

富士五湖湖底ボーリングコアに記録された富士火山活動史

輿水達司*・内山 高*・山本玄珠**

Volcanic history of Mt. Fuji recorded in borehole cores from Fuji Five Lakes surrounding Mt. Fuji

Satoshi KOSHIMIZU*, Takashi UCHIYAMA* and Genjyu YAMAMOTO**

Mt. Fuji is the largest composite stratovolcano of the Quaternary Sub-Era in Japan, which has spewed a tremendous amount of volcanics since the prehistorical age. The present feature of Mt. Fuji is geologically divided into two sequence layers; those formed before and after about 11,000 yB.P. called the Older Fuji Volcano (OFV) and the Younger Fuji Volcano (YFV), respectively. It was observed that the most part of distribution of volcanics near Mt. Fuji is composed of YFV. Therefore, it was hard to observe OFV in the area of surrounding Mt. Fuji. Further, it is geohistorically recognized that the five lakes located at the northern foot of Mt. Fuji such as Yamanaka, Kawaguchi, Sai, Shoji and Motosu Lakes, were formed and transformed by lava and tephra spewed in the volcanic activities of Mt. Fuji. In order to understand detail geohistorical characteristics of Mt. Fuji volcano and environmental history of the five lakes, borehole cores were extracted from Yamanaka, Kawaguchi and Motosu Lakes, respectively. Based on the stratigraphy and petrological investigation for these borehole cores, we previously reported that geological information of OFV as well as YFV were confirmed for each borehole cores as described in detail by Koshimizu and Uchiyama (2002). Because the borehole cores from around Lake Motosu gave us successive eruption information as lava flow from OFV to YFV in the length of 175 m of their borehole core, we investigated radiocarbon age determination and geochemical analysis for these samples. At Narusawa area near Lake Motosu where we performed an analysis of borehole core mentioned above, Miyaji *et al.* (1995) also investigated the stratigraphy and petrological characteristics of borehole cores whose ages covered from latest OFV to YFV and its length is 201 m. Thus, we attempted to correlate based on this geological information for two borehole cores; Motosu and Narusawa. The Motosu borehole core has more information in its age than the Narusawa one, as the lava flows history from Mt. Fuji aged from Ca. 30,000 yBP. The borehole core from around Lake Motosu proved to be one of the most useful geological tools to provide detailed understanding of Mt. Fuji volcanic history from borehole cores around and at the foot of Mt. Fuji.

Key words: Mt. Fuji, Lake Motosu, Narusawa, Older Fuji Volcano, Younger Fuji volcano, borehole core, volcanic history

1. はじめに

富士山の火山活動について一般には約 11000 年前を境にして、それ以前を古富士火山、それ以降を新富士火山のステージに区分されている (津屋, 1971)。新富士、古富士のそれぞれの時代に活動した噴出物や堆積物の分布をみた場合、古富士時代の多くは新富士の溶岩や火山灰等に覆われている。そのため古富士時代の噴出物や堆積物が地表で確認できるのは、富士山の東麓や南麓の一部に限られている。この事情により、富士山の噴火史、とりわけ古富士時代を含めた噴火史を正しく理解するためには、山麓を含む富士山地域においては、野外調査のみならずトレンチやボーリ

ング調査が有効な手段となる。そこで、我々はこの数年間に、山中湖、河口湖の湖底や本栖湖の湖畔などから、地下数十～二百メートルのボーリングコアを採取し地球科学・環境科学的検討を行ってきた。

本報告では、山梨県環境科学研究所により富士五湖地域において採取されたボーリングコア試料の層序の概要を述べ、その上でこれらコア試料の中で富士山起源溶岩類が比較的連続して記録されている本栖湖湖畔のコア試料につき、岩相・岩石学的な観察に加え、年代及び化学組成等の面から検討し、周辺への対比を試みたので以下に報告する。

* 〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597-1
山梨県環境科学研究所
Yamanashi Institute of Environmental Sciences, 5597-1,
Kenmarubi, Kamiyoshida, Fujiyoshida,
Yamanashi 403-0005, Japan

** 〒410-0822 静岡県沼津市下香貫八重 129-1
沼津工業高校
Numazu Technical High School, 129-1 Shimokanukiya,
Numazu, Shizuoka 410-0822, Japan

2. 富士五湖周辺のボーリング掘削の意義

富士山の火山活動史については、Tsuya (1962), 町田 (1964), 宮地 (1988), 上杉・他 (1992) などの詳細な研究があるが、火山活動と山麓の湖の形成過程との関連、またその形成時期等には未解決な問題が残されている。さらに、富士山の火山活動の中で古富士火山の噴出物は、関東ローム層を構成し関東平野に広く分布しているが (町田, 1971, 1977), 富士山の山体においては新富士火山の噴出物に覆われているため、その露出は東麓では御殿場付近に、西麓では白糸の滝、富士宮付近などに限られている (図 1)。そのため、富士山の過去の噴火史、とりわけ古富士を含めた噴火史を理解するために、富士山地域においては野外調査のみならず、トレンチやボーリング調査が有効となる。

ところで、富士山麓地域におけるボーリング掘削は、地下水や温泉開発等の場合以外のいわゆる学術ボーリングとしては、従来の成果として山中湖や鳴沢村等の報告が知られている (遠藤・他, 1992; 宮地・他, 1995, 1998, 2001)。これ以外にも最近、富士スバルライン沿いの四合目付近において、防災科学技術研究所の地震計等の計器類埋設を目的にしたボーリングコアが、また北麓側の滝沢林道沿いなどにおいて、東京大学地震研究所が中心で行った調査および火山観測の計器類の埋設に係るボーリングコアが、それぞれ採取され解析が試みられている (吉本・他, 2004)。

このように、ボーリングコア試料を材料にした場合、富士山の地下構造や詳細な火山活動史等の解明の上で有効な情報が得られる。

一方、我々はこの数年間に、山中湖、河口湖の湖底や本栖湖の湖畔などから、地下数十～二百メートルのボーリングコアを採取した。これら試料中には後述するような過去の富士山の活動情報も具体的にとらえられた (興水・内山, 2002)。確かに富士山の過去の活動を詳しく知ろうとする場合、山腹においてボーリング掘削した方が、我々が実施した富士五湖などのような一般には富士山の火山噴火の噴出火口から離れる山麓地域の場合に比べ、より多くの噴火記録を把握できる可能性は高い。しかし、山腹の場合には噴出の後、一度堆積したものがその後の噴火で流されることも、あるいは噴出物の固結の程度が乏しい場合には、その後の降雨・降雪などで泥流として移動することも考えられる。これに対し、湖の堆積物の場合、特別な場合を除いて、下位より上位に向かって歴史的に古い時代から新しい時代にわたる堆積物が、順に重なっている。しかも一度堆積したものが別の場所に移動することは、例えば大規模地震などによる地殻変動や土石流の湖へ大量流入などのような極端な場合を除いて、ほとんどない。確かに山腹において記録される噴火が、必ずしも全て山麓の湖まで及ぶことはない、という欠点は否めない。しかし、山麓の湖周辺には現在もかなりの数の人間が生活する舞台になっており、このような場所における将来の噴火の影響を、過去の富士山の噴火から検討しようと考えた場合、われわれが進めてきた富士五湖のボーリングコア試料から、もたらされ

る情報の有効性は高い。

3. 富士五湖周辺のボーリングコア

山梨県環境科学研究所では、富士五湖の湖底ボーリング掘削に先立ち、先ず富士五湖の湖底堆積物につき音波探査及び磁気探査により分布状況を把握し (興水・他, 1998), その上で、山中湖、河口湖、本栖湖の湖底堆積物につき、ボーリングコア採取し (図 1), 岩相や年代等を中心に検討してきた (内山・興水, 2001; 興水・他, 2004 など)。以下に、山中湖底、河口湖底、本栖湖畔から採取されたボーリングコア試料の地質構成の地域による特異性と、各々のコア試料から得られた年代的な成果を中心に述べる。なお、富士山麓の地下水の循環や富士五湖の水の起源についての最近の成果については以下の文献を参考にされたい (Koshimizu and Tomura, 2000; 興水, 2005)。

3-1 山中湖底のボーリングコア

山中湖は概ね東西方向に延びる細長い湖で、面積は 6.89 km², 標高 982 m, 最大水深 14.3 m, 平均水深 9.4 m である (山梨県, 1993)。富士山の噴火活動による溶岩流のうち、鷹丸尾溶岩流によって堰き止められ現在の湖が形成された、と考えられている (田場・他, 1990)。この湖のほぼ中央部付近に最深部がある。この湖盆中央部付近の最深部は、概して平坦でかつ広がりのある地形になっており、この最深部付近においてボーリングが実施されている (田場・他, 1990)。その長さは 2.55 m で、この試料を基に山中湖の成因や形成史が論じられ、珪藻組成の解析から約 1850 年前に急激な環境変化が起こり山中湖が形成された、としている (遠藤・他, 1992)。

その後、山梨県環境科学研究所は 1998 年 12 月に、小杉・他 (1992) が実施した所とほぼ同じ地点において、約 17.6 m のボーリングコア試料を採取した (図 2)。その岩相はシルトや砂などの細粒堆積物に多数のスコリアが挟在する。ただし、湖底表層及び深度 11.4 m 付近から、それぞれ下位に向かって約 2 m はスコリアの存在が乏しく、特に 11.4 m 以深の細粒堆積物は、いわゆる黒ボク土である。これは炭素 14 年代測定によって得られた値を考慮すると、町田 (1964) の指摘する「富士黒土層」に年代的にも矛盾しないものである。なお、この年代を含め以下に本論文で報告する放射性炭素年代は、(株)地球科学研究所に委託し得られたものであり、加速器によって測定された年代については暦年代に補正したものを、また β 線計測により得られた年代は補正 ¹⁴C 年代を示す。また、深度 14 m 付近からは約 14000 年を示す、古富士時代に遡る値が得られている。このような年代値等から見積もられる堆積速度や挟在する層位・層相等を基にすれば、深度 0.8 m 付近に認められるスコリアの時代としては江戸宝永年間の可能性が高い。しかも確かに灰白色の軽石が伴わないものの本ボーリングコア中で最も表層部にあたるスコリアであることを併せて考慮すれば、1707 年に活動した宝永噴火によるものとして大きな矛盾はない。なお、遠藤・他 (1992) によれば、我々とほぼ同じ地点から採取したコア試料の深度

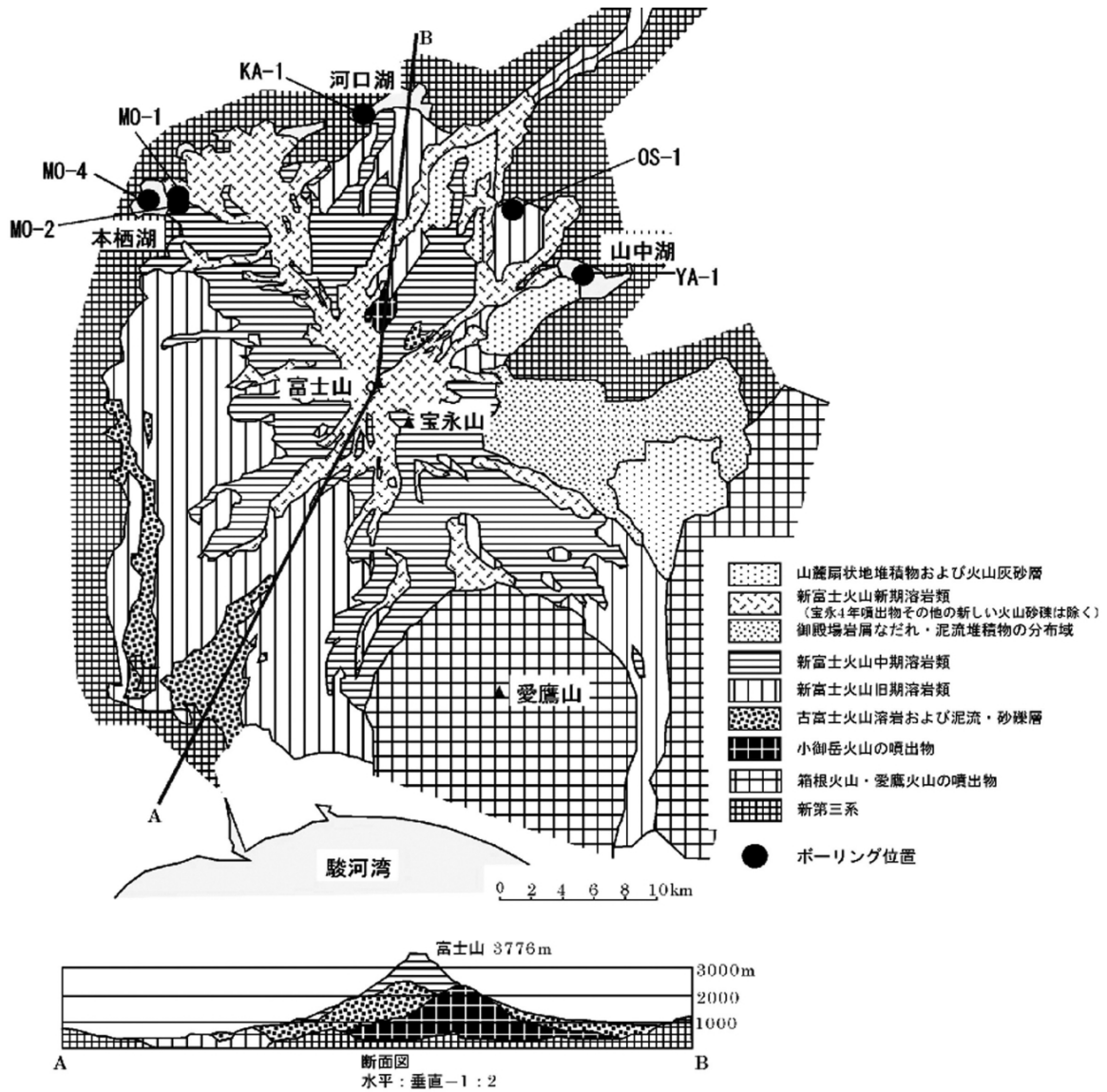


図1 富士山の地質図 (津屋, 1971 を簡略化) および山梨県環境科学研究所が掘削したボーリングコア地点 (興水・他, 2004).

50 cm 付近において、層厚 15 cm の宝永テフラの存在を報告している。しかも、この最下部には白色軽石が含まれている、としている。このような互いのコア試料中において、宝永テフラの深度や構成に違いが生じた原因として、同じ湖の中の概ね同じ地点からの採取試料という場合であっても、全く同一地点からの採取でないことに起因しているのかもしれない。なお、遠藤・他 (1992) のコア試料中には、湖底表層から 8 枚の降下スコリア層を確認しているが、湖底表層から 2 枚目のスコリア層の深度は約 1.6 m であり、このスコリア層に上述の我々の宝永スコリアを対比するには、深度の相違が大きく、無理があるように思われる。

なお、このコア試料につき湖底表層部から深度 11.4 m までにわたり珪藻化石が比較的豊富に含まれ、これら珪藻組成の変遷を基に、山中湖の環境の変化を検討した (Yoshizawa, et. al., 2004)。すなわち、深度 11.4 m ~ 9.2 m には *Epi-*

themia sorex, *Cocconeis placentura* といった付着性・底性珪藻が高い割合で観察されることから河川・湿原の環境が推定される (第 1 ステージ)。深度 9.2 m ~ 6.0 m には, *Aulacoseira glanulata*, *Aulacoseira subarctica*, *Cyclostephanos dubius* 及び *Stephanodiscus* sp. などプランクトン性の珪藻が優占種であることから湖の環境が推定される (第 1 ステージ)。深度 6.0 m ~ 2.5 m は、ほとんどが *Flagralia pinnata* で構成され、その他の珪藻も含め付着性・底性珪藻が主体であることから、この時期は再び河川・湿原環境が推定される (第 2 ステージ)。深度 2.5 m ~ 0 m は, *Aulacoseira granu-*
lata, *Cyclotella radiosa*, *Cyclostephanos dubius* 等のプランクトン性の珪藻が高い割合で観察されることから、現在を含む湖の時代 (第 2 ステージ) ということになる。このように、コア試料中に少なくとも 2 回の湖の時代が繰り返していたことが判明した。このうち、深度 2.5 m 以降の時

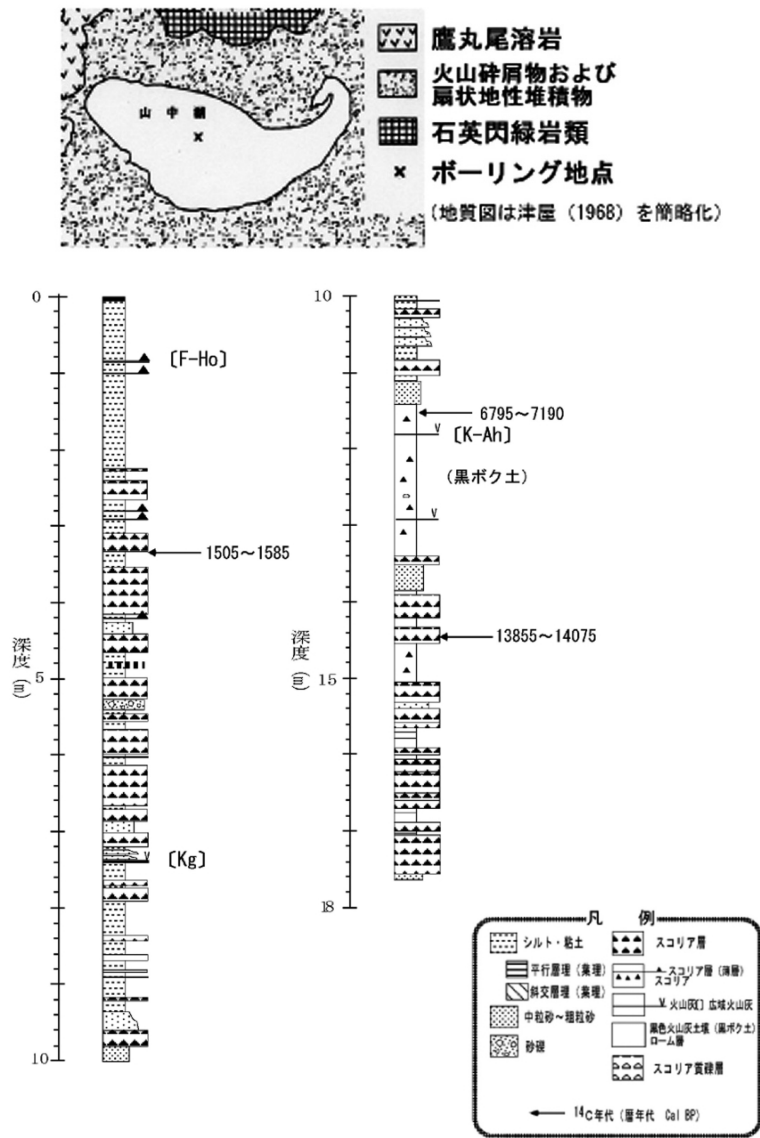


図2 山中湖ボーリング位置図およびコア柱状図.

代における Yoshizawa, *et. al.*, (2004) の第2ステージの湖が、前述した遠藤・他 (1992) の言う現在の湖に対応するものである。

3-2 河口湖底のボーリングコア

河口湖は概ね南西-北東方向に長軸が延び、東部において南東方向に屈曲する細長い湖盆形状を呈し、面積は 5.96 km²、標高 832 m、最大水深 16.1 m、平均水深 9.3 m である (山梨県, 1993)。湖の西-北-東の三方を新生代新第三紀の御坂層群よりなる山地に囲まれ、湖の南方のみ富士山に向かって開いている。この南東部の湖岸に新富士火山旧期の船津溶岩および中期の東剣溶岩 (津屋, 1971) が分布している。湖の中央部には“鵜の島”と呼ばれる湖底の高まりが認められる。

ボーリングは、この鵜の島南西約 1.5 km 地点の西側湖盆域のほぼ中央において実施し、湖底下約 88 m の長さの

試料が採取された (図3)。このコア試料の深度約 15 m まではシルト・粘土等の細粒堆積物を主とし、スコリアが挟在する。しかし、スコリア等のテフラの挟在する割合は、上述した山中湖に比べ乏しい。湖底表層から深度 2 m 付近までは降下スコリア層は認められず、深度 2 m 付近から深度 6 m 辺りまでに、層厚数 mm~2 cm を主体とするスコリアが十数枚、また深度 3.75 m には約 20 cm の厚さのスコリアが認められる。深度 6 m より下位の約 13 m までの深度にはスコリア層は殆ど認められない。13 m 付近より下位の約 15 m までの深度には、約 10 枚のスコリア層が確認される。このうち、深度 3.75 m 付近に認められるスコリアは、その層厚が河口湖コア試料中では最大であり、しかもその前後の年代や広域テフラ等の層位の情報を加味すると、その起源を大室スコリアと判断して大きな矛盾はない。約 15 m~52 m までの間には、二枚の安山岩質玄武

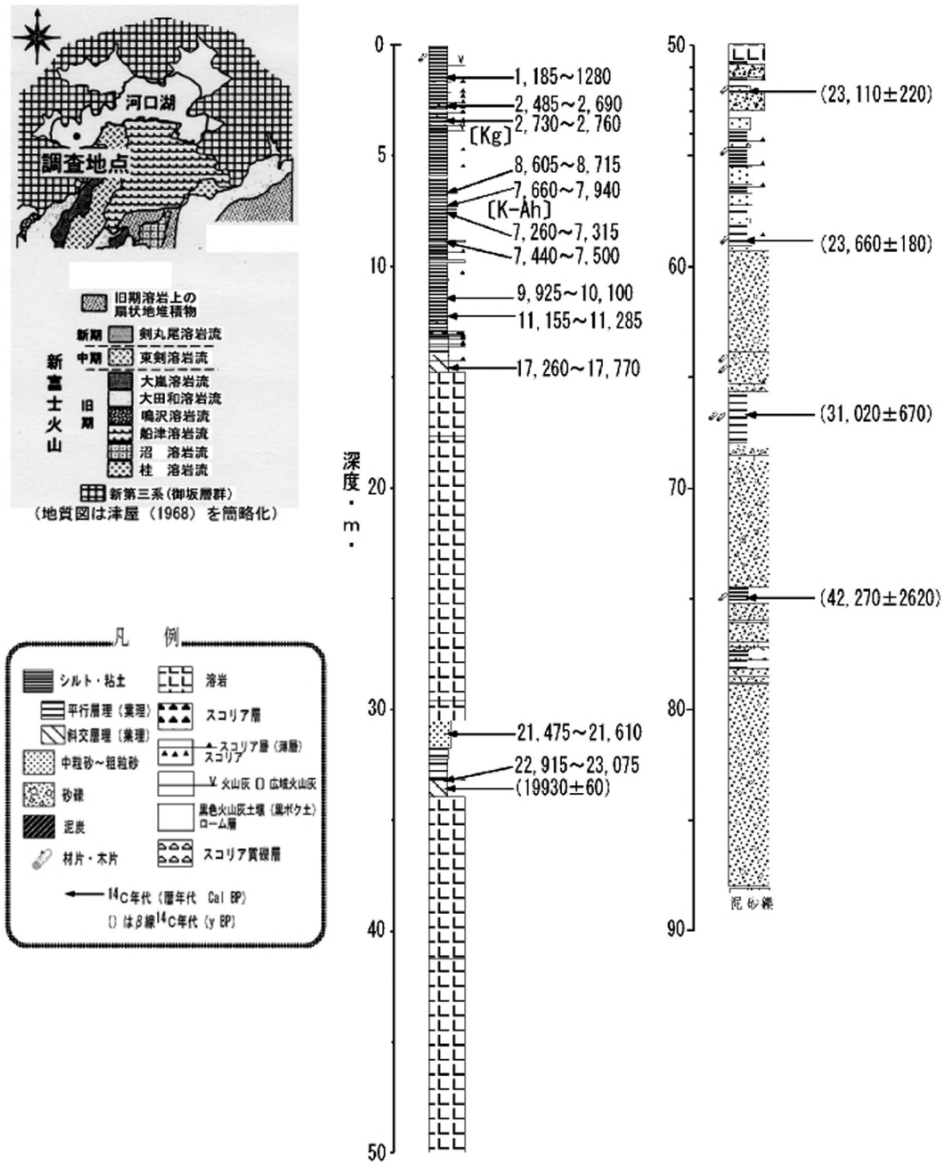


図3 河口湖ボーリング位置図およびコア柱状図.

岩溶岩が認められる。その下位の深度約 52 m~88 m は砂・礫等の粗粒の堆積物を主体としている (野尻・他, 2003)。

現在までに我々が明らかにした炭素 14 年代測定値から、二枚の溶岩の活動年代を見積もると、深度約 15 m~30 m の溶岩は約 18000 年から 21000 年の間の、また深度約 33 m~51 m の溶岩は約 23000 年より幾分古い時期、あるいはそれ以前の、いずれも古富士の時代に位置づけられる。なお、この考察の根拠になる放射性炭素年代については、前述したように加速器によって測定された年代については暦年代に補正したものを、また β 線計測により得られた年代は補正 ^{14}C 年代を示した (図 3)。このようにコア試料中に観察される古富士時代の溶岩については、河口湖付近の陸上部には確認されていないものである。

3-3 本栖湖畔のボーリングコア

本栖湖は標高 900.5 m に位置し、東西約 2.5 km、南北

約 2 km で、面積 (4.83 km²) としては富士五湖の中で 3 番目であるが、最大水深 122.1 m および平均水深 67.9 m とともに第一位の湖である (山梨県, 1993)。本栖湖は、かつて西湖および精進湖とともに一つの大きな湖を形成し、貞観 6 年 (西暦 864 年) 以前の溶岩流により先ず本栖湖が分離し、その後の貞観 6 年から 2 年に及ぶ青木ヶ原溶岩の流出により、現在の西湖、精進湖とともに本栖湖の三湖に分断された (津屋, 1971)。なお、これら三湖の水位は、ほぼ同一の標高を示している。本栖湖の北側、西側、南側には御坂層群が分布し、湖東側に新富士火山の旧期の溶岩が、さらにこれを覆って青木ヶ原溶岩が分布している (図 4)。

我々は、本栖湖畔における旧期の溶岩 (本栖溶岩流 II) と青木ヶ原溶岩の分布境界付近において、ボーリングコアを採取した (図 4)。このコアは長さ約 173 m で、砂・泥を所々に挟みながら地表部から深度約 168 m までは、基

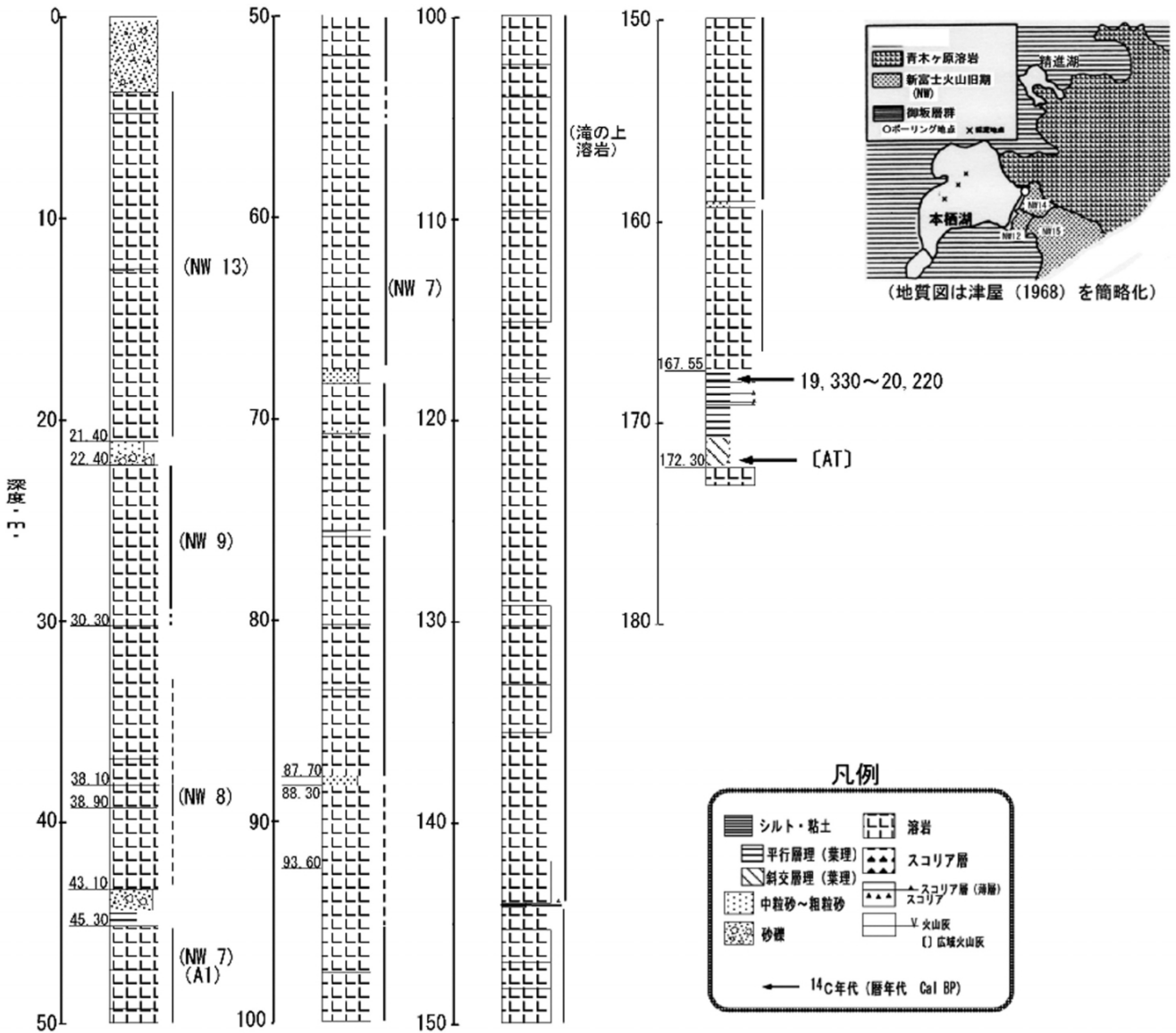


図4 本栖湖ボーリング位置図およびコア柱状図。

本的に溶岩主体で構成されている。深度22m付近には灰黒色の砂～砂礫が、44m付近には茶褐色の砂礫や砂質シルトが、68m付近、88m付近、160m付近には砂層が認められる。また、コア試料中の145m付近に、富士山起源と思われるスコリアが認められる。さらにその下位の深度168m以下には、厚さ4.6m程の縞状構造の発達したシルト・粘土層が認められ、この中に4層準に約1cm～数mmの厚さの黒色スコリアが挟まる。さらにその下位に再び168mよりも上位と肉眼的に類似する溶岩が認められる。これらコア試料中における深度168m付近の溶岩直下の堆積物中に挟在する植物片から、約19000～20000年の年代測定値を得ている。この値により、その上位に発達する溶岩は、新富士火山のみならず、古富士火山のステージまで遡る可能性が示唆される。また、深度168mの下に挟まる堆積物中の下部には扁平型火山ガラスを含むテフラが確認でき、この火山ガラスの形態と屈折率($n=1.498\sim 1.502$)

からATテフラと判断した。このことより、この堆積物の下位に位置する溶岩の年代は約3万年あるいはそれよりも古いものと考えられる。なお、ボーリング地点を含む本栖湖周辺の陸上部には、古富士時代の溶岩類は分布していない。

以下に本栖湖コア中の溶岩の特徴につき述べる。

3-4 本栖湖畔ボーリングコアの溶岩の岩石学的特徴

本栖湖畔のボーリングコアの主構成をなす溶岩類のうち、深度43mよりも浅い部分については概ねアア溶岩であり、これに対し深度45m以深については概してパホイホイ溶岩に大別される。これらの境界にあたる深度43m～45mには砂礫の堆積物が挟まる(図4)。

このうち、表層部に近いアア溶岩類の中で、深度22m付近までは、長柱状、あるいは短柱状の斜長石を20%～40%程度含む。このうち、長柱状の斜長石は7mmあるいは8mmという比較的大きいサイズを、しばしば示すと

いう特徴が認められる。また、短柱状の斜長石は1 mm~2 mm以下を主体とするが、深度27 m~30 mの溶岩のように、まれに3 mm~4 mmの大きいサイズも認められる。これは本ボーリング地点付近に分布する津屋(1971)の本栖湖溶岩I(NW13)の岩質や産状(山本・他,2003)に類似している。深度22 m~30 m付近の溶岩は無斑晶で多孔質であり、3 mm程度の短柱状の斜長石を3%以下含み、その他に1 mm以下のカンラン石、斜方輝石を含むがその量は斜長石より劣る。これは調査地域南方の津屋(1971)の猪頭溶岩III(NW9)に類似した岩質である。また、その下位の深度38 m~39 m付近の溶岩については、黒色を呈し、ほぼ完全に無斑晶などの岩質的特徴からして、この溶岩は津屋(1971)の猪之頭溶岩II(NW8)に類似する。

深度45 m以下の溶岩類については、全体的にパホイイ溶岩であり、2 mm~3 mm程度の斜長石を概ね20%~30%含み粒径が揃っており、またカンラン石については3 mm程度のサイズが卓越し、その含有割合は概ね2%~3%という特徴を示す。しかし、深度53 m~55 m前後における溶岩では輝石含有量が多く、しかも斜長石も30%~40%と多くなる。また、深度95 m以下においては、溶岩中に直径1 cm~3 cmのガブロノーライトの捕獲岩を多量に含む特徴を示す。この捕獲岩については、深度43 m以浅の溶岩には認められず、また深度45 m以下の場合でも特にこの95 m以深の溶岩に特徴的に認められるものである。なお、深度168 m以下に4.6 mの堆積物を挟み、その直下173 m付近に認められる溶岩についても、その岩石学的特徴は概ね上述した深度45 m~168 mの溶岩類に似る。以上に述べた45 m以深の岩質の特徴は、5 mm以上の粗粒な斜長石を含まず、比較的粗粒なカンラン石の斑晶に富むとされる津屋(1971)の古富士火山の溶岩の特徴に類似する。また、45 m以深の岩質は本調査地域南方の山本・他(2003,2004)によって古富士溶岩とされた猪之頭溶岩I(NW7)とも類似している。また、ガブロノーライトの捕獲岩は、南部フォッサマグナ地域では、富士山の宝永火山および古富士火山の末期の滝之上溶岩からの産出が確認されている(津屋,1971;山本・他,2002)以外にはない。

3-5 本栖湖ボーリングコアの岩石化学的特徴

3-5-1 本栖湖畔ボーリングコアの化学分析

本栖湖畔より採取したボーリングコア(Mo-2)から15試料(図5)の溶岩について、蛍光X線分析法により主成分及び微量成分を測定した。主成分元素の分析については、試料をアルミナ乳鉢で粉末にし、0.4 g前後秤量し、この10倍量の四ホウ酸リチウムと混合し、剥離剤として臭化リチウムを加えた。この混合試料を白金ルツボに入れ、(株)東京科学製のビードサンプラーNT-2,000にて1,500°Cで240秒間溶融し、480秒間混合した後、冷却して測定用ビードガラスを作成した。測定には波長分散型蛍光X線分析装置(RIGAKU RIX3,100)を使用した。以上の分析手法は、基本的に高橋・周藤(1997)の方法に従った。

3-5-2 本栖湖畔ボーリングコアの化学分析結果

ボーリングコア試料中の溶岩類の深度と化学分析結果に

つき検討するために、柱状図とともに主成分および微量元素を示した(図5)。

ボーリングコアの浅い部分から検討すると、20 m付近までの溶岩は本栖湖溶岩I(山本・他,未公表資料)とほぼ同様な主成分、微量成分を示し、22 m~30 m,38 m~39 mのいずれも猪之頭溶岩III,IIの値とほぼ同様な値を示している。また、45 m~168 mまでの溶岩は、宮地・他(1995)の鳴沢のボーリングの最も深部の古富士火山最末期のA1溶岩や山本・他(2004)の古富士火山の溶岩とされる猪之頭溶岩Iと同様な値を示す。

さらに、本栖湖ボーリングコアのうち、43 mより上位の分析値を系列1,45 mより下位のそれを系列2として、我々が化学分析を実施した結果を例えば $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$, $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ につき図示したところ、系列1と系列2が明瞭に区分される(図6,7)。その上で、富樫・他(1997)による新富士・古富士火山の溶岩類の化学組成領域を考慮して場合、系列1(本栖湖ボーリングコアの深度43 mまでの溶岩類)は新富士の、系列2(同コアの深度45 m以深の溶岩類)は古富士の火山活動に対応すると判断して大きな矛盾はない。しかも、系列2のグループの中でも、深度173 m付近の溶岩については、 K_2O , TiO_2 ともに乏しく、その化学組成からも系列2の中で、その他の溶岩類とは明瞭な相違が理解できる(図6,7)。

ところで、富樫・山崎(1989)や富樫(1990 a, b)は富士火山の活動をステージ1(80000~20000年前)、ステージ2(20000~10000年前)、ステージ3(10000~4000年前)、ステージ4(4000年前~現在)の4つに区分した。これを層序的に言えば概ねステージ1,2が古富士火山、ステージ3,4が新富士火山となる。ステージ1は Al_2O_3 に富み(18-20 wt%),インコンパティブル元素に乏しく、低いRb/Y, Zr/Y比を示し、ステージ2ではやや Al_2O_3 が減少し(16-18 wt%),インコンパティブル元素がやや増大し、新富士火山になると Al_2O_3 に乏しく(15 wt%前後)、インコンパティブル元素に富むようになり、高いRb/Y, Zr/Y比を示すようになる(富樫・山崎,1989;富樫,1990 a, b;富樫・他,1991)。

高橋・他(1991)はこれをさらに細分化し、古富士火山を66000年前以前,66000~50000年前,50000~22000年前,22000~10000年前の4期に分けた。高橋・他(1991)によれば、古富士火山の火山岩は比較的一定の化学組成を持つとし、66000年以前の火山岩は SiO_2 が多く(52-55 wt%), FeO^* (全鉄量), MgO , MnO , K_2O (0.43-0.56 wt%), TiO_2 (0.12-0.17 wt%), P_2O_5 (0.12-0.17 wt%)に乏しく、 Al_2O_3 (19.0-19.9 wt%), Na_2O に富み、やや高い $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ (0.41-0.68), Rb/Y (0.29-0.40), Zr/Y (2.77-3.47)比を示す。66000~22000年前の岩石は FeO^*/MgO (1.45-2.12)比が低く、 $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ (0.30-0.62), Rb/Y (0.14-0.42), Zr/Y (2.04-2.93)比が低い。22000~10000年前の岩石は FeO^*/MgO (1.72-2.68)比が高くなり、 Rb/Y (0.13-0.42), Zr/Y (2.12-3.18)比も高めとなって、新富士火山の噴出物に類似してくるとされる。

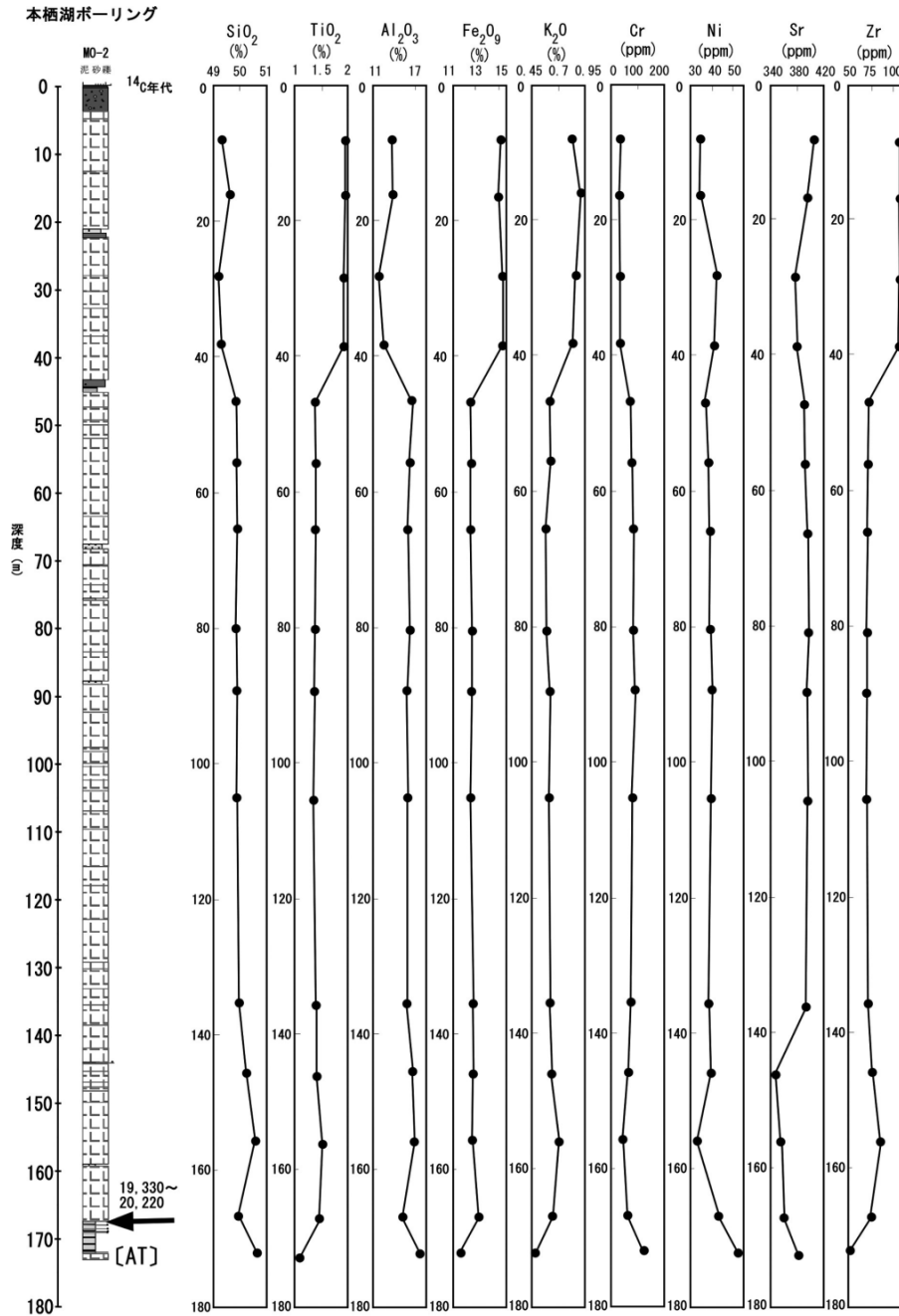


図5 本栖湖ボーリングコア中の溶岩の蛍光 X 線分析。

これらの先行研究の成果に、今回の本栖湖ボーリングコアに関するデータを当てはめると43 mより上位は新富士火山の特徴を示し、それより深いところは古富士火山の特徴を示している。特に高橋・他(1991)の組成変化と比較すると45 m~168 mまでは10000~22000年前までの古富士火山の溶岩にあたり、173 m付近については、より古い時代の溶岩の化学組成に類似している。

本栖湖湖畔のボーリングコア試料を掘削した地点から東方約7 km地点の鳴沢地域からは、防災科学技術研究所の地震計機器埋設に伴いコア試料が採取され、既に宮地・他(1995)により岩石記載に加え、蛍光 X 線分析を含む地球

科学的研究が実施されている。そこで、今回報告する本栖湖ボーリングコアと比較してみると、特に45 m~168 mの溶岩については、化学組成の面では、この鳴沢井戸の古富士末期の溶岩とされるA1グループの溶岩(宮地・他,1995)と類似している。しかし、本栖湖ボーリングコアにおいては、深度55 mより下位の溶岩類には輝石含有量が多く、この点で鳴沢コアのA1グループとは岩石記載上幾分異なる。このことから、本栖湖コアの深度45 mより下位の溶岩類のうち、深度55 mよりも下位の溶岩は鳴沢コアのA1グループよりも、さらに古い時代に遡る可能性がある。

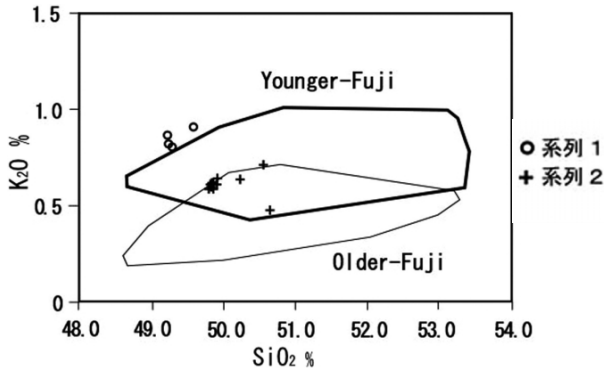


図6 本栖湖ボーリングコア中の溶岩のSiO₂とK₂Oの関係。

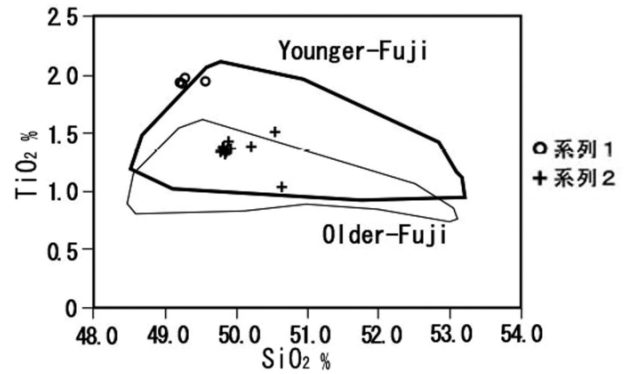


図7 本栖湖ボーリングコア中の溶岩のSiO₂とTiO₂の関係。

本栖湖コアの深度173m付近の溶岩については、その上位層準からの放射性炭素年代及び広域テフラ(AT)の存在を考慮すれば、鳴沢コアのA1グループよりも明らかに古いステージの活動に位置づけられる。化学組成からもこの考えに矛盾はない。このように、我々が採取した本栖湖湖畔のコア試料に認められる基底部付近の溶岩は、富士山北麓地域のコア試料の中で溶岩類が比較的連続的に採取されている試料の中で、最も古い時代に遡ることになりそうである。

5. ボーリングコアの構成の地域特性

前項までに述べたように、我々が富士山北麓地域の湖あるいは湖畔域において掘削したボーリングコアのうち、山中湖底、河口湖底、本栖湖畔のいずれからも、陸上部の調査からは容易に観察できない古富士時代の火山活動が確認できた。すなわち、山中湖コアからは14000年前以降のスコリア主体の、河口湖コアからは23000年前以降の溶岩及びスコリアの、また本栖湖コアからは概ね30000年前以降の溶岩主体の富士山起源の火山活動が認められた。確かにこれらのコアに記録された情報の年代幅が異なるために、互いのコアの構成を単純に比較することは厳密には問題があるかもしれない。しかし約14000年前以降に限って、これらのコア中に記録された構成を比較した場合、富士山の活動様式の反映が富士山頂からの方向に応じた特徴として理解される。すなわち、富士山頂から北西方向には溶岩活動が概して多く、一方東側方向には溶岩活動は乏しく、むしろ富士山起源の降下火山灰の活動影響が多く認められた。河口湖の位置する北方向には、その量や頻度は少ないものの火山灰、溶岩類が混在している。

このことは、内閣府が中心に作業をすすめて平成16年に完成された「富士山のハザードマップ」に示された富士山の噴火様式の方向に関する特徴とも矛盾しない。このハザードマップは、その作成に際し、特に最近二千～三千年間における富士山噴火の記録を中心に詳細な検討が基礎をなすものである。これに対し、この数年間にわたり富士五湖湖底を中心に掘削されたボーリングコアにつき、我々が試みた検討内容の特異性としては、調査ポイントが湖および

その周辺域に限定されるものの、富士山噴火の長期にわたる情報が比較的連続して記録されている試料を材料にしていることである。この視点から明らかにされた富士山噴火の方向による特徴や影響等が、ハザードマップの成果と大きな矛盾がなく、しかも富士山噴火の活動様式の方向による特徴という点で、ある程度長期にわたり同じような傾向を示すということが示唆されるのかもしれない。この点については今回の我々の検討結果のみならず、富士山麓から採取された既存ボーリング試料なども含め、今後さらに詳しく検討すべき重要な課題と思われる。

6. まとめ

富士山北麓の富士五湖地域を中心に掘削したボーリングコアのうち、山中湖底、河口湖底、本栖湖畔のいずれからも古富士時代に遡る富士山の活動記録が確認できた。山中湖コアからは、14000年前以降のスコリア主体の、河口湖コアからは23000年前以降の溶岩及びスコリアの、また本栖湖コアからは概ね30000年前以降の溶岩主体の富士山起源の火山活動が認められた。このようにコア採取地点の違いに応じて、コア中に認められる富士山起源火山活動の特徴の相違が認められた。

このうち、溶岩類の活動が顕著に認められる本栖湖コアにつき、岩石観察および化学分析による検討をしたところ、このコア試料は富士山北西麓における溶岩の活動が現時点では最も長期にわたって記録されており、今後周辺溶岩類との比較検討する上で重要な役割を果たすと思われる。

引用文献

- 遠藤邦彦・田場 謙・宮地直道・中井信之・篠原智子・宮原智哉・小杉正人(1992)山中湖の地形と成因。日本大学文学部自然科学研究所研究紀要, 27, 33-36.
- 輿水達司(2005)富士山の地下水。日本の地質—増補版—。共立出版, 150-153.
- 輿水達司・柴田知之・門西 恵・中村文紀・中川 博・保坂邦之(1998)富士五湖湖底の音波探査および磁気探査。日本地質学会第105年学術大会講演要旨, 10.
- Koshimizu, S. and Tomura, K. (2000) Geochemical behavior of

- trace vanadium in the spring, groundwater and lake water at the foot of Mt. Fuji, central Japan. In *Groundwater Updates*, by K. Sato and Y. Iwasa (ed.), Springer, 171-176.
- 興水達司・内山 高 (2002) 富士山の火山防災—山梨県環境科学研究所の試み—. 第四紀, **34**, 9-18.
- 興水達司・内山 高・吉澤一家 (編) (2004) 富士五湖周辺の自然環境変遷史に関する研究. 山梨県環境科学研究所研究報告書, 8号, 1-88.
- 小杉正人・池田光理・江口誠一 (1992) 山中湖の形成史—(2) 微化石群集に基づく過去 2500 年間の環境変遷史—. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **27**, 37-44.
- 町田 洋 (1964) Tephrochronology による富士火山と周辺地域の発達史. 地学雑誌, **73**, 293-308; 337-350.
- 町田 洋 (1971) 南関東のテフロクロノロジー (1) —下末吉期以降のテフラの起源および層序と年代について. 第四紀研究, **10**, 1-20.
- 町田 洋 (1977) 火山灰は語る. 蒼樹書房, 1-249.
- 宮地直道 (1988) 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, **94**, 433-452.
- 宮地直道・安井真也・富樫茂子・朝倉伸行・遠藤邦彦・鶴川元雄 (1995) 富士山鳴沢観測井のボーリングコアの層序と岩石学的特徴. 防災科学技術研究所研究報告, **54**, 39-73.
- 宮地直道・安井真也・角田明郷・富樫茂子・遠藤邦彦・鶴川元雄 (1998) 富士山吉原観測井のボーリングコアの層序と岩石学的特徴. 防災科学技術研究所研究報告, **57**, 105-120.
- 宮地直道・遠藤邦彦・富樫茂子・田島靖久・小森次郎・橘川貴史・千葉達郎・鶴川元雄 (2001) 富士山広見観測井のボーリングコアの層序と岩石学的特徴. 防災科学技術研究所研究報告, **61**, 31-47.
- 野尻冴子・興水達司・内山 高・小坂共栄 (2003) 富士山北麓, 河口湖湖底ボーリングコアに認められる粗粒碎屑物の特徴. 日本地質学会第 110 年学術大会講演要旨, 202.
- 田場 穰・小杉正人・遠藤邦彦・宮地直道 (1990) 山中湖の形成史—(1) 湖底ボーリングによる層序と古環境の概要—. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **25**, 39-44.
- 高橋正樹・長谷川有希絵・津久井雅志・根本靖彦 (1991) 富士火山におけるマグマ供給系: 全岩化学組成の視点から. 火山, **36**, 281-296.
- 高橋俊郎・周藤賢治 (1997) 蛍光 X 線分析装置 RIX 3000 による, 珪酸塩岩石中の主成分元素および微量元素の定量分析. 理学電気ジャーナル, **28**, 25-37.
- 富樫茂子 (1990 a) 古富士火山の主成分元素組成. 岩鉱, **85**, 176.
- 富樫茂子 (1990 b) 富士火山のマグマ化学組成変化とマグマ溜り. 日本火山学会 1990 年春季大会講演予稿集, 10.
- 富樫茂子・宮地直道・山崎晴雄 (1991) 新富士火山初期の大きなソレアイトマグマだまりにおける結晶分化. 火山, **36**, 269-280.
- 富樫茂子・宮地直道・安井真也・角田明郷・朝倉伸行・遠藤邦彦・鶴川元雄 (1997) 古富士火山末期から新富士火山にわたるマグマの化学組成変化—富士吉原火山活動観測施設のボーリングコアの岩石化学的性質. 火山, **42**, 409-421.
- 富樫茂子・山崎晴雄 (1989) 古富士火山及び新富士火山の微量元素. 日本火山学会 1989 年春季大会講演予稿集, 98.
- Tsuya, H. (1962) Geological and petrological studies of Volcano Fuji (VI), Geology of the Volcano as observed in some borings on its flanks. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **40**, 767-804.
- 津屋弘達 (1968) 富士山地質図 (5 万分の 1), 富士火山の地質 (英文), 地質調査所.
- 津屋弘達 (1971) 富士山の地形・地質. 富士山総合学術調査報告書, 富士急行, 2-127.
- 内山 高・興水達司 (2001) 富士五湖本栖湖・河口湖・山中湖ボーリングコアの岩相とテフラ層序. 日本地質学会第 108 年学術大会講演要旨, 187.
- 上杉 陽・米澤 宏・宮地直道・千葉達郎・肥田木 守・細田一仁・米澤まどか・由井将雄 (1992) 富士系火山泥流のテフラ層位. 関東の四紀, **17**, 1-19.
- 山本玄珠・北垣俊明・興水達司・篠ヶ瀬卓二 (2004) 富士山西麓の古富士火山の溶岩について. 地球科学, **58**, 245-253.
- 山本玄珠・北垣俊明・興水達司・篠ヶ瀬卓二・松田泰治 (2003) 富士山南麓・西麓の新富士火山の溶岩分布と記載岩石学的研究. 地球科学, **57**, 221-242.
- 山本玄珠・篠ヶ瀬卓二・興水達司・北垣俊明 (2002) 富士山南西麓の古富士火山溶岩について. 地球科学, **56**, 191-196.
- 山梨県 (1993) 富士五湖の水質測定 21 年. 山梨県環境局報告書, 1-138.
- 吉本充宏・金子隆之・嶋野岳人・安田 敦・中田節也・藤井敏嗣 (2004) 掘削試料から見た富士山の火山形成史. 月刊地球, 号外 No. **48**, 89-94.
- Yoshizawa, K., Koshimizu, S. and Uchiyama, T. (2004) Environmental change based on diatom assemblages from Lake Yamanaka at the northern foot of Mt. Fuji, Central Japan. *Rep. Res. Edu. Ctr. Inlandwat. Environ.*, **2**, 105-110.