

R-06-2024

MFRI Research Report

山梨県富士山科学研究所研究報告書

第58号

富士山研究
「富士火山東麓のテフラ層序の再考による
噴火履歴の高精度化」

令和5年度

山梨県富士山科学研究所

R-06-2024

MFRI Research Report

山梨県富士山科学研究所研究報告書

第58号

富士山研究

「富士火山東麓のテフラ層序の再考による
噴火履歴の高精度化」

令和5年度

山梨県富士山科学研究所

はじめに

能登半島の地震など近年の自然災害から分かるように、私たち日本人は数千年に1回程度の災害に遭遇することもあります。したがって、自然災害への対策は数千年に一度程度しか発生しないような規模の災害にも対応することが求められています。将来起こり得る富士山噴火による災害軽減対策をより実効性の高いものとするためには、過去数千年間の噴火履歴（噴火の規模や頻度など）の詳細を明らかにすることが不可欠です。本研究所では平成26年度以降、富士山の火山学的研究を精力的に進めてきており、中でも、降下火砕物層（以下、テフラ層）の解析を通じて、噴火履歴の解明に大きく貢献して参りました。しかしながら、既存研究の多くは定性的な特徴記載や限られた分析データに基づいて噴火履歴を組み立てているため、層序の対比が困難な場合が多く、噴火履歴を高精度化する際の課題となっていました。

こうした背景から、本研究「富士火山東麓のテフラ層序の再考による噴火履歴の高精度化」では、富士山の噴火履歴を高精度で復元するため、地質調査、放射性炭素年代測定およびテフラ分析による定量的データに基づいて、富士山北麓から東麓に堆積した過去4,000年間のテフラ層の識別および対比を試みています。本研究がより詳細な富士山の噴火履歴の解明につながり、県民の安全・安心な暮らしを守る富士山の火山防災対策の一助となることを願っております。

山梨県富士山科学研究所

所長 藤井敏嗣

目 次

はじめに

概要編

I 研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間	1
I-2 研究体制	1
I-3 研究の背景と目的	1
I-4 研究成果の概要	2
I-4-1 富士山北麓～東麓の主要なテフラ層序の確立	2
I-4-2 テフラ粒子の形状データの収集および層序対比への適用	2
I-5 研究成果の発表	3
I-5-1 誌上发表	3
I-6 謝辞	3
I-7 引用文献	3

本編

II 研究成果報告

II-1 研究の背景と目的	4
II-2 研究手法	4
II-2-1 地質調査	4
II-2-2 放射性炭素年代測定	5
II-2-3 全岩化学組成分析	5
II-2-4 粒子形状測定	5
II-3 結果	5
II-3-1 テフラの産状と年代	5
II-3-2 全岩化学組成	7

II-3-3	粒子形状	9
II-4	考察	11
II-4-1	北東麓の主要テフラと東麓のテフラとの対比	11
II-4-2	粒子の形状特性による層序対比への適用	12
II-5	謝辞	13
II-6	引用文献	14

概 要 編

I 研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間

研究テーマ：

富士火山東麓におけるテフラ層序の再考による噴火履歴の高精度化

研究期間

令和1年度 ～ 4年度（4年間）

I-2 研究体制

研究代表者：亀谷 伸子（富士山火山防災研究センター）

研究分担者：吉本 充宏（富士山火山防災研究センター）

山本 真也（富士山火山防災研究センター）

西澤 達治（富士山火山防災研究センター）

安田 敦（東京大学地震研究所）

研究協力者：嶋野 岳人（常葉大学大学院環境防災研究科、現：鹿児島大学理工学域理学系）

田島 靖久（日本工営株式会社中央研究所）

西澤 文勝（神奈川県生命の星・地球博物館）

杉山 浩平（東京大学大学院総合文化研究科）

金子 隆之（東京大学地震研究所）

I-3 研究の背景と目的

火山の中長期的（数百～数万年程度の）噴火予測や防災対策は、噴火履歴、すなわち、過去に起こった噴火の規模や頻度、火口の位置などの情報に基づいている。これらの情報を得るには、地質調査によって複数地点で得られる噴火堆積物を識別・対比し、その堆積物の空間的な分布を明らかにする必要がある。富士山では、過去約 8,000 年間に堆積した 100 余りの降下テフラ層（火山灰などの火山噴出物が層状に積み重なった地層）が報告されており（泉ほか，1977；上杉ほか，1987；宮地，1988）、宮地（1988）によって富士山全体のテフラ層序がまとめられている。しかし、これらの既存研究は見た目が類似したテフラを定性的な特徴（例えば粒子形状がトゲトゲ、多面体状など）の記載により識別・対比しており、基準となる客観的指標に乏しい。そのため、後続の研究者が対比を検証しようとしても容易にできない、あるいは研究者ごとに対比結果が異なる（山元ほか，2020）などの問題が生じ、噴火履歴を高精度化していくことが困難となっている。

本研究では、地質調査（地表露頭調査および重機によるトレンチ調査）、土壌の放射性炭素年代測定、全岩化学組成分析、粒子形状に基づく定量的なテフラ対比をおこない、層序を再検討することにより、上記の問題を解決し、噴火履歴を高精度化することを目的とする。

I-4 研究成果の概要

I-4-1 富士山北麓～東麓の主要なテフラ層序の確立

富士山の北麓から東麓にかけて合計 17 地点の地表露頭調査およびトレンチ調査を実施し、また、山中湖の堆積物コア試料も活用することでテフラ層序を組み立てた。調査の際には、露頭での識別が比較的容易な宝永噴出物 (Ho)、砂沢ラピリ (Zu)、大室スコリア (Om)、忍野スコリア (Osi) を指標テフラとして、層序記載をおこなった。加えて、テフラ層直下の土壌の放射性炭素年代測定、テフラの全岩化学組成分析および粒子形状測定をおこない、それらの類似性を基に、概ね過去 4000 年間の比較的規模の大きなテフラを識別・対比することができた。その結果、北東麓には指標テフラの他に主要なテフラ層が 6 枚あることが明らかとなった。それらを暫定的に上位から NE1～NE6 とすると、それぞれの噴火年代は古いものから順に、NE6 は約 2800～2700 年前、NE5 は約 2600～2200 年前、NE4 は約 2300 年前、NE3 は約 1700～1600 年前、NE2 は約 1600～1400 年前、NE1 は約 1300～1000 年前と推定される。これらを既存研究と比較したところ、NE4 が“湯船第 2 スコリア” (Yu-2: 泉ほか、1977) である可能性が高いと考えられる。

全岩化学組成は、多くのテフラが類似した化学組成を示す一方で、 TiO_2 と SiO_2 または Y と Sr の含有量に特徴のあるテフラ層が 3 枚存在し、これらを基準に地点間のテフラの対比が可能であることがわかった。

I-4-2 テフラ粒子の形状データの収集および層序対比への適用

テフラ粒子の外形の特徴を定量化するために、形状測定を実施した。富士山科学研究所所有の粒子画像解析装置を用い、各試料につき 2 mm 以上の乾燥状態の粒子を測定に供した。厚いテフラ層内で粒径変化や色調に基づいてサブユニットに分かれる場合、サブユニットに分けて試料採取をおこなった (試料数=サブユニット数)。サブユニットに分かれない薄いテフラ層は全体を 1 試料として採取した。1 試料あたりの粒子数は 100 粒～数千粒程度である。計測した主な粒子形状パラメータは長径、短径、アスペクト比 (AR)、真円度 (SPHT)、表面凹凸度 (Conv)、対称性であり、データの比較には中央値を用いた。これらのうち、AR、SPHT および Conv に着目すると、“コロコロ”、“polyhedral” などと表現される粒子は、AR、SPHT、Conv がともに高いのに対し、“トゲトゲ”、“spinose” などと表現される粒子は、AR、SPHT、Conv が低いことが示された。こうした特徴を、一部のテフラの層序対比の判断材料とすることができた。

また、1 枚のテフラに対し、サブユニットに分けて形状測定をおこなうことにより、同一テフラ層内の上下方向の粒子形状の変化を明らかにすることができ、それらはテフラ間の対比にも有効であることがわかった。一方、火口近傍で層厚が大きく複数のサブユニットに分けられるテフラ層と、遠方で層厚が小さくサブユニットに分けられないテフラ層の比較についても検討した。その結果、同じ分布軸上の地点については、サブユニットに分けて試料採取できない場合でも、近傍の最大粒径サブユニットと対比できる可能性があることが示唆された。

本測定は複雑な前処理が不要で、かつ測定時間も数分程度と短時間であるため、放射性炭素年代測定や化学分析などをおこなう前に、迅速かつ簡便にテフラを識別・対比できる手法として期待できる。

I-5 研究成果の発表

I-5-1 誌上発表

- 1) 安田敦, 亀谷伸子, 嶋野岳人, 吉本充宏, 田島靖久 (2023) 類似したテフラを識別・対比する定量的な方法の数学的な取り扱いについて. 月刊地球, 45, 55-64.
- 2) Shinya Yamamoto, Nobuko Kametani, Mitsuhiro Yoshimoto, Yosuke Miyairi, Yusuke Yokoyama (2023) Eruptive history of Mt. Fuji over the past 8000 years based on integrated records of lacustrine and terrestrial tephra sequences and radiocarbon dating. Quaternary Science Advances, 100091.

I-6 謝辞

調査にあたって、環境省富士五湖管理官事務所、陸上自衛隊北富士駐屯地、東京大学附属演習林富士癒しの森研究所、富士吉田市外ニヶ村恩賜県有財産保護組合に便宜を図っていただいた。本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号 20H01982）、東京大学大気海洋研究所共同利用研究（受付番号 162, 2021）として行われた。記して感謝いたします。

I-7 引用文献

- 泉 浩二・木越邦彦・上杉 陽・遠藤邦彦・原田昌一・小島泰江・菊原和子 (1977) 富士山東麓の沖積世ローム層. 第四紀研究, 16, 87-90.
- 宮地直道 (1988) 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, 94, 433-452.
- 上杉 陽・堀内 真・宮地直道・古屋隆夫 (1987) 新富士火山最新期のテフラ―その細分と年代―. 第四紀研究, 26, 59-68.
- 山元孝宏・中野 俊・石塚吉浩・高田 亮 (2020) 新期富士火山降下火砕物の再記載と噴出量の見積もり. 地質調査研究報告, 71, 517-580.

本 編

II 研究成果報告

II-1 研究の背景と目的

火山の中長期的（数百～数万年程度の）噴火予測や防災対策は、噴火履歴、すなわち、過去に起こった噴火の規模や頻度、火口の位置などの情報に基づいている。これらの情報を得るには、地質調査によって複数地点で得られる噴火による堆積物を識別・対比し、その堆積物の空間的な分布を明らかにする必要がある。富士山は、溶岩流に関しては高田ほか（2016）によって『富士火山地質図第2版』が出版されるなど、詳細な分布や給源火口位置などが明らかにされている。一方、テフラ層（火山灰などの火山噴出物が層状に積み重なった地層）に関しては、過去約8,000年間に100層以上が報告されており（泉ほか，1977；上杉ほか，1987；宮地，1988）、宮地（1988）によって全体の層序がまとめられている。しかし、これらの既存研究は見た目が類似したテフラを定性的な特徴（例えば粒子形状がトゲトゲ、多面体状など）の記載により識別・対比しており、基準となる客観的指標に乏しい。そのため、後続の研究者が対比を検証しようとしても容易にできない、あるいは研究者ごとに対比結果が異なる（山元ほか，2020）などの問題が生じ、噴火履歴を高精度化していくことが困難となっている。

本研究では、地質調査、放射性炭素年代測定、全岩化学組成分析、粒子形状を用いた定量的なテフラ対比をおこない、層序を再検討することにより、上記の問題を解決し、噴火履歴を高精度化することを目的とする。

II-2 研究手法

II-2-1 地質調査

本研究では、富士山の東麓から北麓にかけて合計17地点の地表露頭調査およびトレンチ調査を実施し、また、山中湖の堆積物コア試料（YA-1）も活用した。調査地点および試料採取位置と代表露頭名を図1に示す。

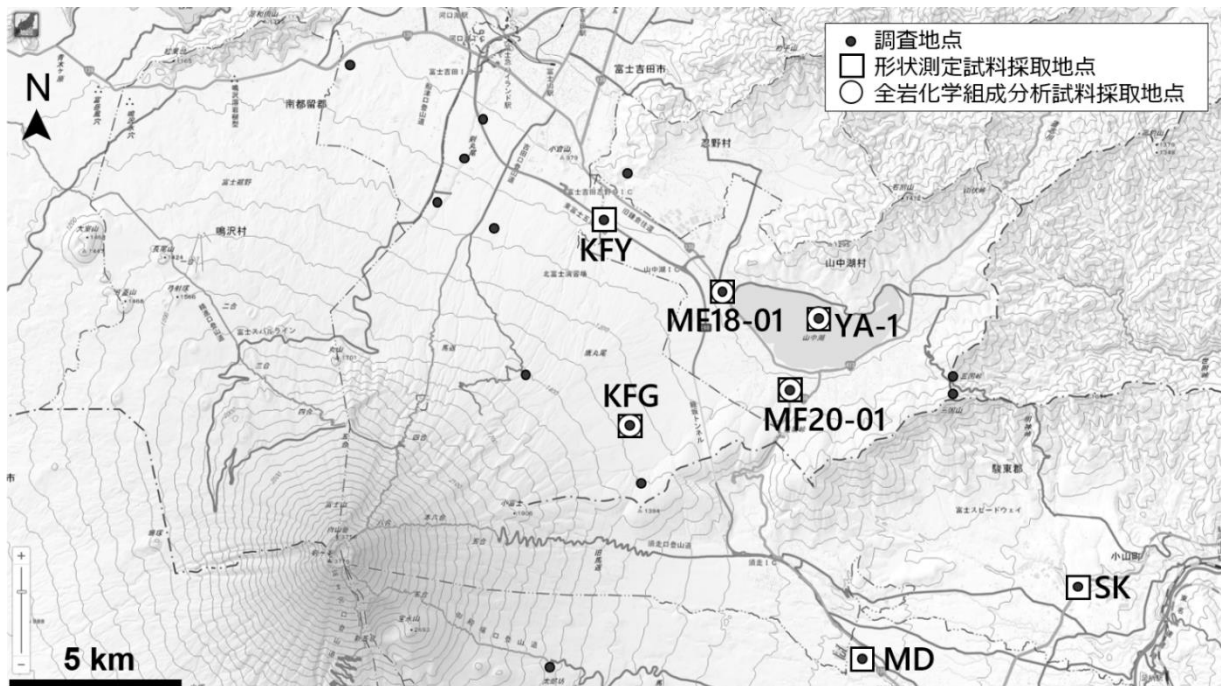


図1 調査地点の位置図（背景には電子地形図25000（国土地理院）を使用）

II-2-2 放射性炭素年代測定

本研究では、4 地点 (KFG、MF20-01、SK、MD) から採取した 16 試料 (土壌および炭化材) の放射性炭素年代測定を実施した。分析は(株)加速器分析研究所および東京大学大気海洋研究所に依頼した。酸による前処理後に試料をグラファイト化し、加速器質量分析計 (NEC 社製) を用い ^{14}C および $\delta^{13}\text{C}$ 濃度を測定した。 ^{14}C 年代の算出には Libby の半減期 (5568 年) を用い、 $\delta^{13}\text{C}$ による同位体分別補正をおこなった。共に遡及開始年代を AD1950 年とする ^{14}C 年代 (yBP) から暦年代 (cal BP) への較正には、較正プログラム Oxcal4.4 (Ramsey, 2009) を用い、較正曲線データには Reimer et al. (2020) の IntCal20 を適用した。

II-2-3 全岩化学組成分析

東京大学地震研究所の蛍光 X 線分析装置 (RIGAKU 社製 ZSX Primus II) を使用し、テフラの全岩化学組成を分析した。分析用試料は、連続的に多数のテフラ層が確認できた 4 地点 (KFG、MF20-01、YA-1、MF18-01) から合計 331 試料採取した。粒度変化に基づくサブユニットが見られる場合にはサブユニット毎に試料を採取し、各試料から 3 粒子ずつを分析に供した。主・微量成分ともに無水四ホウ酸リチウムにより 1:5 に希釈したガラスビードを測定に用いた。試料の調整、分析方法の詳細、分析精度については、外西ほか (2015) に記載されている。

II-2-4 粒子形状測定

富士山科学研究所所有の粒子画像解析装置 (マイクロトラックベル社製 CAMSIZER P4) を用いて、テフラ粒子の外形パラメータを測定した。本測定は、装置内を落下する粒子のシルエット画像を撮影し、その画像から各粒子の形状パラメータを算出するものである。測定には、7 地点 (KFG、MF20-01、YA-1、MF18-01、KFG、SK、MD) から採取した乾燥状態のバルク試料合計 202 試料を用いた。厚いテフラ層内で粒径変化や色調に基づいてサブユニットに分かれる場合、サブユニットに分けて試料採取をおこなった (1 枚のテフラに対して、試料数=サブユニット数)。サブユニットに分かれない薄いテフラ層は全体を 1 試料として採取した。1 試料あたりの粒子数は 100 粒~数千粒程度であり、測定には 2 mm 以上にふるい分けた粒子を用いた (2 mm 以下の粒子は画像が不鮮明となり、正確に計測ができないため)。本装置で計測される形状パラメータは、長径、短径、アスペクト比 (AR)、真円度 (SPHT)、表面凹凸度 (Conv)、円相当径、対称性、対角長さ、透明度、鮮明度であり、比較には各試料の測定データの中央値を用いた。

II-3 結果

II-3-1 テフラの産状と年代

本研究では、露頭での識別が比較的容易な宝永噴出物 (Ho、宮地 (1984))、砂沢ラピリ (Zu、町田 (1964))、大室スコリア (Om、宮地 (1988))、忍野スコリア (Osi、田島ほか (2002)) を指標テフラとし、テフラ直下の土壌の放射性炭素年代測定、全岩化学組成に基づく対比をおこない、層序を組み立てた。北東麓および東麓の代表露頭 7 地点の柱状図を図 2 に示し、各地点のテフラ層の産状と年代について以下に記載する。

北富士演習場内の KFG 地点 (山頂から 9 km) では、Ho の下位に 27 枚の降下テフラ層が堆積しており、主要なテフラ層として 5 枚 (下から KFG1~5) を認定した。層厚は、KFG1 は 80 cm、KFG2 は 72 cm、KFG3 は 57 cm、KFG4 は 105 cm、KFG5 は 24 cm、Ho は 39 cm である。各層は灰色~表面が褐色に風化したスコリア (平均粒径 20~50 mm) が主な構成物であり、径 10 cm 程度の火山岩塊、赤色スコリアおよび岩片などを含む層もある。テフラ直下の土壌から得られた暦年代は、KFG1 (2 試料) は 1740~1585 cal BP と 1311~1268 cal BP、KFG2 は 2349~2302 cal BP、KFG3 は 1715~1566 cal BP、KFG4 は 1533~1407 cal BP、KFG5 (2 試料) は 1010~928 cal BP と 1274~1201 cal BP である。KFG2~5 の年代は上位ほど若く、層序と矛盾しないが、KFG1

の暦年代は上位の土壌の暦年代よりも若く、層序と矛盾する。

山中湖畔のMF20-01地点（山頂から13 km）で実施したトレンチ調査では、Hoの下位に26枚の降下テフラ層が堆積しており、露頭下部にはZuが認められた。HoとZuの間には、層厚が20 cm以上の5枚のテフラ層（下からIY11、IY17、IY21、IY25、IY26とする）が認められた。層厚は、Zuは25 cm、IY11は21 cm、IY17は33 cm、IY21は39 cm、IY25は34 cm、IY26は73 cm、Hoは55 cmである。各層は灰色～表面が褐色に風化したスコリア（平均粒径10～30 mm）が主な構成物であり、赤色スコリアや岩片などを含む層もある。テフラ直下の土壌から得られた暦年代（Yamamoto et al. (2023)で報告済み）は、IY11は2754～2697 cal BP、IY17は2621～2407 cal BP、IY21は2370～2305 cal BP、IY25は1735～1589 cal BP、IY26は1520～1380 cal BPである。また、IY25の下部から採取した炭化材から得られた暦年代は1539～1410 cal BPである。これらの年代は上位ほど若く、層序とも矛盾しない。

山中湖の湖心で採取されたボーリングコア（YA-1地点、山頂から15 km）では、湖底堆積物の間に29枚の降下テフラ層が認められた。各テフラの年代についてはYamamoto et al. (2023)による年代モデルを用いて明らかにされており、図2にはその年代値の一部を引用した。本地点では、KgP（天城カワゴ平テフラ：約3100年前、嶋田（2000））の上位に、主要なテフラとして6枚（YA-T12、YA-T14、YA-T17、YA-T20、YA-T22、YA-T26）を認定した。Yamamoto et al. (2023)による各テフラの暦年代は、YA-T12は2899～2785 cal BP、YA-T14は2768～2646 cal BP、YA-T17は2374～2232 cal BP、YA-T20は1786～1616 cal BP、YA-T22は1648～1482 cal BP、YA-T26は1268～1138 cal BPである。

北富士演習場のKFY地点（山頂から12 km）では、厚いスラッシュ堆積物の間に、Osi（層厚50 cm）とOm（層厚65 cm）が認められた。

山中湖西方のMF18-01地点（山頂から13 km、2018年に富士山研で実施されたトレンチ調査地点）では、鷹丸尾溶岩の下位にZu（層厚18 cm）、Om（層厚5 cm）、Osi（層厚40 cm）が認められた。

静岡県駿東郡小山町のSK地点（山頂から20 km）では、Hoと御殿場泥流堆積物の間に6枚の降下テフラ層（下からSKU1～6とする）が認められた。御殿場泥流堆積物（層厚250 cm）の下位にはZuも認められた。各テフラは層厚が6～37 cmであり、SKU4が最も厚い。各層のスコリア（平均粒径10～20 mm）の表面は褐色に風化している。SKU4直下の土壌から得られた暦年代は2495～2353 cal BPである。

静岡県御殿場市水野のMD地点（山頂から15 km）では、Hoと御殿場岩屑なだれ堆積物の間に7枚の降下テフラ層（下位からMD1～7とする）が認められた。各テフラは層厚が6～56 cmであり、MD4が最も厚い。各層のスコリア（平均粒径10～20 mm）の表面は褐色に風化している。MD4直下の土壌から得られた暦年代は2465～2344 cal BPである。

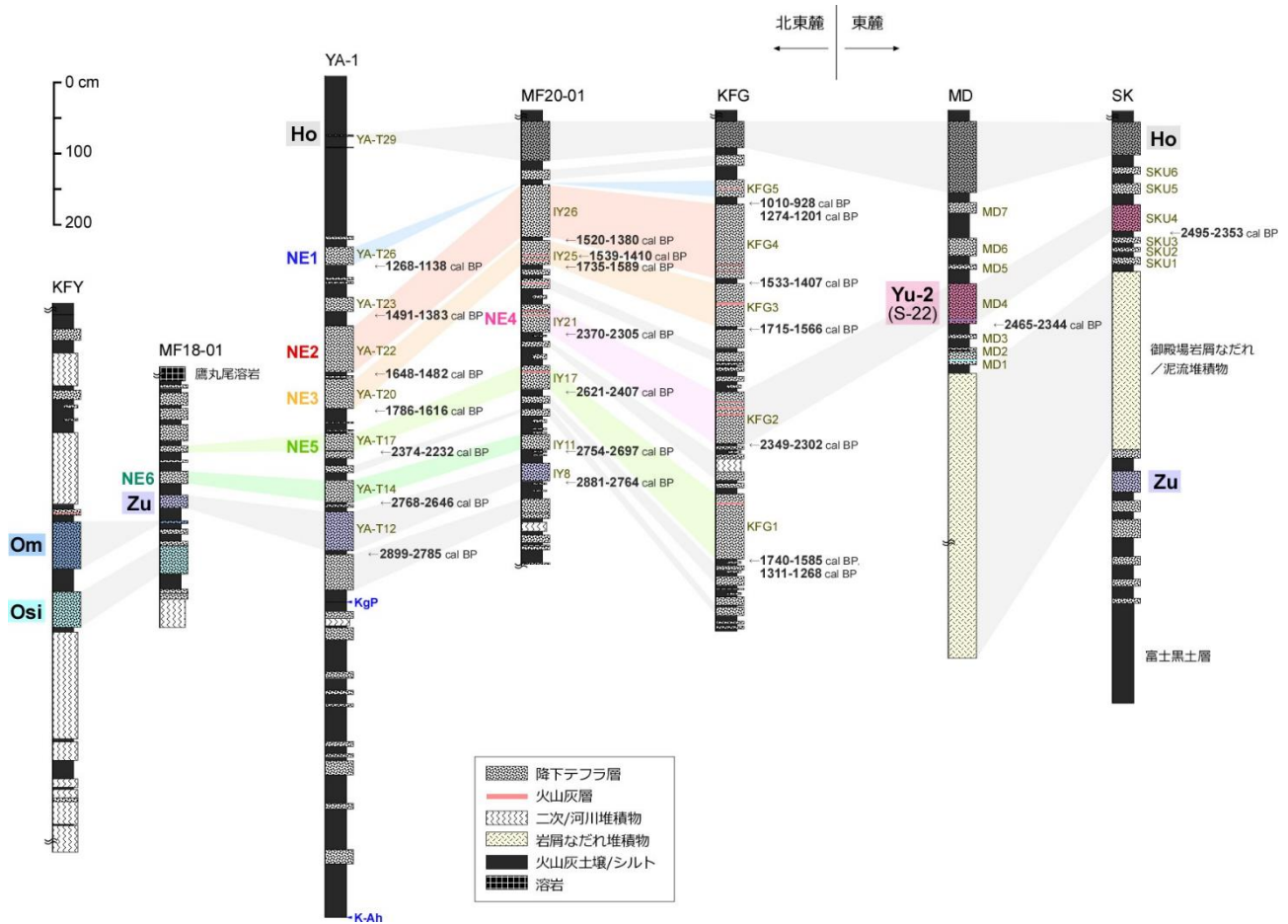


図2 北東麓・東麓のテフラ層序

テフラ名は先行研究（山元ほか, 2020 など）と対比ができたものを示す：Om, 大室山降下火砕物；Zu, 砂沢スコリア；Ho, 宝永降下火砕物。YA-1では、富士山のテフラの他に、広域テフラとしてK-Ah（鬼界アカホヤテフラ, 約7300年前）とKgP（天城カワゴ平テフラ, 約3100年前）が産する。YA-Tx, IYx, KFGx, MDx, SKUxは地点ごとのテフラの通し番号である。また、NE1～NE6は本研究による暫定的なテフラ名である。YA-1とMF20-01の暦年代はYamamoto et al. (2023)を引用した。

II-3-2 全岩化学組成

全岩化学組成分析の結果、主成分ではSiO₂やTiO₂の含有量に差異がみられた。SiO₂-TiO₂図を図3に示す。全体の傾向は、SiO₂=50～53 wt. %, TiO₂=1.0～1.5 wt. %である。これに対し、Zuは幅広いSiO₂量を示し、53 wt. %以上のものも含まれる。また、TiO₂-SiO₂図でSiO₂量に対するTiO₂量を見ると、KFG5およびYA-T26は全体の組成変化傾向よりも高いTiO₂量（1.6 wt. %前後）であり、IY17、KFG1およびYA-T17はそれよりもさらに高いTiO₂量（1.7～1.9 wt. %）であるため区別される。

微量成分では、SrとYの含有量に特徴のあるテフラ層が見られた。Sr-Y図を図4に示す。全体の傾向はSr=370～450 ppm, Y=15～25 ppmである。これに対し、以下のテフラは全体の傾向とは異なる組成範囲をもつため明瞭に区別される。すなわち、IY11およびYA-T14はY量が低くSr量が高い（Y≈20 ppm, Sr≈500 ppm）、IY17、KFG1およびYA-T17はSr量に対してY量が高い（Y≥30 ppm, Sr≈400～430 ppm）、KFG5およびYA-T26はY量が高くSr量が低い（Y≈30 ppm, Sr≈350 ppm）という特徴をもつ。

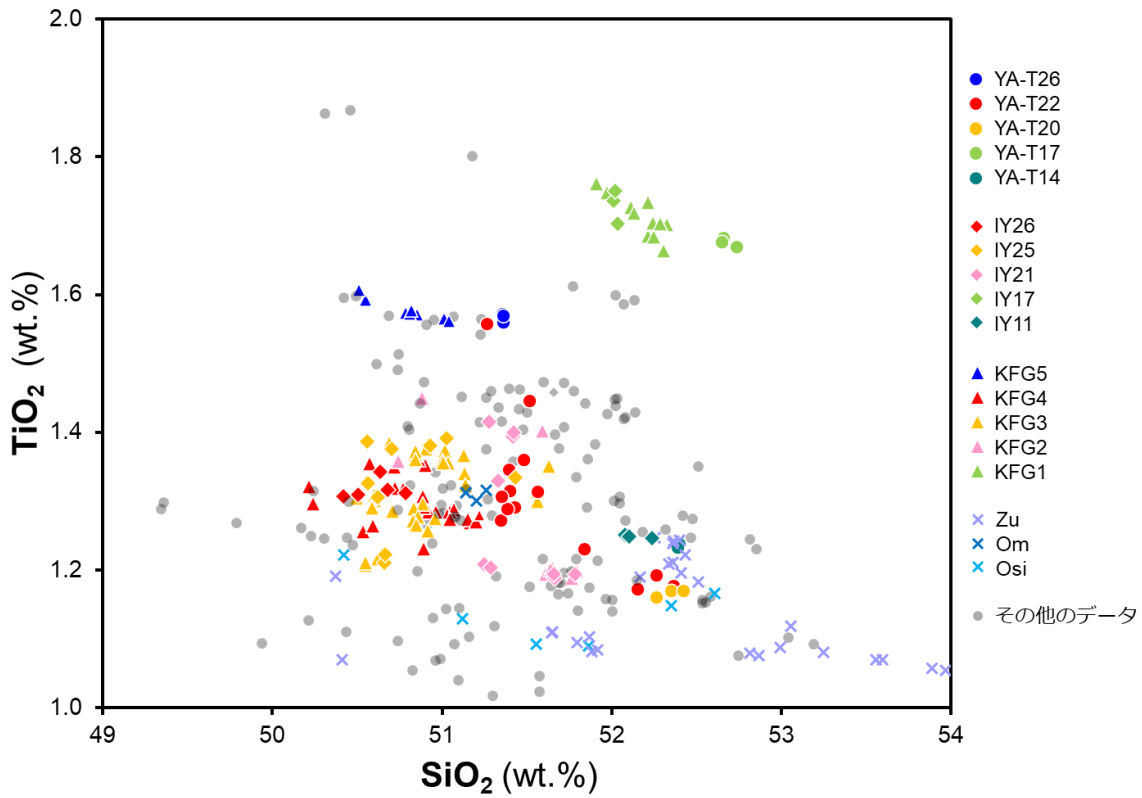


図3 全岩化学組成の SiO₂-TiO₂ 図

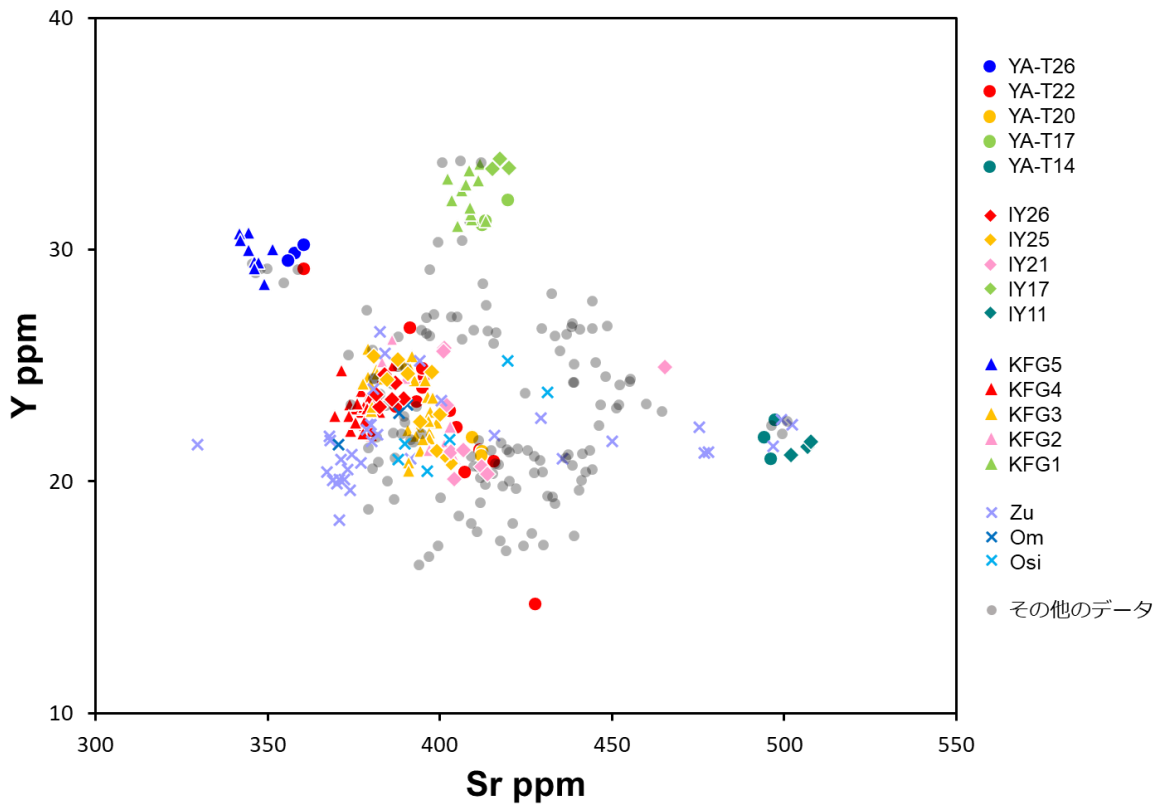


図4 全岩化学組成の Sr-Y 図

II-3-3 粒子形状

テフラ粒子の外形の特徴を定量化するために、形状測定を実施した。本稿では、結果に差異が見られたアスペクト比 (AR)、真円度 (SPHT) および表面凹凸度 (Conv) の結果を記載する。メーカーの説明書によると各パラメータの値は次の計算式で算出される。

$$AR = \frac{x_{c\ min}}{x_{Fe\ max}}, \quad SPHT = \frac{4\pi A}{P^2}, \quad Conv = \sqrt{\frac{A}{A_{Conv}}}$$

ここで、 $x_{c\ min}$ は短径、 $x_{Fe\ max}$ は長径、 A は面積、 P は粒子周囲長、 A_{Conv} は包絡面積である。AR、SPHT および Conv はいずれも 1 以下の正の値をとる。

測定結果の中央値は、全体としては AR=0.61~0.73、SPHT=0.68~0.85、Conv=0.95~0.99 であり、AR が高くなるほど、SPHT や Conv も高くなる傾向がある。測定結果の例として AR-SPHT 図を図 5 に示す。Ho は AR に関わらず SPHT が高いという傾向をもつ。Zu は AR と SPHT が高い値から中間的な値まで広い範囲に分布する。Osi は AR と SPHT が高く、Ho と Zu に比べて狭い範囲に集中して分布する。Om は AR と SPHT が共にやや低い範囲に分布する。指標テフラ以外では、KFG1、IY17 および YA-T17 は AR と SPHT が低い範囲に集中して分布する。IY11 および YA-T14 は、AR と SPHT が高い範囲に分布する。北東麓のその他のテフラおよび東麓の SKU4 および MD4 は、中間的な範囲に分布する。

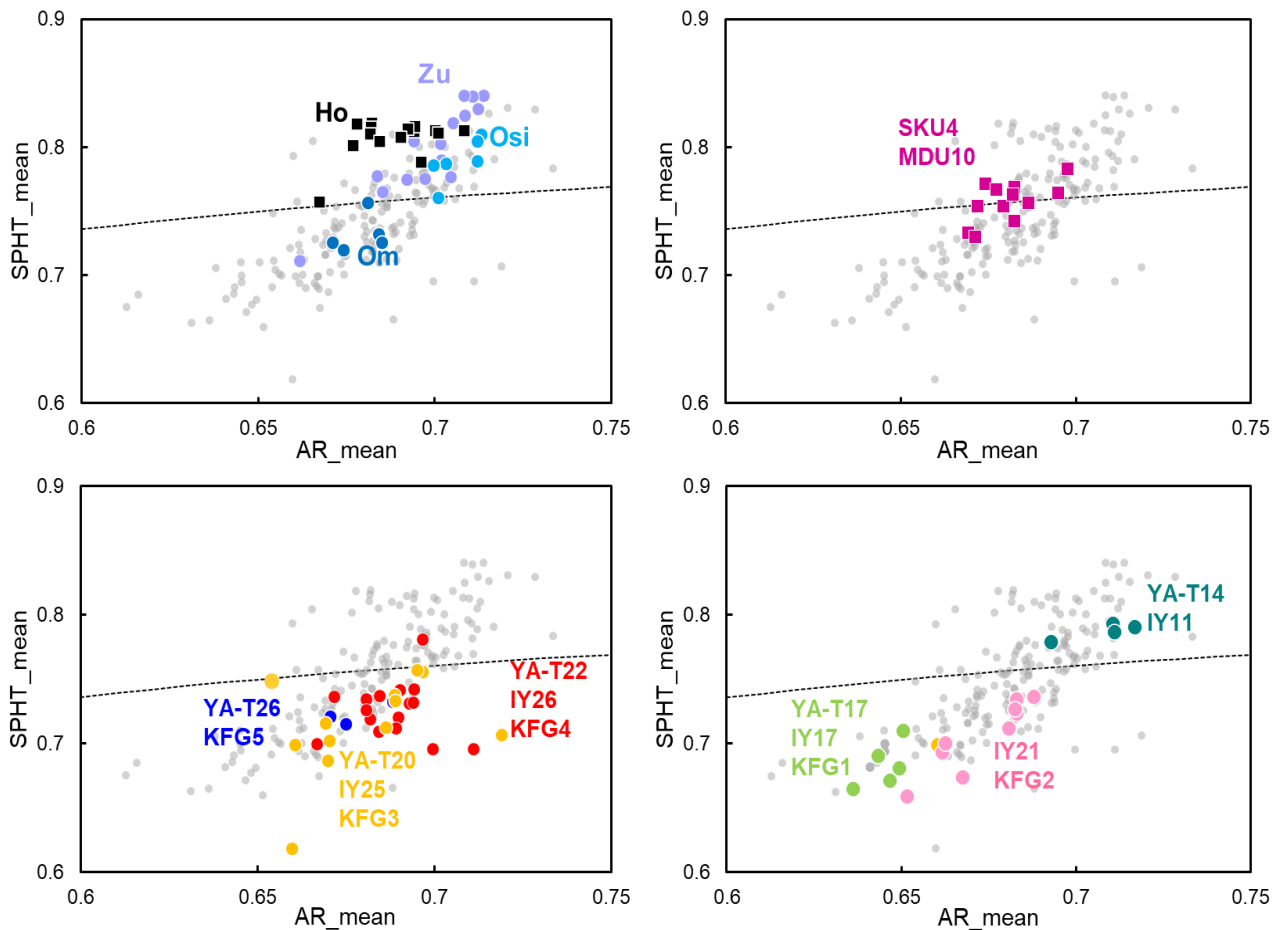


図 5 テフラ粒子の形状測定結果

アスペクト比 (AR) と真円度 (SPHT) の中央値をプロットしたもの。灰色の点は全測定結果、図中の点線は粒子の断面積が長方形で近似できる場合の関数 ($SPHT = \pi AR / (1 + AR)^2$) の曲線である。

次に、富士山北東麓の3地点（KFG、MF20-01、YA-1）について、サブユニット毎のAR、SPHT および Conv の中央値の層序変化を図6に示す。3つのパラメータは正の相関をもち、同様の変化傾向を示す。主要テフラ内における下部から上部への各パラメータの変化を見てみると、KFG4、IY26 および YA-T22 は減少のち緩やかに増加、KFG3 および IY25 は増加、KFG2 および IY21 は減少、KFG1 および IY17 は中位部で増加という傾向が見られる。

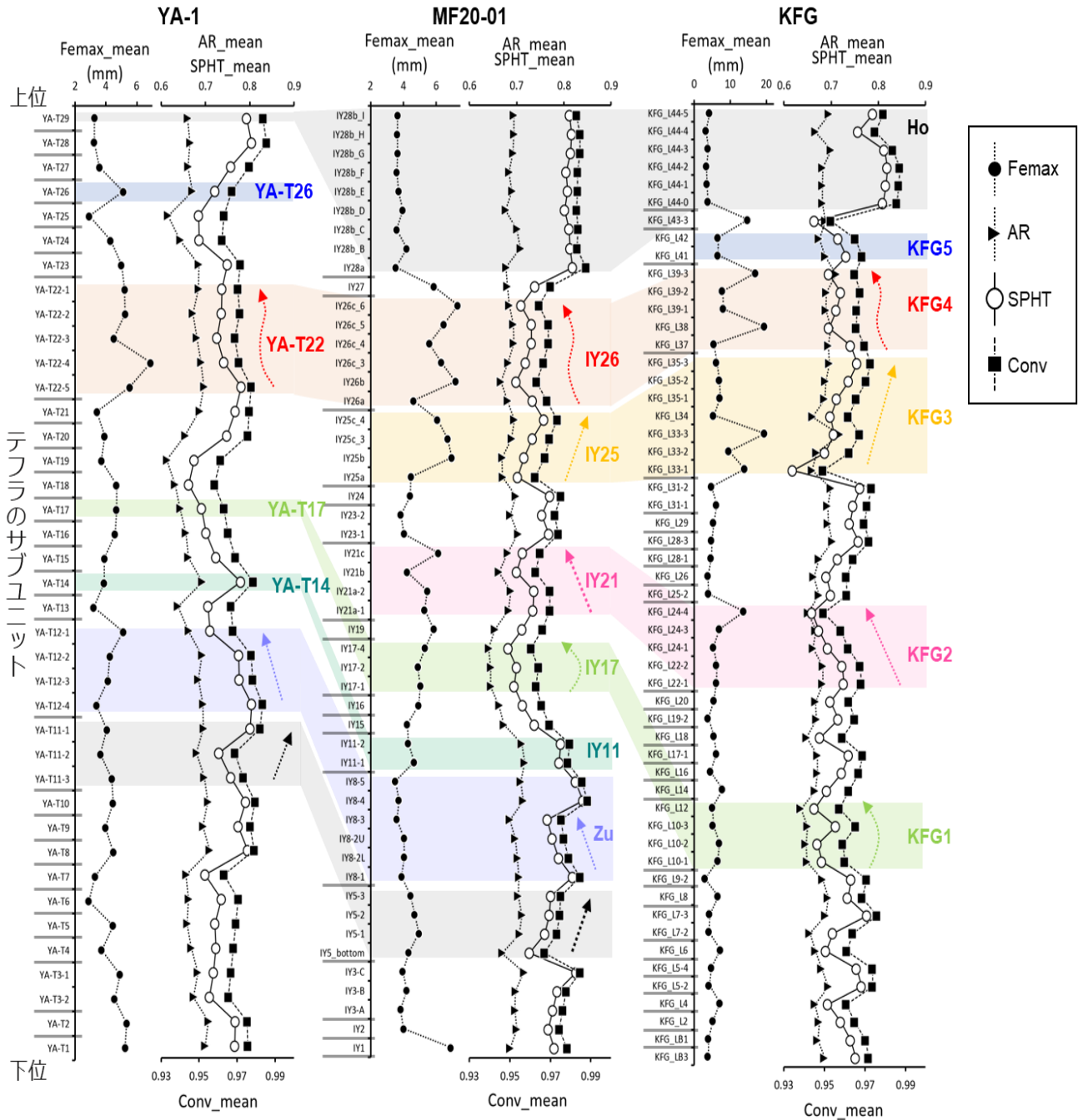


図6 サブユニット毎の粒子形状の層序変化

II-4 考察

II-4-1 北東麓の主要テフラと東麓のテフラとの対比

テフラの岩相と層厚、土壌の暦年代、全岩化学組成および粒子形状に基づき、北東麓の主要テフラは以下のように対比される。IY11 および YA-T14 は、暦年代が約 2700 cal BP であり (図 2)、低い Y 量と高い Sr 量で特徴づけられ (図 4)、AR と SPHT が共に高い点が一致する (図 5) ことから、同一の堆積物として対比することができ、これを NE6 とする。KFG1、IY17 および YA-T17 は、暦年代が約 2400 cal BP で概ね一致し、高い TiO_2 量と Y 量で特徴づけられ (図 3、図 4)、粒子形状も AR と SPHT が共に低い値をもつ (図 5) ことから、同一の堆積物として対比でき、これを NE5 とする。本層は、暦年代と Sr・Y 量から山元ほか (2020) による“S-20 降下火砕物”に対比される可能性が高い。KFG2 および IY21 は、暦年代が約 2300 cal BP で一致し (図 2)、全岩化学組成は幅広い組成範囲の中で概ね一致する (図 3、図 4)。また、SPHT と Conv の値が中位部で高くなるという特徴 (図 6) も類似することから、同一の堆積物として対比でき、これを NE4 とする。KFG3、IY25 および YA-T20 は、暦年代が約 1700~1600 cal BP であり (図 2)、全岩化学組成は幅広い組成範囲の中でおおよそ一致する (図 3、図 4)。また、テフラ層の下部から上部にかけて SPHT と AR が増加する (図 6) 特徴も共通であることから同一の堆積物として対比でき、これを NE3 とする。KFG4、IY26 および YA-T22 は、暦年代が約 1500~1400 cal BP であり (図 2)、全岩化学組成は幅広い組成範囲の中でおおよそ一致する (図 3、図 4)。また、テフラ層の下部から上部にかけて SPHT と Conv が減少のち緩やかに増加する同様の变化傾向を示すことから、同一の堆積物として対比でき、これを NE2 とする。KFG5 および YA-T26 は、暦年代が約 1300~1000 cal BP であり (図 2)、やや高い TiO_2 量と低い Sr 量で特徴づけられる (図 3、図 4) ことから、同一の堆積物として対比でき、これを NE1 とする。暦年代と Sr・Y 量から、本層は山元ほか (2020) による“SU-6' 降下火砕物”に対比される可能性が高い。

東麓の MD4 および SKU4 は、東麓のテフラ層序において最も層厚が大きく、暦年代が約 2500~2300 cal BP であり、AR と SPHT も中間的な値で一致することから同一の堆積物として対比できる。宮地らによる既存研究を参照すると、本層は“湯船第二スコリア” (Yu-2 : 泉ほか、1977) であると判断される。年代は宮地・鈴木 (1986) によって約 2200 年前と報告されており、本研究で測定した年代とほぼ一致している。一方、北東麓で同様の年代を示すテフラは NE4 である。これまで、既存研究では北麓において地表付近あるいは Ho の直下にある厚いテフラ層が Yu-2 に対比されていたが (例えば、石塚ほか (2007)、Suzuki and Fujii (2010))、それらはより若い NE2 に相当するテフラであったと考えられる。

II-4-2 粒子の形状特性による層序対比への適用

本研究で実施した粒子形状測定により、これまで記載のみで識別・対比されていたテフラをより定量的に比較することができた。例えば、山元ほか(2020)では、S-20 降下火砕物(NE5)を“spinose”、Ho を“polyhedral”と記載している。本研究により、前者はAR と SPHT が共に低く、後者はAR と SPHT が高いことがわかり(図7)、見た目の特徴が測定データに反映されることがわかった。このような測定データを活用することにより、放射性炭素年代測定や化学分析などをおこなう前に、より簡便にテフラを対比できることが期待される。

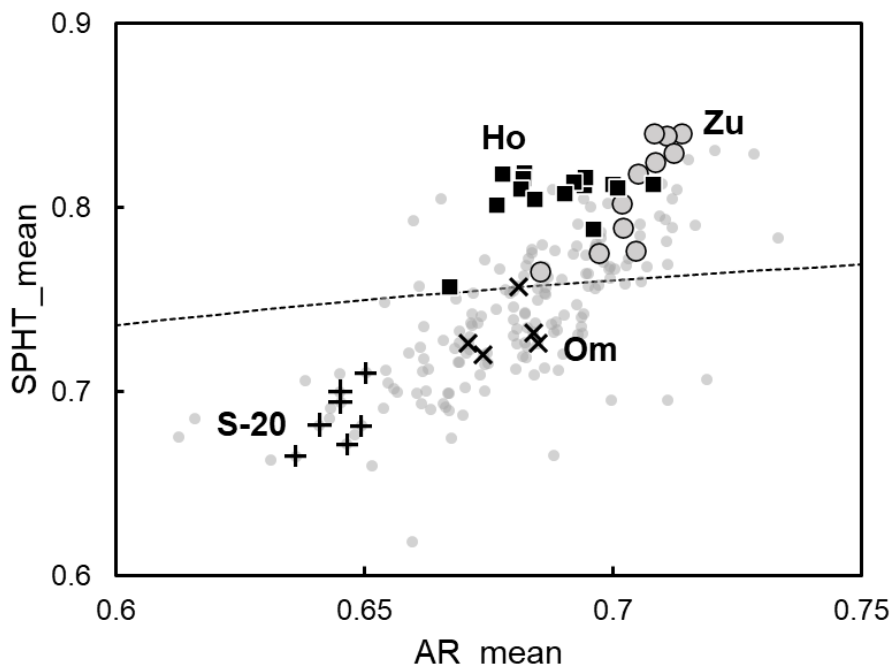


図7 形状特性と記載との関係

図5のうち一部のデータを使用した。灰色の点は全測定結果、図中の点線は粒子の断面積が長方形で近似できる場合の関数 ($SPHT = \pi AR / (1 + AR)^2$) の曲線である。

本研究では、1枚のテフラ層が厚い場合、サブユニットに細かく分けて測定したことにより、同一テフラ内の上下方向の形状の変化を明らかにすることができた(図6)。一方、火口から離れると層自体が薄くなり、サブユニットに分割されず、テフラ層内の形状変化を確認することができない場合もある。火口から放出された降下テフラは、同じ風向・風速で噴煙がたなびく場合、噴火強度が大きいほど到達距離は長くなる。このとき、給源火口から同じ方向では粒径が大きいサブユニットに含まれる粒子ほど遠方まで運搬される。そこで、II-4-1で対比できた北東麓のテフラNE1~6について、複数のサブユニットに分割できる場合は粒径(長径)が最大のサブユニットの中央値を各層の代表として、サブユニットに分かれない場合は層全体の測定データの中央値を用いて3地点(KFG、MF20-01、YA-1)のデータを比較してみたところ、AR、SPHTおよびConvは概ね一致した(図8)。このように、複数のサブユニットのデータが取得できない場合でも、同じ分布軸上のテフラ層であれば、1試料の形状測定データによる比較が有効な場合があると言える。

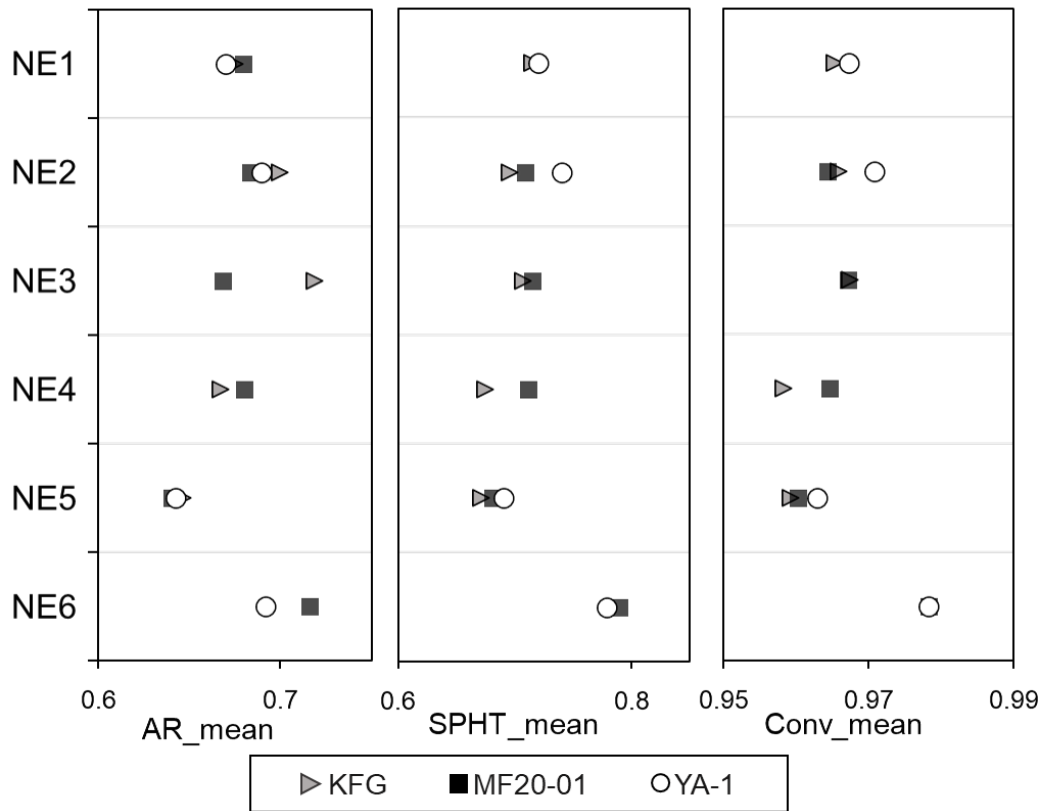


図8 北東麓3地点の主要テフラの形状の比較
 長径が最大となるサブユニットを各層の代表値として使用した。

II-5 謝辞

調査にあたって、環境省富士五湖管理官事務所、陸上自衛隊北富士駐屯地、東京大学附属演習林富士癒しの森研究所、富士吉田市外ニヶ村恩賜県有財産保護組合に便宜を図っていただいた。本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号 20H01982）、東京大学大気海洋研究所共同利用研究（受付番号 162, 2021）として行われた。記して感謝いたします。

II-6 引用文献

- 外西奈津美・安田 敦・中田節也 (2015) ガラスビード法による蛍光 X 線分析装置 (XRF) を用いた珪酸塩岩石の主・微量成分分析. 地震研究所集報, 90, 1-14.
- 石塚吉浩・高田 亮・鈴木雄介・小林 淳・中野 俊 (2007) トレンチ調査から見た富士火山北-西山腹におけるスコリア丘の噴火年代と全岩化学組成. 地質調査研究報告, 57, 357-376.
- 泉 浩二・木越邦彦・上杉 陽・遠藤邦彦・原田昌一・小島泰江・菊原和子 (1977) 富士山東麓の沖積世ローム層. 第四紀研究, 16, 87-90.
- 町田 洋 (1964) Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史—第四紀末期について— (その 1, その 2). 地学雑誌, 73, 293-308, 337-350.
- 宮地直道 (1984) 富士火山 1707 年火砕物の降下に及ぼした風の影響. 火山, 29, 17-30.
- 宮地直道・鈴木 茂 (1986) 富士火山東麓, 大沼藍沢湖成層のテフラ層序と花粉分析. 第四紀研究, 25, 225-233.
- 宮地直道 (1988) 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, 94, 433-452.
- Ramsey, C. B. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51, 337-360.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Houghen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W. Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Buntgen, U., Capano, M., Fahrni, A. M., F., Schulz, A., Friedrich, R., Kohler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reining, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), Radiocarbon, 62, 725-757.
- 嶋田 繁 (2000) 伊豆半島, 天城カワゴ平火山の噴火と縄文時代後～晩期の古環境. 第四紀研究, 39, 151-164.
- Suzuki, Y. and Fujii, T. (2010) Effect of syneruptive decompression path on shifting intensity in basaltic sub-Plinian eruption: Implication of microlites in Yufune-2 scoria from Fuji volcano, Japan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 198, 158-176.
- 高田 亮・山元孝広・石塚吉浩・中野 俊 (2016) 富士火山地質図 (第 2 版). 産総研地質調査総合センター, 56p.
- 田島靖久・阿部徳和・児玉 浩・久保 尚・宮地直道・小泉市朗・小野弘道 (2002) 富士山北東麓における新富士火山テフラ年代の再検討. 地球惑星科学関連学会 2002 年合同大会予稿集, V032-P018.
- 上杉 陽・堀内 真・宮地直道・古屋隆夫 (1987) 新富士火山最新期のテフラ—その細分と年代—. 第四紀研究, 26, 59-68.
- Yamamoto, S., Kametani, N., Yoshimoto, M., Miyairi, Y. and Yokoyama, Y. (2023) Eruptive history of Mt. Fuji over the past 8000 years based on integrated records of lacustrine and terrestrial tephra sequences and radiocarbon dating, Quaternary Science Advances, 100091.
- 山元孝宏・中野 俊・石塚吉浩・高田 亮 (2020) 新期富士火山降下火砕物の再記載と噴出量の見積もり. 地質調査研究報告, 71, 517-580.

R-06-2024

令和5年度
山梨県富士山科学研究所研究報告書
第58号

MFRI Research Report

2024年発行

編集・発行
山梨県富士山科学研究所

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1

電話：0555-72-6211

FAX：0555-72-6204

<https://www.mfri.pref.yamanashi.jp/>
