

原著論文

軽石流に埋められた浅間火山北麓の埋没林：
樹種および¹⁴C年代

佐藤興平¹・南 雅代²・児嶋美穂³・山岸松平³・黒岩俊明⁴・安部 久³・洪 完⁵

¹静岡大学防災総合センター：〒422-8529 静岡県静岡市駿河区大谷836

²名古屋大学宇宙地球環境研究所：〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

³森林総合研究所木材加工・特性研究領域：〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

⁴浅間北麓ジオパーク：〒377-1524 群馬県吾妻郡嬭恋村大字鎌原494-45 嬭恋村地域交流センター

⁵韓国地質資源研究院地質資源分析センター：〒305-350 韓国大田広域市儒城区

要旨：浅間火山北麓の吾妻川支流で更新世の湖成層を不整合に被う軽石流堆積物の露頭を見出した。不整合面下の湖成層に根幹部をもつ炭化樹幹が軽石流堆積物中に林立しており、起伏に富む地域に成育する樹木がそのまま軽石流堆積物に埋められたとみられる。炭化木（モミ属）と炭化を免れた根幹部（トウヒ属）から採取した試料は、それぞれ13.8 ka BPおよび13.7 ka BPとほぼ等しい¹⁴C年代を示した（暦年較正年代：約17 ka cal BP）。これらの結果は、浅間山形成史中期のデイサイト質火山活動の一部である約1.7万年前の大噴火で発生した第1小諸軽石流堆積物により、この地点の森林が埋没林として保存されたことを物語るとともに、湖成層を堆積させた湖は既に消滅していたことを示唆する。

キーワード：浅間火山、第1小諸軽石流、埋没林、樹種（モミ属、トウヒ属）、¹⁴C年代、湖成層、嬭恋

Buried forest in the pumice flow deposits originated from Asama volcano, central Japan : Species and ¹⁴C age of the trees

SATO Kohei¹, MINAMI Masayo², KOJIMA Miho³, YAMAGISHI Shohei³,
KUROIWA Toshiaki⁴, ABE Hisashi³ and WAN Hong⁵

¹Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University: Ohya 836, Suruga, Shizuoka, Shizuoka 422-8529, Japan

²Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University: Furo-cho, Chikusa, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

³Forestry and Forest Products Research Institute: Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

⁴Mt.Asama North Geopark: Kanbara 494-45, Tsumagoi, Agatsuma, Gunma, 377-1524, Japan

⁵Geochemical Analysis Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM): Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

Abstract: Buried forest occurs in the pumice flow deposits which overlie unconformably on the Pleistocene lake deposits in the northern foot area of Asama volcano, central Japan. A carbonized wood fragment, identified as *Abies* sp., and a root within the basement sediments, identified as *Picea* sp., were dated by ¹⁴C method at 13.8 ka BP and 13.7 ka BP, respectively. These ages (ca.17 ka cal BP), combined with published data, indicate that the 1st Komoro pumice flow deposits originated from the middle stage dacitic activity of Asama volcano buried the forest which was distributed on the rugged topography formed by erosion of the lake deposits.

Key Words: Asama volcano, 1st Komoro pumice flow, buried forest, species of trees (*Abies*, *Picea*), ¹⁴C age, lake deposits, Tsumagoi

1. はじめに

浅間山は群馬と長野の県境に位置する活火山であるが、赤城山や榛名山など群馬県内の他の火山と比べて若く活動的な火山である。10万年程度と推定される活動史が推定されるものの、いつどのようにして活動を始めたのか詳しい

ことは分かっていない（註1）。しかし、長年にわたる調査研究により（例えば、八木, 1936; Aramaki, 1963; 荒牧, 1968, 1993）、浅間山が少なくとも3つの段階を経て形成されてきたことが判明している。

浅間山形成初期に存在した黒斑火山は約2.7万年前に崩壊し（例えば、佐藤ほか, 2018, 2019, 2022b）、馬蹄形カル

デラの崩壊跡が残る黒斑山の東側に新たな火山体が成長して現在の山容ができ上がったとされる（例えば、八木, 1936; Aramaki, 1963; 荒牧, 1968）。この山体崩壊に起因する火山泥流堆積物が群馬県前橋市や長野県佐久市とそれらの周辺域に残されており、我々はそのような堆積物に含まれる火砕岩の巨石のSr同位体組成や埋没木片の ^{14}C 年代を手掛かりに、泥流の起源と年代を下流側から探ってきた（例えば、佐藤ほか, 2017a,b, 2020, 2022a, b）。この調査過程で前橋泥流中に見出された湖成層ブロックの供給源にも注目し（註2）、吾妻川上流のハッ場ダム工事現場で同様のブロックを確認できたことで（ダム湛水により現在は水没）、供給源は浅間山北麓に分布する湖成層と推定するに

至った（佐藤ほか, 2021b）。

浅間山北麓に分布する湖成層は、吾妻粘土層（太田, 1957）、孀恋湖成層（守屋, 1966; 黒岩, 1977）、あるいは三原層（荒牧, 1968, 1993）などと呼ばれてきたが、露出が吾妻川とその支流の河岸に限られるためか全体像の把握には至っておらず、研究者によって名称も異なる（註2）。その中～下部の堆積時期は、ゾウ化石やテフラの対比から前期～中期更新世と推定されているものの（高橋ほか, 1981; 竹下・田辺, 2010）、この地層の上限は未解明であり、約2.7万年前に黒斑山が大規模な山体崩壊を起こした時の状態も分かっていない。

そこで、前橋泥流中に見出される湖成層ブロックがどのような地表環境下で取り込まれたのか、その手掛かりを得るため2022年6月に予察的な調査を行った。この予察では湖成層ブロックに類似する地層が露出する湖成層上部に的を絞った（註2）。この調査中に湖成層と軽石流堆積物（註3）との不整合関係が明瞭に分かる露頭を観察し、軽石流堆積物から発見した炭化木片と直立したまま炭化した樹木の根幹部について ^{14}C 年代を決定することができたので、その結果を報告したい。この調査地点では、軽石流が流下した約1.7万年前には既に湖成層を堆積させた湖は消滅しており、湖成層が浸食されてできた起伏に富む地表の森林が軽石流堆積物に埋められて埋没林となったと判断された。他の予察地点については、別の稿で報告したい。

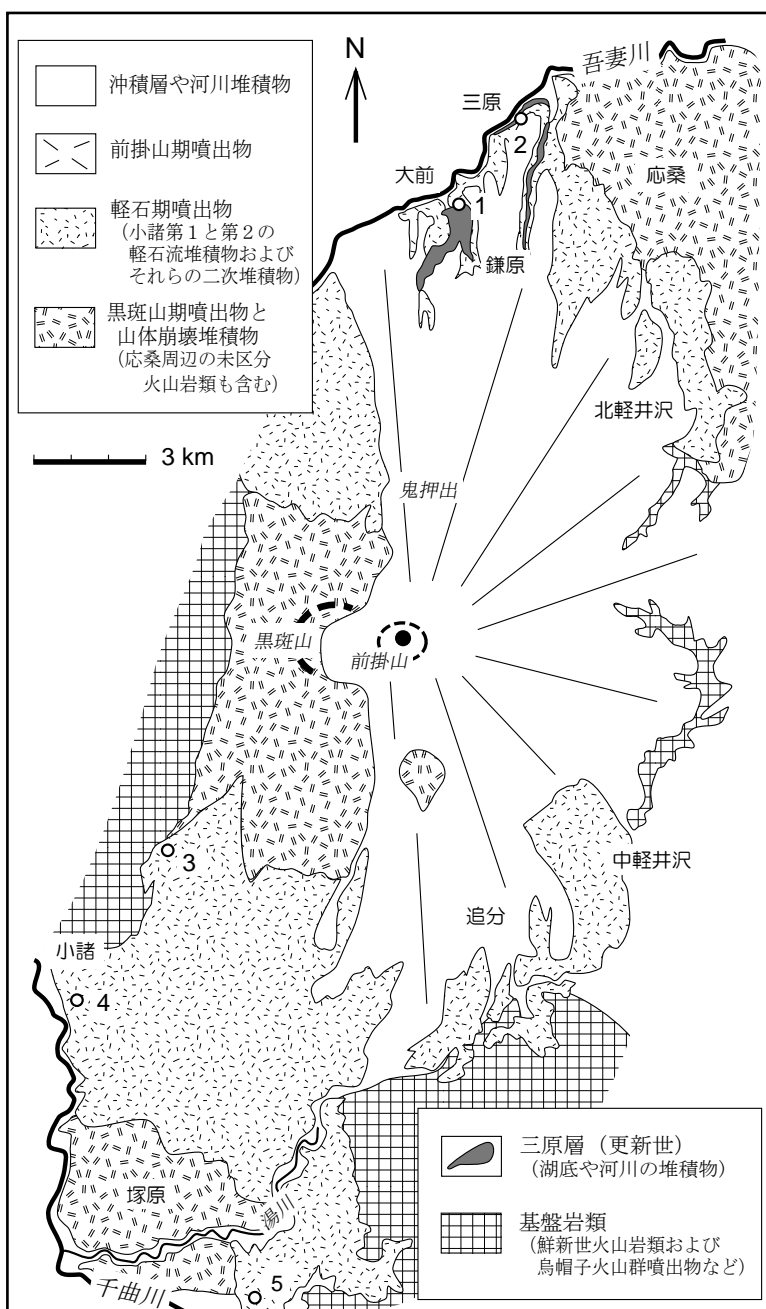


図1. 浅間火山の地質の概略と軽石流の ^{14}C 年代を測定した炭化木片の産地。

地質の概略は5万分の1『浅間火山地質図』（荒牧, 1993）を簡略化。○印は ^{14}C 年代が測定された炭化木片の産地。1：第1小諸軽石流（本研究）；2と3：第1小諸軽石流（富樫, 1983）、4：第2小諸軽石流（小林, 1965）、5：第1小諸軽石流（貫川・河内, 1993）。この他に千曲川とその支流で12個の測定値があるが（樋口, 1989）、試料採取地点や産状の詳細が不明なので図示していない。

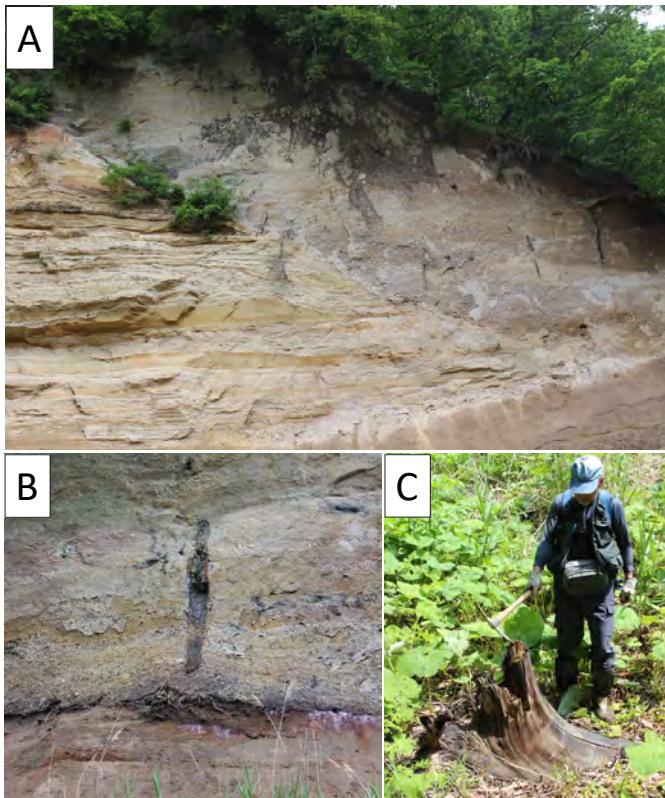


図2. 嬭恋村大前の高羽根沢で湖成層を不整合に被う軽石流堆積物。

写真の撮影地点は大前駅南東約0.6 kmの高羽根沢（海拔約880 m）。A：水平な層理が目立つ湖成層（左下）を不整合に被う軽石流堆積物（右上）。右側の直立した黒色の棒状物体が炭化した樹幹。高さ20 mほどの急斜面上部を撮影。B：直立した炭化樹幹のクローズアップ。不整合面直下の湖成層中に根が延びていることが分かる。双方合わせて長さ3 m程度と推定。C：炭化を免れた炭化木の根幹部。露頭上部の不整合部分（B）から落下してきたことが複数回の調査で確認されている（Aの上流約100 m）。この根幹部から採取した木片試料は、軽石流中から採取した炭化木片とほぼ等しい¹⁴C年代（約1.7万年前）を示した（表1）。写真の炭化樹幹は露頭の高所にあり、採取することができなかった。¹⁴C年代を測定した炭化木片は、この露頭の西約300 mの同じ斜面に露出する軽石流堆積物中に孤立して含まれていた径4 cm、長さ10 cm程度の小片。

2. 浅間火山形成史および北麓の湖成層と軽石流堆積物

浅間山北麓に分布する湖成層は、主に嬭恋村の吾妻川やその支流の河岸に露出する。標高約900 m以上の山麓の緩斜面には森林や畑や別荘地が広がり、溪谷の斜面は護岸壁や植生に被われるため、詳しい観察ができる場所は限られている。我々が湖成層と軽石流堆積物の関係を観察できた地点を図1に示した（図北部の大前に近いNo.1）。

この図は5万分の1『浅間火山地質図』（荒牧，1993）の吾妻川と千曲川の間を簡略化したものである。荒牧（1993）は、浅間火山の活動史を古期から新期へと以下の4段階に区分した。それらは（1）黒斑山期、（2）仏岩期、（3）軽石期、（4）前掛山期の4期である。古期の（1）や新期の（4）が安山岩質マグマの活動であるのと異なり、中期にあたる（2）と（3）はデイサイト質マグマの活動で特徴づけられる（佐藤ほか，2022bの図4参照）。この中期噴出物の大部分は軽石流堆積物やその関連堆積物からなるため（2）と（3）を統合し、図1では噴出物を3期に分けて簡略化した分布を示してある。荒牧（1993）では軽石流堆積物が「第1小諸軽石流堆積物」および「第2小諸軽石流堆積物」に区分されているが、それらの二次堆積物や降下軽石堆積物も含めて軽石期の他の噴出物も一括して図示した。軽石期堆

積物の多くは山麓に分布し、現在の火山体中心部の表層は（4）の新期噴出物に被われている（図1）。図に示した浅間火山北麓の軽石期噴出物は、黒斑山北方の「嬭恋降下軽石流堆積物」を除いてほとんど全て「第1小諸軽石流堆積物」とされている。荒牧（1968, p.19, 1993）は、浅間火山の軽石流堆積物は溶結しておらず、「軽度に固結した軽石質火山灰・火山礫・火山岩塊からなる」と記述している。

我々が湖成層と軽石流堆積物の関係を観察できた地点は（図1のNo.1）、大前駅の南東約0.6 km付近で、大きく屈曲する高羽根沢の右岸側急斜面が南側の金毘羅山（1009 m）方向を向いた地点であった。谷底の標高は地形図から約880 mと見積もられた。図1の範囲で湖成層が確認されている最も低い地点の標高が羽根尾付近の約700 mなので、地層が水平に連続しているとすれば、200 m近く上位の層準ということになる。この付近の湖成層は、粘土～シルト層に砂質層が挟まる細かな縞状の層理を特徴とし、部分的に層内褶曲が見られるが、全体としては水平な構造を呈する。風化した露頭では一見粘土質な塊状層のような印象を与える。

軽石流堆積物は、見かけ上最大で40度近い不整合面上に堆積した軽石質な噴出物で（図2A）、粒度変化を反映したほぼ水平な成層構造が認められ、粗粒な軽石塊（径2~7 cm、最大約15 cm）を主とするレンズ状の部分が挟まる状

表1. 浅間火山北麓で軽石流に埋められた森林の樹幹と根幹部の樹種および¹⁴C年代.Table 1. Species and ¹⁴C ages of trunk and root within a forest buried by the pumice flow in the north foot area of Asama volcano

Locality ¹⁾	Sample number ²⁾	Species ³⁾	Size (cm) diameter length		$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	¹⁴ C age ⁴⁾ BP ($\pm 1\sigma$)	Calibrated age ⁵⁾ based on IntCal20 cal BP ($\pm 2\sigma$)
Takabane-zawa,	22060305	<i>Abies</i> sp.	4	10	-19.1	13780 \pm 50	16948-16516
Tsumagoi	22060301	<i>Picea</i> sp.	Refer to Fig.2C		-23.2	13690 \pm 50	16785-16345

1) Locality is also shown in Figure 1 (No.1).

Takabane-zawa valley (880 m u.s.l), a tributary stream of Agatsuma River in Tsumagoi Village, Gunma Prefecture

2) 22060305 : Carbonized wood fragment within the pumice flow deposits.

22060301 : Root of carbonized tree which was practically escaped from carbonization. Refer to Fig.2 B and C.

3) Species were identified by M.Kojima, S. Yamagishi and H.Abe of the Forestry and Forest Products Research Institute in Tsukuba, using a electron microscope for carbonized specimen 22060305.

4) Decay constant for age calculation : Libby's half-life of 5568 years (Libby, 1952).

Age dating was done by M. Minami of Nagoya University and H.Wan of KIGAM in Korea.

5) Age calibration is based on IntCal20 (Reimer et al., 2020).

態が各所で見られる。この軽石流堆積物中には炭化した樹幹が直立し (図2A, B), 不整合面下の湖成層上端部には根の部分が見られる例があった (図2B)。この産状が露出する垂直に近い露頭上部に到達することはできなかったが、崩落してきたことが確認されている根幹部が炭化を免れたと思われる木質の外観を呈することが確認された (図2C)。このような樹木の産状は、軽石流が樹林の地表部を炭化させる温度をもちながらも育成していた樹木を倒壊させるだけの勢いはなかったことを示す。この炭化木群を軽石流堆積物に埋められた「埋没林」と称することができよう。

図2Bの露頭から西に約300 m離れた同じ斜面では、軽石塊 (2~4 cm) を主とする軽石流堆積物の露頭に到達することができ、そこで炭化木片を発見した。これは軽石流堆積物中に孤立して含まれる小片で (およそ径4 cm, 長さ10 cm), 倒壊した小木か樹木の枝の断片と解された。周囲の堆積物の固結度は低く、炭化木片を容易に取り出すことができた (試料番号: 22060305)。この試料につき、当時の林相や年代を知る手がかりとして樹種を鑑定し¹⁴C年代を測定した (註4)。併せて、不整合面から落下してきたことが確認されている根幹部 (図2C) についても樹種を鑑定し、¹⁴C年代を測定した (試料番号: 22060301)。炭化木片の樹種鑑定には通常のプレパラート法 (例えば、能城, 2014) が適用できないので、電子顕微鏡で構造を観察することにより鑑定したところモミ属 (*Abies* sp.) と判明した。根幹部の試料はトウヒ属 (*Picea* sp.) であった。¹⁴C年代は炭化木が約13.8 ka BP, 根幹部が約13.7 ka BP とほぼ等しく (較正年代ではいずれも約17 ka cal BP), 軽石流の流下・堆積の年代は約1.7万年前と判明した。樹種鑑定と年代測定の結果は表1にまとめて示した。

3. 考察：軽石流堆積物に埋もれた樹木の樹種と¹⁴C年代の意義

3.1. 孀恋村高羽根沢の露頭観察からの推論と関連課題

孀恋村大前の高羽根沢で観察した露頭と軽石流堆積物に含まれる炭化樹木の樹種や¹⁴C年代の検討結果から、以下のような推論と関連課題が提起されよう。

(1) 軽石流が堆積した約1.7万年前には、不整合の下位に産する湖成層は既に浸食を受けて起伏のある地形ができており、その地表に広がるモミ属やトウヒ属などからなる森林地帯に第1小諸軽石流が流下して堆積した。この地点に到達した軽石流には樹幹をなぎ倒すほどの破壊力はなく、地下にあった根の部分は炭化を免れて、「埋没林」が形成された。

(2) この地点の湖成層の年代は本研究からは不明であるが、上位に存在した可能性のある湖成層は浸食で失われており、したがって湖成層の分布域に残存したかも知れない湖も、軽石流が堆積した約1.7万年前には既に消滅していたと判断される。この地点の湖成層の上には約2.7万年前の黒斑山の山体崩壊堆積物が堆積しなかったのか、堆積していても浸食で失われたのかは不明である。

(3) 約1.7万年前は温暖な縄文時代より前の寒冷な気候が続いていた最終氷期で (例えば、遠藤・小林, 2015), 地形的な高所にある孀恋村地域ではモミ属やトウヒ属などの寒冷期に適した針葉樹が卓越した林相が広がっていたと推定される。モミ属やトウヒ属は最終氷期の約2.7万年前に堆積した前橋泥流や塚原泥流にもしばしば見出される樹種であるが (例えば、佐藤ほか, 2019, 2020, 2021a, b, 2022b), 約1.7万年前の孀恋地域に分布した森林の実相解明には、更に多くの木片の検討が求められる。

3.2. 軽石流の年代に関する既存資料との比較

図1には「第1小諸軽石流堆積物」と「第2小諸軽石流堆積物」から見出され¹⁴C年代が測定された炭化木片のうち詳しい採取地点が判明している4地点 (No.2~5) も示した。これらは1960年代から1990年代前半に公表されたもので (小林, 1965; 富樫, 1983; 賀川・河内, 1993), 樹種や試料の前処理方法などは記述されておらず, 測定方法や精度も現在とは異なるため厳密な比較は難しいが, 木片の産状については参考になる点がある。これらはいずれも軽石流堆積物の末端あるいは縁辺部で見出された試料で, 径5~25 cm程度の太さの樹幹が水平に倒れた状態で発見されたという (No.4については記載がない)。No.2の三原産試料は万座鹿沢口駅前の露頭で見出された炭化木で, 径26 cmの樹幹が「第1小諸軽石流堆積物」の下面近くに水平に倒れた状態で含まれていたという (富樫, 1983)。この場所は, 今回の予察では調査が及んでいないが, 我々の試料採取地点 (図1のNo.1) から北東に3 kmほど離れた地点に位置する。現在この付近の露頭は見えにくくなってしまったが, かつては炭化樹幹の一部に下位の粘土質層に固定した炭化していない根から直立したままの状態での炭化した樹幹も見られたという (荒牧, 1968, p.20; 黒岩, 1977, p.72; 註5)。この地点に流下してきた軽石流には, 本稿で報告した高羽沢の露頭の軽石流と比べて, 大半の樹幹をなぎ倒すだけの破壊力があつたのだと解される。炭化前の樹幹が倒木ではなく成育中であつたという前提が必要ではあるが, 炭化木の産状は火砕流の破壊力を推し量る目安になることが分かる。

既存資料で報告された¹⁴C年代は, 「第1小諸軽石流堆積物」についてNo.2とNo.3が約13.6 ka BPと今回の我々のデータとほぼ等しく (No.3は「第2小諸軽石流堆積物」の分布域であるが挟在する火山灰層の下位から産したとして「第1小諸軽石流堆積物」と解釈), No.5は約15.2 ka BP, No.4は「第2小諸軽石流堆積物」から採取された試料で約10.6 ka BPとなつたという。この他に, 試料の詳しい採取地点や産状は記述されていないが, 樋口 (1986) は千曲川とその支流付近で採取した「第1小諸軽石流堆積物」に関連する10試料について13.2~13.8 ka BP, 「第2小諸軽石流堆積物」の2試料について11.4~11.8 ka BPを報告している。しかし, 一部は炭化していなかったとしており, 軽石流との関係に曖昧さが残る。これらの既存資料に基づくと, 「第1小諸軽石流堆積物」と「第2小諸軽石流堆積物」の間には約2000年もの火砕流の発生間隔があつたことになる。¹⁴C年代測定と樹種鑑定を試料を増やすことで, 火砕流の発生頻度や森林の林相の詳細解明に繋がるのではないだろうか。

4. あとがき

我々の当初の目標は, 前橋泥流に含まれる湖成層ブロックの給源域と考えられる約2.7万年前の浅間山北麓にどのような地形・地質環境が展開していたかについて手掛かりを得ることであつた。嬭恋村大前の高羽根沢で湖成層と軽石流堆積物の不整合関係を確認し, 軽石流堆積物に含まれる炭化樹木の樹種と¹⁴C年代から, 約1.7万年前の環境につき断片的ではあるが新たな情報を得ることができたのは幸運であつた。しかし, この湖成層を中心とした浅間火山北麓の実態把握にはまだ程遠く, 特に黒斑火山の崩壊事象との関係は謎のままであつて, 今後の検討余地は極めて大きい。

<註>

- 註1) 10万年前頃の年代を高精度で決めるのは容易ではない。¹⁴C年代測定法では放射性同位体である¹⁴Cの壊変が進んで検出不能となるため測定可能な限界 (約5万年) を超えており, K-Ar法では⁴⁰Kの壊変で生ずる⁴⁰Arの量が少ないため測定が難しく誤差も大きくなるからである。浅間火山の活動開始期について守屋 (1983) は, 古吾妻川の段丘地形などからの推論として, 「10万年より以前に遠くさかのぼることはあるまい」と記述している。K-Ar年代値としては, 浅間山東麓の白糸の滝周辺に露出し浅間火山の基盤とされた高度火山岩類 (荒牧, 1993) に相当する安山岩の転石について0.13 ± 0.03 Maが (金子ほか, 1991), 黒斑山の安山岩について0.09 ± 0.03 Ma (西来ほか, 2013) が報告されている (佐藤ほか, 2021bの註8)。
- 註2) 山体崩壊物は地表の土壌や樹木だけでなく表層の岩石も巻き込んで流下すると推定される。前橋泥流に含まれる湖成層ブロックの起源として, 当初は吾妻川上流の中之条周辺に分布する中之条湖成層の可能性を想起した。しかし, 中之条湖成層に固有の珪藻化石 (田中・小林, 1992) が前橋泥流中の湖成層ブロックには見出されないことから, 中之条湖成層起源の可能性は低いと考えられた (佐藤ほか, 2020)。その後, 中之条よりも上流に位置する八ッ場ダムの工事現場で見出した湖成層ブロックが前橋泥流のそれに酷似することから, 起源はもっと上流の浅間山北麓にあると結論する結果となつた (佐藤ほか, 2021b)。浅間山北麓に分布する湖成層は, 露出が限られるためか研究者によって名称や定義が異なり, 統一的な地層像が確立しているとは言い難い。ここでは湖成層ブロックに酷似する地層を主とする「嬭恋湖成層」 (守屋, 1966; 黒岩, 1977) に注目しており, これは荒牧 (1993) の「三原層」から下部の河川堆積物を除いた細粒碎屑物を主とする湖底層に相当するとみられる。
- 註3) 「軽石流」とは, 火砕流の一種で, 軽石塊が多く含まれるもの。テイスイト〜流紋岩質の中〜大規模火砕流であることが多い (1996年平凡社出版『新版地学事典』の荒牧重

雄氏による解説)。

註4) ^{14}C 年代測定の前処理と測定手法は、我々のこれまでの報告と同様であるが(例えば、佐藤ほか, 2018, 2019, 南ほか, 2018), 今回は ^{14}C の測定を韓国のKIGAMで行った。測定と暦年較正過程の詳細は以下の通りである。 ^{14}C と ^{12}C の存在比について、 ^{14}C ブランクの補正を行い、さらに測定された $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ を用いて炭素同位体分別の補正を行ったのち、試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ を求めた。 ^{14}C 年代値の算出では、国際的な慣例に従って、Libbyの半減期5568年を用い、西暦1950年から遡った年数としてBP (before present) で与えられる。 ^{14}C 年代値の暦年較正は、IntCal20 (Reimer et al., 2020) を用いて、較正プログラムOxCal4.4 (Bronk Ramsey, 2021 OxCal 4.4. Electronic document) により行った。

註5) 三原の炭化木を含む軽石流堆積物の露頭については(図1のNo.2付近), Aramaki (1963, p.316-317) にも写真付きの記載と考察が記述されている。大半は倒壊した樹幹であったが、一部には根幹部から直立したまま炭化した樹木も見られとし、荒牧 (1968, p.20) はこの産状を「化石林」と呼んだ。「化石林」とは、森林を構成していた樹木が堆積物に埋もれて化石化したものの集まりで(倒壊樹幹も含む)、珪化木の場合が多いという。これに対して「埋没林」は、森林で成育していた樹木がそのまま埋もれて残存するもので、火山噴出物や風成堆積物に埋もれたもののほか水中に沈んだ「沈水林」も含むという(1996年平凡社出版『新版地学事典』による)。2つの「林」の内容には重なる部分もあって微妙であるが、嬭恋村にはその両方が存在し、産状の違いは軽石流の破壊力に起因するということになろう。

謝辞

地質調査総合センターの工藤 崇氏は、丁寧な査読で原稿の不備をしてくださった。篤くお礼申し上げます。

文献

- Aramaki, S. (1963): Geology of Asama volcano. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec.2*, **14**: 229-448.
- 荒牧重雄(1968): 浅間火山の地質。地団研専報14, 地学団体研究会, 45pp.
- 荒牧重雄(1993): 浅間火山地質図。5万分の1, 火山地質図6, 地質調査所。
- 地学団体研究会編(1996): 新版地学事典, 平凡社, 1443pp.
- 遠藤邦彦・小林哲夫(2015): 第四紀。共立出版, 東京, 231pp.
- 樋口和雄(1989): 浅間山活動史の研究。千曲, (66): 15-33.
- 賀川陽子・河内晋平(1993): 浅間火山第1軽石流堆積物の ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代(177) —。地球科学, **47**: 349-350.
- 金子隆之・清水 智・板谷徹丸(1991): 信越高原に分布する第四紀火山のK-Ar年代と形成史。震研彙報, **66**: 299-332.
- 小林国夫(1965): 長野県小諸の浅間火山軽石流の ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代XX—。地球科学, (79): 17.
- 黒岩憲司(1977): 自然界, 嬭恋村誌 上巻, 63-173.
- Libby, W.F. (1952): Radiocarbon Dating. Univ. Chicago Press, 124pp.
- 南 雅代・佐藤興平・中村俊夫(2018): ABOx-SC法を用いた木片の高精度 ^{14}C 年代測定による前橋泥流堆積時期の再検討。2018年度日本地球化学会第65回年会講演要旨集, p.267.
- 守屋以智雄(1966): 吾妻川流域の地形発達。地理学評論, **39**: 51-62.
- 守屋以智雄(1983): 日本の火山地形, 東京大学出版会, 135pp.
- 西来邦章・高橋 康・松本哲一(2013): 浅間・烏帽子火山群の火山活動の変遷。地質雑, **119**: 474-487.
- 能城修一(2014): 木材プレパラート標本作成法。分類, **14**: 97-99.
- 太田良平(1957): 5万分の1地質図幅「草津」, 地質調査所。
- Reimer PJ, Austin WEN, Bard E, Bayliss A, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Butzin M, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hajdas I, Heaton TJ, Hogg AG, Hughen KA, Kromer B, Manning SW, Muscheler R, Palmer JG, Pearson C, van der Plicht J, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Turney CSM, Wacker L, Adolphi F, Büntgen U, Capano M, Fahrmi SM, Fogtmann-Schulz A, Friedrich R, Köhler P, Kudsk S, Miyake F, Olsen J, Reinig F, Sakamoto M, Sookdeo A, Talamo S. (2020): The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, **62**: 725-757.
- 佐藤興平・南 雅代・大島 治・鈴木和博・柴田 賢(2017a): Sr同位体比からみた「岩神の飛石」の起源(予報)。群馬県立自然史博物館研究報告, (21): 29-38.
- 佐藤興平・南 雅代・鈴木和博・柴田 賢(2017b): 火山体崩壊に起因する火山災害軽減のためのパイロット研究: Sr同位体比から見えてきた巨石の天然記念物の起源。名古屋大学年代測定研究, **1**: 44-50.
- 佐藤興平・南 雅代・中村俊夫・柴田 賢・児嶋美穂・武者 巖(2018): 木片の ^{14}C 年代測定による前橋泥流堆積時期の再検討(予察)。群馬県立自然史博物館研究報告, (22): 95-101.
- 佐藤興平・南 雅代・中村俊夫・柴田 賢・安部 久・武者 巖・池田信二(2019): 火山泥流に含まれる木片の ^{14}C 不一致年代: 前橋泥流と塚原泥流の例。群馬県立自然史博物館研究報告, (23): 57-64.
- 佐藤興平・南 雅代・柴田 賢・武者 巖(2020): 巨石のSr同位体比と埋没木片の ^{14}C 年代からみた前橋泥流。群馬県立自然史博物館研究報告, (24): 31-42.
- 佐藤興平・南 雅代・安部 久・中村俊夫・武者 巖(2021a): 利根川河床の前橋泥流から見出された木片群の ^{14}C 年代。群馬県立自然史博物館研究報告, (25): 75-80.
- 佐藤興平・南 雅代・安部 久・中村俊夫・武者 巖(2021b): 吾妻川上流域の火山泥流堆積物に含まれる木片の ^{14}C 年代(予察)。群馬県立自然史博物館研究報告, (25): 91-100.
- 佐藤興平・南 雅代・武者 巖(2022a): 前橋泥流の流下域に残存する安山岩塊の比重とSr同位体組成。群馬県立自然史博物館研究報告, (26): 91-104.
- 佐藤興平・南 雅代・安部 久・池田信二(2022b): 浅間火山初期の山体で発生した山体崩壊の年代: 塚原泥流に含まれる樹木片の ^{14}C 年代からの推定。群馬県立自然史博物館研究報告, (26): 105-118.
- 高橋啓一・神谷英利・黒岩俊明・小林将喜・山岸勝治・磯田喜義・中島啓二・田中宏之(1981): 群馬県嬭恋村産のゾウ化石, および産出地の地質について。群馬県立歴史博物館紀要, (2): 1-13.
- 富樫茂子(1983): 浅間火山第1軽石流堆積物中の炭化木の ^{14}C 年代。火山第2集, **28**, 163-165.
- 田中宏之・小林 弘(1992): 群馬県, 中之条上部湖成層(中期更新世)の珪藻。群馬県立歴史博物館紀要, (13): 17-38.
- 八木貞助(1936): 浅間火山。信濃教育会北佐久部会・信濃毎日新聞株式会社, 長野県, 516pp.