 低湿地遺跡の 調査—鳥浜貝塚: 197—200. 福井県教育委員会.
- 17) 西田史朗(1984) 火山ガラスの EDX. 古文化財に関する保存科学と人文・自然科学: 980—984.
- 18) 奥田 尚・吉川周作・原 秀禎(1983) 田原本町阪手の上部更新統・完新統. 東 潮(編) 磯城郡田原本町 阪手遺跡発掘調査報告: 奈良県遺跡調査概報 1982年度175—182. 奈良県立橿原考古学研究所.
- 19) Barnes, G. L. ・西田史朗(1985) 日本先史・原史時代の人々の地形認識と土地利用. トヨタ財団昭和59年度研究助成(83—3—150) 報告書.
- 20) 石田志朗・笹嶋貞雄・横山卓雄・竹村恵二(1984) 近畿・中国地方の遺跡に関連する火山灰層. 古文化財に関する保存科学と人文・社会科学: 940—951.
- 21) 横山卓雄・松藤和人・佐藤良二(1984) 二上山麓桜ヶ丘遺跡旧石器包含層からの始良火山灰の発見. 古文化財に関する保存科学と人文・社会科学: 960—965.

**EDX composition of volcanic glass shards
concerning archaeological sites in Kinki**

Shiro NISHIDA*, Takuo YOKOYAMA** and Shiro ISHIDA***

* Dept. Earth Sci., Nara Univ. Educ., Takabatake-cho, Nara 630

** Labor. Earth Sci., Doshisha Univ., Imadegawa, Kamigyo-ku, Kyoto 602

***Dept. Geol. Mineral., Fac. Sci., Kyoto Univ., Kitashirakawaoiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606

Exact age determination is an important and indispensable work in archaeology. Now we have many techniques of age measurement. But each technique has its restricted field, so we need multi-way of measurement.

A tephra layer presents us an useful and doubtless isochronous horizon in the field of stratigraphy and is an important clue of correlation. In an archaeological excavation site, especially in paleolithic site, a tephra layer has a role of an influential time marker.

Chemical composition of volcanic glass excavated from archaeological sites in Kinki area was determined by means of an energy dispersive spectrometry(EDX). Among them 5 tephra, that is, Akahoya, Oki, Kitoragawa, Sakate and Aira in descending order, are well accepted, and expected 7 tephra are proposed based on deep-boring core samples obtained from lake Biwa-ko, Osaka Bay and their neighboring area. Moreover, volcanic glass EDX results from some archaeological sites were compared with their types and identified properly.