

福島県太平洋岸に分布する鮮新統大年寺層のテフラ層 —その2. 記載岩石学的特徴—

高橋友啓¹・長橋良隆²・柳沢幸夫³・吉田武義⁴・黒川勝己⁵

Tomohiro Takahashi, Yoshitaka Nagahashi, Yukio Yanagisawa, Takeyoshi Yoshida and Katsuki Kurokawa (2003) Tephra beds of the Pliocene Dainenji Formation distributed in the Pacific side of Fukushima Prefecture, northeastern Japan (part 2): Petrography. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 54(11/12), p.365 - 393, 14 figs., 1 table, 1 appendix fig, 1 appendix table.

Abstract: Petrographical characteristics such as grain-size composition, mineral assemblages, heavy mineral assemblage, and shape of volcanic glass shards were systematically described for the 101 tephra beds (133 samples) intercalated in the Pliocene Dainenji Formation of the Sendai Group distributed in the Pacific side of Fukushima Prefecture, northeastern Japan. EDS chemical analysis of 1029 points of volcanic glass from 98 tephra (103 samples) was also performed, and the secular changes in petrological feature and chemical composition of glass shards (especially the amount of K_2O) were clarified. Tephra beds of the Dainenji formation are mainly fine-grained glassy tephra (C-type glass subject), and usually contain hornblende phenocrysts. Chemical composition of glass shards is in the range of 68.8-80.0 wt.% SiO_2 . Tephra in the Dainenji Formation are divided into Low-K, Medium-K and High-K groups on the basis of K_2O contents. At least two upward K_2O decreases from Medium-K to Low-K are recognized, possibly reflecting the compositional zoning at the top of magma reservoir. Six tephra beds are clearly distinguished from other tephra by higher K_2O contents and the presence of biotite phenocrysts, and might be widespread tephra beds derived from central Japan.

Keywords: Pliocene, Dainenji Formation, Tephra, chemical composition, petrology

要 旨

福島県太平洋沿岸において、仙台層群大年寺層中に挟在するテフラ層(101層, 133試料)の記載岩石学的性質(粒度組成・粒子組成・重鉱物組成・火山ガラスの形状)を明らかにした。また、火山ガラスのEDSによる化学分析を系統的に行い、98層103試料から1029点の分析結果を得た。これらのデータに基づいて、記載岩石学的特徴及び火山ガラス化学組成(特に K_2O 量)の層的变化について検討した。大年寺層に挟在するテフラ層は、細粒ガラス質(中間型ガラス主体)で、普通角閃石を含むものが多い。火山ガラスの化学組成は SiO_2 量68.8~80.0 wt.%で、 K_2O 量により大きく三分(Low-K, Medium-K, High-K)される。火山ガラスの K_2O 量については下位から上位へと減少する傾向が2回認められるが、これに対応する記載岩石学的性質の系統的な変化は明瞭には認められない。これについては、 K_2O に関して組成累帯したマグマ溜りの上から順に、マグマが噴出

した結果である可能性が考えられる。また、重鉱物組成で黒雲母を含むテフラ層が6層確認され、その火山ガラスの K_2O 量はHigh-K領域にプロットされ、その他多数のテフラとは明確に区別される。これらのテフラ層は、中部山岳地域を給源とする広域テフラ層の可能性がある。

1. はじめに

火山噴火によってもたらされるテフラ層は、噴火活動の様式やマグマの性質に関する情報を担っている。したがって、テフラ層を研究することで、火山活動や噴出マグマの性質の変遷を明らかにすることができる(沢栗・黒川, 1986; 里口, 1995)。一方、広域に拡散して瞬時に堆積するテフラ層は、層序学的同時面として地層の対比においても非常に重要である。第四紀後半では、既に詳細なテフラカタログが整備され(町田・新井, 2003など)、また、前期更新世から鮮新世でも、近畿・中部・新潟・関東地域では広域テフラ層が

¹福島大学大学院教育学研究科(Graduate school of Education, Fukushima University, Kanayagawa, Fukushima 960-1296, Japan)

²福島大学教育学部地学教室(Faculty of Education, Fukushima University, Kanayagawa, Fukushima 960-1296, Japan);地球科学情報研究部門併任

³地球科学情報研究部門(Institute of Geoscience, GSJ)

⁴東北大学大学院理学研究科(Graduate school of Science, Tohoku University, Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan)

⁵新潟大学教育人間科学部地学教室(Faculty of Education and Human Sciences, Niigata University, Ikarashi-2, Niigata 950-2181, Japan)

見いだされ、そのテフラ層序はほぼ確立している(里口ほか, 1999; 黒川, 1999bなど)。しかし、東北地方では鮮新世のテフラ層序はほとんどわかっていないのが現状である。

筆者らは東北地方南部の鮮新世テフラ層序を確立することを目的として、福島県の太平洋沿岸地域(浜通り地域, 第1図)に分布する海成鮮新統大年寺層に挟在するテフラ層について詳細な検討を行った。その研究成果のうち、その1(柳沢ほか, 2003)では、大年寺層のテフラ層序の総括と微化石層序に基づく年代層序について報告した。引きつづき、その2として、この論文では、浜通り地域中部の大年寺層で記載されたテフラ層約101層を対象として、岩相・粒子組成・火山ガラスの形状・粒度組成・重鉍物組成及び火山ガラスの化学組成などの岩石学的特徴を記載する。検討の結果、大年寺層のテフラ層の化学組成が系統的に変化すること、更に広域テフラ層の可能性のあるテフラ層が大年寺層中に挟在することが明らかになった。

2. 試料及び方法

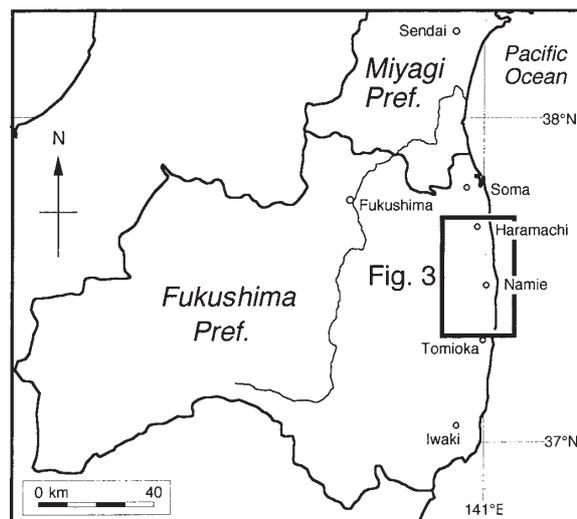
2.1 試料の採取

仙台層群は宮城県仙台市を模式地とする鮮新統で(北村ほか, 1986)、大年寺層はその最上部を占める海成層である(第2図)。浜通り地域の大年寺層は下部の砂岩相(D₁)と、中部の泥岩相・泥岩砂岩相(D₂, D₃)及び上部の泥岩相(D₄)からなる(柳沢ほか, 2003)。このうち、D₃は砂岩泥岩互層からなり、D₂の上部と同時異相の関係にあるが、浜通り北部にのみ分布し、今回テフラ層を採取した地域には発達しない。D₄は断続的に複数回起こった大規模な海底地すべりによって生じた凹地を埋積した堆積物で、本研究ではD_{4a}, D_{4b}, D_{4c}の3つのユニットに区分している。

テフラ試料は、浜通り地域の中部にあたる原町市南部、相馬郡小高町、双葉郡浪江町・双葉町・大熊町及び富岡町の範囲の9つのセクションで採取した(第1図, 第3図, 付録第1図)。それらは北から、原町市小浜(●)・大甕(●)・大塚(●)・割羽迫(●)、小高町水谷(●)、浪江町高瀬・双葉町渋川(●)、大熊町熊町・大川原(●)富岡町小良ヶ浜(●)、富岡町本町西・上手岡河原沢(●)である。

テフラ層の岩相の記載は、主に層厚・色調・粒度・堆積構造・軽石片の有無等について行った(第4図, 第5図)。粒度については、Wentworth(1922)の碎屑物の区分を用い、礫サイズ以上のものは粒径を記した。テフラ層の上下位層との境界面については、平板型、レンズ状、不規則型の3つに分類した。

今回は約101層のテフラ層について、合計133試料を採取した(第5図, 第1表)。テフラ層数より試料数が多いのは、複数の岩相ユニットから成るテフラ層では岩相区分毎にテフラ試料を採取したこと、また、同一テフラ層について複数箇所試料を採取した場合があるためである(第6図)。



第1図 調査位置図。

Fig. 1 Location map showing investigation area.

2.2 岩石学的検討

テフラ試料は以下の手順で処理・分析した。試料を40℃に保った恒温器内で約24時間乾燥させる。次に試料を10~15 g程度秤量し、250メッシュと60メッシュとを重ねた篩上で洗浄した後、超音波洗浄を約5分間行った。篩い分けした試料は蒸発皿に移し恒温器内で約24時間乾燥させ、それぞれ篩分けした粒度ごと(<2φ, 2φ<4φ)に秤量し、重量パーセントを算出して粒度組成とした(第1表)。

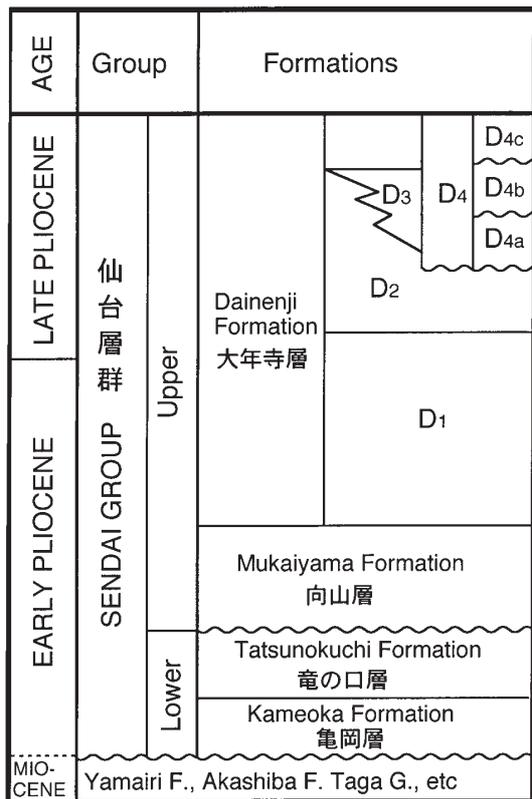
2φ<4φの粒子はグリコールフタレート樹脂で封入し全粒子プレパラートを作成した。この全粒子プレパラートを用い、偏光顕微鏡下で火山ガラス(GI)・斜長石(Fld)・石英(Qtz)・重鉍物(HM)・風化ガラス(WhGl)・その他岩片等(Ots)を200個以上計数し、個数%を算出して粒子組成とした(第1表)。

火山ガラスの形状は、吉川(1976)及び黒川(1999a)の形状タイプ区分に基づいて区分し100個以上計数し個数%を算出した(第1表)。

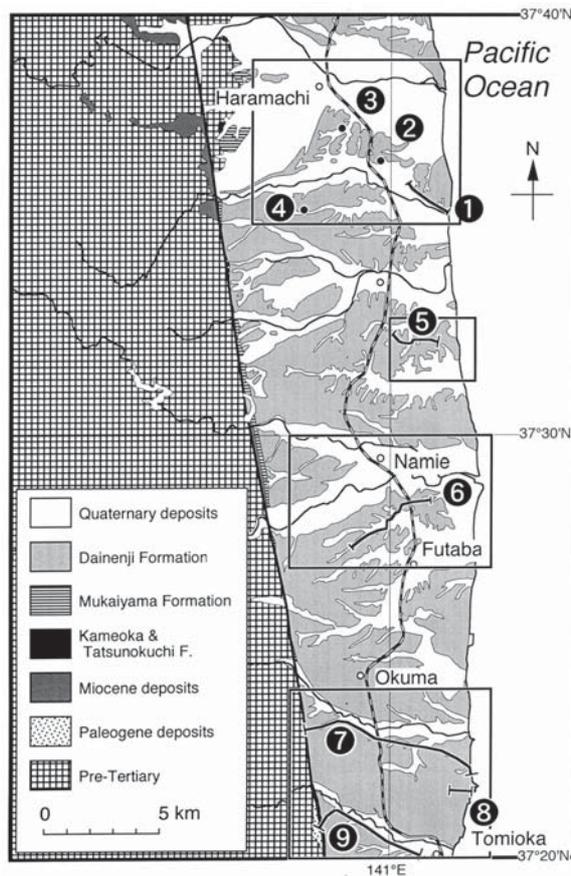
次に、2φ<4φの粒子をプロモホルム(比重2.8)を用いて重液分離を行い、分離した重鉍物をグリコールフタレート樹脂でスライドガラスに封入し重鉍物プレパラートを作成した。この重鉍物プレパラートを用い偏光顕微鏡下で重鉍物を200個以上計数し、個数%を算出して重鉍物組成とした(第1表)。

2.3 EDSによる火山ガラスの主成分化学分析

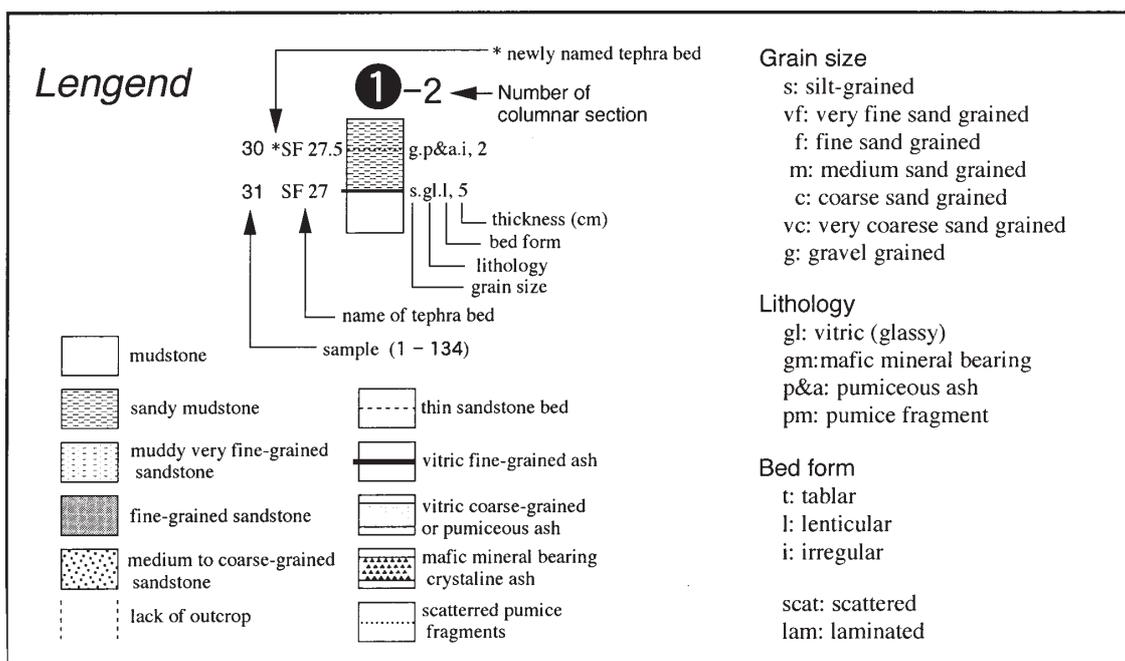
火山ガラスの主要成分分析は以下の手順で行った。2φ<4φガラス粒子をペトロボキシでスライドガラスに固定した後、#800・#2000・#3000のカーボラダムで研磨し、さらに1μm・1/4μmのダイヤモンドペーストで鏡面研磨した



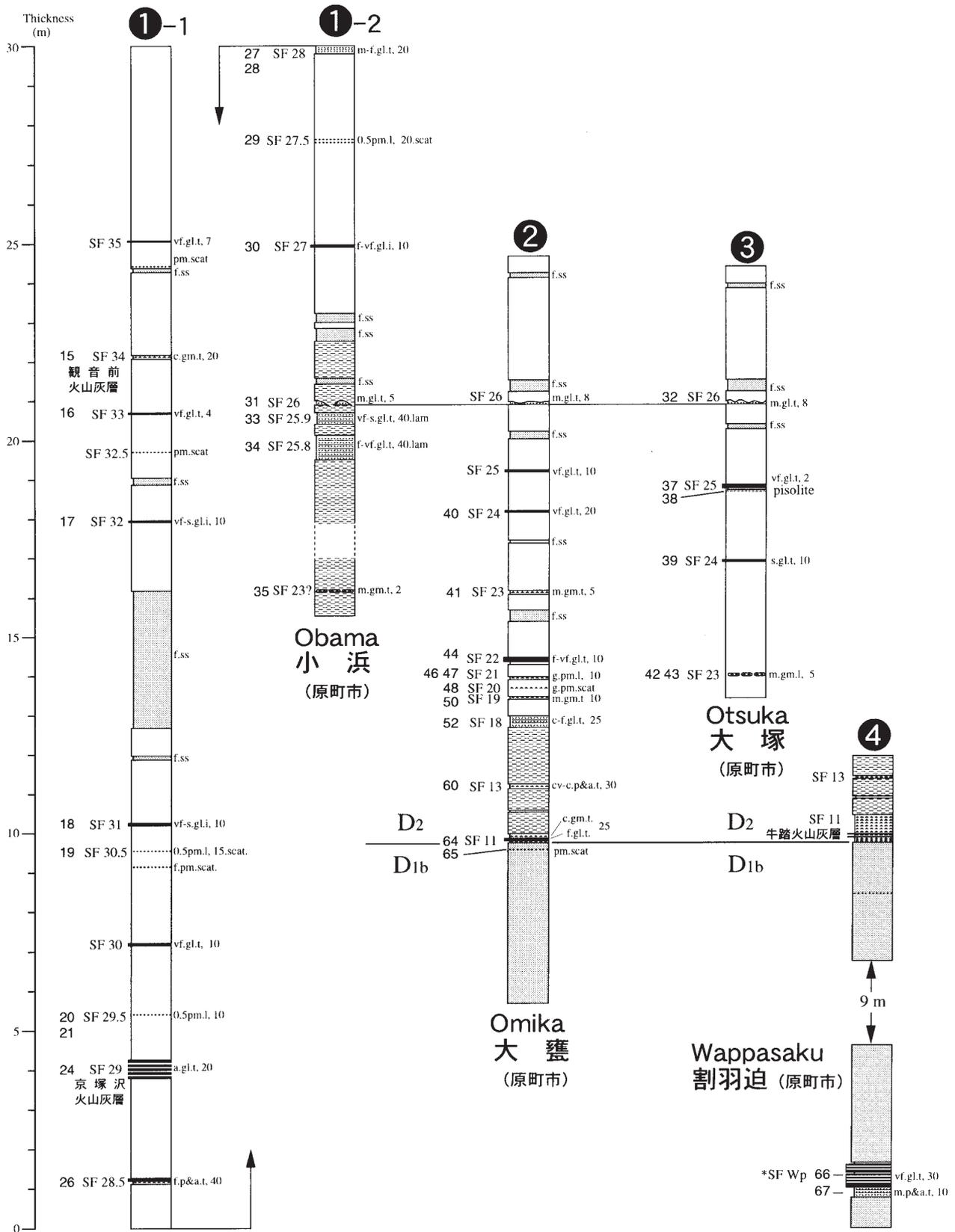
第2図 福島県浜通り地域の仙台層群の層序. 久保ほか (1990, 1994, 2002)と柳沢ほか (1996)を基に作成.
Fig. 2 Stratigraphy of the Pliocene Sendai Group distributed in the Hamadori area, Fukushima Prefecture compiled from Kubo, *et al.* (1990, 1994, 2002) and Yanagisawa *et al.* (1996).



第3図 試料採取位置地域概略図. ●~●:柱状図作成ルート番号. 四角の枠は付図第1図の範囲を示す.
Fig. 3 Locality map showing sampling sections of tephra beds. ● - ● : number of stratigraphic sections. Quadrangle frames indicate areas of maps in Appendix fig. 1.

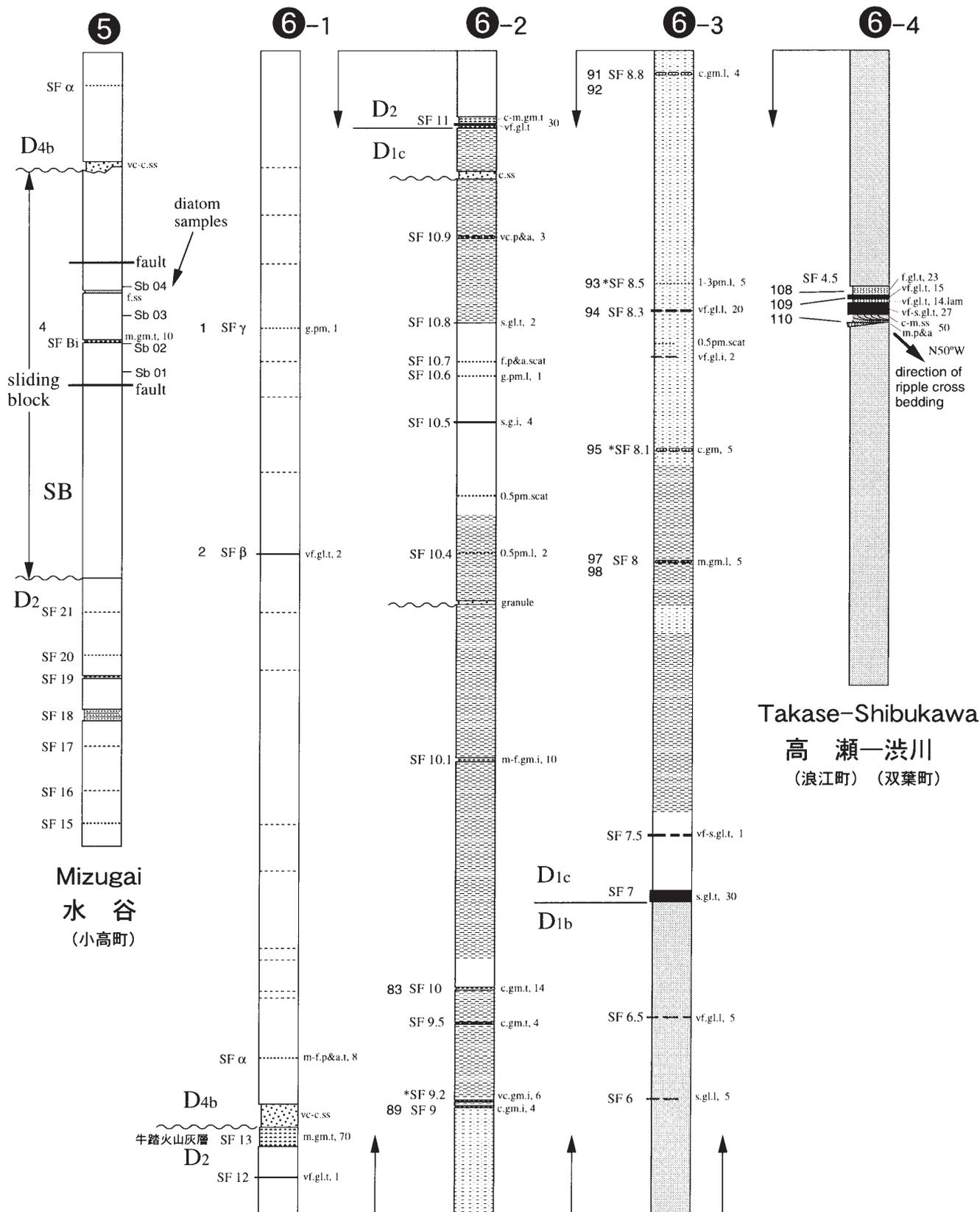


第4図 第5図の凡例.
Fig. 4 Legend for Fig. 5



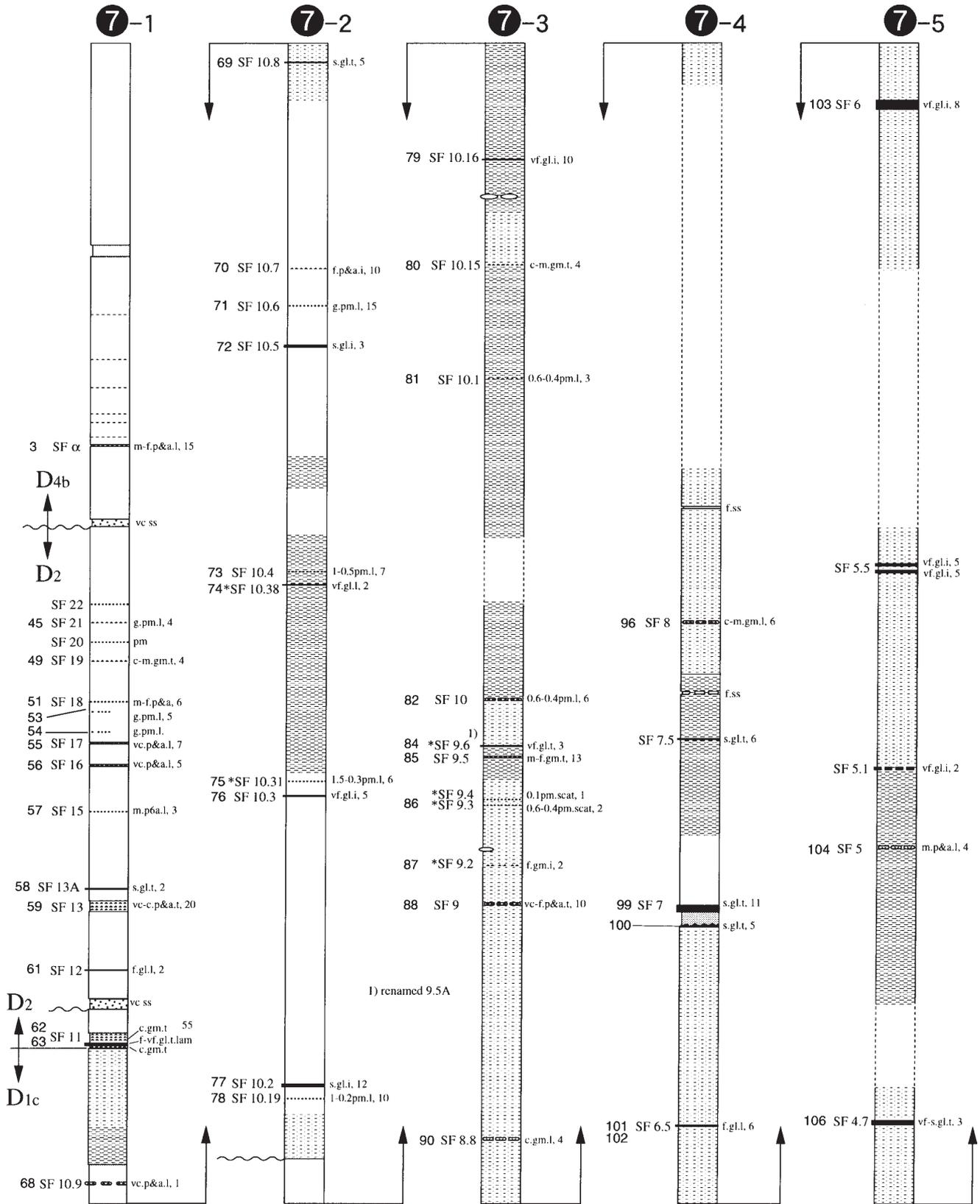
第5図 大年寺層の柱状図。凡例は第4図参照。各柱状図と火山灰層採取位置は第3図に示す。

Fig. 5 Columnar sections of the Dainenji Formation. Legend of lithology and the locations of each columnar section with each tephra sample are shown in Figs. 3 and 4, respectively.



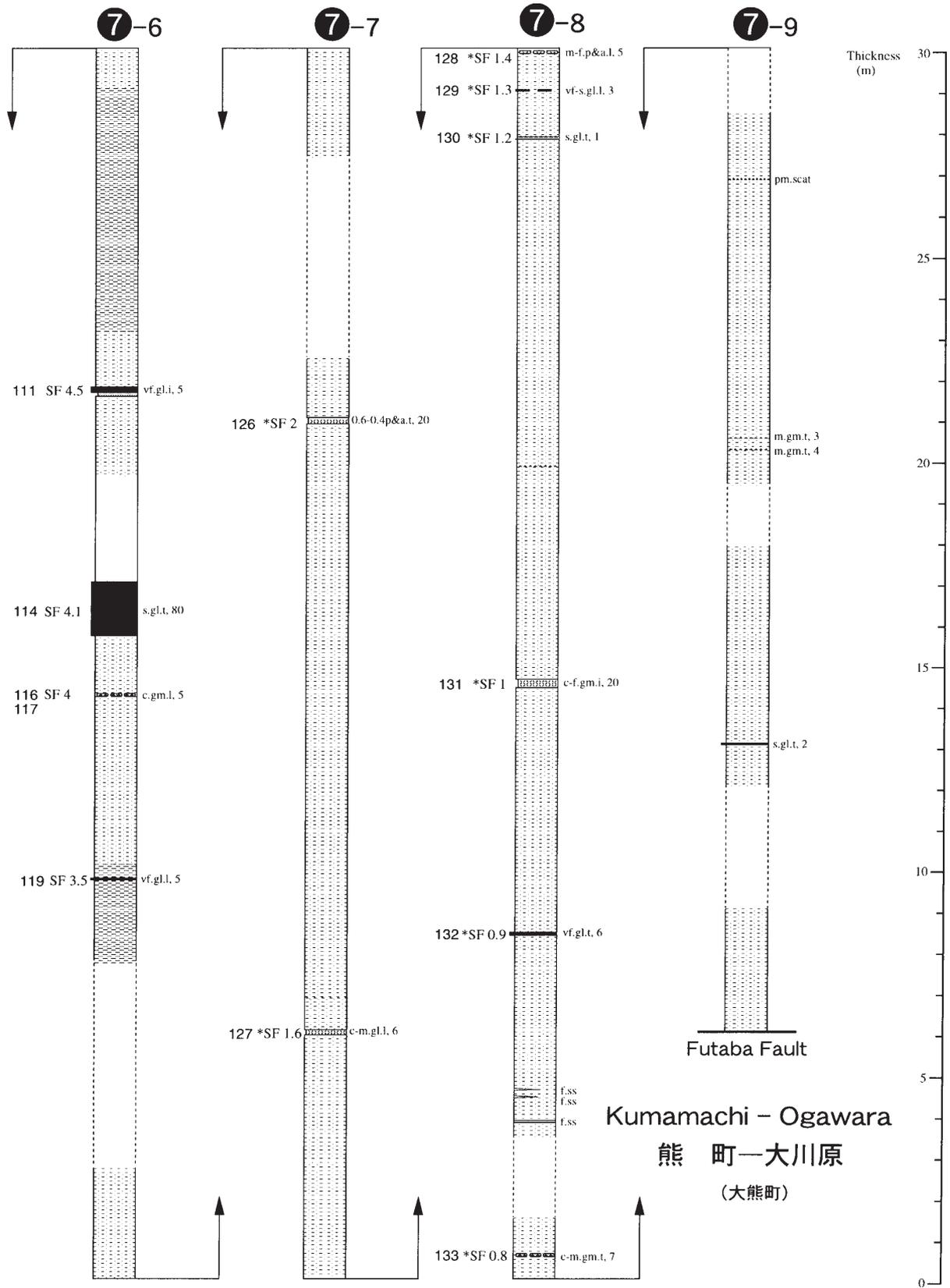
第5図 (つづき)

Fig. 5 (continued)



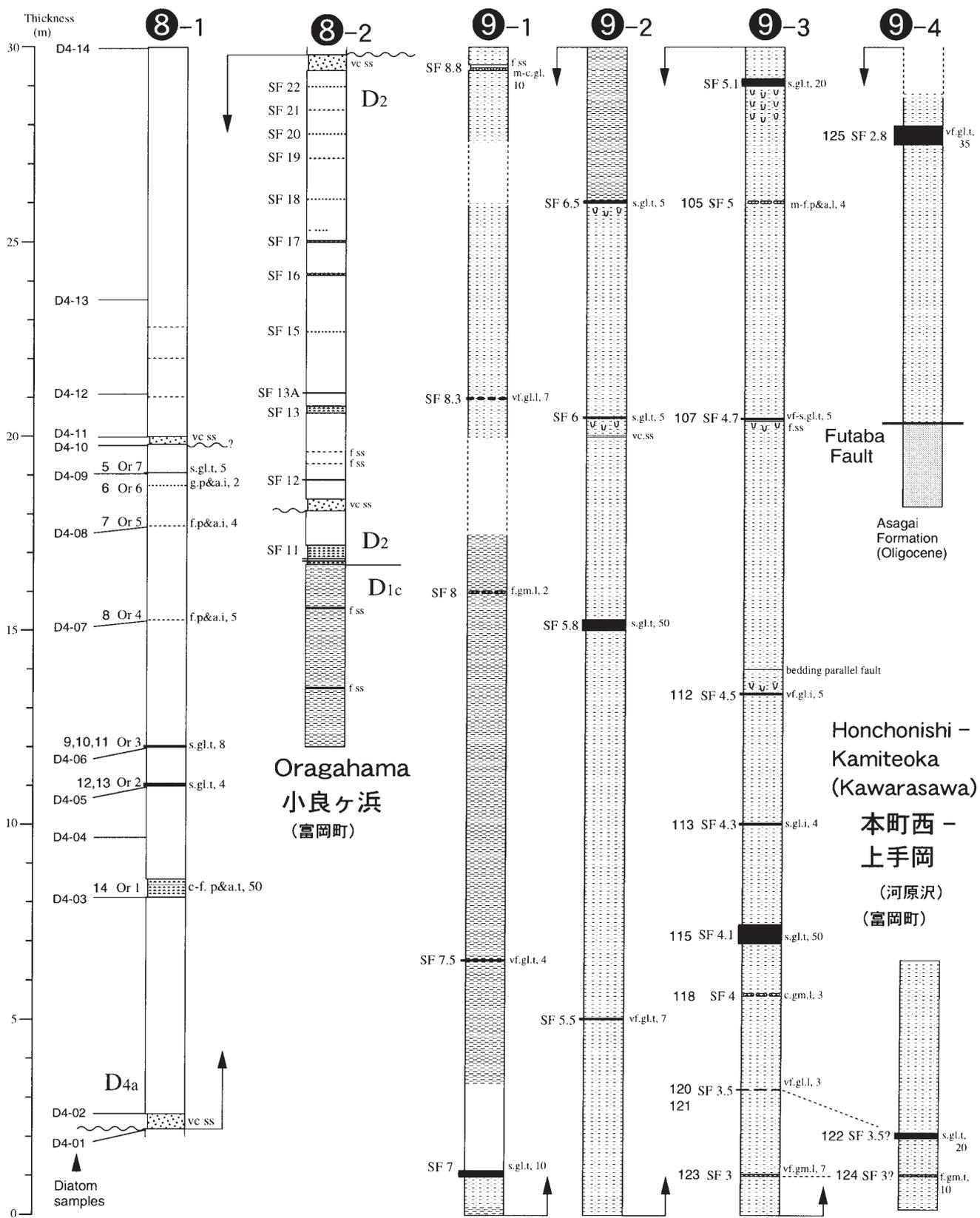
第5図 (つづき)

Fig. 5 (continued)



第5図 (つづき)

Fig. 5 (continued)



第5図 (つづき)

Fig. 5 (continued)

後、炭素を蒸着した。分析は、福島大学教育学部のEDS分析装置(JEOL製JSM5800LV+LINK ISIS X線マイクロアナライザー)を用い、各試料につき10片の火山ガラスを分析した。EDSによる分析結果(付録第1表)は、長橋ほか(2003)による補正方法を適用した。

3. 結果

3.1 テフラ層の記載岩石学的特徴

テフラ層の層相や記載岩石学的性質は、給源マグマや噴火様式に関するさまざまな情報を反映している。このうち、テフラ噴出前のマグマの化学的性質は、主として重鉍物組成に反映される(吉川, 1976)。一方、テフラ噴出時のマグマの状態及び性質は、粒子組成、化学組成及び火山ガラスの形状に表れる。また、テフラ噴出後の大気及び水中での状態は、テフラ層の粒度組成や鉍物の量比に影響する。

こうした点を踏まえて、これまでの研究では、マグマや火山噴出に関する情報を表現できるさまざまな分類や表示方法が提案されてきた。たとえば、黒川・沢栗(1984)は魚沼層群に挟在するテフラ層について、重鉍物組成を明らかにした上で、各重鉍物間の相関関係を検討し、テフラの岩質を検討する三角ダイアグラム(BHC図)を作成した。また、吉川・井内(1993)は、琵琶湖に降下・堆積した中期更新世-完新世のテフラ層について、重鉍物組成はその起源となるマグマの組成を反映することから、テフラの記載岩石学的特徴を識別するのに有効であることを示した。また、吉川(1976)及び黒川・沢栗(1984)は、比較的酸性のテフラが卓越する場合は、マグマの組成の特徴を把握するのに単斜輝石の含有比が特に重要であることを指摘している。

本論では、吉川・井内(1993)のタイプ区分に準じて、火山ガラスの形状比、重鉍物比、粒子組成比を用いてテフラのタイプ分けを行った。

火山ガラスの形状比は、扁平型ガラス主体のテフラ(H型)・中間型ガラス主体のテフラ(C型)・多孔質型ガラス主体のテフラ(T型)の3成分の比で判別する(第7図)。

重鉍物比は、(普通角閃石)-(斜方輝石)-(単斜輝石)の3成分の比を算出し、普通角閃石を多く含むテフラをH型、斜方輝石を多く含むテフラをO型、単斜輝石を多く含むテフラをC型とする(第8図)。

粒子組成は、吉川(1976)によるガラスと結晶の量比を用いて区分する。すなわち(火山ガラス)-(石英+斜長石)-(重鉍物)の3成分の比を算出し、結晶(斜長石+石英、重鉍物)の含有比25%を境にして、火山ガラスを多く含むテフラをV型、結晶を多く含むテフラをC型に区分する(第9図)。

大年寺層に狭在するテフラの火山ガラスの形状は、中間型ガラス(C)が主体で特にバブル状の気泡を持つCa型ガラスが多い(第1表、第7図)。これに対し、扁平型ガラス及び多孔質型ガラスを主体とするテフラは少ない。

重鉍物組成では、普通角閃石を多く含むテフラと斜方輝

石を多く含むテフラが圧倒的に多い(第1表、第8図)。これに対し、単斜輝石を多く含むテフラは少なく、C型に分類されるテフラはわずか2層のみである(第1表、第8図)。黒雲母(Bt)の含有量は全体的に少ないが、4層のテフラ層(SF γ , SF Bi, SF4.5, SF5)のみ黒雲母含有量が40%を越えている(第1表)。そのほかジルコン(Zrn)とリン灰石(Ap)の含有量はそれぞれ0~5.9%, 0~4.4%であり、カミングトン閃石(Cum)がまれに、ザクロ石(Grt)と酸化角閃石(oxHbl)もごくまれに含まれる(第1表)。

粒子組成では、結晶質型(C型)とガラス質型(V型)がほぼ同程度みられる(第9図)。また、V型及びC型を問わず石英+斜長石の量は重鉍物の量より多く(第1表)、その傾向はV型で顕著である。斜長石と石英の含有量を比較した場合、一般に石英が斜長石より多く、斜長石が石英を上回るテフラはまれである(第1表)。また、石英及び斜長石は、薄く割れた破片状のものが多く。

以上述べたガラスの形状、重鉍物組成、粒子組成による3つの区分を組み合わせて、以下のようにテフラをタイプ分けする。例えば、中間型ガラス主体(C)、普通角閃石主体(H)、ガラスの含有量が75%以上(V)のテフラはCHV型と表す。このようにするとテフラは、18(3 x 3 x 2)のタイプに区分することができる。しかし、大年寺層では、HHC型、HCV型、HCC型、CCV型、CCC型、THV型テフラはなく、それ以外の12タイプが存在する(第10図)。また、重鉍物組成比がちょうど中間の値を示し、分類されなかったテフラが2層(C?C型)ある。

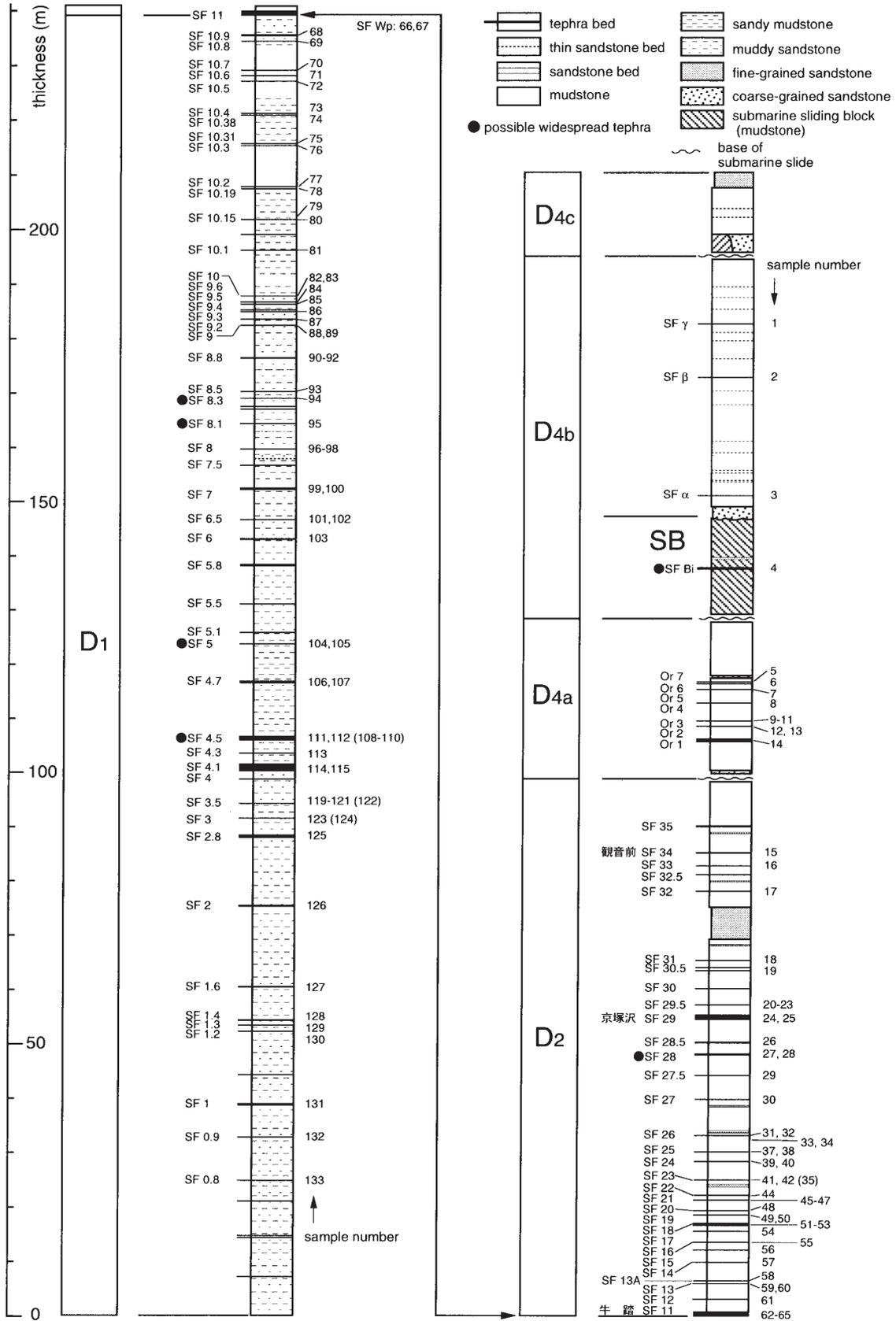
大年寺層に狭在するテフラでは、中間型ガラス・普通角閃石主体のガラス質テフラ(CHV型)が133試料中34試料と最も多く、次いで中間型ガラス・普通角閃石主体の結晶質テフラ(CHC型)が32試料である(第10図)。また、中間型ガラス主体・斜方輝石主体・結晶テフラ(COC型)が30試料と多く、次いでガラス質テフラ(COV型)が9試料と多い。その他のタイプは全て6試料以下と出現頻度は低い。

3.2 火山ガラスの化学組成

大年寺層テフラ層のうち98層について、103試料の分析を行い、1029点の分析結果を得た(付録第1表)。

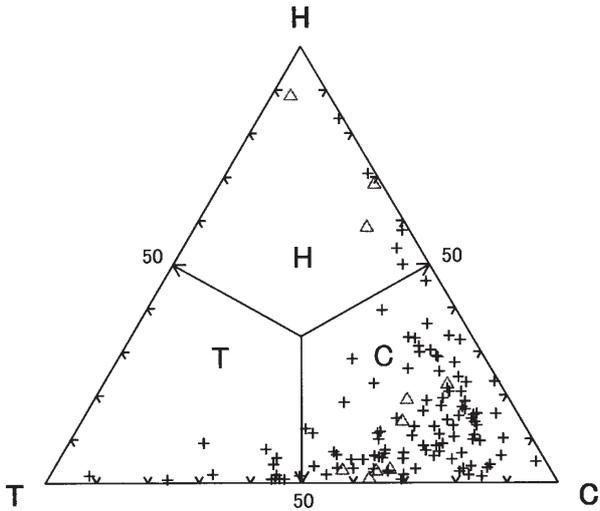
大年寺層に狭在するテフラの火山ガラスはSiO₂量68.8~80.0 wt.%, TiO₂量0~0.8 wt.%, Al₂O₃量11.8~16.1 wt.%, FeO*量0.2~5.1 wt.%, MnO量0~0.6 wt.%, MgO量0.1~1.1 wt.%, CaO量0.1~5.0 wt.%, Na₂O量1.1~4.9 wt.%, K₂O量0.9~5.7 wt.%である(第11図)。

全データをSiO₂-各酸化物図にプロットした(第11図)。Gill(1981)のK₂O量区分を拡張し分類すると、大年寺層に狭在するテフラは大きくHigh-K, Medium-K, Low-Kに三分される。このなかでMedium-K領域のテフラには、K₂O量が比較的集中(標準偏差が0.25以下)しているテフラ(A)、K₂O量に幅を持つテフラ(B)、K₂O量が低い値と高い値のバイモーダルに現れるテフラ(C)が認められる。



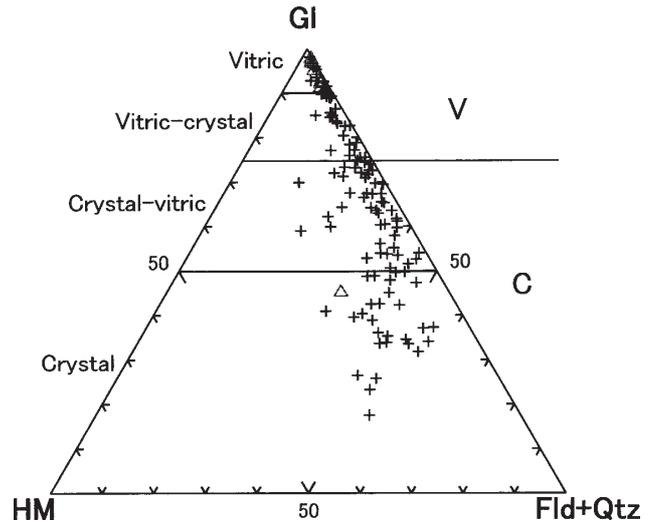
第6図 大年寺層の総合柱状図(柳沢ほか, 2003).

Fig. 6 Composite columnar section of the Dainenji Formation (Yanagisawa *et al.*, 2003).



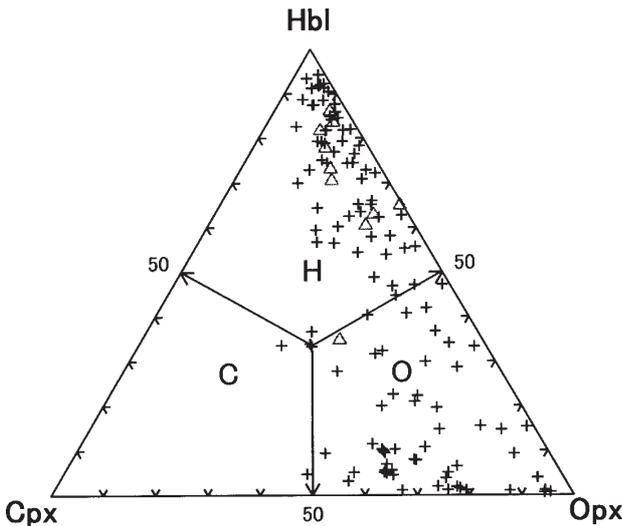
第7図 火山ガラスの形状区分図。H:扁平型ガラス, C:中間型ガラス, T:多孔質型ガラス。三角の凡例は広域テフラと推定されるテフラを示す。

Fig. 7 Discrimination diagram of glass shapes. H: bubble wall, C: intermediate, T: pumice sponge. Symbol of triangle represents a possible widespread tephra.



第9図 テフラの鉱物組成区分図。Hm:重鉱物, GI:火山ガラス, Fld:斜長石, Qtz:石英。分類はCook(1965)による。三角の凡例は広域テフラと推定されるテフラを示す。

Fig. 9 Discrimination diagram of mineral assemblages. Hm: heavy minerals, GI: volcanic glass, Fld: feldspar, Qtz: quartz. Classification is from Cook (1965). Symbol of triangle represents a possible widespread tephra.



第8図 テフラの重鉱物組成区分図。Hbl:普通角閃石, Opx:斜方輝石, Cpx:単斜輝石。三角の凡例は広域テフラと推定されるテフラを示す。

Fig. 8 Discrimination diagram of heavy minerals. Hbl: hornblende, Opx: Orthopyroxene, Cpx: clinopyroxene. Symbol of triangle represents a possible widespread tephra.

Tephra-type	Frequency					
	5	10	15	20	25	30
HHV	5					
HOV	1					
HOC	1					
CHV	30					
CHC	28					
COV	10					
COC	28					
THC	5					
TOV	5					
TOC	5					
TCV	1					
TCC	1					

第10図 各タイプ別テフラの出現頻度

Fig. 10 Advent frequency of distinction of each type tephra.

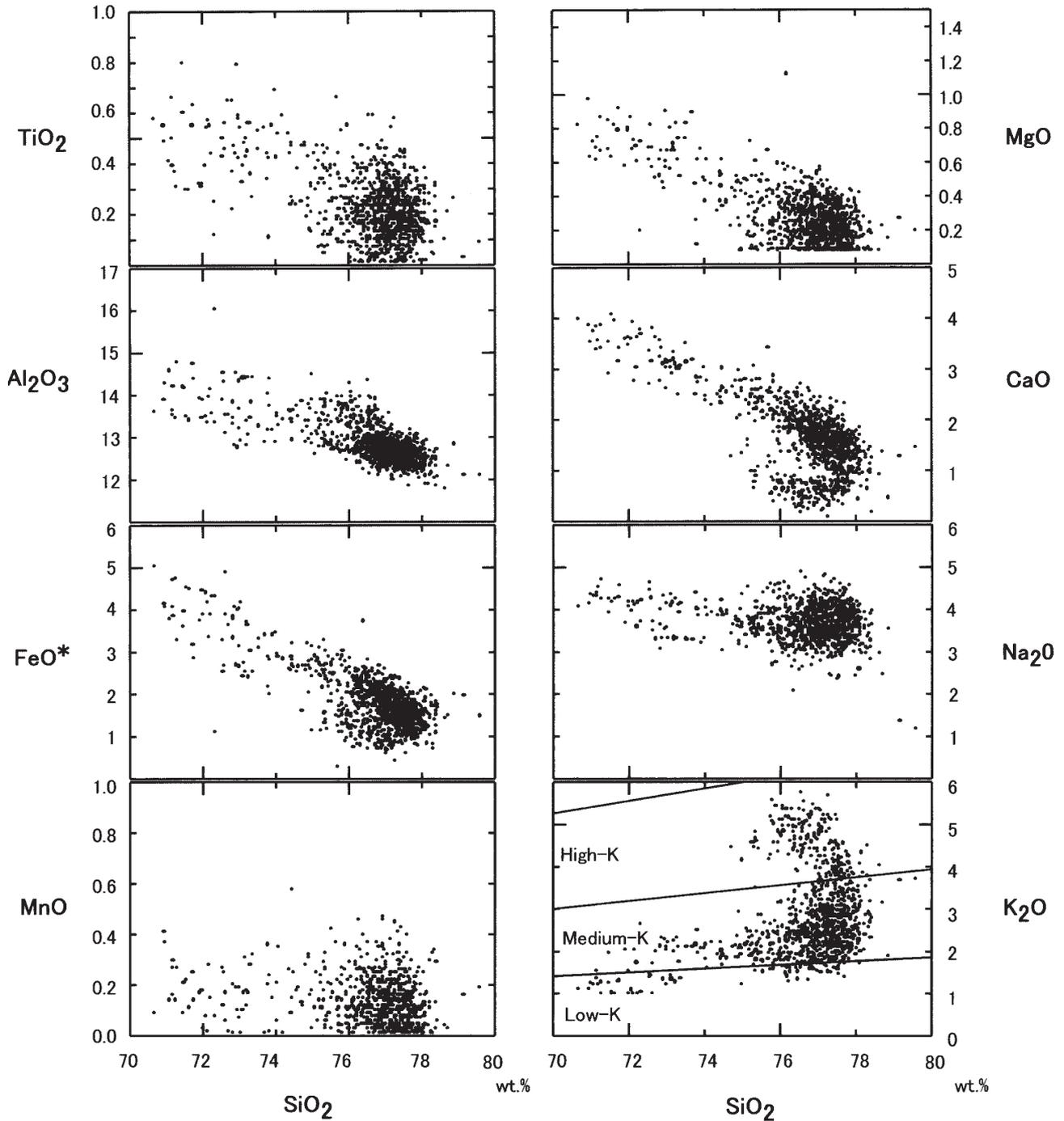
以上のうち、火山ガラス化学組成の傾向を明瞭に示すため、 K_2O 量が比較的集中するテフラのみをプロットした図を第12図に示す。すなわち、High-K, Low-Kのテフラと、Medium-Kのうち K_2O 量が集中するテフラ(A)に関して、それぞれ記号を変えプロットしている。ただし(A)については、試料毎に K_2O 量が集中する範囲を更に細かく区分することが可能であり、ここでは、① K_2O 量1.5~2.5 wt.%, ② K_2O 量2~3 wt.%, ③ K_2O 量2.5~3.5 wt.%の3つに細分して表示している。

まず、Low-K領域のテフラは SiO_2 量が70.5~73.5 wt.%

で、 K_2O , Na_2O , CaO では比較的集中するが、 FeO^* , Al_2O_3 では異なる2つのトレンドを描く。

Medium-K領域のテフラのうち、①は SiO_2 量が71~79 wt.%と幅があり、 CaO , FeO^* , Al_2O_3 で直線状のトレンドを描く。②は SiO_2 量が73.5~78 wt.%に集中する。③は SiO_2 量が72~78 wt.%と幅があるが、1点を除くと、76.5~78 wt.%の狭い範囲に収まる。

High-K領域のテフラは、 SiO_2 量では74.5~77 wt.%と狭い範囲に集中し、 K_2O 量ではLow-K・Medium-Kのテフラ層とは明らかに異なるクラスターを作る。また、 FeO^* , CaO 量でも、Low-K・Medium-Kのテフラ層より有意に低い値を示し、その間に明瞭なギャップが認められる。更に、 Al_2O_3 量も、High-K領域のテフラはLow-K・Medium-Kのテフラより



第11図 全分析結果ハーカー図.
Fig.11 Harker diagram of all analysis.

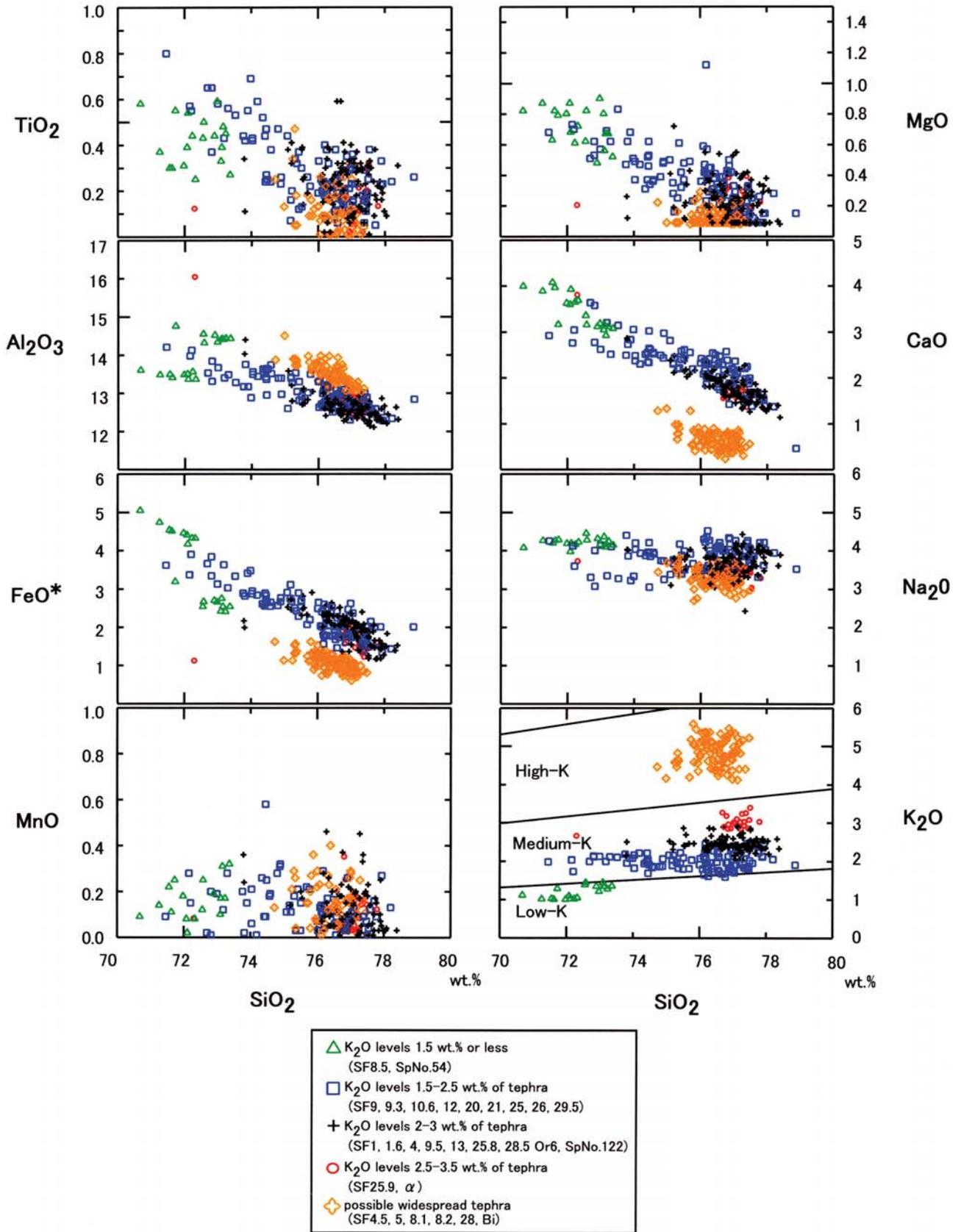
明らかに高い値を示す。

4. 考 察

4.1 テフラ層の堆積様式

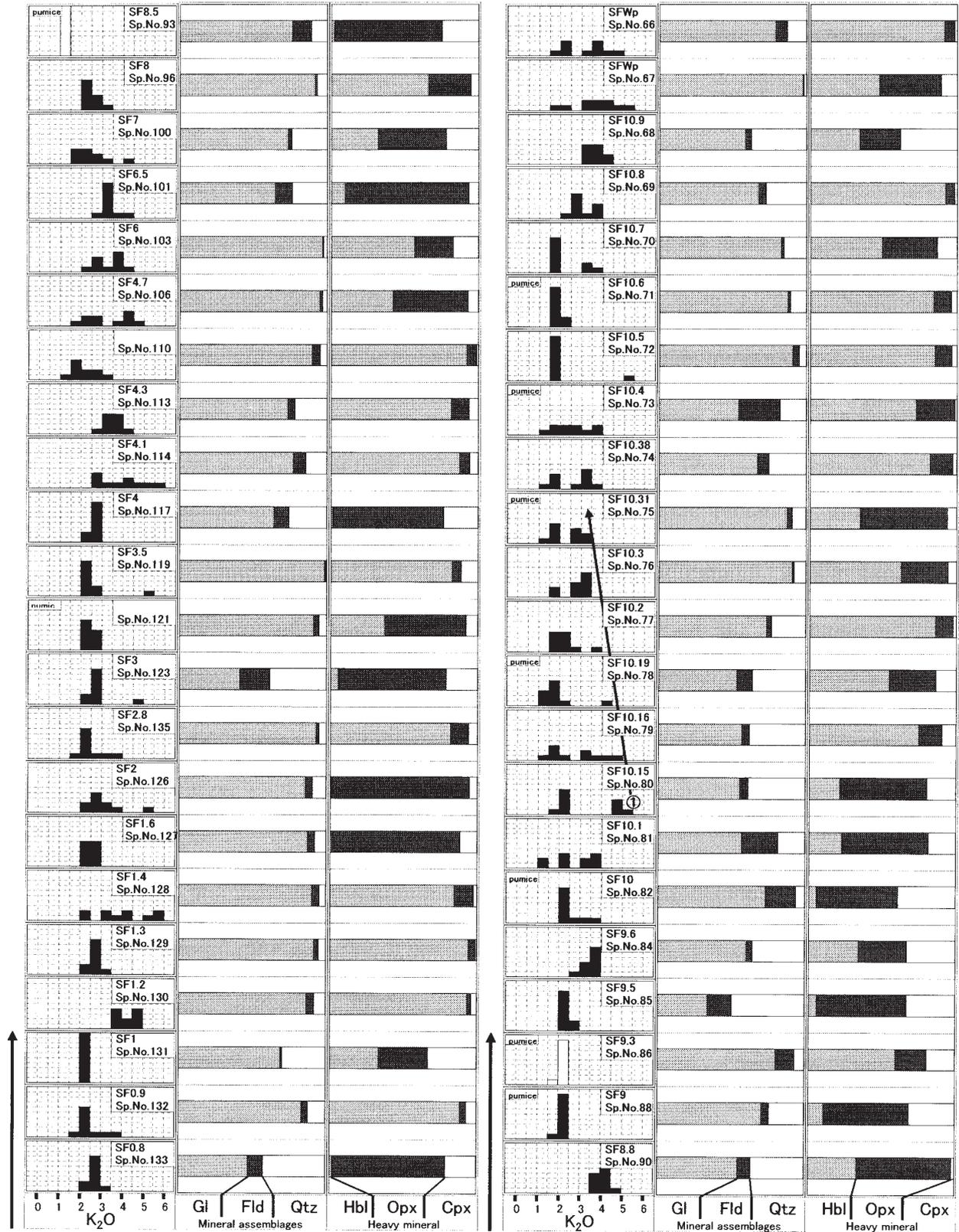
調査地域の大年寺層のテフラ層は層厚数cmの薄層の細粒ガラス質テフラが多いことから、降下テフラが主である

と考えられる。しかしながら、内部に平行もしくは斜交葉理の発達するテフラ層（例えばSF4.5, SF30.5, SF31, Or 1）もあり、これらは降下後に水流の影響を受けて堆積したものと考えられる。また、レンズ状の軽石片濃集層は、円磨され、粒径のそろった軽石から成る。これらも再移動・再堆積したものと考えられる。



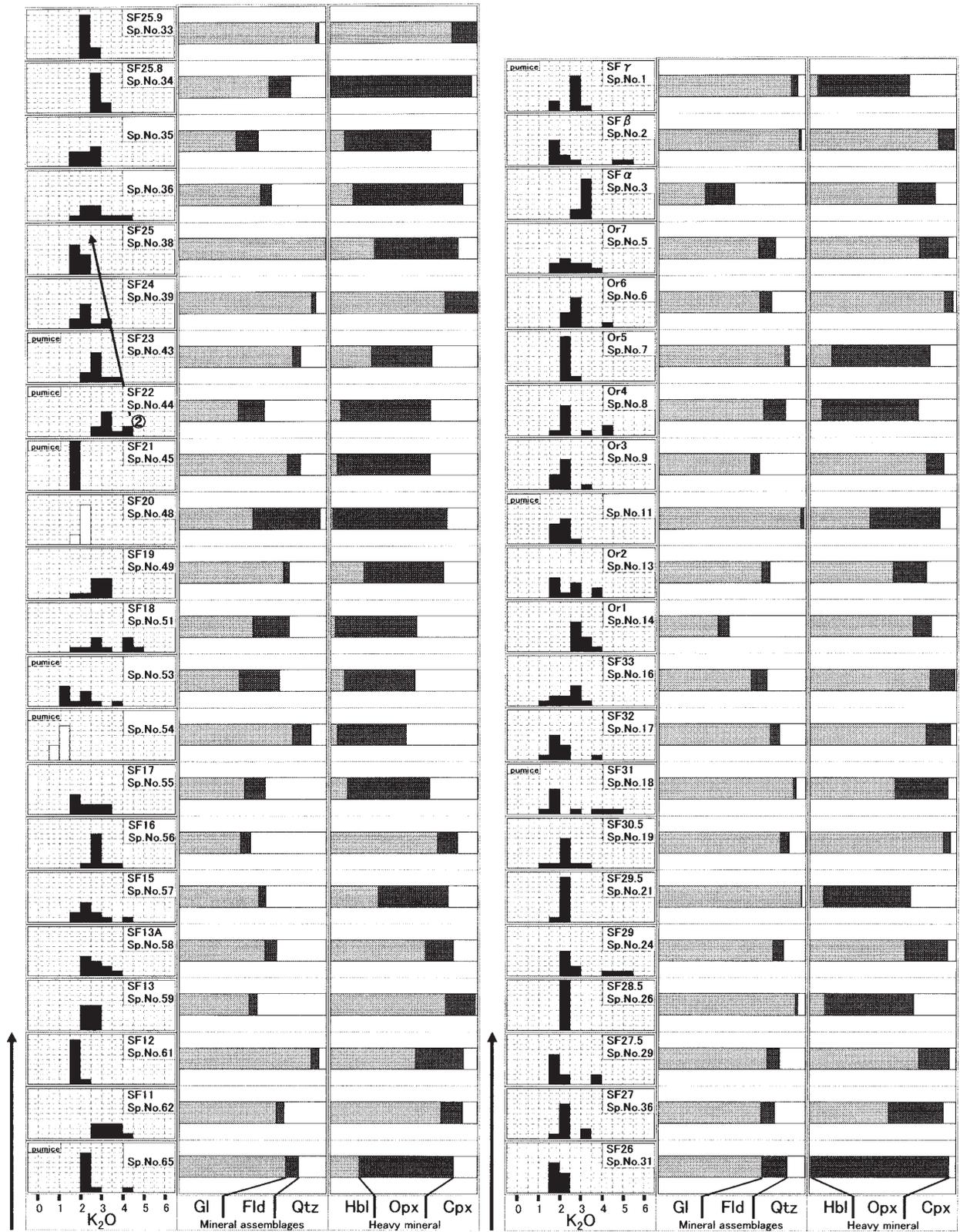
第12図 分析結果ハーカー図. 本図にプロットした点はK₂O量標準偏差の小さいもののみ, K₂O量の違いによって記号を変えている. 詳細は本文参照.

Fig. 12 Harker diagram of analysis. Data with small standard deviation in K₂O wt.% are shown on diagram. Symbols show K₂O levels.



第13図 K₂O量及び記載岩石学的性質の経時変化.

Fig. 13 Temporal change of K₂O wt.% of volcanic glass and petrographical characteristics.



第13図 (つづき)
Fig. 13 (continued)

4.2 火山ガラスの K_2O 量の層的变化

K_2O 量はマグマの化学的性質の経時的变化を検討するのに適している(例えば酒寄, 1991など)。そこで, ここではマグマのメルト組成を示している火山ガラスの K_2O 量に着目し, Low-KとMedium-K領域のテフラについて, K_2O 量と粒子組成比(Gl, Fld, Qtz)及び重鉍物比(Hbl, Opx, Cpx)とを組み合わせて, その層的变化について検討する(第13図)。なお, 後で述べる広域テフラの可能性のあるSF4.5, SF5, SF8.1, SF8.3, SF28, SFBiは除いて議論する。

第13図で K_2O 量の最も高い値を示すデータを上位に追っていくと, K_2O 量が次第に減少していく傾向がいくつか見て取れる。このような減少傾向のうち, その下位の近接した層位に K_2O (0.89~2.44 wt.%)と SiO_2 (68.78~75.09)に乏しいテフラ(SF8.5, SF9.3, Sp No.54, SF20, 図中白抜きのヒストグラム)を伴うものがある。具体的には, SF10.15からSF10.31(①), SF22からSF25(②)である。このうちの, ①では, K_2O 量がバイモーダルに現れている。ここでは, K_2O 量の低い方の値は下位から上位にかけてあまり変化せず, K_2O 量の高い値が下位から上位にかけて減少している。

K_2O 量にみられる減少傾向と層位的な記載岩石学的特徴との対応については, 2つの減少傾向に共通するような記載岩石学的性質の明確な対応は認められない。ただし, 減少傾向にあるテフラは, 重鉍物組成において, その下位の K_2O と SiO_2 に乏しいテフラより普通角閃石に富む傾向がある。

大年寺層に狭在するテフラ層には, K_2O 量に関してバイモーダルな場合やブロードな場合が認められる。その原因として, マグマの組成変化以外のケースも考えられる。それは, 火山ガラスが風化・変質して組成が変化する場合と, 再堆積過程で組成の異なるテフラと混合した場合である。組成がバイモーダルを示すテフラ層における風化ガラス含有量は5%程度であり(第1表), そもそも, あまり多くの風化ガラスは含まれていない。また, 仮に分析プレパラートに存在し, それをEDSで分析したとしても, 成分総量が明瞭に低い値を示すことから識別可能である。一方, 二次堆積の可能性については, K_2O 量がバイモーダルなテフラの直下に, 混合の起源となるような K_2O 量の高いテフラや低いテフラが存在している訳ではない(第13図)。また, マグマの組成を正確に反映していると考えられる軽石片においても K_2O 量がバイモーダルに現れる(例えばSF10.1, SF10.19, SF10.31など)。これらのことから, K_2O にみられるバイモーダルな特徴は風化や堆積過程によるものではなく, マグマそのものの性質とその変化を反映していると推定される。実際, K_2O にほとんど変化が認められない時期には, ほぼ一定の K_2O に乏しいマグマが卓越しているが, その K_2O 量はバイモーダルな場合(①)の低 K_2O 側の組成にほぼ一致している。このことは, 高 K_2O マグマの形成が, マグマ溜りの頂部のような特別な場所に一時的に起った可能性を示唆している。

4.3 広域テフラの同定

大年寺層に挟在するテフラ層のうち, High-K領域のテフラ層(SF4.5, SF5, SF8.1, SF8.3, SF28, SFBi)は, Medium-KやLow-Kのものと比較して, CaO量(約1.5 wt.%以下), FeO量(約1.6 wt.%以下)ともに低い値を示し, また, Al_2O_3 が高い値を示し, 他のテフラ層とは明瞭に異なる範囲にプロットされる(第12図)。更に, これらのテフラ層は黒雲母の含有量が高い(4.5~75.5%)という共通した特徴を持つ(第1表)。また, ザクロ石(Grt)をわずかながら含む(0.5%)テフラ層(SF5, SF8.1)や, バブルジャンクション型ガラス主体のテフラ層(SF4.5)などが認められる。このような特徴は, 大年寺層の他のテフラとは明らかに異なっている。

SF4.5, SF5, SF8.1, SF8.3は岩相区分の D_1 の比較的下部, SF28は D_2 の中部, SFBiは D_{4b} の海底地すべりブロック(SB)中に挟在する(第14図)。

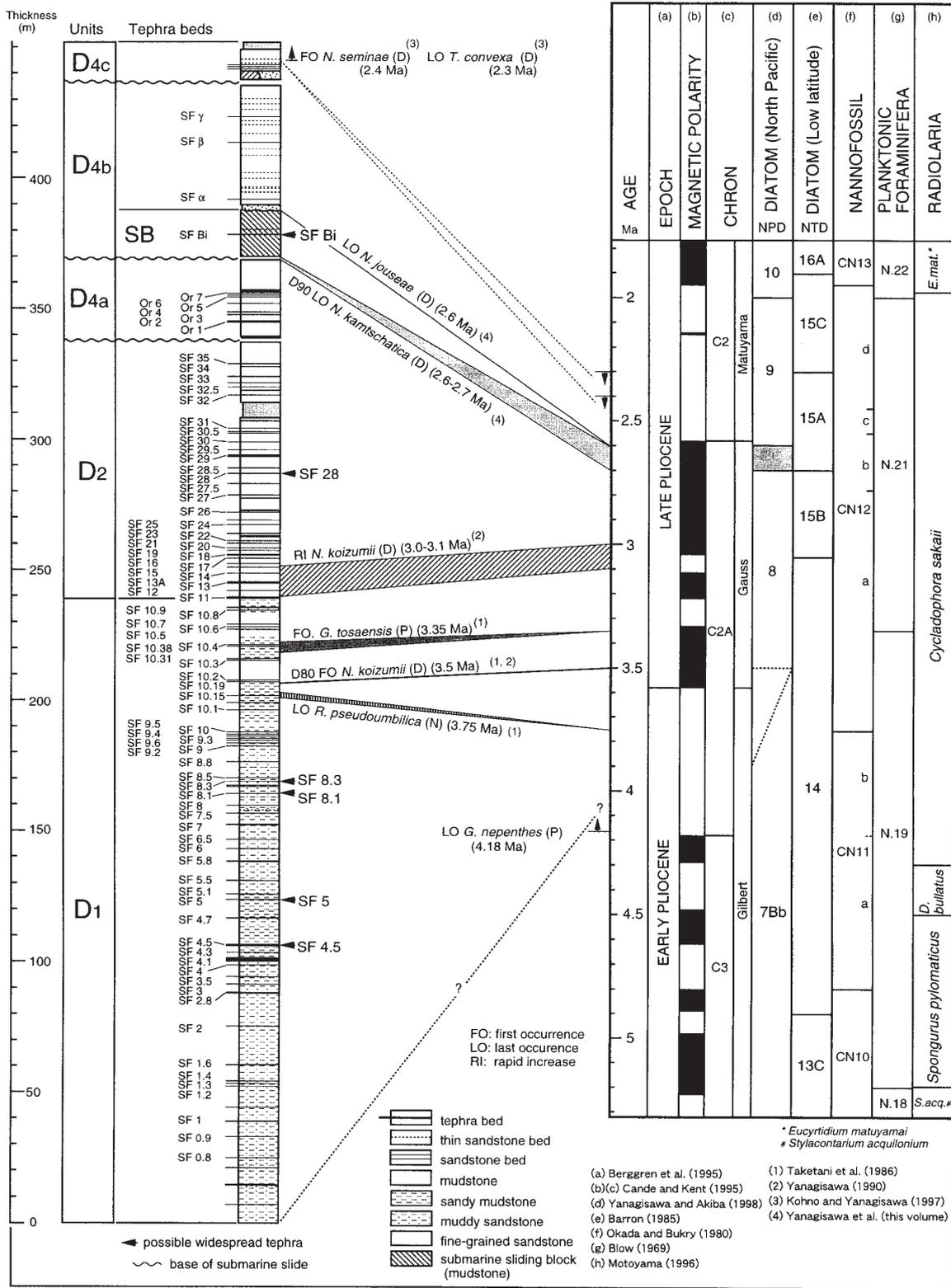
柳沢ほか(2003)による大年寺層の年代層序に基づくと, D_1 のSF4.5, SF5, SF8.1, SF8.3は, 石灰質ナノ化石の*Reticulofenestra pseudumbilica*の終産出層準(3.75 Ma, 年代は斎藤, 1999による。)より下位にあるので, これらの火山灰層は3.75 Maより古いことは確実である。しかし, 柳沢ほか(2003)が議論しているように, 大年寺層の下限の年代が現状では明確ではないので, これらのテフラ層の下限を与える年代について確かなことは言えない。

D_2 中部にあるSF28は, 珪藻の*Neodenticula koizumii*の急増層準(渡辺, 2002: 3.0-3.1 Ma)とYanagisawa and Akiba (1998)の生層準 $D90$ (*Neodenticula kamtschatica*の終産出層準, 2.6~2.7 Ma)の間にある。この区間での堆積速度をほぼ一定と仮定し, かつ D_2 と D_{4a} の間に海底地すべりによる地層の欠如があることを考慮すると, SF28の年代は2.9 Ma前後と推定される。

D_{4b} の海底地すべりブロック(SB)中のSFBiは, 珪藻の生層準 $D90$ (2.6~2.7 Ma)と*Nitzschia jouseae*の終産出層準(2.6 Ma)の間にある。このことから, その年代は2.6~2.7 Maと限定できる。

東北脊梁部では, 後期中新世と鮮新世の時期に多数のカルデラが形成されたことが指摘されている(吉田ほか, 1999)。大年寺層に多数挟在するMedium-K及びLow-Kのテフラ層には, 粗粒な軽石(径数mm~3 cm)を含むものや, 層厚が厚い(数10~80 cm)もの等があることから(第1表), 給源が遠方であるとは考えにくい。したがって, Medium-K及びLow-Kのテフラ層の給源は東北地方脊梁部のカルデラ火山であると推定される。一方, High-Kテフラ層(SF4.5, SF5, SF8.1, SF8.3, SF28, SFBi)は, 薄層(4~23 cm)で, 細粒なテフラ層であり(第1表), Medium-K及びLow-Kテフラ層とは異なった特徴を持つことから, その給源は遠く離れた西方の地域もしくは, 東北日本背弧側の地域からもたらされた広域テフラ層である可能性が考えられる。

近年, 鮮新世においては広域テフラ層が相次いで発見され, 例えば新潟地域のZnpテフラ層(黒川ほか, 1987)は,



第14図 大年寺層の年代層序. 柳沢ほか(2003)を簡略化.

Fig. 14 Chronostratigraphy of the Dainenji Formation, simplified after Yanagisawa *et al.* (2003).

富山県氷見層群阿尾累層のPMテフラ層(渡辺, 1990)や愛知・三重両県に分布する東海層群の東郷・大田・大谷・阿漕テフラ層(牧野内, 1975)に対比されることがわかってきた(Kurokawa and Tomita, 1998). また, 新潟地域のFtjテフラ層も, 氷見層群のUNテフラ層, 東海層群の南谷2テフラ層に対比されている(Kurokawa and Tomita, 2000). そのほか, 数層の広域テフラ層が各地域で確認されている(里口ほか, 1999; 黒川, 1999b). これらの広域テフラ層のうち, 幾つかはその給源が中部地方にあることも判明している(長橋ほか, 1996, 2000など).

大年寺層中のHigh-Kテフラ層の中には, これらの広域テフラ層と火山ガラスの形状・化学組成及び鉱物組成が類似し, かつ推定される年代も近接しているものがある. 今後, 更に詳しい比較検討が必要ではあるが, 大年寺層中のHigh-Kテフラ層のうち, 幾つかは中部・新潟・北陸地域で確認されている広域テフラ層に対比できる可能性がある.

5. まとめ

本研究では福島県太平洋岸の浜通り地域中部に分布する大年寺層に挟在するテフラ層について, 記載岩石学的特徴(粒度組成・粒子組成・重鉱物組成・火山ガラスの形状)と火山ガラスの化学組成を系統的に明らかにした. その結果以下のことが明らかとなった.

- (1) 大年寺層中のテフラ層は, 細粒ガラス質で斜方輝石もしくは普通角閃石の割合が大きく, 中間型ガラスを主体とするものが多い.
- (2) 火山ガラスの化学組成はSiO₂量が69~74 wt.%でLow-K領域のものと, SiO₂量が72~79 wt.%でMedium-K領域のもの, SiO₂量が75~78 wt.%でHigh-K領域のものに, 大きく三分できる.
- (3) K₂O量がMedium-K領域及びLow-K領域のテフラ層は, 層位的に下位から上位へとK₂O量が減少するサイクルが少なくとも2回認められ, これは給源マグマ溜りの組成累帯を反映している可能性が示唆される.
- (4) 大年寺層に挟在するテフラ層のうち, 6層(10試料)から, 黒雲母に富み, High-K領域にプロットされるテフラ層が発見された. このような性質を有するテフラ層は, 他の大年寺層中のテフラ層とは明瞭に区別され, 鮮新世の広域テフラである可能性がある.

以上, 柳沢ほか(2003)及び本論文によって, 東北地方南部のテフラ層序とその年代層序が確立し, ほとんどのテフラ層の岩石学的特徴が明らかとなった. また, これらのテフラ層のうち幾つかは広域テフラ層である可能性があることが判明した. これにより, 関東以西地域との広域対比を含めて, 鮮新世における東北地方南部のテフラ層序を, 全国規模のテフラ層序の枠組みに組み込んでゆく見通しが得られた. 今後, こうした基盤の上に, 時間精度の高い広域的環境変遷の復元, あるいは鮮新世における詳細な火山活動変

遷史の解明など, これまで東北地方ではあまり行われてこなかった新たな研究が進展してゆくことが期待される.

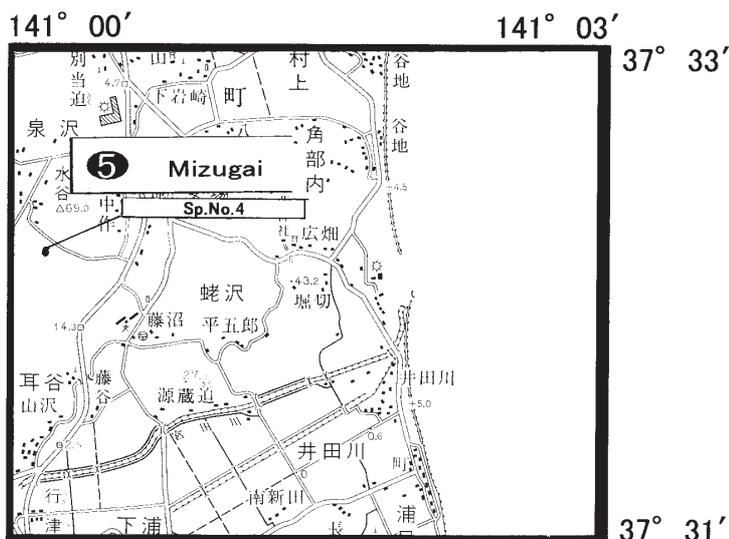
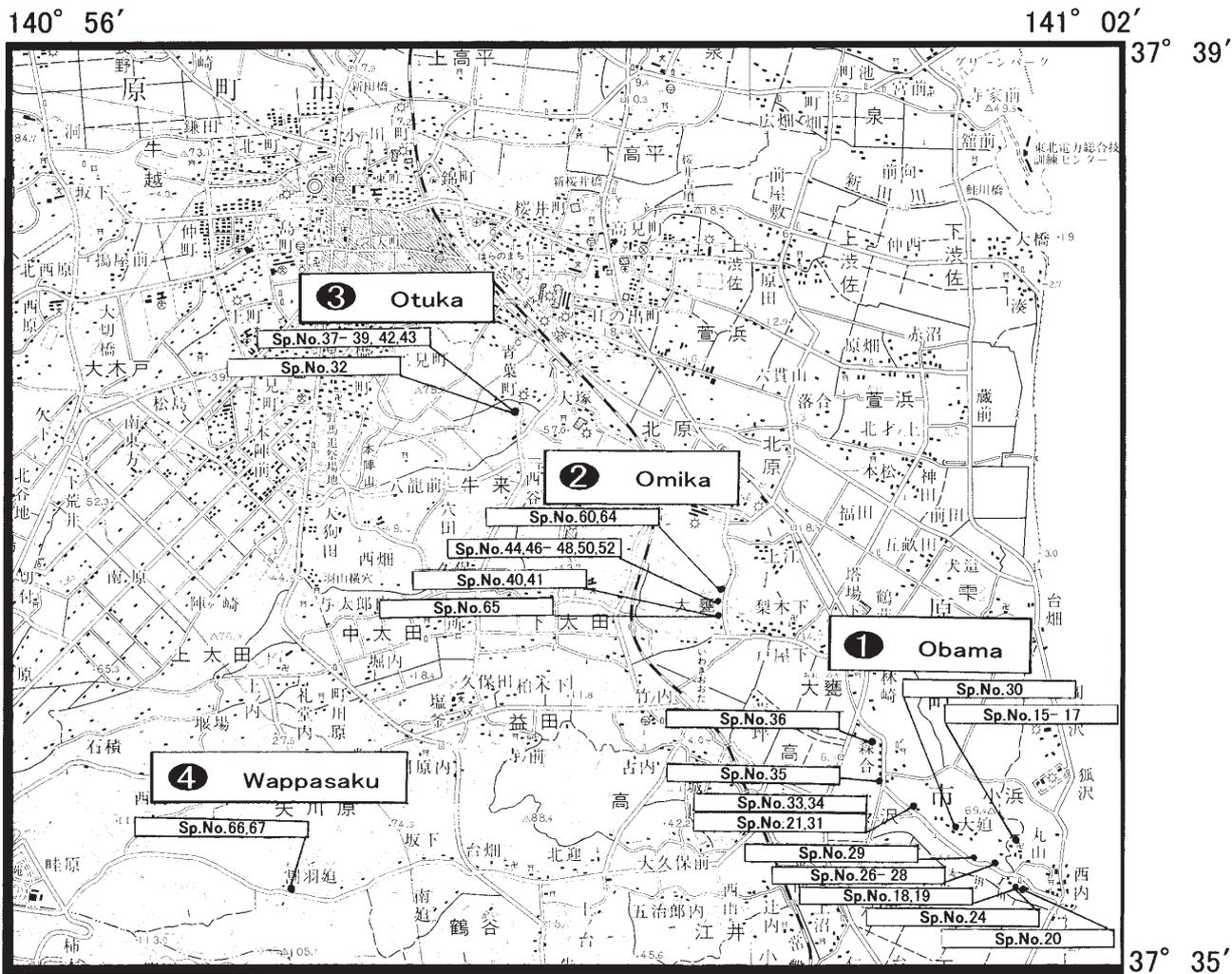
謝辞: 地球科学情報研究部門の古川竜太研究員及び吉川敏之研究員には, 査読を通じて有益なコメントをいただいた. ここに記して謝意を表する. 本研究は地球科学情報研究部門の複合年代層序の研究の一部として実施した. また, 本研究には, 日本学術振興科学研究費補助金(基盤研究(A), 課題番号:12304031代表者:吉田武義)の一部を使用した.

文 献

- Barron, J. A. (1985) Miocene to Holocene planktic diatoms. In Bolli, H. M., Saunders, J. B. and Perch-Nielsen, K. eds., *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 763-809.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III and Aubry, M.-P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *SEPM Spec. Publ.*, no. 54, 129-212.
- Blow, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H. H. eds., *Proc. First Intern. Conference on Planktonic Microfossils*, **1**, 199-422. Leiden, Netherlands.
- Cande, S. C. and Kent, D. V. (1995) Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **100**, 6093-6095.
- Cook, E. F. (1965) Stratigraphy of Tertiary volcanic rocks in eastern Nevada. *Nevada Bureau of Mines Report*, **11**, 1-66.
- Gill, J. (1981) *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer, Berlin, 389p.
- 北村 信・石井武政・寒川 旭・中川久夫(1986) 仙台地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 134p.
- Kohno, N. and Yanagisawa, Y. (1997) The first record of the Pliocene Gilmore fur seal in the western North Pacific. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. C (Geol. & Paleont.)*, **23**, 119-130.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・山元孝広・滝沢文教(1990) 原町及び大甕地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 155p.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・高橋 浩(1994) 浪江及び磐城富岡地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 104p.
- 久保和也・柳沢幸夫・利光誠一・坂野靖行・兼子尚知・

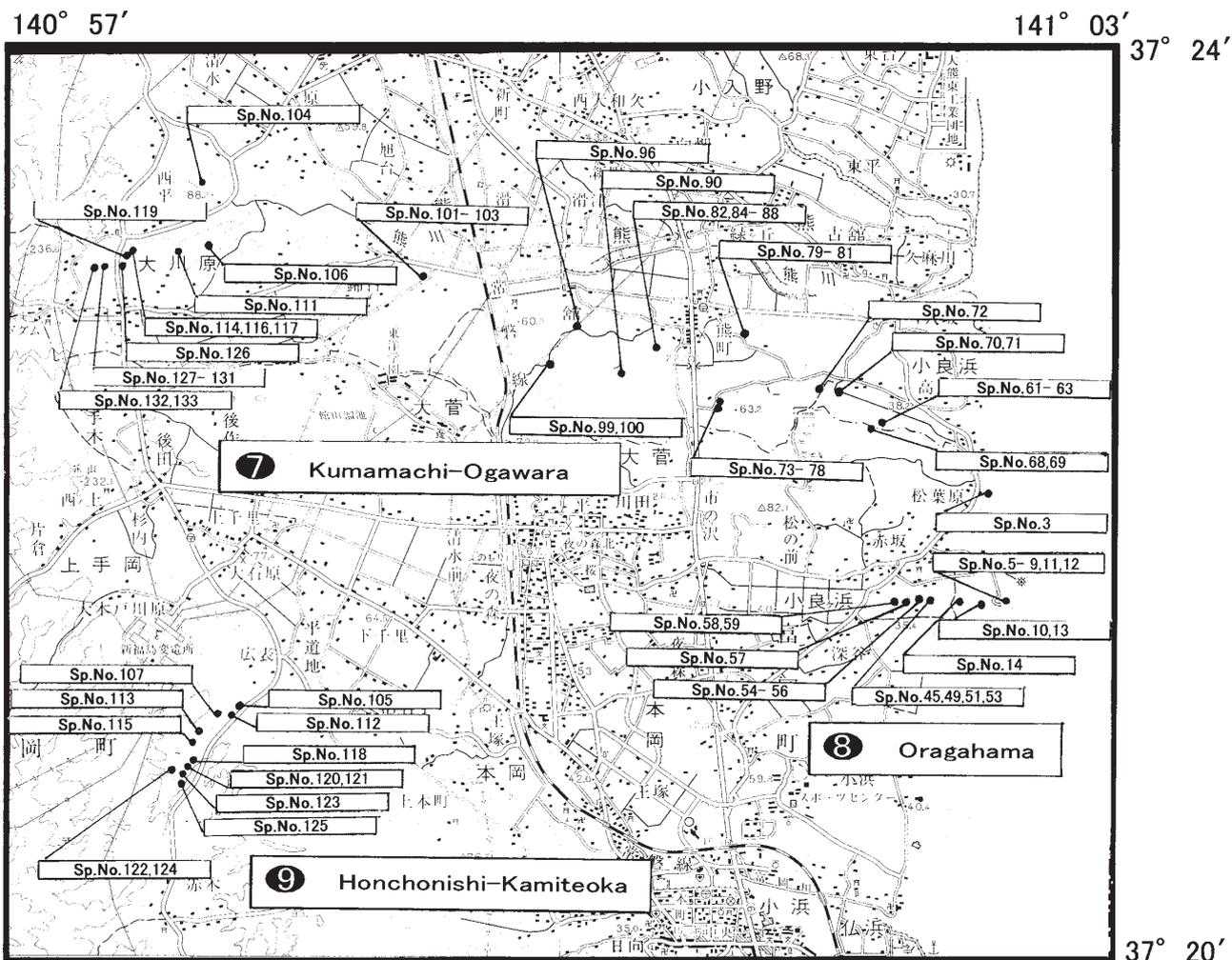
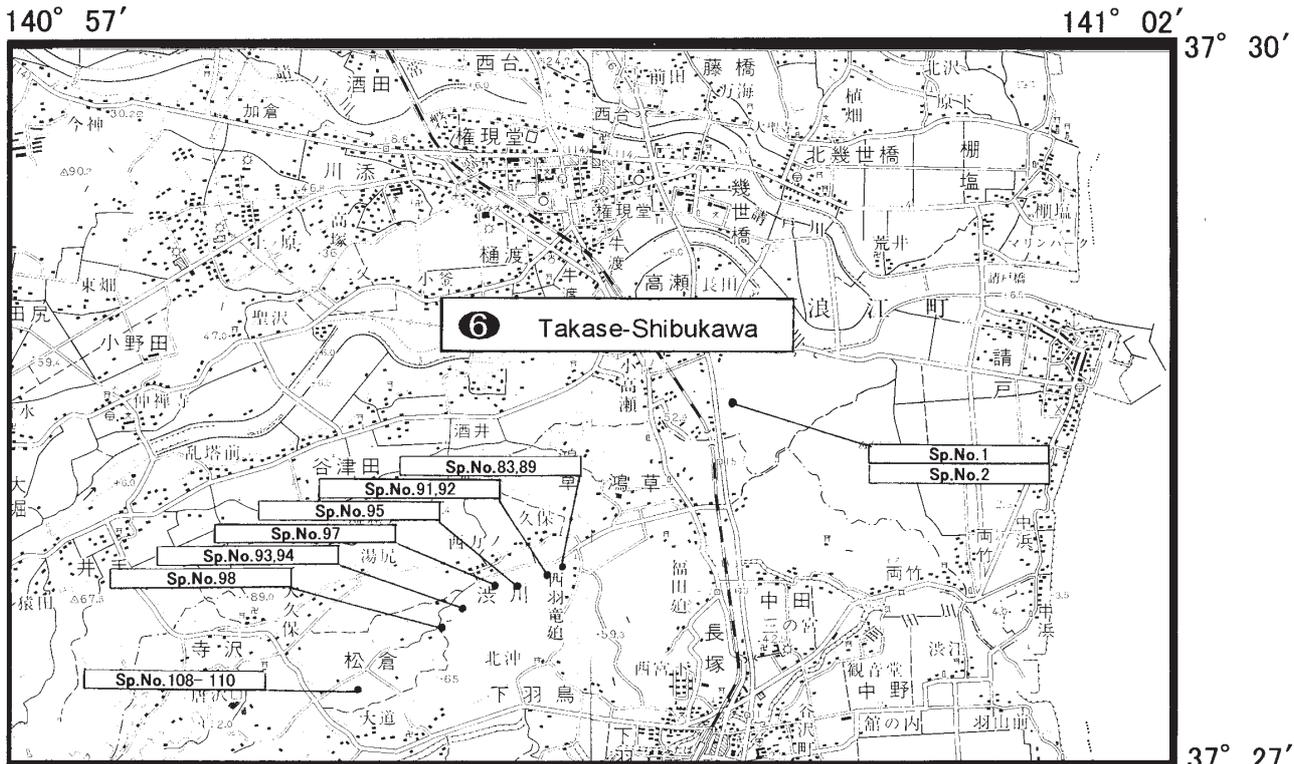
- 吉岡敏和・高木哲一 (2002) 川前及び井出地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 136p.
- 黒川勝己 (1999a) 水底堆積火山灰層の研究法—野外観察から環境史復元まで—. 地学団体研究会, 地学双書30, 109p.
- 黒川勝己 (1999b) 新潟地域における七谷層～魚沼層群の火山灰層序. 石油技誌, **64**, 1.
- 黒川勝己・沢栗美香子 (1984) 火山灰層中の鉱物量比の相関関係—魚沼層群の火山灰層を例にして—. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **26**, 27-37.
- Kurokawa K and Tomita Y. (1998) The Znp-Ohta Ash; an early Pliocene widespread subaqueous tephra deposit in central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **104**, 558-561.
- Kurokawa K and Tomita Y. (2000) The UN-MD2 Ash: a late Pliocene widespread tephra deposit in central Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **54**, 337-341.
- 黒川勝己・高橋浩代・青野直子・阿部祐子・飯塚絹子・菅原直美・地野加津子 (1987) 新潟県西山油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **29**, 1-14.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 336p.
- 牧野内 猛 (1975) 知多半島南部の常滑層群. 地質雑, **81**, 67-80.
- Motoyama, I. (1996) Late Neogene radiolarian biostratigraphy in the subarctic Northwest Pacific. *Micropaleontol.*, **42**, 221-262.
- 長橋良隆・小坂共栄・日比伸子 (1996) 岐阜・長野県に分布する後期鮮新世の大規模火砕流とその対比—丹生川火砕流堆積物・恵比寿峠火砕流堆積物とその相当層の例—. 地球科学, **50**, 29-42.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作 (2000) 本州中央部に於ける鮮新—更新世の火砕流堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代. 地質雑, **106**, 51-69.
- 長橋良隆・吉田武義・中井聡子・奥平敬元 (2003) テフラガラス片の化学組成について—XRF分析との比較によるEDS分析結果の評価—. 第四紀研究, **42**, 265-277.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1975). *Marine Micropaleont.*, **5**, 321-325.
- 斎藤常正 (1999) 最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序. 石油技誌, **64**, 2-15.
- 酒寄淳史 (1991) 東北日本, 蔵王火山におけるマグマ系の変遷. 火山, **36**, 79-92.
- 里口保文 (1995) 上総層群中・下部の火山灰層序. 地質雑, **101**, 767-782.
- 里口保文・長橋良隆・黒川勝己・吉川周作 (1999) 本州中央部に分布する鮮新—下部更新統の火山灰層序. 地球科学, **53**, 275-290.
- 沢栗美香子・黒川勝己 (1986) 推定堆積テフラからみた鮮新—更新世火山活動の変遷—新潟堆積盆小国地域の例—. 地球科学, **40**, 177-191.
- 竹谷 陽二郎・相田 優・岡田尚武・尾田太良・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹 (1986) 福島県双葉地域の多賀層群より産する微化石調査報告. 福島県立博物館調査報告, vol. 12—微化石調査—. 53p, 福島県教育委員会.
- Wentworth, C. K. (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.*, **30**, 377-392.
- 渡辺真人 (1990) 富山県氷見・灘浦地域の第三系層序—とくに姿累層とその上位層との間の時間間隙について—. 地質雑, **96**, 915-936.
- 渡辺真人 (2002) 富山県氷見・灘浦地域の鮮新統の珪藻化石層序と年代層序の再検討—とくに広域火山灰層とNo. 3 *Globorotalia inflata* (浮遊性有孔虫) bedの年代について—. 地質雑, **108**, 499-509.
- 柳沢幸夫 (1990) 仙台層群の地質年代—珪藻化石層序による再検討—. 地調月報, **41**, 1-25.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395-414.
- 柳沢幸夫・山元孝広・坂野靖行・田沢純一・吉岡敏和・久保和也・滝沢文教 (1996) 相馬中村地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 114p.
- 柳沢幸夫・高橋友啓・長橋良隆・吉田武義・黒川勝己 (2003) 福島県太平洋岸に分布する鮮新統大年寺層のテフラ層—その1. 年代層序—. 地調研報, **54**, 351-364.
- 吉田武義・相沢幸治・長橋良隆・佐藤比呂志・大口健志・木村純一・大平寛人 (1999) 東北本州弧, 島弧火山活動期の地史と後期新生代カルデラ群の形成. 地球, **27**, 123-129.
- 吉川周作 (1976) 大阪層群の火山灰層について. 地質雑, **82**, 497-515.
- 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みた中期更新世～完新世の噴火火山史. 地球科学, **47**, 97-109.

(受付:2003年9月30日;受理:2003年12月18日)



付録第1図 試料採取位置図.

Appendix fig 1 Maps showing sample locations.



付録第1表 EDSによる火山ガラスの主成分分析結果。*: 軽石試料。太字は広域テフラと推定されるテフラ。掲載してあるデータは全て100%に再計算し、長橋ほか(2003)による補正をしたものである。補正に使用した係数は表の最後に示す。

Appendix table 1 Chemical composition of volcanic glass shards by EDS. *: Pumice sample. Thick letter represents a wide-spread tephra. Data were 100% normalized by the method of Nagahashi *et al.* (2003). Coefficients used for normalization are shown at the end of table.

1*	SF-γ	SF-γ	correction-d										Ave.	S.D.
SiO ₂	77.53	77.71	77.21	77.69	77.67	77.33	77.26	77.64	76.76	77.64	77.44	77.44	0.30	
TiO ₂	0.27	0.32	0.27	0.33	0.35	0.30	0.18	0.10	0.18	0.14	0.24	0.09		
Al ₂ O ₃	12.16	12.29	12.60	12.27	12.53	12.21	12.67	12.39	12.88	12.20	12.42	0.24		
FeO*	1.55	1.30	1.54	1.48	1.73	1.84	1.27	1.60	1.42	1.52	1.37	0.17		
MnO	0.16	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.08	0.06	0.18	0.08	0.07	0.05		
MgO	0.21	0.32	0.30	0.29	0.08	0.32	0.12	0.37	0.41	0.52	0.27	0.11		
CaO	1.68	1.71	1.49	1.58	1.62	1.86	1.60	1.51	1.57	1.79	1.64	0.12		
Na ₂ O	3.47	3.57	3.68	3.49	3.39	3.62	4.35	3.61	4.47	3.61	3.73	0.37		
K ₂ O	2.98	2.72	2.88	2.83	2.85	2.61	1.90	3.06	1.93	2.80	2.66	0.41		

2	SF-β	SF-β	correction-d										Ave.	S.D.
SiO ₂	76.52	77.83	76.80	78.10	77.28	75.97	76.84	77.05	76.11	76.86	76.92	0.68		
TiO ₂	n.d.	0.25	0.07	0.18	0.16	0.19	0.17	0.39	0.22	0.36	0.22	0.10		
Al ₂ O ₃	13.33	12.40	13.42	12.34	12.88	13.02	12.68	12.69	12.95	12.61	12.83	0.36		
FeO*	0.93	1.67	0.72	1.88	1.74	2.04	2.08	1.98	1.93	1.67	1.67	0.47		
MnO	0.21	0.23	0.22	0.13	0.07	0.03	0.03	0.15	0.12	0.09	0.13	0.08		
MgO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.17	0.39	0.30	0.30	0.24	0.30	0.20	0.12		
CaO	0.49	1.78	0.56	1.17	1.52	1.84	1.72	1.49	1.83	1.60	1.42	0.51		
Na ₂ O	3.09	3.68	3.17	4.11	3.33	4.61	4.38	4.44	4.63	4.86	3.98	0.61		
K ₂ O	5.35	2.08	4.95	2.01	2.84	1.92	2.00	1.51	1.97	1.96	2.66	1.35		

3	SF-α	SF-α	correction-b										Ave.	S.D.
SiO ₂	77.36	77.54	77.51	77.82	77.14	72.32	77.30	77.48	76.83	77.41	76.87	1.62		
TiO ₂	0.15	0.32	0.29	0.13	0.31	0.12	n.d.	0.20	0.21	0.17	0.21	0.08		
Al ₂ O ₃	12.75	12.51	12.47	12.39	12.73	16.03	12.65	12.73	12.72	12.67	12.97	1.09		
FeO*	1.30	1.43	1.46	1.57	1.45	1.11	1.46	1.42	1.55	1.21	1.40	0.15		
MnO	0.14	0.01	0.14	0.12	0.05	0.08	n.d.	n.d.	0.35	0.16	0.13	0.10		
MgO	0.27	0.19	0.18	0.22	0.22	0.20	0.29	0.33	0.31	0.39	0.26	0.07		
CaO	1.49	1.59	1.48	1.48	1.68	3.79	1.53	1.59	1.55	1.35	1.75	0.72		
Na ₂ O	3.53	3.02	3.41	3.27	3.33	3.71	3.48	3.43	3.31	3.40	3.39	0.18		
K ₂ O	3.01	3.38	3.06	3.01	3.08	2.64	3.22	2.84	3.16	3.24	3.06	0.21		

4	SFβi	Bi-tephra	correction-d										Ave.	S.D.
SiO ₂	76.82	76.95	77.22	77.13	77.02	77.10	77.17	76.93	77.06	77.02	77.04	0.12		
TiO ₂	n.d.	0.32	0.12	n.d.	0.25	0.11	0.10	0.10	0.06	0.04	0.13	0.10		
Al ₂ O ₃	12.83	12.90	12.94	13.00	12.94	12.72	12.76	12.94	12.87	13.07	12.90	0.11		
FeO*	1.11	1.01	1.29	0.88	0.61	0.99	0.80	0.78	1.04	0.72	0.87	0.16		
MnO	0.05	0.03	0.10	0.03	0.28	0.16	0.10	0.17	0.07	0.16	0.12	0.08		
MgO	0.09	0.12	0.08	0.13	0.08	0.09	0.08	0.08	0.15	0.08	0.10	0.03		
CaO	0.79	0.78	0.64	0.67	0.72	0.69	0.80	0.61	0.69	0.73	0.71	0.06		
Na ₂ O	3.07	3.21	3.30	2.99	3.26	3.31	3.14	3.04	3.23	3.19	3.17	0.12		
K ₂ O	5.23	4.67	4.81	5.22	4.84	4.83	5.05	5.35	4.82	4.98	4.98	0.22		

5	Or7	Or7	correction-a										Ave.	S.D.
SiO ₂	77.26	77.37	75.70	77.16	77.20	76.25	77.66	76.82	77.18	77.70	77.03	0.62		
TiO ₂	0.20	0.32	0.10	0.12	0.22	0.08	0.34	0.24	0.29	0.23	0.21	0.09		
Al ₂ O ₃	12.69	12.46	12.75	12.84	12.85	13.31	12.38	12.71	12.71	12.73	12.74	0.25		
FeO*	1.36	1.39	2.92	1.51	2.02	1.53	2.23	1.54	1.15	1.74	1.52	0.55		
MnO	0.15	0.22	0.10	0.04	0.01	0.26	n.d.	n.d.	0.09	n.d.	0.12	0.09		
MgO	0.27	0.19	0.12	0.08	0.33	0.25	0.29	0.44	0.14	0.25	0.24	0.11		
CaO	1.18	1.16	2.28	0.48	1.29	1.89	1.43	2.15	1.41	1.49	1.48	0.52		
Na ₂ O	3.27	3.55	3.63	4.79	4.05	4.02	3.75	3.76	4.47	3.58	3.87	0.48		
K ₂ O	3.62	3.34	2.40	2.97	2.34	1.92	2.64	1.65	2.17	3.08	2.61	0.63		

6	Or6	Or6	correction-a										Ave.	S.D.
SiO ₂	76.75	76.51	77.55	77.15	75.38	77.16	75.89	75.93	77.60	76.75	76.67	0.74		
TiO ₂	0.04	n.d.	0.19	0.27	0.18	0.29	0.22	0.21	0.17	0.02	0.18	0.09		
Al ₂ O ₃	13.89	14.35	12.51	12.79	13.40	12.89	12.69	12.46	12.68	13.92	13.16	0.68		
FeO*	1.17	0.70	0.91	1.32	2.73	1.41	2.80	2.59	1.48	0.80	1.59	0.81		
MnO	0.08	0.07	0.04	0.03	0.06	0.04	n.d.	0.11	n.d.	0.25	0.09	0.07		
MgO	0.21	0.42	0.12	0.29	0.10	0.46	0.15	0.08	0.13	0.36	0.23	0.14		
CaO	1.49	1.30	1.60	1.33	2.22	1.46	2.43	2.23	1.25	1.31	1.60	0.50		
Na ₂ O	3.85	4.10	3.67	4.08	3.48	3.69	3.42	3.80	4.60	3.91	3.86	0.34		
K ₂ O	2.52	2.56	4.01	2.74	2.45	2.59	2.42	2.58	2.11	2.70	2.67	0.50		

7	Or5	Or5	correction-a										Ave.	S.D.
SiO ₂	76.72	73.81	75.55	75.56	75.83	77.25	76.27	75.21	75.53	76.14	75.78	0.93		
TiO ₂	0.28	0.11	0.25	0.14	0.20	0.13	0.21	0.41	0.39	0.27	0.24	0.11		
Al ₂ O ₃	12.45	14.40	13.06	13.12	13.04	12.76	12.86	12.79	12.88	13.11	13.05	0.52		
FeO*	1.73	1.99	2.48	2.82	2.91	1.62	2.58	2.46	2.75	1.83	2.32	0.48		
MnO	0.06	0.24	0.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.14	0.15	0.08			
MgO	0.25	0.12	0.11	0.22	0.25	0.39	0.11	0.72	0.20	0.35	0.27	0.19		
CaO	1.58	2.82	2.44	2.18	2.16	1.33	2.11	2.48	2.36	1.81	2.13	0.45		
Na ₂ O	4.05	4.01	3.53	3.58	3.38	4.43	3.40	3.49	3.50	4.07	3.74	0.36		
K ₂ O	2.89	2.50	2.42	2.40	2.46	2.10	2.48	2.45	2.41	2.27	2.44	0.20		

8	Or4	Or4	correction-a										Ave.	S.D.
SiO ₂	72.87	77.53	73.20	75.54	77.20	73.26	72.96	75.69	75.73	73.03	74.70	1.84		
TiO ₂	0.47	0.03	0.50	0.35	0.19	0.56	0.79	0.66	0.44	0.54	0.45	0.22		
Al ₂ O ₃	12.82	12.90	12.83	13.34	12.50	13.08	12.77	13.43	12.72	12.92	12.93	0.28		
FeO*	4.08	1.37	3.70	2.01	1.33	3.64	3.99	0.27	1.47	4.18	2.60	1.46		
MnO	0.00	n.d.	0.18	0.20	0.14	n.d.	0.10	0.14	0.05	0.01	0.11	0.07		
MgO	0.67	0.08	0.71	0.38	0.18	0.83	0.45	0.67	0.44	0.67	0.51	0.24		
CaO	3.42	0.59	3.34	2.02	3.80	3.02	3.12	3.42	1.17	3.14	2.40	1.15		
Na ₂ O	3.33	4.21	3.30	4.39	3.24	3.33	3.52	3.40	3.70	3.31	3.57	0.41		
K ₂ O	2.33	3.30	2.24	1.77	4.43	2.31	2.28	2.33	4.28	2.21	2.75	0.93		

9	Or3	Or3	correction-a										Ave.	S.D.
SiO ₂	77.39	75.89	76.74	75.26	76.54	77.72	77.82	75.72	77.30	76.92	76.73	0.87		
TiO ₂	0.03	0.26	0.42	0.08	0.20	0.22	0.09	0.36	0.20	0.23	0.21	0.12		
Al ₂ O ₃	12.79	12.92	12.69	13.57	12.46	12.80	12.70	12.88	12.77	12.92	12.85	0.29		
FeO*	1.72	2.54	2.05	2.16	2.81	1.38	1.12	2.30	1.59	1.60	1.93	0.53		
MnO	0.13	0.26	0.10	0.11	0.32	0.12	0.09	0.11	0.08	0.22	0.15	0.08		
MgO	0.16	0.25	0.22	0.11	0.08	0.26	0.21	0.18	0.30	0.33	0.21	0.08		
CaO	1.07	2.13	1.79	2.58	1.72	1.16	1.03	2.52	1.28	1.05	1.63	0.61		
Na ₂ O	4.41	3.98	3.98	3.79	3.63	4.40	3.66	3.97	4.43	4.58	4.09	0.36		
K ₂ O	2.29	1.78	2.02	2.34	2.2									

鮮新統大年寺層のテフラ層—その2. 岩石学的特徴—(高橋ほか)

付録第1表 (つづき)
Appendix table 1 (continued)

26	SF28.5	秋田ユマテ	correction-b										Ave.	S.D.
SiO ₂	76.73	77.36	77.55	77.42	77.28	77.08	76.57	76.66	77.08	76.99	77.67	77.07	77.46	77.34
TiO ₂	0.13	0.19	0.33	0.23	0.32	0.34	0.59	0.28	0.32	0.40	0.31	0.31	0.13	
Al ₂ O ₃	12.49	12.31	12.14	12.68	12.47	12.39	12.54	12.88	12.54	12.36	12.48	12.07	0.13	
FeO*	2.17	1.81	1.86	1.50	1.43	1.83	1.76	2.02	1.96	2.11	1.85	2.20	0.24	
MnO	0.23	0.33	0.01	0.19	0.45	n.d.	0.13	0.11	0.15	0.04	0.18	0.14	0.16	
MgO	1.46	0.28	0.29	0.42	0.25	0.55	0.54	0.33	0.41	0.53	0.39	0.11	0.11	
CaO	2.03	1.88	1.89	1.95	1.88	1.91	1.90	2.02	1.90	2.00	1.94	0.06	0.41	
Na ₂ O	3.50	3.43	3.57	3.31	3.50	3.54	3.53	3.35	3.19	3.15	3.41	0.15	0.15	
K ₂ O	2.36	2.40	2.37	2.31	2.41	2.38	2.44	2.36	2.44	2.42	2.39	0.04	0.04	

付録第1表 (つづき)

Appendix table 1 (continued)

55	SF17	タヌキ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.35	76.94	75.83	77.12	77.97	76.41	76.01	76.53	75.84	76.67	76.67	0.69
TiO ₂	0.25	0.19	0.27	0.26	0.28	0.16	0.24	0.30	0.31	0.22	0.25	0.05
Al ₂ O ₃	12.39	12.81	12.82	12.36	12.55	12.88	12.66	12.69	12.69	12.65	12.65	0.17
FeO*	1.50	1.88	2.69	1.76	1.39	1.84	2.87	2.49	3.03	2.01	2.15	0.58
MnO	0.11	n.d.	0.14	0.16	0.10	0.15	0.07	0.03	n.d.	0.26	0.13	0.07
MgO	0.12	0.29	0.22	0.25	0.08	0.18	0.33	0.12	0.27	0.18	0.20	0.08
CaO	1.34	2.00	2.87	1.29	1.76	2.18	2.61	2.71	2.75	1.75	2.12	0.59
Na ₂ O	4.64	3.85	4.46	3.79	4.44	5.47	3.42	3.47	3.47	3.69	3.57	0.54
K ₂ O	2.30	2.04	1.70	3.02	2.42	2.74	1.80	1.66	1.66	2.57	2.29	0.63

56	SF16	キツネ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.40	77.53	77.42	77.31	77.25	77.53	77.67	77.56	77.42	77.54	77.48	0.13
TiO ₂	0.27	0.27	0.10	0.26	0.37	0.25	0.16	0.15	0.23	0.44	0.25	0.10
Al ₂ O ₃	12.67	12.56	12.53	12.51	12.56	12.67	12.73	12.45	12.83	12.42	12.59	0.13
FeO*	1.30	1.49	1.63	1.35	1.25	1.50	1.17	1.28	1.52	1.60	1.41	0.16
MnO	0.20	0.13	0.07	n.d.	0.07	0.02	n.d.	0.13	0.06	0.12	0.10	0.05
MgO	0.22	0.29	0.29	0.25	0.38	0.39	0.18	0.31	0.12	0.20	0.26	0.09
CaO	1.84	1.73	1.76	2.03	1.81	1.72	1.86	2.03	1.73	1.84	1.84	0.12
Na ₂ O	3.62	3.46	3.55	2.45	3.10	3.15	3.63	3.52	3.55	3.28	3.33	0.36
K ₂ O	2.47	2.52	2.63	3.85	3.21	2.77	2.62	2.57	2.53	2.56	2.77	0.43

57	SF15	ムジナ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.26	76.80	76.98	78.05	76.65	77.89	77.21	76.95	76.88	77.15	77.18	0.46
TiO ₂	0.19	0.11	0.29	0.23	0.34	0.08	0.29	0.46	0.20	0.22	0.13	0.08
Al ₂ O ₃	12.56	13.10	12.88	12.24	12.87	12.28	12.77	12.32	12.78	12.61	12.64	0.29
FeO*	1.82	2.06	1.15	2.14	2.23	1.99	1.60	1.75	1.81	2.13	1.87	0.32
MnO	0.01	0.06	0.02	0.13	0.18	0.05	0.16	0.03	0.01	0.12	0.08	0.06
MgO	0.19	0.11	0.08	0.08	0.17	0.10	0.33	0.08	0.13	0.17	0.15	0.08
CaO	1.61	2.10	1.74	1.36	2.24	0.99	1.42	1.31	1.65	1.16	1.46	0.46
Na ₂ O	3.77	3.98	3.42	3.71	3.71	4.07	3.66	4.20	4.02	4.36	3.89	0.28
K ₂ O	2.57	1.67	4.42	2.27	1.73	2.31	2.77	3.07	2.24	2.10	2.52	0.80

58	SF13A	フーロ		correction-b				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.14	78.24	77.34	77.42	77.77	77.70	78.03	77.40	77.54	77.74	77.63	0.33
TiO ₂	0.09	0.16	0.29	0.20	0.29	0.24	0.14	0.36	0.24	0.32	0.23	0.08
Al ₂ O ₃	12.70	12.68	12.93	12.60	12.50	12.75	12.85	12.51	12.68	12.58	12.68	0.14
FeO*	1.41	1.05	1.45	2.13	1.22	1.03	1.13	1.51	1.54	1.47	1.39	0.32
MnO	0.38	0.30	0.04	n.d.	0.10	n.d.	n.d.	0.23	0.08	n.d.	0.19	0.14
MgO	0.23	0.09	0.24	0.16	0.29	0.33	0.18	0.30	0.29	0.28	0.24	0.08
CaO	1.32	1.54	1.42	1.76	1.45	1.25	1.47	1.02	1.54	1.54	1.43	0.20
Na ₂ O	3.13	3.53	2.97	3.42	3.49	3.36	3.70	3.75	3.72	3.77	3.48	0.27
K ₂ O	3.61	2.40	3.32	2.34	2.89	3.36	2.53	2.93	2.35	2.32	2.81	0.49

59	SF13	フー		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.53	77.75	78.33	77.53	77.78	76.74	77.01	77.22	77.89	76.94	77.47	0.49
TiO ₂	0.18	0.16	n.d.	0.14	0.22	0.32	0.14	0.29	0.21	0.33	0.22	0.07
Al ₂ O ₃	12.77	12.19	12.63	12.44	12.39	12.95	12.82	12.92	12.59	13.11	12.69	0.27
FeO*	1.18	1.16	1.39	1.25	1.18	1.36	1.54	1.39	1.18	1.36	1.30	0.13
MnO	n.d.	0.17	n.d.	0.23	0.15	0.18	0.10	0.01	0.10	0.09	0.13	0.07
MgO	0.37	0.22	0.10	0.15	0.34	0.27	0.26	0.11	0.29	0.23	0.23	0.09
CaO	1.58	1.63	1.40	1.64	1.59	1.69	1.71	1.47	1.34	1.62	1.57	0.13
Na ₂ O	3.85	4.13	3.61	3.82	3.93	4.01	4.06	3.90	3.83	3.89	3.90	0.15
K ₂ O	2.55	2.50	2.58	2.81	2.41	2.48	2.36	2.69	2.56	2.42	2.53	0.14

61	SF12	フー		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	75.69	77.04	76.27	76.37	76.59	76.78	76.67	77.40	76.94	76.54	76.63	0.47
TiO ₂	0.26	0.36	0.23	0.23	0.27	0.15	0.26	0.16	0.21	0.25	0.24	0.06
Al ₂ O ₃	13.01	12.46	13.15	12.87	12.98	13.09	13.02	12.62	12.78	13.07	12.90	0.22
FeO*	2.07	1.73	1.78	2.05	1.46	1.87	1.73	1.58	1.78	1.68	1.77	0.19
MnO	0.22	n.d.	0.11	n.d.	n.d.	0.08	n.d.	0.09	n.d.	0.06	0.11	0.06
MgO	0.49	0.20	0.45	0.31	0.39	0.23	0.39	0.23	0.42	0.28	0.34	0.10
CaO	2.55	2.36	2.41	2.54	2.46	2.57	2.28	2.24	2.11	2.31	2.38	0.15
Na ₂ O	3.91	3.98	4.00	3.84	4.10	3.65	3.99	3.86	3.95	3.61	3.89	0.15
K ₂ O	1.81	1.90	1.61	1.81	1.74	1.59	1.67	1.82	1.82	2.20	1.80	0.17

62	SF11	フー		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.57	78.10	76.81	77.72	77.61	76.83	77.08	77.70	77.57	77.32	77.43	0.41
TiO ₂	0.22	0.20	0.13	0.23	0.32	0.09	0.21	0.23	0.39	0.26	0.23	0.09
Al ₂ O ₃	12.78	12.51	12.60	12.53	12.53	12.90	12.68	12.41	12.44	12.27	12.57	0.18
FeO*	0.61	1.22	1.58	1.34	1.01	1.39	1.59	1.43	1.11	1.31	1.26	0.19
MnO	0.02	n.d.	0.06	0.12	0.02	0.08	n.d.	0.07	0.25	0.10	0.09	0.07
MgO	0.16	0.30	0.31	0.19	0.35	0.42	0.19	0.20	0.19	0.41	0.27	0.11
CaO	1.47	1.01	1.67	1.45	1.33	1.42	1.44	1.49	1.39	1.53	1.42	0.17
Na ₂ O	3.31	2.59	3.78	3.56	2.97	3.67	3.48	3.59	2.93	3.81	3.37	0.41
K ₂ O	3.85	4.08	3.06	2.87	3.86	3.20	3.32	2.88	3.73	2.99	3.39	0.45

64	SF11	フー		correction-b				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.97	78.16	78.07	77.03	77.61	77.98	78.03	78.38	77.34	77.86	77.84	0.41
TiO ₂	0.31	0.16	0.13	0.01	n.d.	0.14	0.18	0.27	0.43	0.37	0.22	0.13
Al ₂ O ₃	12.24	12.53	12.53	12.86	12.57	12.53	12.18	12.48	12.29	12.31	12.45	0.20
FeO*	1.44	1.23	1.16	1.64	1.62	1.52	1.65	1.09	1.40	1.45	1.42	0.20
MnO	n.d.	n.d.	0.25	0.27	0.21	0.07	n.d.	n.d.	0.41	0.09	0.22	0.12
MgO	0.15	0.21	0.28	0.09	0.35	0.36	0.32	0.24	0.45	0.23	0.27	0.11
CaO	1.41	1.38	1.34	0.72	1.37	1.50	1.30	1.46	1.42	1.56	1.34	0.23
Na ₂ O	3.31	3.18	3.25	3.11	3.50	3.18	3.57	3.24	3.44	3.34	3.31	0.15
K ₂ O	3.20	3.17	2.98	4.26	2.77	2.73	2.80	2.86	2.83	2.78	3.04	0.46

65*	SF10	フー		correction-b				Ave.	S.D.			
SiO ₂	76.60	73.52	76.99	76.47	77.05	77.97	73.69	76.82	77.54	76.65	76.33	1.51
TiO ₂	0.11	0.46	0.27	0.27	0.19	0.28	0.54	0.27	0.28	0.41	0.31	0.13
Al ₂ O ₃	13.18	13.27	12.41	12.60	12.23	12.52	12.88	12.45	12.90	12.28	12.67	0.37
FeO*	1.47	3.10	2.06	2.44	2.15	1.37	3.41	2.26	1.98	2.61	2.23	0.70
MnO	0.07	0.30	0.07	0.08	0.11	n.d.	0.11	0.12	0.15	0.08	0.11	0.05
MgO	0.12	0.74	0.33	0.40	0.31	0.30	0.89	0.46	0.09	0.20	0.38	0.26
CaO	1.36	3.50	2.31	2.12	2.44	1.64	3.19	2.12	1.36	2.25	2.23	0.71
Na ₂ O	2.63	3.30	3.38	3.26	3.09	3.36	3.28	3.06				

鮮新統大年寺層のテフラ層—その2. 岩石学的特徴—(高橋ほか)

付録第1表 (つづき)

Appendix table 1 (continued)

76	SF10.3	セリ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.12	76.34	76.53	77.54	76.41	76.93	76.41	76.39	77.00	76.95	76.76	0.40
TiO ₂	0.12	0.19	0.37	0.33	0.33	0.05	0.40	0.23	0.29	0.22	0.26	0.11
Al ₂ O ₃	12.48	12.90	12.98	12.41	12.78	13.08	12.77	12.71	12.59	12.67	12.74	0.21
FeO*	1.87	1.94	1.53	1.38	1.93	1.71	1.91	1.86	2.05	1.67	1.78	0.21
MnO	n.d.	n.d.	0.24	0.20	0.21	0.04	n.d.	0.10	0.08	0.05	0.13	0.08
MgO	0.24	0.34	0.22	0.11	0.48	0.28	0.23	0.34	0.25	0.29	0.28	0.10
CaO	1.44	1.49	1.58	1.60	1.99	1.45	1.44	1.42	2.08	1.34	1.58	0.25
Na ₂ O	3.71	3.65	3.64	3.25	4.25	3.86	3.88	3.73	4.12	3.73	3.78	0.27
K ₂ O	3.02	3.15	2.92	3.18	1.61	2.61	2.97	3.23	1.54	3.08	2.73	0.63

77	SF10.2	クローバー		correction-d				Ave.	S.D.			
SiO ₂	79.16	77.32	77.28	77.64	77.86	77.87	77.45	76.73	76.92	77.49	77.57	0.67
TiO ₂	0.03	0.06	0.25	0.13	0.21	0.13	0.16	0.03	0.22	0.12	0.13	0.08
Al ₂ O ₃	12.10	12.47	12.39	12.28	12.34	12.36	12.59	12.69	13.45	13.07	12.57	0.41
FeO*	1.96	1.97	1.36	1.70	1.39	1.47	1.53	2.48	1.14	1.31	1.63	0.40
MnO	0.16	0.03	0.15	0.15	0.03	0.10	0.06	0.03	0.26	0.06	0.10	0.08
MgO	0.27	0.42	0.39	0.38	0.44	0.19	0.36	0.13	0.25	0.23	0.31	0.11
CaO	1.29	1.94	1.49	1.75	1.52	1.23	1.45	1.69	1.61	1.75	1.57	0.22
Na ₂ O	1.35	4.00	4.02	3.83	4.23	4.19	4.23	3.80	4.29	4.17	3.81	0.88
K ₂ O	3.69	1.79	2.66	2.14	1.99	2.46	2.16	2.43	1.86	1.81	2.30	0.57

78*	SF10.1E	クローバー下位磁石		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	76.79	76.29	76.73	76.53	71.19	77.19	76.58	76.89	77.78	76.55	76.25	1.83
TiO ₂	0.17	0.16	0.20	0.20	0.39	0.25	0.26	0.08	0.19	0.10	0.20	0.09
Al ₂ O ₃	13.63	12.88	13.44	13.63	14.20	12.66	13.50	12.84	12.41	13.06	13.23	0.54
FeO*	1.20	2.27	1.40	1.21	3.87	1.95	1.17	1.10	1.47	2.25	1.79	0.86
MnO	0.08	n.d.	0.03	0.19	0.30	n.d.	0.27	0.15	0.04	0.06	0.14	0.11
MgO	0.51	0.12	0.38	0.43	0.75	0.30	0.29	0.29	0.15	0.27	0.35	0.18
CaO	1.79	1.82	1.80	1.68	3.56	1.62	1.82	1.82	3.31	1.36	2.15	1.79
Na ₂ O	4.11	3.79	4.17	4.24	4.53	3.87	4.13	3.90	3.79	3.94	4.05	0.24
K ₂ O	1.73	2.68	1.86	1.88	1.20	2.17	1.98	4.44	2.81	1.61	2.24	0.91

78*	SF10.1E	クローバー下位磁石		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	71.48	70.94	76.69	69.13	77.69	77.09	76.57	76.72	74.07	76.62	74.70	3.09
TiO ₂	0.60	0.55	0.22	0.78	0.17	0.22	0.01	0.24	0.52	n.d.	0.37	0.25
Al ₂ O ₃	14.17	13.88	13.61	14.98	13.17	13.58	13.95	13.72	13.29	13.25	13.76	0.54
FeO*	3.97	1.45	1.43	4.67	1.68	1.18	1.36	1.42	2.88	1.59	2.43	1.36
MnO	0.21	0.41	0.25	0.31	0.04	0.12	0.18	0.23	0.35	0.21	0.23	0.11
MgO	0.85	0.97	0.51	1.01	0.23	0.35	0.48	0.36	0.62	0.21	0.56	0.29
CaO	3.53	3.88	1.57	3.96	1.52	1.74	1.62	1.70	2.78	0.59	2.29	1.16
Na ₂ O	3.94	4.13	3.99	4.07	3.68	3.93	3.75	3.90	3.87	3.08	3.84	0.30
K ₂ O	1.25	1.10	1.72	1.09	1.81	1.77	2.09	1.71	1.62	4.44	1.86	0.97

79	SF10.1E	クモ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.13	71.99	76.93	77.44	76.16	76.77	76.51	77.36	77.53	76.69	76.45	1.83
TiO ₂	0.10	0.32	0.17	0.17	0.32	0.23	0.09	0.07	n.d.	0.23	0.19	0.09
Al ₂ O ₃	12.86	13.90	13.07	13.00	13.07	12.89	12.81	12.88	12.67	12.85	13.00	0.34
FeO*	0.94	3.88	1.00	0.90	2.39	1.99	2.22	1.63	1.44	1.86	1.83	0.90
MnO	0.24	0.03	0.21	n.d.	n.d.	n.d.	0.23	n.d.	0.31	0.15	0.19	0.09
MgO	0.27	0.79	0.29	0.09	0.27	0.32	0.30	0.15	0.13	0.17	0.28	0.20
CaO	0.25	3.48	0.44	0.42	2.30	2.04	1.97	1.02	1.31	2.00	1.52	1.02
Na ₂ O	4.12	4.07	3.93	3.42	4.03	3.81	4.15	3.56	3.32	3.93	3.83	0.30
K ₂ O	4.08	1.52	3.96	4.57	1.48	1.95	1.71	3.34	3.29	2.12	2.80	1.17

80	SF10.1E	トフアン		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	73.00	74.83	75.77	76.51	75.93	77.32	76.40	75.75	76.44	76.35	75.83	1.19
TiO ₂	0.42	0.48	0.34	0.10	0.24	0.02	0.19	0.22	0.14	0.47	0.26	0.16
Al ₂ O ₃	13.23	12.88	12.86	12.85	12.71	12.85	12.96	13.35	12.94	12.53	12.90	0.25
FeO*	4.02	2.67	2.82	3.13	2.05	1.17	1.51	2.21	1.38	2.31	2.15	0.88
MnO	0.07	n.d.	n.d.	0.12	0.17	n.d.	n.d.	0.02	0.20	0.08	0.11	0.07
MgO	0.61	0.43	0.19	0.15	0.59	0.08	0.20	0.25	0.09	0.32	0.29	0.19
CaO	3.04	2.76	2.54	3.31	2.38	0.33	3.22	2.62	2.27	2.34	1.69	1.21
Na ₂ O	3.57	3.82	3.52	3.53	3.46	3.71	3.71	4.01	3.60	3.43	3.64	0.18
K ₂ O	2.04	2.14	2.18	5.11	2.47	4.54	4.72	1.57	4.94	2.17	3.19	1.44

81*	SF10.1	トフアン		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.03	72.83	77.45	76.20	77.72	71.91	77.68	76.46	77.15	77.37	76.17	2.07
TiO ₂	0.07	0.22	0.15	0.17	n.d.	0.32	0.19	0.14	0.15	0.15	0.17	0.07
Al ₂ O ₃	13.10	13.47	12.67	13.10	12.73	13.93	12.74	12.47	12.75	12.94	12.99	0.44
FeO*	1.51	3.79	1.24	2.52	1.15	3.76	1.40	1.25	2.62	1.04	2.03	1.07
MnO	0.18	0.20	0.10	0.06	0.15	0.17	0.18	n.d.	n.d.	0.00	0.13	0.07
MgO	0.34	0.52	0.08	0.24	0.08	0.58	0.08	0.10	0.25	0.21	0.25	0.18
CaO	1.55	3.25	0.80	2.52	0.91	3.61	0.58	1.28	2.45	0.67	1.76	1.11
Na ₂ O	3.99	3.63	3.91	3.78	4.11	3.67	4.20	3.68	4.00	3.85	3.88	0.19
K ₂ O	2.23	2.10	3.59	1.41	3.17	2.05	3.52	3.42	1.34	3.79	2.66	0.94

82*	SF10	クズ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	76.87	76.83	75.98	75.38	77.05	76.73	74.74	74.98	75.46	75.26	75.93	0.88
TiO ₂	0.13	0.34	0.34	0.38	0.17	0.19	0.47	0.32	0.46	0.34	0.31	0.12
Al ₂ O ₃	12.67	12.37	12.77	12.90	12.92	12.54	13.13	13.08	12.86	12.96	12.82	0.24
FeO*	1.91	2.04	2.19	2.35	1.44	2.01	2.68	2.83	2.17	2.56	2.22	0.41
MnO	0.03	n.d.	0.03	n.d.	n.d.	0.08	0.12	0.03	0.09	n.d.	0.06	0.04
MgO	0.23	0.34	0.35	0.52	0.08	0.31	0.45	0.47	0.36	0.52	0.36	0.14
CaO	1.50	1.81	2.56	2.79	0.59	2.24	2.65	2.57	2.79	2.77	2.22	0.72
Na ₂ O	3.09	3.38	3.50	3.53	3.42	3.54	3.65	3.65	3.54	3.44	3.56	0.29
K ₂ O	3.57	2.91	2.28	2.16	3.47	2.38	2.11	2.08	2.29	2.17	2.54	0.57

84	SF9.6	モチ		correction-a				Ave.	S.D.			
SiO ₂	77.61	77.23	77.02	77.45	77.24	76.88	76.39	76.52	77.49	77.36	77.12	0.41
TiO ₂	0.14	0.18	0.23	0.10	0.39	0.26	0.47	0.24	n.d.	0.31	0.26	0.12
Al ₂ O ₃	12.31	12.65	12.54	12.69	12.26	12.68	12.26	13.01	12.55	12.42	12.54	0.24
FeO*	1.28	1.40	1.49	1.34	1.46	1.51	3.73	1.53	1.34	1.60	1.67	0.73
MnO	0.17	0.12	n.d.	0.16	0.12	0.03	n.d.	0.11	n.d.	0.02	0.11	0.06
MgO	0.16	0.21	0.19	0.08	0.08	0.21	0.41	0.35	0.44	0.27	0.24	0.12
CaO	1.13	1.20	1.22	1.13	1.17	1.30	0.55	1.18	1.07	1.49	1.14	0.24
Na ₂ O	3.49	3.48	3.64	3.59	3.46	3.71	2.78	3.51	3.45	3.89	3.50	0.29
K ₂ O	3.70	3.52	3.69	3.45	3.81	3.44	3.43	3.55	3.68	3.64	3.49	0.33

付録第1表 (つづき)

Appendix table 1 (continued)

104	SF5	キリ	correction-a											Ave.	S.D.
SiO ₂	76.24	76.09	76.07	76.21	75.94	76.13	75.70	76.33	75.89	76.59	76.12	76.12	76.12	0.25	
TiO ₂	0.22	n.d.	0.07	0.09	n.d.	0.09	0.18	0.17	0.12	0.02	0.12	0.12	0.06		
Al ₂ O ₃	13.71	13.84	13.98	13.90	13.77	13.64	13.97	13.97	13.77	13.93	13.85	13.85	0.12		
FeO*	0.81	1.26	1.00	0.93	0.97	0.74	1.24	0.83	0.89	0.98	0.96	0.17			
MnO	0.06	n.d.	n.d.	0.03	n.d.	0.01	0.15	n.d.	0.36	n.d.	0.12	0.14			
MgO	0.09	0.09	0.09	0.09	0.59	0.16	0.08	0.13	0.14	0.15	0.12	0.05			
CaO	0.60	0.64	0.75	0.65	0.91	0.88	1.28	0.65	0.64	0.59	0.76	0.21			
Na ₂ O	3.12	3.27	3.09	3.14	3.34	3.17	3.21	3.10	2.76	3.26	3.15	0.16			
K ₂ O	5.16	4.84	4.97	4.96	4.84	5.17	4.19	4.82	5.40	4.89	5.03	0.35			

106	SF4.7	アワ(泡)	correction-a											Ave.	S.D.
SiO ₂	77.04	77.56	77.39	77.39	77.43	77.50	76.87	78.11	77.31	76.67	77.33	76.67	0.40		
TiO ₂	0.46	0.18	0.07	0.13	0.13	0.02	0.18	0.18	0.12	0.04	0.15	0.12			
Al ₂ O ₃	12.61	12.60	12.68	12.68	12.80	12.87	13.06	11.91	12.58	12.81	12.66	0.30			
FeO*	1.84	1.05	1.69	1.36	1.26	1.60	1.95	1.64	1.22	2.22	1.58	0.36			
MnO	0.17	0.00	0.18	n.d.	0.02	n.d.	n.d.	0.12	0.14	0.19	0.12	0.08			
MgO	0.08	0.17	0.08	0.12	0.08	0.32	0.12	0.22	0.10	0.29	0.16	0.09			
CaO	1.49	0.70	1.44	0.55	0.53	1.25	1.94	0.91	0.40	1.98	1.12	0.58			
Na ₂ O	3.53	3.64	3.72	3.59	3.31	4.36	4.29	3.15	3.24	3.70	3.65	0.40			
K ₂ O	2.77	4.09	2.73	4.18	4.43	2.10	1.60	3.75	4.89	2.10	3.26	1.14			

108	SF4.5	白バカマ	correction-c											Ave.	S.D.
SiO ₂	76.62	76.69	76.52	76.79	76.37	76.58	74.99	77.06	77.19	76.76	76.56	76.60	0.60		
TiO ₂	n.d.	n.d.	0.07	0.26	n.d.	0.02	0.13	0.06	0.03	0.10	0.10	0.08			
Al ₂ O ₃	13.28	13.42	13.59	13.33	13.60	13.30	14.51	13.19	13.18	13.32	13.47	0.39			
FeO*	1.00	1.15	1.06	1.04	1.05	1.05	1.13	0.98	0.80	0.73	0.99	0.13			
MnO	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	0.15	n.d.	n.d.	n.d.	0.14	0.12	0.05	0.02			
MgO	0.09	0.09	0.09	0.13	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.10	0.09			
CaO	0.60	0.49	0.55	0.45	0.65	0.41	1.33	0.53	0.49	0.63	0.61	0.27			
Na ₂ O	3.04	3.16	3.15	3.61	3.28	3.36	3.68	2.77	3.17	3.46	3.27	0.27			
K ₂ O	5.32	5.06	5.00	4.43	5.11	5.05	4.16	5.33	5.10	4.73	4.93	0.38			

109	SF4.5	白バカマ	correction-c											Ave.	S.D.
SiO ₂	76.07	75.80	76.36	76.07	76.08	74.72	76.19	76.34	76.33	76.00	76.00	76.00	0.51		
TiO ₂	0.01	n.d.	0.07	0.16	0.02	0.26	0.19	0.24	0.34	0.18	0.10	0.12			
Al ₂ O ₃	13.51	13.64	13.43	13.41	13.46	13.87	13.50	13.40	13.50	13.52	13.51	0.15			
FeO*	1.18	1.12	1.08	1.08	1.08	1.62	1.21	1.21	1.10	1.19	1.17	0.17			
MnO	0.13	0.20	0.23	n.d.	0.23	0.13	n.d.	0.12	n.d.	0.18	0.05	0.05			
MgO	0.26	0.39	0.19	0.27	0.23	0.09	0.19	0.09	0.37	0.14	0.22	0.10			
CaO	0.63	0.47	1.17	1.70	2.31	1.59	1.15	2.35	2.41	1.03	1.65	0.55			
Na ₂ O	3.16	3.00	3.44	3.06	3.07	3.44	3.12	3.88	3.37	3.66	3.23	0.23			
K ₂ O	5.34	5.58	4.93	5.02	5.12	4.46	5.36	4.41	5.11	5.00	4.70	0.58			

110	?	白バカマ下線石	correction-c											Ave.	S.D.
SiO ₂	76.53	75.65	75.87	77.59	75.37	77.40	75.74	77.52	77.36	77.57	76.66	76.66	0.92		
TiO ₂	0.23	0.39	0.16	0.07	0.07	0.26	0.19	0.24	0.34	0.18	0.21	0.10			
Al ₂ O ₃	12.55	13.63	13.73	12.99	12.85	12.52	13.74	12.72	12.58	12.92	13.02	0.49			
FeO*	2.02	1.51	1.63	1.39	3.05	1.97	1.72	1.95	1.73	1.31	1.83	0.49			
MnO	0.37	0.37	n.d.	0.33	0.27	0.20	0.04	n.d.	0.02	n.d.	0.23	0.15			
MgO	0.26	0.39	0.19	0.27	0.23	0.09	0.19	0.09	0.37	0.14	0.22	0.10			
CaO	0.63	0.47	1.17	1.70	2.31	1.59	1.15	2.35	2.41	1.03	1.65	0.55			
Na ₂ O	3.92	4.51	4.56	3.72	4.04	4.11	4.61	3.58	3.69	3.80	4.06	0.38			
K ₂ O	2.43	2.48	2.72	1.93	1.80	1.85	2.64	1.59	1.50	3.00	2.20	0.54			

111	SF4.5	スジ	correction-a											Ave.	S.D.
SiO ₂	75.84	76.75	76.63	75.99	76.57	76.59	76.72	76.15	76.57	75.74	76.35	76.35	0.39		
TiO ₂	0.09	0.07	0.03	0.10	0.10	n.d.	0.10	n.d.	n.d.	0.09	0.10	0.06			
Al ₂ O ₃	13.69	13.65	13.59	13.68	13.34	13.52	13.74	13.54	13.66	13.81	13.62	0.13			
FeO*	1.30	0.83	1.07	1.27	1.03	1.09	0.82	1.35	0.90	1.11	1.08	0.19			
MnO	n.d.	n.d.	0.05	0.14	0.15	n.d.	0.10	n.d.	0.21	0.15	0.11	0.06			
MgO	0.23	0.09	0.09	0.17	0.09	0.09	0.20	0.24	0.14	0.14	0.06	0.06			
CaO	0.40	0.23	0.44	0.51	0.36	0.41	0.45	0.42	0.52	0.54	0.43	0.09			
Na ₂ O	3.45	3.18	3.08	3.22	3.43	3.25	3.27	3.02	3.57	3.23	3.27	0.17			
K ₂ O	5.02	5.22	5.02	5.10	4.91	4.83	4.71	5.36	4.33	5.17	4.97	0.29			

113	SF4.3	ジュン	correction-c											Ave.	S.D.
SiO ₂	77.07	77.24	77.46	77.67	77.57	77.58	76.45	77.63	77.41	76.92	77.30	77.30	0.39		
TiO ₂	0.38	0.29	0.14	0.25	0.24	0.04	0.13	0.27	0.20	0.27	0.22	0.10			
Al ₂ O ₃	12.69	12.74	12.57	12.58	12.65	12.61	13.04	12.44	12.62	12.47	12.64	0.17			
FeO*	1.55	1.56	1.33	1.22	1.13	1.84	1.40	1.51	1.47	1.54	1.45	0.20			
MnO	n.d.	0.05	0.14	0.14	0.15	n.d.	n.d.	0.01	0.05	0.47	0.14	0.15			
MgO	0.09	0.12	0.20	0.09	0.26	0.09	0.19	0.09	0.09	0.17	0.14	0.06			
CaO	0.76	1.05	0.97	0.66	1.05	1.07	1.21	0.66	0.53	0.76	0.87	0.23			
Na ₂ O	3.54	3.97	3.29	4.07	3.65	3.31	3.70	3.53	3.33	4.04	3.64	0.50			
K ₂ O	3.96	2.98	3.90	3.39	3.21	3.49	3.91	3.86	4.30	3.36	3.64	0.41			

114	SF4.1	ツユ	correction-a											Ave.	S.D.
SiO ₂	77.96	77.28	77.62	77.73	77.72	76.68	77.45	77.22	78.02	77.10	77.48	77.48	0.42		
TiO ₂	0.18	0.20	n.d.	0.06	0.13	0.07	0.15	0.20	0.10	0.13	0.14	0.05			
Al ₂ O ₃	12.53	12.73	12.94	12.71	12.77	13.17	12.71	12.95	12.56	12.86	12.79	0.19			
FeO*	1.28	0.90	1.04	0.94	1.22	1.44	1.34	1.58	1.36	1.39	1.31	0.23			
MnO	0.16	0.17	n.d.	0.13	0.04	0.23	n.d.	0.02	0.00	0.17	0.12	0.08			
MgO	0.08	0.09	0.08	0.20	0.22	0.09	0.13	0.10	0.16	0.09	0.12	0.05			
CaO	0.95	0.08	0.77	0.76	0.97	0.75	0.95	1.27	0.97	0.22	0.77	0.36			
Na ₂ O	3.94	2.85	3.54	3.10	3.93	3.05	3.45	3.88	3.80	3.31	3.48	0.40			
K ₂ O	2.91	5.69	4.04	4.37	3.00	4.53	3.83	2.80	3.01	5.12	3.93	1.01			

117	SF4	クサ	correction-a											Ave.	S.D.
SiO ₂	77.71	77.66	77.59	77.43	77.53	77.20	77.30	77.14	77.90	77.93	77.54	77.54	0.27		
TiO ₂	0.18	0.24	0.30	0.11	0.01	0.24	0.30	0.28	0.10	0.13	0.19	0.20			
Al ₂ O ₃	12.49	12.11	12.43	12.65	12.27	12.58	12.54	12.40	12.26	12.25	12.40	0.17			
FeO*	1.65	1.88	1.52	1.91	1.75	1.72	1.88	1.83	1.47	1.57	1.72	0.16			
MnO	0.10	0.06	0.14	n.d.	0.05	n.d.	n.d.	0.19	0.25	0.05	0.12	0.08			
MgO	0.20	0.20	0.20	0.27	0.26	0.38	0.41	0.25	0.33	0.08	0.25	0.11			
CaO	1.72	1.86	1.70	1.68	1.70	1.57	1.53	1.79	1.57	1.70	1.68	0.10			
Na ₂ O	3.89	3.87	3.74	3.88	3.49	2.35	3.64	3.91	3.75	3.73	3.62	0.47			
K ₂ O	2.59	2.50	2.40	2.47	2.85	2.67	2.61	2.91	2.58						

付録第1表 (つづき)

Appendix table 1 (continued)

131	SF1	ヘリ		correction-c						Ave.	S.D.	
SiO ₂	78.08	77.16	77.06	77.05	77.22	77.68	77.09	77.48	77.38	77.90	77.41	0.37
TiO ₂	n.d.	0.30	0.10	0.08	0.13	0.09	n.d.	0.31	0.06	n.d.	0.15	0.11
Al ₂ O ₃	12.45	12.73	12.76	12.70	12.49	12.42	12.76	12.63	12.32	12.86	12.61	0.18
FeO*	1.83	1.77	1.94	2.15	2.08	2.05	1.98	1.92	2.08	1.42	1.92	0.21
MnO	0.04	0.20	n.d.	0.07	n.d.	0.01	0.14	n.d.	0.36	0.07	0.12	0.12
MgO	0.09	0.09	0.09	0.09	0.17	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.02
CaO	1.40	1.60	1.45	1.66	1.55	1.42	1.59	1.26	1.46	1.33	1.47	0.13
Na ₂ O	3.93	3.93	4.20	4.05	4.11	4.03	4.00	3.97	3.84	4.01	4.01	0.10
K ₂ O	2.19	2.21	2.42	2.15	2.29	2.21	2.36	2.37	2.41	2.34	2.29	0.10

132	SFO.9	キノシタ		correction-c						Ave.	S.D.	
SiO ₂	77.11	77.33	77.39	77.45	77.49	77.85	77.80	77.89	77.17	77.89	77.54	0.30
TiO ₂	0.29	0.31	0.36	0.19	0.23	0.21	0.24	0.34	0.15	0.37	0.27	0.08
Al ₂ O ₃	12.36	12.33	12.32	12.49	12.30	12.21	12.36	12.70	12.78	12.31	12.42	0.19
FeO*	1.71	2.06	1.61	1.61	1.77	1.77	1.73	0.77	1.98	1.57	1.66	0.35
MnO	n.d.	0.05	0.30	n.d.	0.08	n.d.	n.d.	0.02	0.09	0.02	0.09	0.11
MgO	0.23	0.12	0.28	0.41	0.38	0.18	0.18	0.09	0.24	0.15	0.22	0.11
CaO	1.85	1.64	1.46	1.60	1.63	1.67	1.70	0.76	1.83	1.74	1.59	0.31
Na ₂ O	3.43	4.02	4.14	3.47	3.95	3.94	3.89	3.58	3.82	3.90	3.81	0.24
K ₂ O	3.06	2.15	2.14	2.81	2.17	2.18	2.14	3.86	1.95	2.05	2.45	0.61

133	SFO.8	ウニ		correction-c						Ave.	S.D.	
SiO ₂	76.73	77.76	76.99	77.53	76.48	77.17	77.24	76.95	77.27	77.01	77.11	0.37
TiO ₂	0.18	0.06	0.16	0.01	0.34	0.13	0.24	0.18	0.42	0.31	0.20	0.13
Al ₂ O ₃	12.79	12.78	12.29	12.35	12.56	12.45	12.54	12.76	12.29	12.31	12.51	0.21
FeO*	1.95	1.46	2.11	1.97	2.36	2.41	1.98	1.97	2.12	2.00	2.03	0.26
MnO	n.d.	n.d.	0.18	0.05	n.d.	n.d.	n.d.	0.07	n.d.	0.01	0.08	0.07
MgO	0.12	0.25	0.19	0.15	0.19	0.09	0.24	0.23	0.09	0.12	0.17	0.06
CaO	1.80	1.71	1.70	1.57	1.82	1.62	1.66	1.68	1.51	1.83	1.69	0.11
Na ₂ O	3.45	3.95	3.74	3.51	3.58	3.53	3.64	3.35	3.41	3.96	3.61	0.21
K ₂ O	3.00	2.07	2.65	2.85	2.69	2.62	2.50	2.82	2.94	2.46	2.66	0.27

correction-a		
SiO ₂	$y = 0.9831x + 3.0346$	R ² = 0.9974
TiO ₂	$y = 1.0434x + 0.0104$	R ² = 0.9806
Al ₂ O ₃	$y = 1.0557x - 1.3051$	R ² = 0.9928
FeO*	$y = 0.9229x + 0.0711$	R ² = 0.9929
MnO	$y = 1.0811x + 0.0157$	R ² = 0.5948
MgO	$y = 0.8771x - 0.0848$	R ² = 0.9623
CaO	$y = 0.81x + 0.0909$	R ² = 0.9809
Na ₂ O	$y = 0.8805x + 0.1356$	R ² = 0.9899
K ₂ O	$y = 0.9754x - 0.4437$	R ² = 0.9885

correction-b		
SiO ₂	$y = 1.0029x + 1.8481$	R ² = 0.9969
TiO ₂	$y = 1.0076x + 0.003$	R ² = 0.989
Al ₂ O ₃	$y = 1.0865x - 1.8099$	R ² = 0.9952
FeO*	$y = 0.9607x - 0.0188$	R ² = 0.9925
MnO	$y = 0.7854x + 0.0184$	R ² = 0.1826
MgO	$y = 0.8391x - 0.0934$	R ² = 0.9542
CaO	$y = 0.8718x - 0.0369$	R ² = 0.983
Na ₂ O	$y = 0.9028x - 0.0503$	R ² = 0.9779
K ₂ O	$y = 0.9692x - 0.4346$	R ² = 0.9887

correction-c		
SiO ₂	$y = 0.9705x + 4.344$	R ² = 0.9979
TiO ₂	$y = 0.8811x + 0.0256$	R ² = 0.9781
Al ₂ O ₃	$y = 1.0436x - 1.2587$	R ² = 0.9962
FeO*	$y = 0.9633x + 0.0251$	R ² = 0.9928
MnO	$y = 0.7737x + 0.0355$	R ² = 0.4514
MgO	$y = 0.9142x - 0.0922$	R ² = 0.9866
CaO	$y = 0.83x - 0.0088$	R ² = 0.985
Na ₂ O	$y = 0.8493x + 0.1149$	R ² = 0.978
K ₂ O	$y = 0.9495x - 0.4029$	R ² = 0.984

correction-d		
SiO ₂	$y = 1.0078x + 1.3477$	R ² = 0.9986
TiO ₂	$y = 1.0738x + 0.0227$	R ² = 0.9618
Al ₂ O ₃	$y = 1.0319x - 1.1095$	R ² = 0.9944
FeO*	$y = 1.0269x - 0.062$	R ² = 0.9931
MnO	$y = 1.5267x - 0.0265$	R ² = 0.599
MgO	$y = 0.8833x - 0.0814$	R ² = 0.9431
CaO	$y = 0.837x + 0.0452$	R ² = 0.9724
Na ₂ O	$y = 0.8809x + 0.0435$	R ² = 0.9669
K ₂ O	$y = 0.98x - 0.4851$	R ² = 0.9878