

令和 4 年 6 月 20 日

各報道機関 御中

国立大学法人 静岡大学

国立大学法人 山形大学

静岡県熱海市逢初川の源頭部の盛土下端部の露頭調査

2021 年 7 月 3 日に、熱海市逢初川源頭部の盛土崩壊に伴う土石流が起き、被害が発生した。源頭部の未崩落の盛土、砂防堰堤を埋積した土石流堆積物、集落に到達した土石流堆積物については、第一著者が共同研究者とともに堆積学的、古生物学的調査を行い、その結果を公表した(北村, 2022; 北村・池田, 2021; 北村ほか, 2022a, b)。しかし、源頭部の盛土崩壊地の谷底については、静岡県 (2021a)が 2021 年 8 月 2 日に行った露頭調査の概略を報告しているが、堆積学的、古生物学的調査は行われていなかった。ここには盛土の崩壊地下端部があり、その調査から崩壊の原因を解明するための情報が得られる可能性がある。

第一著者の北村は、熱海市・静岡県の担当者の同行の下、2022 年 3 月 30 日と 5 月 2 日に、盛土崩壊地の谷底で、盛土下端周辺の露頭を観察し、試料を採取した。試料は静岡大学、山形大学、ふじのくに地球環境史ミュージアムの研究者が、粒度組成、粒子組成、放射性セシウム濃度、全硫黄含有量、 ^{14}C 年代測定を行い、次の結果を得た。

1. 5 月 2 日に高さ約 2m の露頭の露出を確認した。露頭は、下位から、角礫層(厚さ $\geq 0.7\text{m}$)、含礫砂層(厚さ 0.1m)、亜円礫層(厚さ 0.4m)、砂層(厚さ $\geq 0.8\text{m}$ 以上)の順に重なる。
2. 角礫層は 1950 年から盛土形成までの間の自然堆積物で、含礫砂層は人工物と核実験の影響のある時代の木質物を含むので、盛土である。
3. 亜円礫層は放散虫化石を含む泥岩岩片と有孔虫を含み、かつ礫の種類と形状が下位層の礫と異なるので、他所から搬入された盛土で、供給源の一部は沿岸堆積物である。

以上のことから、含礫砂層と亜円礫層は盛土の最下部で、本研究で初めて盛土最下部の構造が判明するとともに、亜円礫層が第 0 波の土石流の起点の可能性があることが分かった。

この研究成果は、「静岡大学地球科学研究報告」に受理されました。

下記の日時で詳細をご説明いたしますので、取材方よろしく願いいたします。なお、当日の説明は北村が行います。概略は添付資料をご覧ください。

記

日 時: 令和 4 年 6 月 24 日 14:00~

場 所: 静岡県庁東館10階 社会部記者室

会見者: 静岡大学・北村晃寿

お問い合わせ先

静岡大学理学部地球科学科・防災総合センター 北村 晃寿

電話番号 054-238-4798 メールアドレス kitamura.akhisa@shizuoka.ac.jp

山形大学学術研究院(理学部担当)教授・山形大学災害環境科学研究センター 本山 功

電話番号 023-628-4776 メールアドレス i-motoyama@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

国立大学法人 静岡大学 ウェブサイト <http://www.shizuoka.ac.jp/>

○広報室 〒422-8529 静岡市駿河区大谷836 TEL:054-238-5179 FAX:054-237-0089

国立大学法人 山形大学 ウェブサイト <https://www.yamagata-u.ac.jp>

○総務課秘書広報室担当 〒990-8560 山形市小白川町1-4-12

[TEL:023-628-4008](tel:023-628-4008) FAX:023-628-4013

【論文情報】

題名: 静岡県熱海市逢初川の源頭部の盛土下端部の露頭調査

誌名: 静岡大学地球科学研究報告, 49 号.

著者: 北村晃寿^{1,2}, 山下裕輝³, 矢永誠人⁴, 本山 功⁵, 中西利典⁶, 森 英樹⁷

1: 静岡大学理学部地球科学科, 2: 静岡大学防災総合センター, 3: 静岡大学大学院総合科学技術研究科, 4: 静岡大学理学部放射科学教育研究推進センター, 5: 山形大学理学部地球科学分野, 6: ふじのくに地球環境史ミュージアム, 7: 静岡大学技術部教育支援系教育研究第二部門

【発表内容】

2021 年 7 月 3 日午前 10 時 30 分頃, 静岡県熱海市伊豆山地区の逢初川沿いで土石流が発生し, 伊豆山港に至り相模湾へ流入した(図 1). その後の調査で, 逢初川の源頭部にあった盛土が大量に崩落していたことが判明した(静岡県, 2021a). 国土地理院(2021)は, 2009 年と 2019 年の地形測量データを比較し, 同期間に形成された盛土の体積量を約 56,000 m³と見積もっており, そのうちの約 55,500m³が崩落したと静岡県(2021a)は報告している.

静岡県の報告書を基に, 木村(2021)は, 盛土は三層構造で, 2009 年 6 月期前の盛土層, 褐色の土砂, 黒色の土砂の順に重なり, 2021 年 7 月 3 日の崩落崖は, 褐色の土砂, 黒色の土砂の境界付近にあたるとした. この解釈が正しいのならば, 黒色の土砂は, 褐色の土砂よりも崩落しやすい性質を有していた可能性があり, これは崩落原因の一つになりうる.

北村(2021)や北村ほか(2022a, b)は, 未崩落の盛土の黒色の土砂と土石流堆積物から**海生二枚貝類**の貝殻を発見し, それらの種組成と年代値から, 土石流堆積物の多くを占める盛土の黒色の土砂の採集地の一部は海浜で, さらに現世堆積物と中部完新統の 2 つの供給源がありうることを示した. 海の堆積物は波や流れで, 粒子が円磨しており, そのために空隙率が高く(高含水率(36%; 北村・池田, 2021)を保持), 内部摩擦角が小さく, 安息角は低角という特徴を有する可能性があり, これらの特徴は, 斜面崩壊・流動化しやすい性状である(北村ほか(2022c)). これらの研究結果は, 黒色の土砂が, 褐色の土砂よりも崩落しやすい性質を有していた可能性を支持する.

源頭部の盛土の崩壊地の谷底については, 静岡県 (2021a)が 2021 年 8 月 2 日に行った露頭調査の概略を報告しているが, 堆積学的, 古生物学的調査は行われていなかった. この場所には**盛土の崩壊地下端部**があり, その調査から崩落の原因を解明するための情報が得られる可能性がある. そこで, 今回, 2022 年 3 月 30 日と 5 月 2 日に, 第一著者の北村は熱海市・静岡県の担当者の同行の下, 盛土の崩壊地の谷底で, 盛土下端周辺の露頭を観察し, 試料を採取した. 試料は静岡大学, 山形大学, ふじのくに地球環境史ミュージアムの研究グループが, 粒度組成, 粒子組成, 放射性セシウム濃度, 全硫黄含有量, ¹⁴C 年代測定を行い, 次の結果を得た. なお, 本調査の露頭は木村(2021)の地点 F にあたるので(図 1), 本報告でもこの名称(地点 F)を用いる. 調査・分析から得られた結果は以下の通りである.

1. 露頭の高さは約 2 m で、下位から巨礫サイズの角礫層(層厚 0.7 m 以上; 試料 1), 木片を含む含礫砂層(層厚 0.1 m; 試料 2), 中礫サイズの亜円礫層(層厚 0.4 m; 試料 3), 砂層(層厚 0.8 m 以上)の順に重なる(図 3, 4). 角礫層とその下位の粘土層の境界は崩土で覆われており, 境界面を観察できなかった(図 3)

2. 放射性セシウム濃度については, 試料 1 と 2 では ^{137}Cs が 1.2 ± 0.4 Bq/kg 乾土と 1.3 ± 0.4 Bq/kg 乾土で, ^{134}Cs は検出限界未満である(図 4, 表 1). 試料 3 は ^{137}Cs と ^{134}Cs はともに検出限界未満である(図 4, 表 1).

3. 各試料の泥質物の全有機炭素, 全窒素および全硫黄の含有量については, 試料 1 は 1.32%, 0.15%, 0.06%, 試料 2 は 2.83%, 0.23%, 0.16%, 試料 3 は 1.80%, 0.14%, 0.12% である(表 1).

4. 350–500 μm サイズの粒子組成については, 試料 1 と 2 とともに凝集物と岩片が卓越する. 石英, 斜長石, 輝石粒子の占有率は, 試料 1 は 0%, 0.2%, 1.0% で, 試料 2 は 0.6%, 1.4%, 1.0% で, 試料 3 は 4.2%, 6.0%, 4.2% である(図 4, 表 1). 試料 3 からは, 放散虫化石 *Amphisphaera?* sp. を含む泥岩岩片が見つかった(図 5a, b). また, 試料 3 からは種同定はできないが, 1 個体の有孔虫殻が見つかった(図 5c, d). これらの放散虫と有孔虫はともに海洋性の微化石である.

5. 角礫層と含礫砂層は円磨度の低い苦鉄質岩からなる点で共通し, 亜円礫層は円磨度の高い堆積岩からなり, 下位層の礫とは異なる(図 7).

6. 含礫砂層中の木質物 ^{14}C 年代値は, 木質物 1 は西暦 1997–2001 年(88.8%), 西暦 1957 年(6.6%) であり, 木質物 2 は西暦 1987–1989 年(90%), 西暦 1957–1958 年(5.4%) である(表 3). 試料 2 の堆積年代は, 木質物 1 の年代より若い.

静岡県(2021b)は, 地点 F の礫層を溪床堆積土砂と報告している. 本研究でも, 角礫層は人工物を含まないし, 北村(2022)と北村ほか(2022a, b)が報告した他所から搬入された物質(海生貝類の貝殻, チャート岩片, 含化石泥岩岩片)も検出されなかった. これらのことは, 静岡県(2021b)の解釈を支持する. なお, 角礫層の堆積物から ^{137}Cs が検出されたので, 1950 年以降から盛土の形成以前の堆積物である.

含礫砂層の堆積年代は, 堆積物の ^{137}Cs 値と木質物の ^{14}C 年代値に核実験の影響が出ているので, 1950 年以降である. そして, 人工物を含むので, 盛土と解釈するのが妥当である. この含礫砂層を覆う亜円礫層は放散虫化石を含む泥岩岩片と有孔虫を含むので, 他所から搬入された盛土である. したがって, 崩壊地下端部の盛土最下部の構造が初めて分かった.

木村(2021)は, 静岡県の公表した盛土の状況の写真をもとに, 逢初川崩壊箇所付近の縦断面図(木村(2021)の図 10)を作成し, 盛土は三層構造で, 2009 年 6 月期前の盛土層, 褐色の土砂, 黒色の土砂の順に重なるが, 地点 F では黒色盛土層が 2009 年 6 月期前の盛土層を直接覆うとしている. 本稿の調査結果は, この解釈を支持し, 含礫砂層(層厚 0.1 m)は 2009 年 6 月期前の盛土層に対応し, 亜円礫層(層厚 0.4 m)は黒色盛土層に対応すると考えられる.

既報(北村ほか, 2022a)の盛土の褐色の土砂, 黒色の土砂, 土石流堆積物, 土壌と本研究の測定値を比較すると, 全有機炭素・全硫黄の含有量については, 角礫層(図中の F1)は褐色の土砂に近い値を示し, 含礫砂層(図中の F2)と亜円礫層(図中の F3)は黒色の土砂, 土石流堆積物(地点

A2 と B3)に近い値を示す(図 8). 砂粒子の石英, 斜長石, 輝石の比率に関しては, 角礫層(図中の F1)は土壌に類似し, 含礫砂層(図中の F2)と亜円礫層(図中の F3)は, 盛土の黒色の土砂よりも土石流堆積物に近い値を示す(図 9).

今回の盛土崩落に関して, 黒色盛土層の最下部の亜円礫層は次の 3 点が注目される.

第一に, 亜円礫層は放散虫化石を含む泥岩岩片を産し, 地点 F から約 300 m 下流の砂防堰堤の埋積土の深度 3.74–3.70 m から海綿骨針を含む化石泥岩岩片が発見されていることである(北村ほか, 2022b). これは, 盛土の崩落の早い時期の第 0 波の土石流に亜円礫層由来の堆積物が含まれていた可能性を示唆する. 第 0 波とは, 北村ほか(2022b)が定義した砂防堰堤内の土石流堆積物を運搬した土石流である.

第二に, 亜円礫層では礫と礫の間にある空間を砂質堆積物が充填しているが, その含泥率は 10%程度しかないことである(図 4). これは, 砂質堆積物の透水性が高い可能性を示唆する.

第三に, 亜円礫層が有孔虫を含むことである. これは, 同層の供給源の一部は沿岸堆積物であることを示し, したがって崩落しやすい性質を有していた可能性が十分ある(北村ほか, 2022c).

以上の 3 点から, 地点 F にあった**黒色盛土層の最下部の亜円礫層が, 第 0 波(北村ほか(2022b)が定義した砂防堰堤内の土石流堆積物を運搬した土石流)の土石流の起点であった可能性がある.**

【本研究成果の社会的意義】

昨年 7 月 3 日に, 熱海市逢初川源頭部の盛土崩壊に伴う土石流による災害が起きたが, 他所では起きていない. これは, 災害危険性としては, 逢初川源頭部の盛土が最大であったことを示す. よって, この盛土崩壊の原因究明は, 今年 5 月 20 日に公布された「盛土規制法の実効性の確保」と「既存の盛土の災害危険性の評価」に必須の情報を提供する.

盛土崩壊の原因究明には, 盛土の内部構造の情報が不可欠である. しかし, 木村(2021)が提示した「盛土は三層構造で, 2009 年 6 月期前の盛土層, 褐色の土砂, 黒色の土砂の順に重なる」という概略しか分っていなかった.

今回の調査で, 初めて, **崩壊地下端部の盛土最下部の構造**が明らかとなり, しかも未崩落の黒色の盛土には見られなかった**亜円礫層の存在**が明らかとなった. さらに, 亜円礫層が第 0 波の土石流の起点であった可能性があることが判明した. 一般的に, 礫どうしが支持する礫層は地下水の水みちになるため, この亜円礫層は, 盛土崩壊・土石流の発生原因の一つになる. 今後, 亜円礫層の分布を調査する必要がある. また, 「既存の盛土の災害危険性の評価」においては, ボーリングコアを掘削し, 高透水性の礫層や砂層の有無や海成堆積物の混入の有無を評価指標に加えるのが望ましい.

引用文献(受理論文)

Adachi, K., Kajino, M., Zaizen, Y. & Igarashi, Y. (2013), Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident. Scientific Report, 3, 2554.
千木良雅弘・北村晃寿・木村克己・市村康治(2022), 熱海市逢初川盛土崩壊の地質的原因について. 静岡大学地球科学研究報告, 49.

- 木村克己(2021), 熱海市の逢初川土石流災害の地形・地質的背景. 深田地質研究所年報, No. 22, 185-202.
- 北村晃寿(2022), 静岡県熱海市伊豆山地区の土砂災害現場の盛土の崩壊斜面と土石流堆積物から見つかった海生二枚貝の貝殻. 第四紀研究, 61(印刷中), doi: 10.4116/jaqua.61.2114.
- 北村晃寿・池田昌之(2021), 2021年7月3日に静岡県熱海市伊豆山地区で発生した土石流の速報. 静岡大学地球科学研究報告, 48, 63-71.
- 北村晃寿・岡寄颯太・近藤 満・渡邊隆広・中西利典・堀 利栄・池田昌之・市村康治・中川友紀・森 英樹(2022a), 静岡県熱海市伊豆山地区の土砂災害現場の盛土と土石流堆積物の地球化学・粒子組成分析. 静岡大学地球科学研究報告, 49.
- 北村晃寿・矢永誠人・岡寄颯太・片桐 悟・中西利典・森 英樹(2022b), 静岡県熱海市逢初川の砂防堰堤の埋積土の放射性セシウム濃度と粒子組成の層位変化—2021年7月3日の土石流堆積物の識別—. 静岡大学地球科学研究報告, 49.
- 北村晃寿・山下裕輝・矢永誠人・中西利典・森 英樹(2022c), 静岡県熱海市逢初川源頭部の東側地点の盛土に関する調査速報. 静岡大学地球科学研究報告, 49.
- 国土地理院 (2021a), <https://maps.gsi.go.jp/#14/35.128368/139.078674/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m> 2022年4月24日引用.
- 国土地理院 (2021b), https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3_0701_heavyrain.html#3 2022年4月24日引用.
- Krumbein, W. C. (1941), Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11, 64-72.
- Reimer, P.J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C. et al. (2020), The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62(4), 725-757.
- 静岡県(2021a), 第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会配布資料(1~17). 2021年9月7日開催 <http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/r3hasseigenninncyousakennsyouiinnkai.html> 2022年4月24日引用.
- 静岡県(2021b), 2021年7月3日静岡県熱海市土砂災害動画. ドローン撮影動画 1. <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/20210703-atami-movie> 2022年4月24日引用.
- 静岡県(2021c), 熱海市伊豆山地区土石流土質調査結果(速報) <http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/doshitucyousakekka.pdf> 2021年9月9日引用.

【各研究機関の役割】

静岡大学: 試料採取, 粒度組成, 放射性セシウム濃度の測定, ^{14}C 年代測定, 砂粒子の鉱物種・岩石種の同定, 薄片作成, 礫種の同定, 全体総括, 論文執筆. 山形大学: 放散虫化石の同定, ふじのくに地球環境史ミュージアム: 泥粒子の有機炭素, 窒素, 硫黄分析.

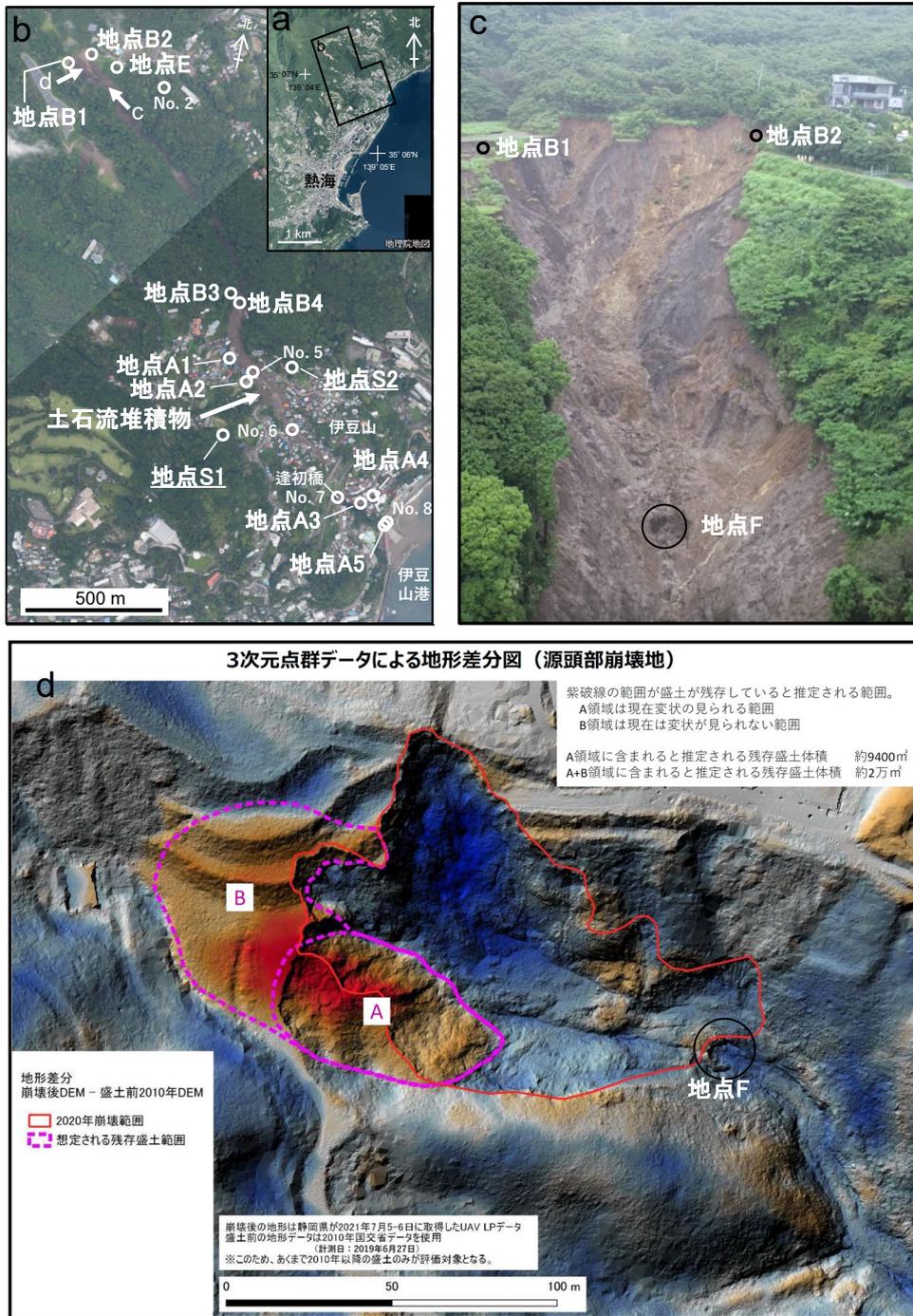


図1 熱海市伊豆山地区の土石流の流路と試料採取地点. 北村ほか(2022a)を一部改変. a-c: 土石流の流路と試料採取地点. aの画像は国土地理院(2021a)とbの画像は国土地理院(2021b)を使用. cの画像は静岡県(2021a)を使用. dは静岡県(2021b)から引用. No.1—8は静岡県(2021c)の試料採取地点.

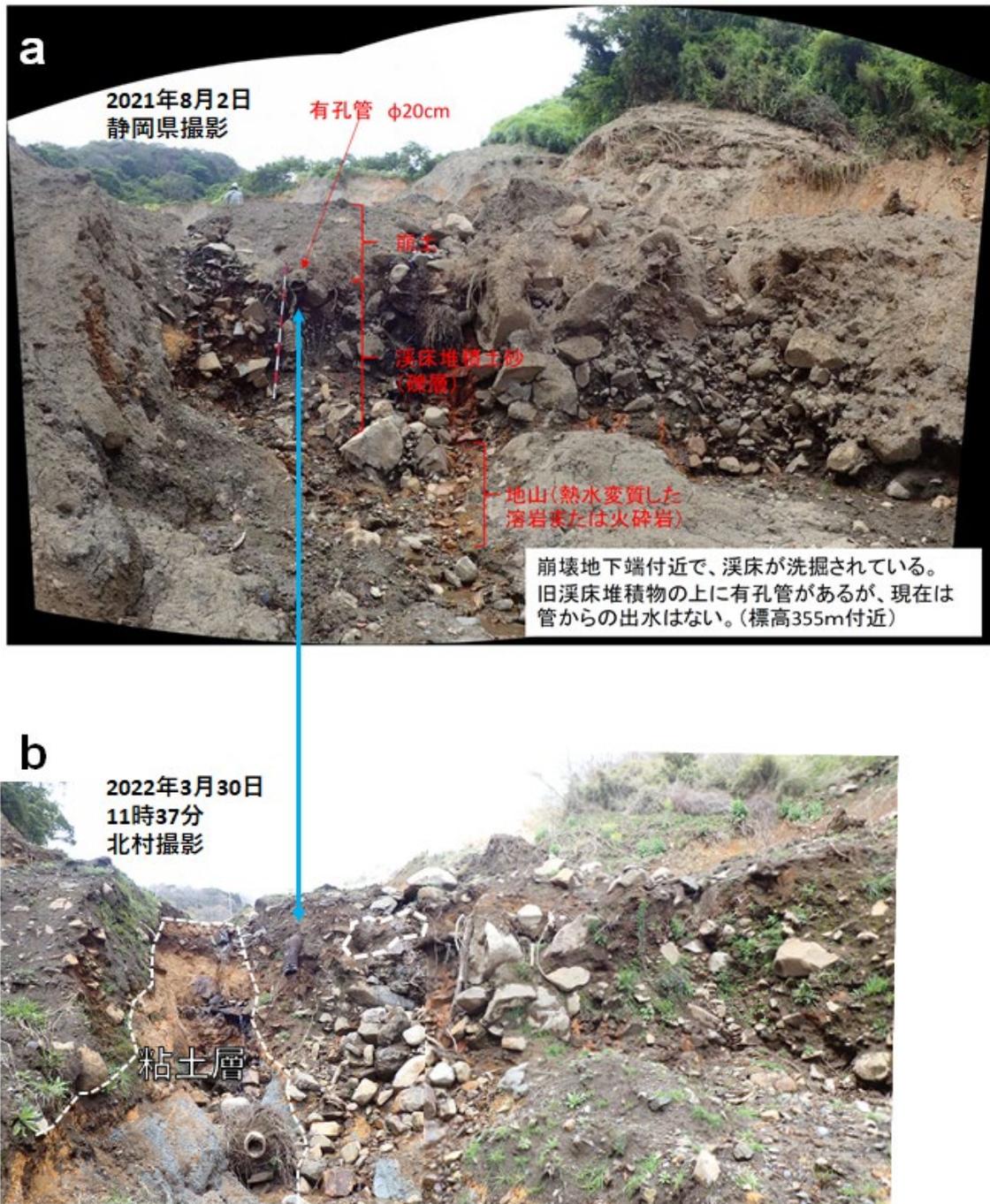
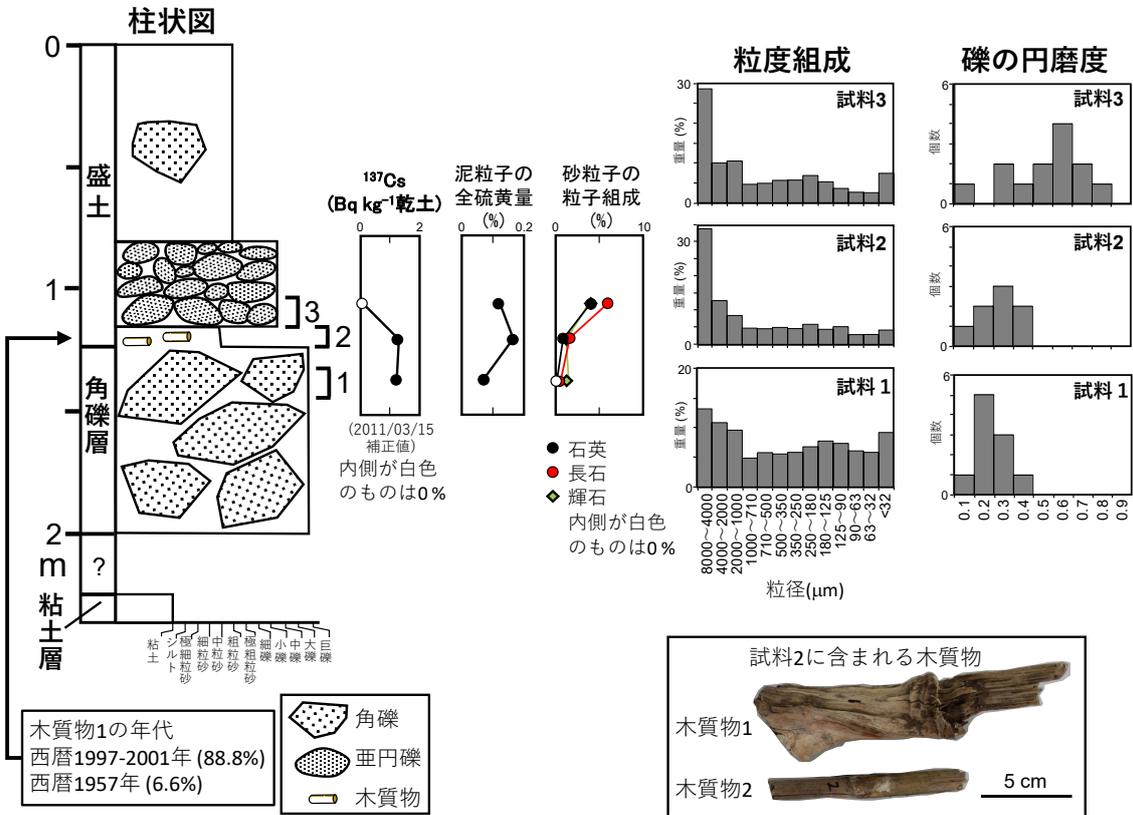


図2 地点Fの写真. aは静岡県(2021b)が2021年8月2日に撮影. bは北村が2022年3月30日に撮影.



図 3 地点 F の調査露頭の写真.



4 地点 F の調査露頭の柱状図と ^{137}Cs 濃度, 泥粒子の全硫黄量, 0.35-0.50 mm の粒子中の石英・斜長石・輝石の占有率, 粒度組成, 礫の円磨度. 円磨度は人工物を除く. ^{14}C 年代値は, 木質物 1 の年代である. この年代は木質物 2 よりも若い.

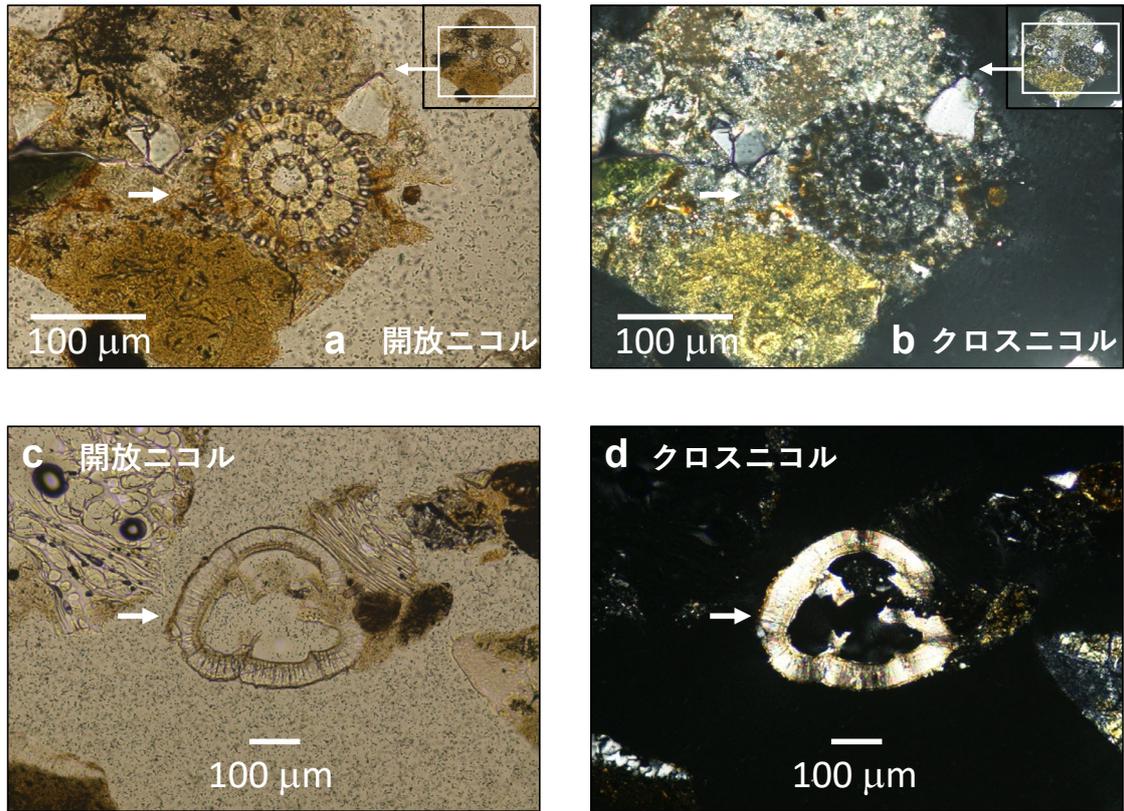


図5 試料3の微化石の薄片写真. *Amphisphaera?* sp.の可能性のある放散虫化石を含む泥岩岩片(a, b). 有孔虫化石(c, d). 矢印が微化石.

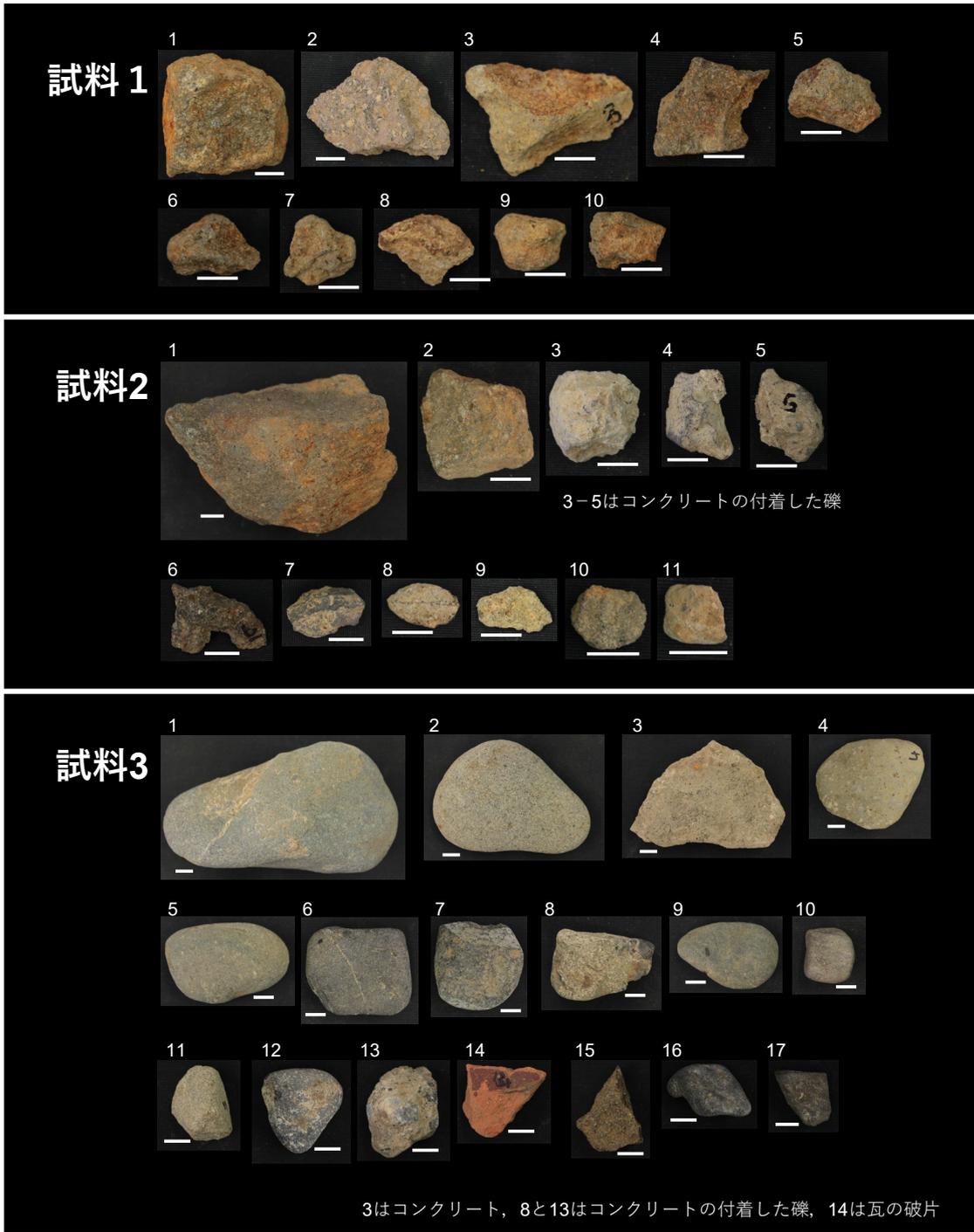
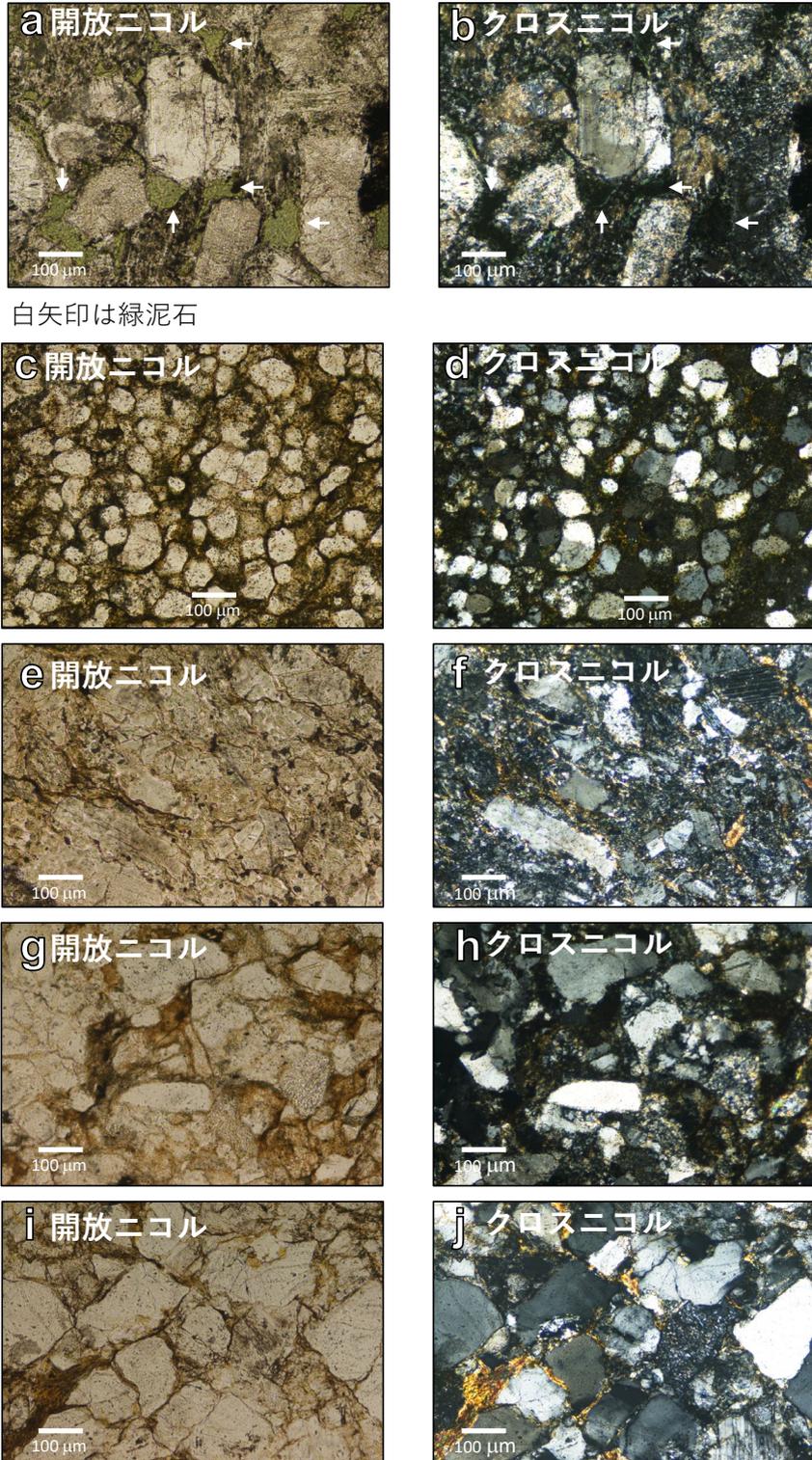


図6 礫の写真. スケールバーは1 cm.



白矢印は緑泥石

図7 試料3の礫の薄片写真. a, bは礫番号3-1, c, dは礫番号3-5, e, fは礫番号3-6, g, hは礫番号3-9, i, jは礫番号3-11.

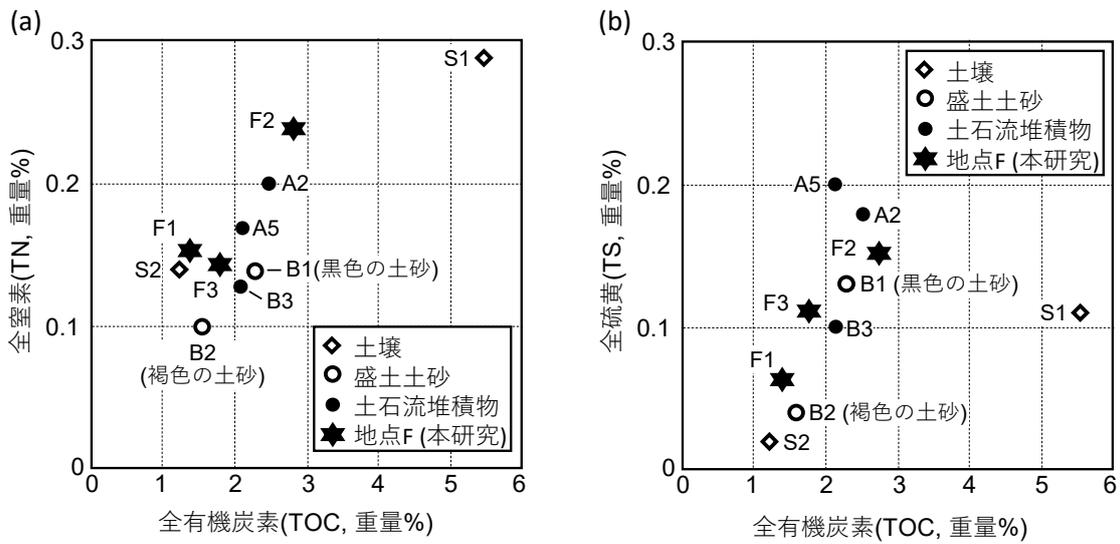


図 8 各試料の泥粒子の全有機炭素量, 全窒素量, 全硫黄量の関係. a: 全窒素量—全有機炭素量の散布図. b: 全硫黄量—全有機炭素量の散布図. F1-3 は本研究の測定値で, 他の測定値は北村ほか(2022a)に基づく.

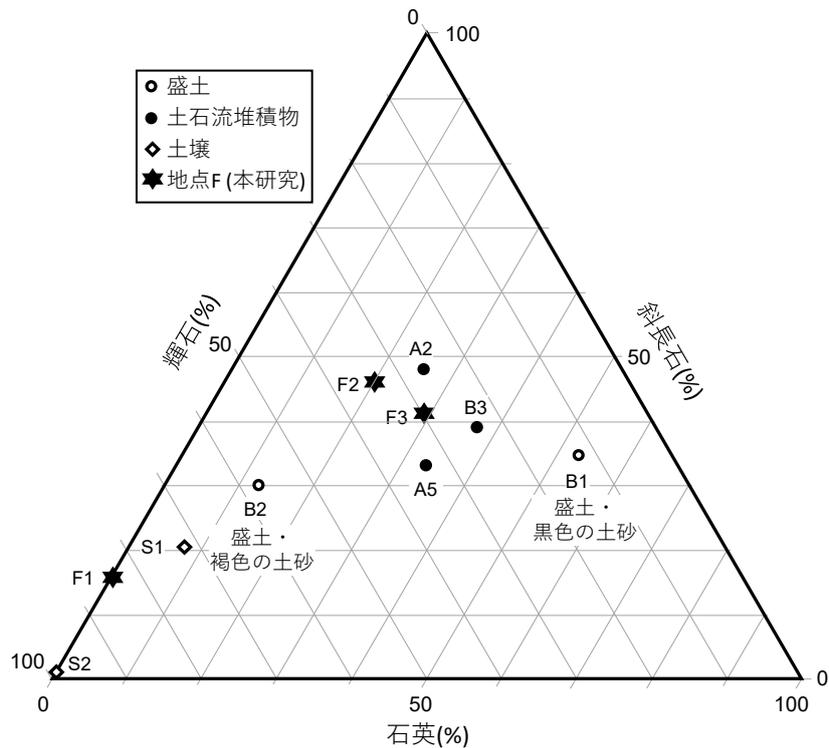


図 9 0.35–0.50 mm サイズの石英, 斜長石, 輝石の量比を示す三角ダイヤグラム. F1-3 は本研究の測定値で, 他の測定値は北村ほか(2022a)に基づく.

	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	percent modern carbon (pMC)	暦年代 (2 σ) (cal yr) (95.4%)	ラボナン バー
木質物1	-30.05	109.38 \pm 0.41	西暦1997-2001年 (88.8%) 西暦1957年 (6.6%)	Beta-627896
木質物2	-26.69	116.98 \pm 0.44	西暦1987-1989年 (90%) 西暦1957-1958年 (5.4%)	Beta-627897

表 1 ^{14}C 年代測定の結果