

1 資料

2

3 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

4

5 Investigation of embankment at east site in the head of the Aizome
6 River, Atami City, Shizuoka Prefecture, central Japan.

7

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

9

10 Akihisa Kitamura^{1, 2}, Yuki Yamashita³, Makoto Yanaga⁴,
11 Toshimichi Nakanishi⁵, Hideki Mori⁶

12

13 ¹静岡県理学部地球科学教室, 422-8529 静岡県静岡市駿河区大
14 谷 836

15 ¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Ohya,
16 Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan

17 E-mail: kitamura.akihisa@shizuoka.ac.jp

18

19 ²静岡県防災総合センター, 422-8529 静岡県静岡市駿河区大谷
20 836

21 ²Center for Integrated Research and Education of Natural
22 Hazards, Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka,
23 422-8529 Japan

24

25 ³静岡県大学院総合科学技術研究科, 422-8529 静岡県静岡市駿
26 河区大谷 836

27 ³Graduate School of Integrated Science and Technology,

28 Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529

29 Japan

30

31 ⁴ 静岡大学理学部放射科学教育研究推進センター, 422-8529 静
32 岡市駿河区大谷 836

33 ⁴Center for Radioscience Education and Research, Shizuoka
34 University, 836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan

35

36 ⁵ ふじのくに地球環境史ミュージアム, 422-8017 静岡県静岡市駿
37 河区大谷 5762

38 ⁵Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 5762
39 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8017 Japan

40

41 ⁶ 静岡大学技術部教育支援系教育研究第二部門, 422-8529 静岡
42 県静岡市駿河区大谷 836

43 ⁶Division of Technical Service, Shizuoka University, 836 Ohya,
44 Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan

45

46 柱の原稿

47 熱海市逢初川源頭部の東側地点の盛土の調査

48 北村・山下・矢永・中西・森

49

50 脚注

51 2022年5月14日受付 2022年5月31日受理.

52 Received: 14 May 2022 Accepted: 31 May 2022

53

54 はじめに

55 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
56 逢初川^{あいぞめ}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
57 (図1). その後の調査で、逢初川の源頭部には大量の盛土があり、
58 それが崩落し、土石流が発生したことが分かった(静岡県, 2021a).
59 国土地理院(2021)によると、2009年から2019年までに形成され
60 た盛土の体積量は約56,000 m³と見積もっており、静岡県(2021a)
61 はそのうちの約55,500 m³が崩落したと報告している. また、静岡
62 県(2021b)は、盛土には、褐色の土砂と黒色の土砂があり、褐色
63 の土砂は現地周辺のものに類似するが、黒色の土砂は、他所から
64 搬入された土砂と推測するとともに、盛土と土石流堆積物のCa
65 含有率から、土石流となって流下した土砂の混合比率を黒色の土
66 砂が75~85%で、褐色の土砂が15~25%と推定している.

67 木村(2021)は、静岡県の公表した現場写真をもとに、盛土は三
68 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
69 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
70 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
71 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
72 性があり、これが崩落の原因の一つになりうる. したがって、黒
73 色の土砂の性状に関する調査は重要である.

74 黒色の土砂については、逢初川の源頭部の西側の地点(図1b:
75 地点B1)に分布する土砂の調査結果を北村ほか(2022a)が公表し
76 ている. 本稿は、第一著者の北村が源頭部の東側の地点(図1b:
77 地点E)から採取した黒色の土砂の調査結果である. ここは、2022
78 年4月30日の静岡新聞が報じた「崩れずに残っているながら静岡
79 県が公表していない盛土」のうち逢初川の源頭部の北東側の盛土
80 である. 本研究の結果、砂粒子の組成と含有貝類の種組成は、西
81 側地点のものとは異なることが分かった. 逢初川の源頭部の未崩

82 落の盛土への対応に，これらのデータは重要な新知見であるので，
83 ここに速報する．

84

85 採取地点と分析方法

86 2022年3月30日と5月2日に北村が逢初川の源頭部の東側の
87 地点 E(N35° 7' 19.32", E139° 4' 22.65") の盛土の黒色の土砂を調
88 査した(図 1b)．盛土は植樹されており，若木の根元に黒色の土砂
89 が露出し，部分的に崩れている(図 2)．約 200 g の土砂を採取す
90 るとともに，約 10 分間，約 10 m² 四方で貝類を採取した．

91 土砂は約 100 g を 60℃ のオーブンで 24 時間乾燥後，約 20 g
92 のサブ試料を粒度分析，約 40 g のサブ試料を放射性セシウム濃
93 度の測定，約 5 g のサブ試料を全有機炭素(TOC)，全窒素(TN)及
94 び全硫黄(TS)の含有量測定，約 5 g のサブ試料を粒子組成の分析
95 に供した．

96 粒度分析は 8000 μm 以下の粒子について，乾燥重量を測定後，
97 目開き 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 2000, 4000
98 μm のふるいで水洗し，ふるいに残った粒子の乾燥重量を測定した．
99 これらの測定値と水洗前の乾燥重量から 63 μm より小さい粒子の
100 重量を算出した．

101 放射性セシウム濃度の測定用試料は，U8 容器に封入し，静岡大
102 学理学部放射科学教育研究推進センターの所有する高純度ゲル
103 マニウム半導体検出器(SEIKO EG&G 社 GMX25P4-70 および MCA-7a)
104 を用いた γ 線スペクトロメトリーで，¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs を測定した．
105 ¹³⁴Cs と ¹³⁷Cs の値は，2011年3月11日の東北日本太平洋沖地震
106 に伴う巨大津波による福島第一原子力発電所の事故で大気中に
107 放射性セシウムが放出されたとされる 2011年3月15日(Adachi
108 *et al.*, 2013)を基準に減衰補正を行った．

109 TOC, TN, TS の含有量測定試料については，ふるいにかけて 63

110 μm 以下の粒径の試料を得た後，メノウ乳鉢で粉末化し，ふじのく
111 に地球環境史ミュージアムの CHNS 分析装置 (Flash 2000, Thermo
112 Fisher Scientific 社製) で測定した。

113 粒子組成の分析については，ふるいで 0.35-0.50 mm の粒子を
114 抽出し，樹脂に包埋し，薄片を作成し，500 個の粒子の組成を偏
115 光顕微鏡で同定した。

116 貝殻については，水洗し，乾燥させ，写真撮影を行い，奥谷編
117 (2017) に基づき，種を同定した。

118

119 結果

120 本研究の結果を源頭部の西側の地点 B1 の黒色の土砂の結果と
121 合わせて図 3-7 と表 1-3 に示す。

122 粒度組成は，地点 B1 の黒色の土砂は最頻値が 63 μm 以下の泥
123 質物 (含泥率は 24.5%) にあるのに対して，地点 E の土砂の最頻値
124 は 180-125 μm にあり，含泥率は 18.3% であった (図 3)。

125 放射性セシウム濃度は， ^{137}Cs 濃度は $1.2 \pm 0.4 \text{ Bq/kg}$ 乾土で，
126 ^{134}Cs は検出限界未満であった (表 1)。

127 泥質物の全有機炭素 (TOC)，全窒素 (TN) 及び全硫黄 (TS) の含有
128 量については，TOC と TN は地点 B1 と E の土砂は同じ値をとるが，
129 TS は地点 E の土砂 (0.29%) は地点 B1 (0.13%) の約 2 倍である (図 4，
130 表 1)。地点 E の TS は，北村ほか (2022a) の測定した 3 地点の土石
131 流堆積物 (地点 A2, A5, B3) や 2 地点 S1 と S2 の土壌よりも高い。

132 350-500 μm サイズの粒子組成については，地点 B1 と比較する
133 と，地点 E の土砂は石英がわずかで (1.0%)，生物源石灰碎屑物を
134 多く含み (6.0%)，黒雲母をわずかに含む (1.4%) 点で異なる (図 5，
135 6)。

136 貝類については，地点 E の土砂は *Umbonium moniliferum* (イボ
137 キサゴ)，*Meretrix lusoria* (ハマグリ) を多産し，*Phacosoma*

138 *japonicum* (カガミガイ)などを産する(図7, 表3). 前2種は地
139 点 B1 の黒色の土砂からも地点 B3 の土石流堆積物からも見つか
140 っていない. *P. japonicum* に関しては, 地点 B1 の *Phacosoma* sp.
141 が同種の可能性がある.

142 以上のように, 含有する貝類種から, 地点 E の黒色の土砂は,
143 地点 B1 の黒色の土砂と同様に, 供給源の一部が沿岸堆積物であ
144 ることが判明した. 沿岸堆積物は, 波浪や沿岸流で碎屑粒子の円
145 磨が進む. 球粒子の安息角は複雑形状を有する粒子の安息角より
146 小さいので(松島, 2015), 沿岸堆積物を含む黒色の土砂の安息角
147 は, 褐色の土砂のそれよりも低い可能性があり, 前述の通り, 黒
148 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
149 能性がある.

150 一方, 砂粒子の組成や含有する貝類種の相違から, 地点 E の黒
151 色の土砂は, 静岡県(2021b)や北村ほか(2022a)の報告した黒色の
152 土砂とは採取地が異なることが判明した. このことは, 力学的性
153 質も異なっている可能性を示唆するので, 今後の対策に十分配慮
154 する必要がある. なお, 採取地に残された土砂の調査から得られ
155 る力学的性質の平均や範囲の情報は, 盛土の力学的性質の推定に
156 最も確実な制約を与えるので, 本稿の分析結果をもとに, 採取地
157 の特定を行いたい.

158

159 **謝辞** 立ち入り禁止区域内の調査に協力いただいた熱海市と静岡
160 県の関係者と, 本稿にコメントをいただいた静岡大学理学部の佐
161 藤慎一教授と Julien Legrand 博士に感謝申し上げます. 本研究の
162 経費は静岡大学防災総合センターの予算を使用した.

163

164

引用文献

165 Adachi, K., Kajino, M., Zaizen, Y. & Igarashi, Y. (2013),

166 Emission of spherical cesium-bearing particles from an
167 early stage of the Fukushima nuclear accident. *Scientific*
168 *Report*, **3**, 2554.

169 地理院地図(2021), <https://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html>
170 2021年7月4日引用.

171 北村晃寿(2021), 静岡県熱海市伊豆山地区の土砂災害現場の盛
172 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
173 殻. 第四紀研究, **61** (印刷中), doi: 10.4116/jaqua.61.2114.

174 北村晃寿・岡寄颯太・近藤 満・渡邊隆広・中西利典・堀 利栄・
175 池田昌之・市村康治・中川友紀・森 英樹 (2022a), 静岡県熱
176 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
177 化学・粒子組成分析. 静岡大学地球科学研究報告, 49号.

178 北村晃寿・矢永誠人・岡寄颯太・片桐 悟・中西利典・森 英樹
179 (2022b), 静岡県熱海市逢初川の砂防堰堤の埋積土の放射性セ
180 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
181 堆積物の識別—. 静岡大学地球科学研究報告, 49号.

182 木村克己(2021), 熱海市の逢初川土石流災害の地形・地質的背
183 景. 深田地質研究所年報, No. 22, 185-202.

184 国土地理院(2021), 崩壊地等分布図及び土砂堆積範囲図(7月6
185 日第3報公開)
186 https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3_0701_heavyrain.html#4
187 2021年7月8日にダウンロード

188 松島亘志(2015), 斜面崩壊・流動解析における粒子形状モデリン
189 グの意義. 砂防学会誌, **67**, 73-77.

190 奥谷喬司編(2017), 日本近海産貝類図鑑 第二版. 1382 p, 東海大
191 学出版会.

192 静岡県(2021a), 難波副知事記者会見 令和3年7月8日
193 <https://www.youtube.com/watch?v=ihq8hpwGA0w> 2021年7月9

194 日引用.

195 静岡県(2021b), 熱海市伊豆山地区土石流土質調査結果(速報)

196 [http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/doshitucyousakekka.pdf)

197 [documents/doshitucyousakekka.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/doshitucyousakekka.pdf) 2021年9月9日引用.

198 静岡県(2021c), 2021年7月3日静岡県熱海市土砂災害

199 動画. ドローン撮影動画1.

200 [https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/20210703-atami-](https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/20210703-atami-movie)

201 [movie](https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/20210703-atami-movie) 2022年5月13日引用.

202 静岡新聞(2022), 熱海土石流「落ち残り盛り土」1万立方メー

203 トル存在か. 朝刊, 1p. 2022年4月30日.

204

205 著者貢献

206 北村晃寿: 試料採取, 粒度組成, 砂粒子の鉱物種・岩石種の同定,

207 貝類の同定, 全体総括, 論文執筆を担当. 山下裕輝: 泥粒子の TOC,

208 TN, TS の分析を担当. 矢永誠人: 放射性セシウム濃度の測定, 論

209 文執筆を担当. 中西利典: 泥粒子の TOC, TN, TS の分析を担当.

210 森 英樹: 薄片作成を担当.

211

212

213 図表の説明文

214

215 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
216 (2021) を一部改変．a—b: 土石流の流路と試料採取地点．c: 逢
217 初川源頭部の崩壊地形．画像は静岡県(2021c)を使用．d: 地点 B1
218 から見た地点 E．No. 1—8 は静岡県(2021b)の試料採取地点．画像
219 は地理院地図(2021)を使用．

220

221 図 2 地点 E の状況．

222

223 図 3 地点 B1 と E の黒色の土砂の粒度組成．地点 B1 の粒度組成
224 は北村ほか(2022a)から引用．

225

226 図 4 各試料の泥粒子の全有機炭素量，全窒素量，全硫黄量の関
227 係．(a) 全窒素量—全有機炭素量の散布図．(b) 全硫黄量—全有
228 機炭素量の散布図．地点 E 以外のデータは北村ほか(2022a)から
229 引用．

230

231 図 5 各試料の砂粒子の組成．地点 E 以外のデータは北村ほか
232 (2022a)から引用．

233

234

235 図 6 地点 E の黒色の土砂中の生物源石灰碎屑物と黒雲母の薄片
236 写真．a, b は軟体動物の硬組織の破片，c, d は棘皮動物の硬組
237 織の破片，e, f は黒雲母．a, c, e は開放ニコルでの顕微鏡写真
238 で，b, d, f は直交ニコルでの顕微鏡写真．

239

240 図 7 含有する貝類の写真．スケールバーは全て 1 cm. a: *Umbonium*

241 *moniliferum*, b: *Zeuxis castus*, c: *Phacosoma japonicum*, d:
242 *Meretrix lusoria*, e: *Ruditapes philippinarum*.

243

244

245 表 1 各試料の泥粒子の全有機炭素量, 全窒素量, 全硫濃度, 放射
246 性セシウム濃度. *は北村ほか(2022a, b). **は本論文. 放射性
247 セシウム濃度の ND は検出限界未満. カッコ内は検出限界値.

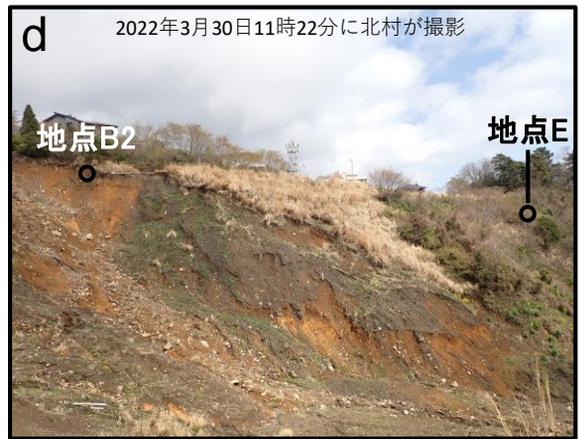
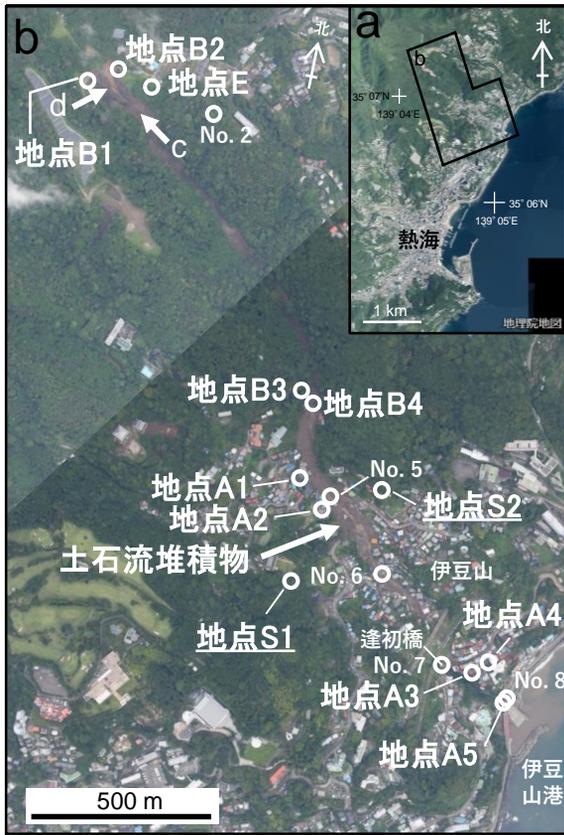
248

249 表 2 各試料の 0.35-0.50 mm の粒子の組成. 地点 E 以外のデータ
250 は北村ほか(2022a)から引用.

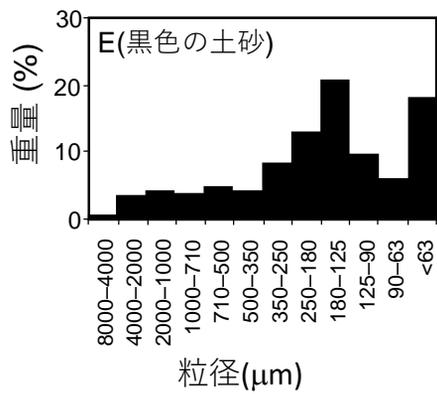
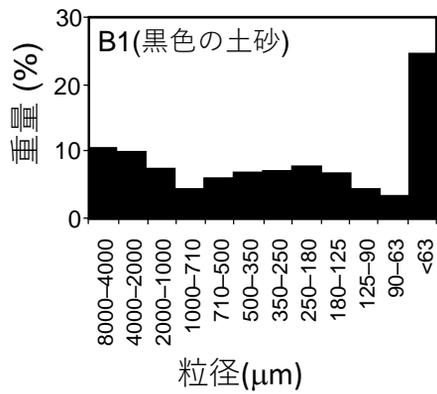
251

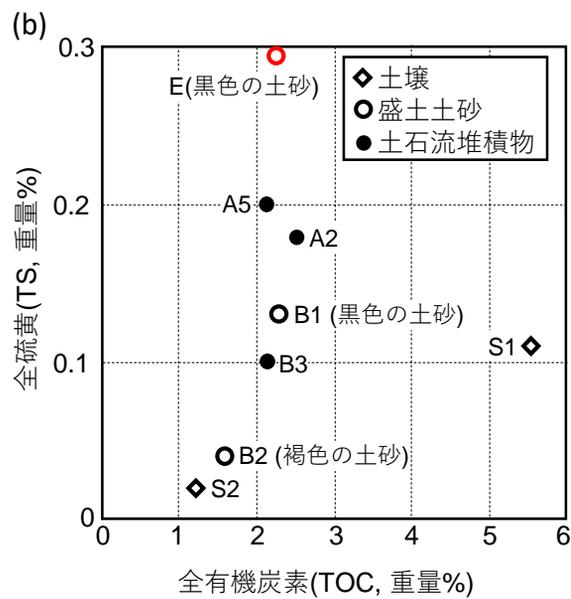
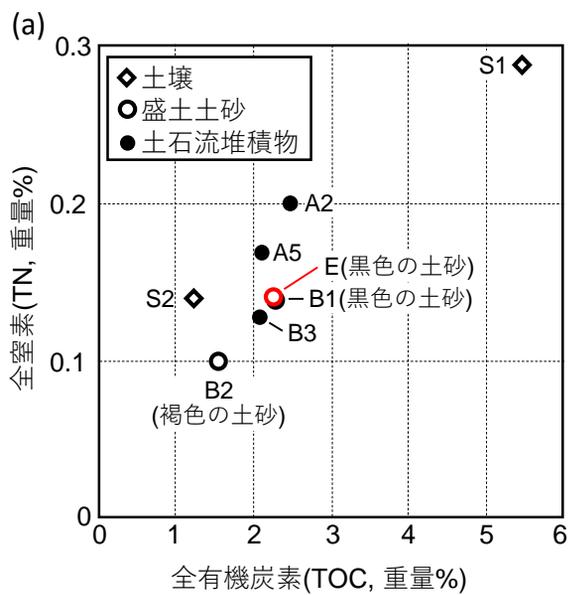
252 表 3 地点 B1, B3, E の土砂に含有する貝類のリスト. 地点 E 以外
253 のデータは北村(2021)から引用. 数字は個数.

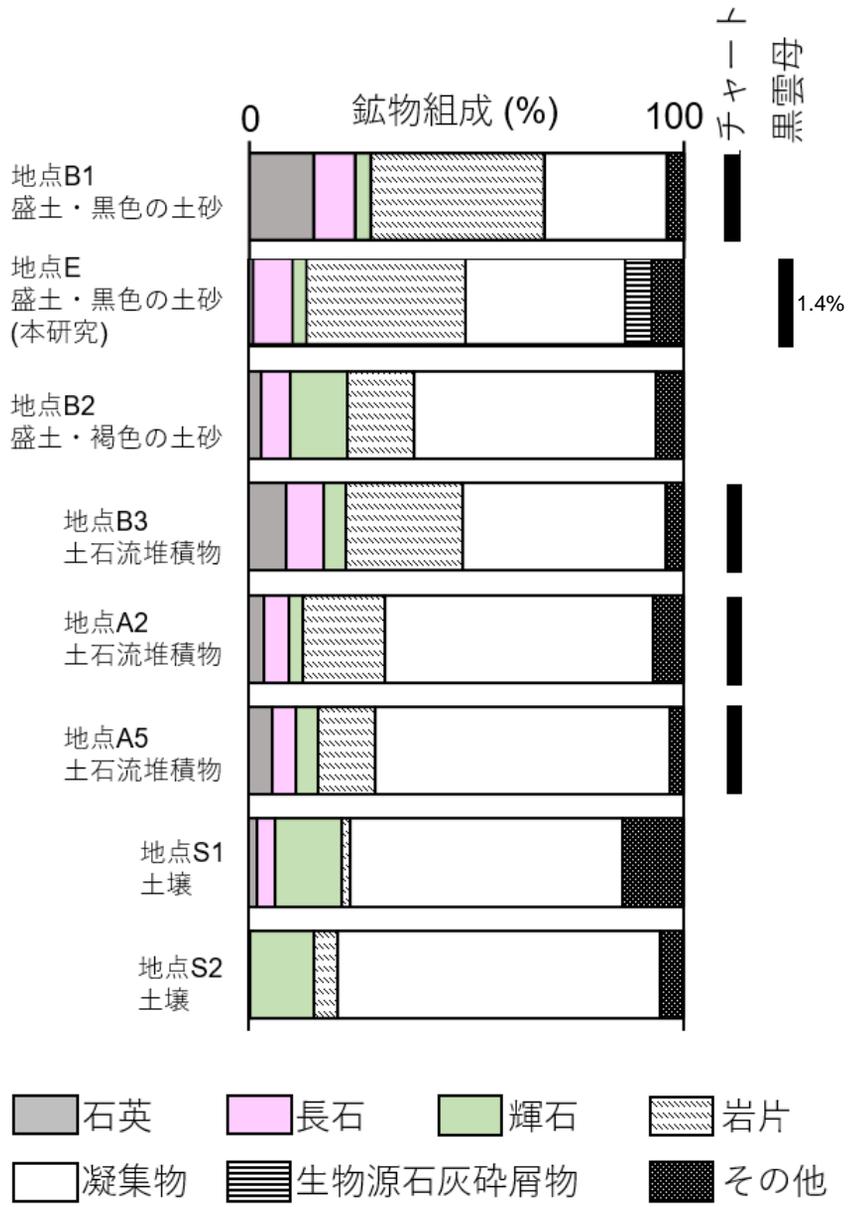
254

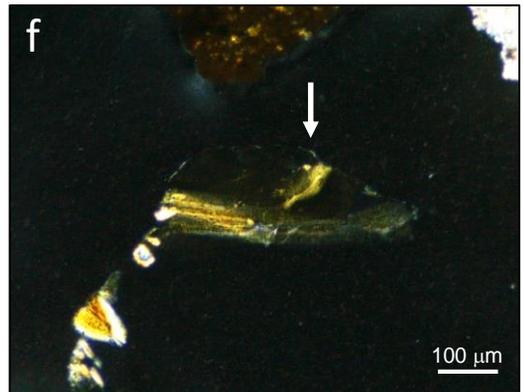
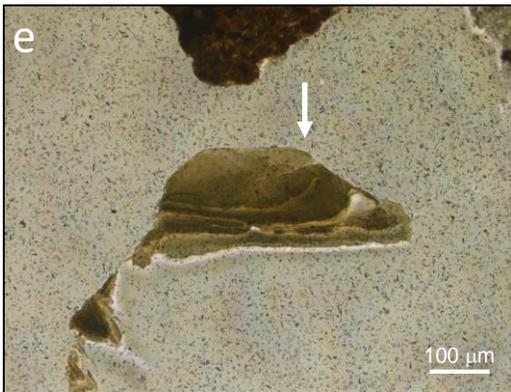
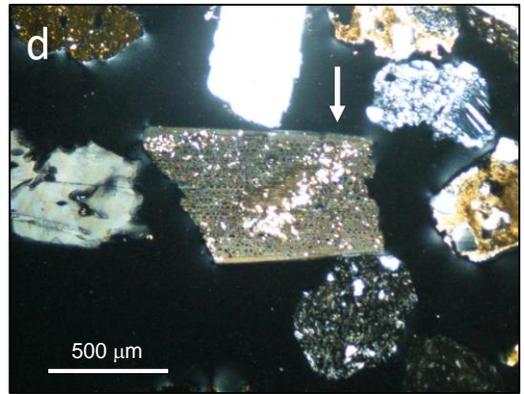
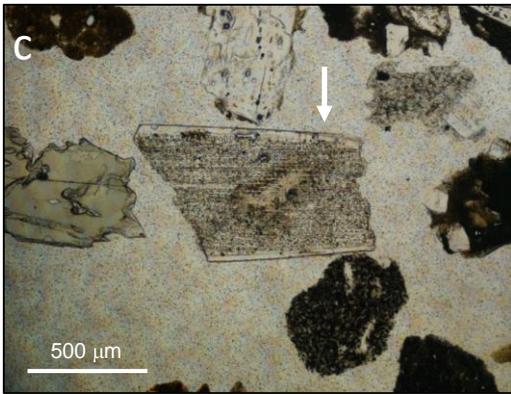
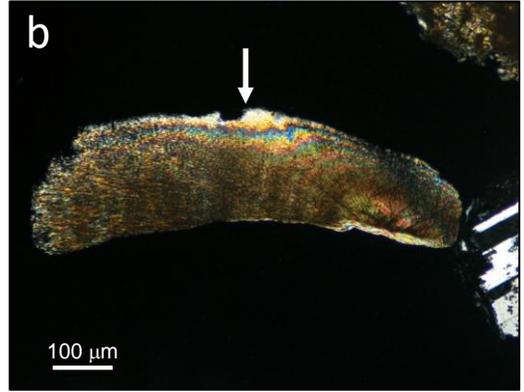


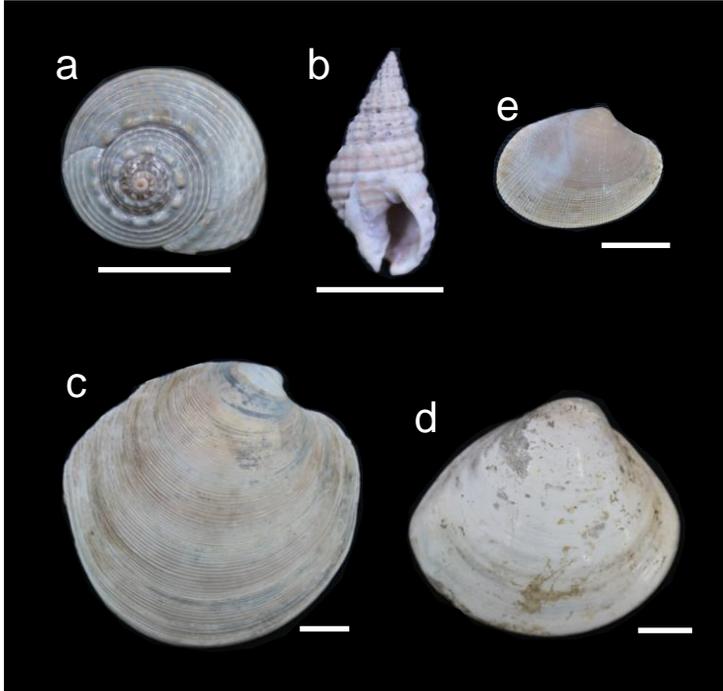












	全有機炭素	全窒素	全硫黄	Cs-137 (Bq/kg乾土) (2011/03/15補正值)	Cs-134 (Bq/kg乾土) (2011/03/15補正值)
地点B1 盛土・黒色の土砂*	2.27	0.14	0.13	1.8 ± 0.6	ND (< 60)
地点B2 盛土・褐色の土砂*	1.54	0.10	0.04	9.5 ± 0.8	ND (< 61)
地点B3 土石流堆積物*	2.09	0.13	0.10	4.8 ± 0.7	ND (< 59)
地点A2 土石流堆積物*	2.48	0.20	0.18		
地点A5 土石流堆積物*	2.12	0.17	0.20	4.8 ± 1.1	ND (< 101)
地点S1 土壌*	5.50	0.29	0.11		
地点S2 土壌*	1.20	0.14	0.02		
地点E**	2.18	0.14	0.29	1.2 ± 0.4	ND (< 32)

濃度の単位は重量%

表1

	石英	長石	輝石	岩片	凝集物	生物源石灰 碎屑物	その他・ 不明	計
地点B1 盛土・黒色の土砂*	67 (14.8%)	43 (9.5%)	16 (3.5%)	181 (40.0%)	127 (28.1%)	0 (0%)	18 (4.1%)	452
地点B2 盛土・褐色の土砂*	10 (2.8%)	24 (6.7%)	47 (13.2%)	54 (15.2%)	198 (55.6%)	0 (0%)	23 (6.5%)	356
地点B3 土石流堆積物*	47 (8.7%)	46 (8.6%)	28 (5.2%)	143 (26.6%)	252 (46.8%)	0 (0%)	22 (4.1%)	538
地点A2 土石流堆積物*	14 (3.4%)	24 (5.8%)	14 (3.4%)	78 (18.8%)	257 (61.8%)	0 (0%)	29 (7.0%)	416
地点A5 土石流堆積物*	24 (5.5%)	23 (5.3%)	23 (5.3%)	57 (13.0%)	297 (67.1%)	0 (0%)	14 (3.2%)	438
地点S1 土壌*	4 (1.9%)	9 (4.2%)	33 (15.4%)	4 (1.9%)	134 (62.6%)	0 (0%)	30 (14.0%)	214
地点S2 土壌*	0 (0%)	1 (0.2%)	65 (14.9%)	23 (5.3%)	323 (74.1%)	0 (0%)	24 (5.5%)	436
地点E 盛土・黒色の土砂**	5 (1.0%)	45 (9.0%)	16 (3.2%)	184 (36.8%)	184 (36.8%)	30 (6.0%)	36 (7.2%)	500

*北村ほか(2022a), **本研究

表2

種名	地点			
	B1 盛土の西側地点	E 盛土の東側地点	B3 土石流堆積物	
<i>Umbonium moniliferum</i> イボキサゴ		8		
<i>Zeuxis castus</i> ハナムシロ		1		
<i>Crassostrea</i> sp. マガキ属	左右不明1	2	左右不明1	
<i>Scapharca kagoshimensis</i> サルボウガイ			左殻1, 右殻1	
<i>Scapharca</i> sp. サルボウガイ属			左右不明1	
<i>Mactra veneriformis</i> シオフキ	左殻1	左殻1		
<i>Ruditapes philippinarum</i> アサリ	右殻1	左殻1, 右殻3		
<i>Phacosoma japonicum</i> カガミガイ		左殻1, 右殻1		
<i>Phacosoma</i> sp. カガミガイ属	左右不明1			
<i>Meretrix lusoria</i> ハマグリ		左殻5, 右殻9		
<i>Mya arenaria oonogai</i> オオノガイ			左殻1	

表3