

関東平野西南部の狭山丘陵，下部更新統上総層群狭山層中の テフラのフィッション・トラック年代

Zircon Fission Track ages of the pumiceous tephra beds in the Lower Pleistocene Sayama Formation of the Kazusa Group, in the western Kanto Plain, central Japan

福嶋 徹¹⁾・植木 岳雪²⁾

Tohru FUKUSHIMA and Takeyuki UEKI

関東平野南西部に位置する狭山丘陵を構成する下部更新統上総層群狭山層の上部から2枚の軽石質テフラを見出し，蔵敷テフラ（ZSK），芋窪テフラ（IKB）と命名した。ジルコン粒子のフィッション・トラック年代測定の結果，ZSKは 1.4 ± 0.2 Ma，IKBは 1.7 ± 0.2 Maという年代値が得られた。これらの年代は狭山層上部から得られた初めての放射年代であり，今までに報告された狭山層下部には含まれるテフラの放射年代と整合的である。

1. はじめに

関東平野西縁にあたる東京都西部多摩地域には，関東山地から離れて発達する狭山丘陵が分布する。狭山丘陵を構成する地質は，下位より前期更新世の狭山層^{1,2,3)}と，狭山層と傾斜不整合の関係にある中期更新世の芋窪層^{2,3)}からなる。狭山層の年代として，狭山層下部には含まれる火山灰層（テフラ）からは，テフラの広域対比によって約2.0 Ma（箱根ヶ崎テフラ群）⁴⁾，フィッション・トラック年代測定によって 1.64 ± 0.1 Ma（狭山ゴマシオ火山灰層，SGO）^{5,6)}の放射年代が得られている。一方，SGOより上位の狭山層上部については，何枚かのテフラが確認されているが，それらの放射年代は報告されていない。

今回，東京都東大和市の多摩湖東部の湖畔法面の芋窪地先と，狭山丘陵の南麓部の道路法面の蔵敷地先の2地

点で，狭山層上部に挟在する2枚の軽石質テフラを発見した。その2枚のテフラは，風化によって火山ガラスが残存しないことから，火山ガラスによるテフラの広域対比が難しいことが明らかとなった。

2枚のテフラの直下からは，絶滅種を含む大型植物化石が産出し，前期更新世の古環境復元のために重要であることから，当該テフラの年代を明らかにすることは地質学的に重要な意味をもつ。そこで本研究では，2枚のテフラをフィッション・トラック年代測定に供した。本報告では，狭山層上部には含まれる2枚の軽石質テフラの記載と，それらに含まれるジルコン粒子のフィッション・トラック年代測定の結果を報告する。

2. 狭山丘陵の地形と地質

狭山丘陵は，立川断層による隆起と多摩川の側方侵食によって，武蔵野台地の中に中洲状に残されている丘陵であり，東西約11km，南北約4kmの広がりを持つ。丘陵の背面は武蔵野台地から50 m程度高く，丘陵西部の瑞穂町では標高194 mを最高高度として，丘陵東部の東大和市では標高約100 mまで徐々に低下する。

狭山丘陵を構成する下部更新統上総層群狭山層は，全体にゆるく東に傾いており，走向N45°W，傾斜NE1°弱を示す²⁾。狭山層は，礫層が卓越する部分と泥層・砂層

連絡先：福嶋 徹 geo@extra.ocn.ne.jp

1) Geo Wonder企画 むさしの化石塾

Musashino School of Paleontology

2) 千葉科学大学危機管理学部環境危機管理学科

Department of Environmental Risk and Crisis Management, Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science

(2017年10月2日受付，2017年12月14日受理)

が卓越する部分が互層し、海成層を主体としている。狭山層を不整合に覆って、中部更新統芋窪層³⁾の扇状地性の礫層が堆積する。さらに、関東ローム層下部の多摩ローム層⁷⁾が芋窪層を整合に覆っている。

狭山層の年代として、狭山丘陵西部の箱根ヶ崎テフラ群および瑞穂町の地下にあるテフラが2.0 Maの玉川R4テフラ(Tmg-R4)⁸⁾に対比された。また、1.781-1.968 MaのKd44テフラ⁹⁾が武蔵村山市と瑞穂町の地下で見出された⁴⁾。丘陵西部の金堀沢では、1.7Maの津池テフラ¹⁰⁾に対比される狭山ガラス質テフラ(SYG)¹¹⁾が検出された。同じく大沢では、SYGテフラの上位から、多摩川河床で見られる第一堀之内テフラ(Hu1)¹²⁾、と銚子地域で見られるOb4b-1テフラ^{13,14)}に対比される狭山ゴマシオテフラ(SGO)が検出された。SGOの降下年代は、1.63 Maと見積もられている¹³⁾。最近では、多摩川河床において第一堀之内テフラの直下にある第二堀之内テフラ(Hu2)¹²⁾の年代は1.573 Maとされ¹⁵⁾、SGOの年代はそれより少し新しくなる。これらのテフラの年代をまとめると、狭山層下部の堆積年代はおおよそ2.0 Maから1.5 Maとなる。

3. テフラの記載と層序

2枚の軽石質テフラの試料採取地点を図1に示す。本報告では、狭山丘陵東部の東京都東大和市蔵敷地先の丘陵地南麓法面を地点1、芋窪地先の多摩湖貯水池側に面した東部湖畔法面を地点2とし、両地点における地質柱状図を図2に示す。地点2では、湖底の水位が下がった時に、地点1で確認されたテフラを確認できた。以下に、地点1と地点2で見出された軽石質テフラを記載し、その鉱物組成を表1に示す。

(1) 蔵敷テフラ(ZSK, 新称)

地点1(東経139°25'14.08"E, 北緯35°45'17.62"N)で見られるテフラを蔵敷テフラ(ZSK)と命名する。本テフラの層厚は30 cmで、2つの堆積ユニットから構成される。下部ユニットは径4~5 mmの白色軽石からなり、クロスラミナが発達した砂層をはさむ。上部ユニットは径1 cm大の軽石からなり、逆級化を示す。鉱物組成は、普通角閃石が優先し、磁鉄鉱、少量の斜長石からなる。黒雲母は風化が著しく微細に検出される程度である(表1)。

表1 ZSKとIKBの層厚と鉱物組成

地点	テフラ名	層厚(cm)	鉱物組成
地点1	ZSK	50+	hbl>pl,mg>(bi)
地点2	IKB	15	hbl>pl,mg,lf>(bi)

pl: 斜長石, bi: 黒雲母, hbl: 角閃石,
mg: 磁鉄鉱, lf: 岩片

(2) 芋窪テフラ(IKB, 新称)

地点2(東経139°24' 50" E, 北緯35°45' 39" N)で見られるテフラを芋窪テフラ(IKB)と命名する。本テフラは、層厚約20 cmの白色軽石からなる。鉱物組成は、普通角閃石が優先し、磁鉄鉱、少量の斜長石からなる。黒雲母は風化が著しく微細に検出される程度である(表1)。全体に泥質のマトリクスがやや多く、生物擾乱を強く受けている。IKBの1.5 m下位にはZSKが確認され、地点1と同じ記載岩石学的特徴を示す。

4. テフラのフィッシュン・トラック年代測定

(1) 測定方法

地点1と2において、それぞれ採取されたZSKとIKBをフィッシュン・トラック年代測定に供した。測定は、株式会社京都フィッシュン・トラックへ依頼し、檀原(1996)の方法¹⁶⁾に従って、ゼータ較正法による結晶外部面を用いた外部ディテクター法(ED2)¹⁷⁾で行った。ジルコン粒子のエッチング処理は、KOH:NaOH=1:1モル共融液を用い、225°Cで45時間エッチングを行った。熱中性子照射は、日本原子力研究所JRR-4原子炉の気送管を用い、熱中性子線量の測定には、標準ガラスNIST-SRM 612にDAPディテクターを密着させて行った。ZSKとIKBのフィッシュン・トラック年代測定の結果を表2に示す。

(2) ZSKの年代値

ZSKから抽出されたジルコン粒子は、以下の4つのグループが混在していた。①淡桃色の自形結晶で、最も自発FT密度が低い。全結晶の10%を占める。②桃色でやや粗粒の自形結晶で、自発FT密度が①のグループの3倍強であり、全結晶の20%を占める。③赤色から赤褐色の自形から半自形結晶で、自発FT密度が大部分 10^6 個/cm以上であり、全結晶の55%を占める。④褐色で磨耗した結晶で、自発FT密度が大部分 10^7 個/cm以上であり、全結晶の15%を占める。③と④は明らかに外来結晶とみなされるので、本質結晶の見極めが難しい①と②のグループの結晶をほぼ等量測定した。

測定した30粒子の年代はまとまりに欠け、 χ^2 検定に失格したが、著しく年代の古い2粒子を除くと、 χ^2 検定に合格した(図3-1, 3-2)。しかし、28粒子のウラン濃度は100~200 ppmのものと900 ppm付近の2つのピークを持ち(図3-3)、それらは同じ起源と見なすことはできない。そこで、ウラン濃度の低い500 ppm以下の結晶を除くと、のこりの14粒子の年代はよくまとまり、 χ^2 検定に合格した。その14粒子の年代に基づくと、ZSKの年代値は 1.4 ± 0.2 Maと算出された。



図1 調査地点

地点1は蔵敷テフラ，地点2は芋窪テフラの模式地．基図は国土地理院による地理院地図(電子国土Web, <https://maps.gsi.go.jp/>)による．

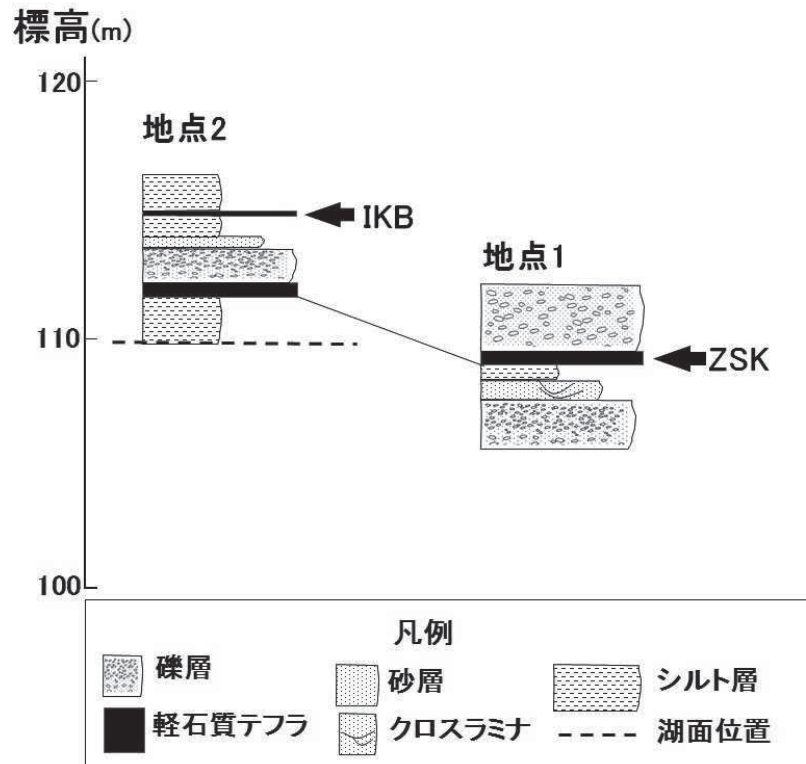
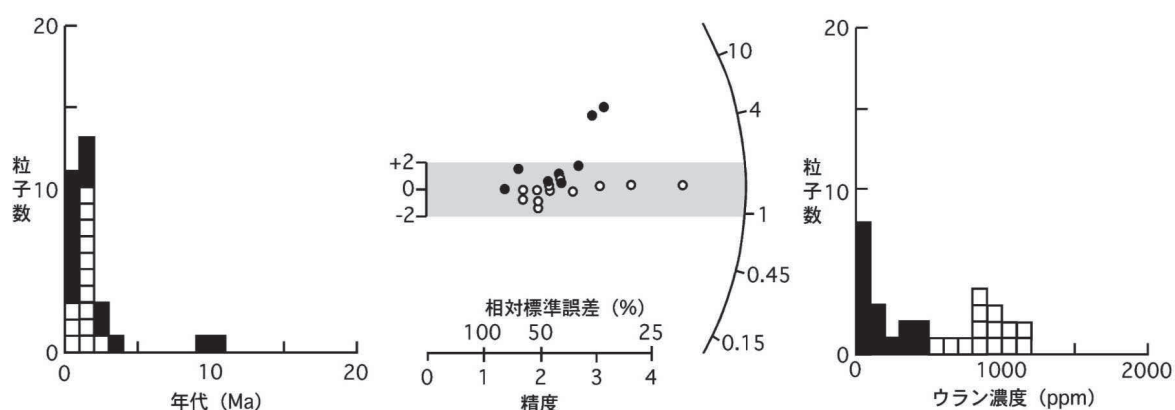


図2 蔵敷テフラと芋窪テフラの模式地における地質柱状図

表2 蔵敷テフラと芋窪テフラのフィッション・トラック年代測定の結果

ρ_s , 自発トラック密度; N_s , 自発トラック数; ρ_i , 誘導トラック密度; N_i , 誘導トラック数; ρ_d , 標準ガラスの誘導トラック密度; N_d , 標準ガラスの総トラック数を示す。

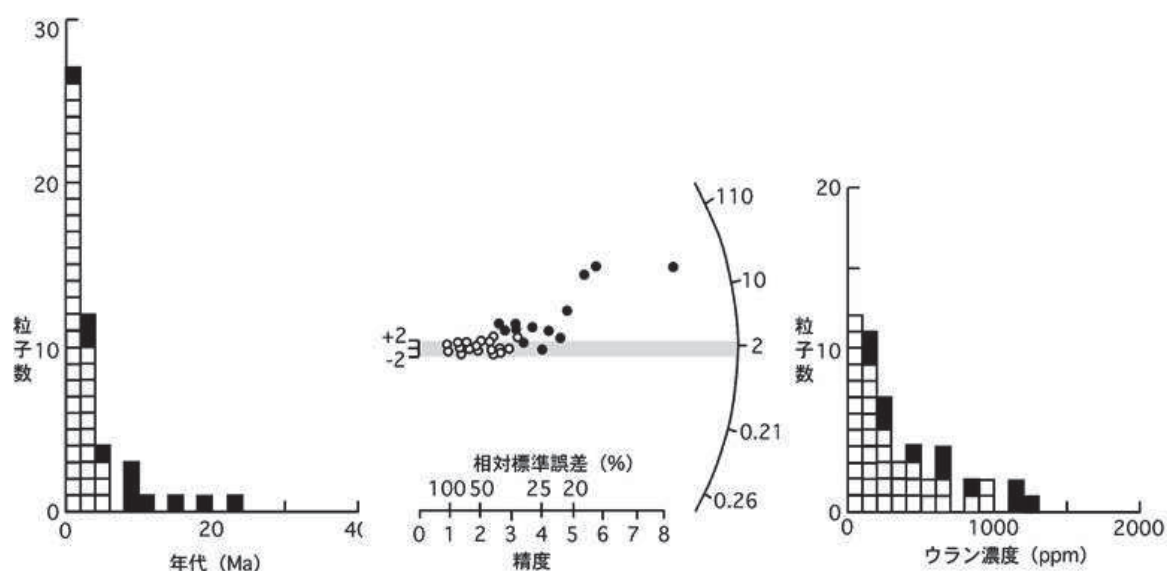
テフラ	測定 鉱物	測定 方法	結晶 数 (個)	自発核分裂飛跡 $\rho_s(\text{cm}^{-2})$	N_s	誘発核分裂飛跡 $\rho_i(\text{cm}^{-2})$	N_i	熱中性子線量 ρ_d ($\times 10^4 \text{cm}^{-2}$)	N_d	相関 係数 r	χ^2 検定 $\text{Pr}(\chi^2)$ %	ウラン 濃度 (ppm)	年代値(Ma) $\text{Age} \pm 1\sigma$
ZSK	Zr	ED2	14	4.45×10^5	97	8.06×10^6	1757	7.137	3426	0.536	97	940	1.4 ± 0.2
IKB	Zr	ED2	39	3.55×10^5	104	2.25×10^6	1513	7.147	3430	0.754	17	260	1.7 ± 0.2



1. 粒子年代ヒストグラム 2. ラディアルプロット 3. ウラン濃度ヒストグラム

図3 蔵敷テフラのフィッション・トラック分析図

黒四角と黒丸は年代値の計算から除外した粒子。



1. 粒子年代ヒストグラム 2. ラディアルプロット 3. ウラン濃度ヒストグラム

図4 蔵敷テフラのフィッション・トラック分析図

黒四角と黒丸は年代値の計算から除外した粒子。

(3) IKBの年代値

IKBから抽出されたジルコン粒子は，本質結晶が明瞭に判別できない。そのため自形結晶だけでなく，自形でない結晶もあわせて50粒子を測定した(図4)。粒子年代が明瞭に古い3粒子と，小短縮トラックを持つ8粒子を除外した39粒子の年代は χ^2 検定に合格した。その39粒子の年代に基づくと，IKBの年代値は $1.7 \pm 0.2\text{Ma}$ と算出された。ただし，IKBの年代値はZSKの年代値よりも確度が劣ると判断される。それは，IKBが本質結晶以外の粒子を多く取り込んでおり，粒子年代のばらつきが大きいためであり，その原因として基盤岩または狭山層から再堆積した粒子を取り込んだこと，マグマ中にあった古い粒子がIKBの噴出の際に取り込まれたことが挙げられる。後者については，IKBが生物擾乱を強く受けているという層相からも裏付けられる。

5. 考察

ZSKの年代値は $1.4 \pm 0.2\text{Ma}$ ，IKBの年代値は $1.7 \pm 0.2\text{Ma}$ であり，IKBの方がZSKよりも上位にあるという層序と逆転している。しかし，2つのテフラの年代値は誤差の範囲で重なっており，2つのテフラの比高はたかだか1.5 mであるので，2つのテフラは約1.5 Maのほぼ同時期に降下したと解釈できる。したがって，狭山層上部には含まれるZSKとIKBの2枚のテフラで示された放射年代測定値については，信頼度の高い結果を示したZSKの年代値である $1.4 \pm 0.2\text{Ma}$ を基準値として採用する。

ZSKの年代値 $1.4 \pm 0.2\text{Ma}$ は，先行研究で示された狭山層下部には含まれるテフラの放射年代値と整合的である(図5)。本報告のZSKとIKBはSGOよりも上位にあり，狭山層中の放射年代値が得られたテフラとして最上位のものとなった。

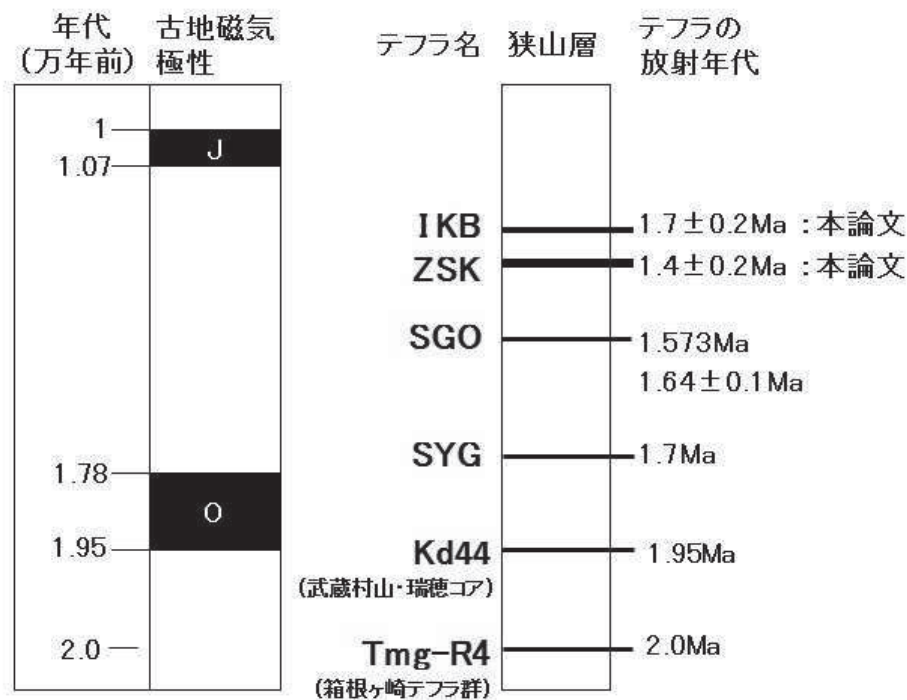


図5 狭山層のテフラ層序と放射年代値

古地磁気極性で黒と白の部分は，それぞれ正極磁極期と逆極磁極期を示す。OとJは，それぞれ Olduvai Subchronozone と Jaramillo Subchronozone を示す。

6. おわりに

本研究では、狭山層上部には含まれる2枚の軽石質テフラのフィッション・トラック年代測定を行い、 $1.4 \pm 0.2\text{Ma}$ と $1.7 \pm 0.2\text{Ma}$ の2つの年代値が得られた。これらは、狭山層上部から得られた初めての放射年代値である。2枚のテフラの上下には、前期更新世から中期更新世の古環境の指標として重要な絶滅種を含む大型植物化石が多産する^{18, 19, 20, 21, 22, 23}。今後、本研究のテフラの年代値に基づいて、前期更新世から中期更新世の植物化石の記載、古環境の復元、フロラの変化を議論したい。

謝辞

本研究にあたり、東京都水道局村山山口貯水池管理事務所には、立入の許可を頂いた。武蔵村山市市史編纂委員会の関係各位、中央大学付属高校の石川和明氏には、狭山層の研究でお世話いただいた。埼玉県立所沢高校の正田浩司氏には、故羽鳥謙三先生とともに、狭山層及びZSKの露頭にご同行頂き、狭山層のテフラに関する議論とご教示を賜った。首都大学東京の福嶋（旧姓田浦）泉氏には、ZSK・IKBの露頭に同行頂き、火山灰の鉱物分析にご協力頂き、記載岩石学的特徴のデータを紹介頂いた。向山崇久氏には、蔵敷テフラの火山灰の鉱物分析でご教示、ご協力頂いた。株式会社京都フィッション・トラックの檀原 徹氏には、フィッション・トラック年代測定の全般に渡って大変お世話になり、様々なご教示を賜った。

本報告は、地球惑星連合大会2007年の口頭発表に基づき、その後の新知見を踏まえて、新たにまとめ直したものである。調査の一部には、とうきゅう環境財団研究助成（2007年）を使用した。以上の皆様に、あらためて御礼申し上げます。

文献

- 1) 槇山次郎：関東南部の洪積世。小川博士還暦記念地学論叢（中村新太郎編）、弘文堂。307-382, 1930.
- 2) 羽鳥謙三、寿円晋吾：関東盆地西縁の第四紀地史（Ⅱ）狭山 加住丘陵の地形と地質。地質学雑誌, 64, 232-249, 1958.
- 3) 植木岳雪・酒井 彰：青梅地域の地質。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, 2007.
- 4) 鈴木毅彦・村田昌則・大石雅之・山崎晴雄・中山俊雄・川島真一・川合将文：テフラ編年による立川断層活動史の復元。第四紀研究, 47, 103-119, 2008.
- 5) 田浦 泉・所沢高校地学部・正田浩司：狭山丘陵に分布する火山灰層の記載と加治丘陵に分布するE1火山灰層との対比。地学団体研究会第58回川越総会講演要旨, 114, 2004.
- 6) 村松敏雄：埼玉県加治～毛呂山丘陵に分布する火山灰層のFission Track年代。フィッション・トラック ニュースレター, 21, 23-26, 2008.
- 7) 関東ローム研究グループ：関東ロームの諸問題。地質学雑誌, 62, 302-316, 1956.
- 8) 鈴木毅彦・中山俊雄：東北日本弧、仙岩地熱地域を給源とする2.0 Maに噴出した大規模火砕流に伴う広域テフラ。火山, 52, 23-38, 2007.
- 9) 里口保文：上総層群中・下部の火山灰層序。地質学雑誌, 101, 767-782, 1995.
- 10) 坂井 一・黒川勝己：新潟県の魚沼層群と平層から発見された1.7 Ma頃の津池火山灰単層。地質学雑誌, 108, 123-126, 2002.
- 11) 正田浩司・竹越 智・関東平野西縁丘陵団体研究グループ：関東平野西縁、狭山丘陵に分布するテフラ層の広域対比。日本地質学会第112年学術大会講演要旨, 82, 2005.
- 12) 高野繁昭：多摩丘陵の下部更新統上総層群の層序。地質学雑誌, 100, 675-691, 1994.
- 13) 鈴木毅彦・村田政則：上総層群黄和田層とその相当層に介在するテフラの層序と対比。地質学雑誌, 117, 379-397, 2011.
- 14) Suzuki, T., Obara, M., Aoki, T., Murata, M., Kawashima, S., Kawai, T., Nakayama, T. and Tokizane, K.: Identification of Lower Pleistocene tephra under Tokyo and reconstruction of Quaternary crustal movements, Kanto Tectonic Basin, central Japan. Quaternary International, 246, 247-259, 2011.
- 15) Nozaki, A., Majima, R., Kameo K., Sakai, S., Kouda, A., Kawagata, S., Wada, H. and Kitazato, H.: Geology and age model of the Lower Pleistocene Nojima, Ofuna, and Koshiba Formations of the middle Kazusa Group, a forearc basin-fill sequence on the Miura Peninsula, the Pacific side of central Japan. Island Arc, 23, 157-179, 2014.
- 16) 檀原 徹：第四紀テフラの高精度フィッション・トラック（FT）年代測定法の確立に向けてー ジルコンとガラスを用いた測定法の確立に向けてー。第四紀研究, 34, 221-237, 1995.
- 17) Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T. and Tsuruta, T.: Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. The Journal of the Geological Society of Japan, 109, 665-668, 2003.
- 18) 武蔵村山市市史編さん委員会：武蔵村山市史 資料編 自然ー地形・地質ー。1999.
- 19) 福嶋 徹・大沢 進：狭山丘陵谷ツ粘土層（下部更新統上総層群）産の大型植物化石。日本植生史学会第19回大会講演要旨集, 32, 2004.

- 20) 福嶋 徹：関東平野西縁，狭山丘陵の鮮新-下部更新統の化石の産出層準．日本第四紀学会大会講演要旨集，37，158-159，2007．
- 21) 福嶋 徹：狭山湖底に確認された前期更新世・狭山層の蔵敷テフラと小型オオバタグルミ (*Juglans megacinerea* Miki ex Manchester) が産出した大型植物化石の産出層準．日本第四紀学会大会講演要旨集，45，7，2015．
- 22) 福嶋 徹・百原 新：狭山丘陵の下部更新統上総層群谷ツ粘土層から発見された *Davidia* の内果皮化石．日本植生史学会第21回大会講演要旨集，10-11，2006．
- 23) 福嶋 徹・百原 新：下部更新統狭山層産オニグルミ化石の産出状況．日本植生史学会第23回大会講演要旨集，31-32，2009．

Zircon Fission Track ages of the pumiceous tephra beds in the Lower Pleistocene Sayama Formation of the Kazusa Group, in the western Kanto Plain, central Japan

Tohru FUKUSHIMA and Takeyuki UEKI

1) *Musashino School of Paleontology*

2) *Department of Environmental Risk and Crisis Management, Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science*

We found two pumiceous tephra beds in the upper member of Sayama Formation, Lower Pleistocene Kazusa Group, in the Sayama Hill of southwest Kanto Plain, central Japan. Zircon fission track ages of the Zoshiki and Imokubo tephra beds were 1.4 ± 0.2 Ma and 1.7 ± 0.2 Ma that were concordant to the radiometric ages which were reported previous researches of the lower member of Sayama Formation.