

1 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  
2 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  
3 —

4  
5 北村晃寿<sup>1, 2</sup>, 矢永誠人<sup>3</sup>, 岡寄颯太<sup>4</sup>, 片桐 悟<sup>4</sup>, 中西利典  
6 <sup>5</sup>, 森 英樹<sup>6</sup>

7  
8 Stratigraphic distribution of radiocesium concentration  
9 and grain composition in buried soil of sabo dam in  
10 Aizome River, Atami City, Shizuoka Prefecture, central  
11 Japan: Identification of debris flow deposits that  
12 occurred on July 3, 2021

13  
14 Akihisa Kitamura<sup>1, 2</sup>, Makoto Yanaga<sup>3</sup>, Sota Okazaki<sup>4</sup>, Satoru  
15 Katagiri<sup>4</sup>, Toshimichi Nakanishi<sup>5</sup>, Hideki Mori<sup>6</sup>

16  
17 <sup>1</sup>静岡県理学部地球科学教室, 422-8529 静岡県静岡市駿河区  
18 大谷 836

19 <sup>1</sup>Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Ohya,  
20 Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan  
21 E-mail: kitamura.akhisa@shizuoka.ac.jp

22  
23 <sup>2</sup>静岡県防災総合センター, 422-8529 静岡県静岡市駿河区大  
24 谷 836

25 <sup>2</sup>Center for Integrated Research and Education of Natural  
26 Hazards, Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga-ku,  
27 Shizuoka, 422-8529 Japan

28 <sup>3</sup> 静岡大学理学部放射科学教育研究推進センター, 422-8529 静  
29 岡市駿河区大谷 836

30 <sup>3</sup>Center for Radioscience Education and Research, Shizuoka  
31 University, 836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529 Japan  
32

33 <sup>4</sup> 静岡大学大学院総合科学技術研究科, 422-8529 静岡県静岡市  
34 駿河区大谷 836

35 <sup>4</sup>Graduate School of Integrated Science and Technology,  
36 Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-  
37 8529 Japan

38

39 <sup>5</sup> ふじのくに地球環境史ミュージアム, 422-8017 静岡市駿河区  
40 大谷 5762

41 <sup>5</sup>Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka,  
42 5762 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka City, Shizuoka Prefecture,  
43 422-8017 Japan

44

45 <sup>6</sup> 静岡大学技術部教育支援系教育研究第二部門, 422-8529 静岡  
46 市駿河区大谷 836

47 <sup>6</sup>Division of Technical Service, Shizuoka University, 836  
48 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka 422-8529 Japan

49

50 柱の原稿

51 逢初川の砂防堰堤の埋積土の放射性 Cs 濃度と粒子組成の層位変  
52 化

53 北村・矢永・岡寄・片桐・中西・森

54

55 脚注

56 2022年4月11日受付 2022年5月21日受理.

57 Received: 11 April 2022 Accepted: 21 May 2022

58

59 はじめに

60 2021年7月3日午前10時30分頃、静岡県熱海市伊豆山地区  
61 の逢初川沿いで、土石流が発生し、流下経路の家屋を壊し、伊  
62 豆山港から相模湾へ流入した(図1)。その後の静岡県(2021a)の  
63 調査で、逢初川源頭部にあった盛土のうち約55,500m<sup>3</sup>が崩壊し  
64 たことが判明した。さらに、静岡県(2021b)は、①盛土は黒色の  
65 土砂と褐色の土砂の2つに大別され、②黒色の土砂が土石流堆  
66 積物の多くを占めること、③Ca含有率の相違から黒色の土砂  
67 は、他所から搬入されたと推測した。さらに、静岡県(2021c)で  
68 は、2009年に逢初川源頭部が埋め立てられ、崩壊箇所における  
69 谷埋め盛土が始まっていたと報告している。

図 1

70 北村ほか(印刷中)は、未崩壊の盛土の黒色の土砂と褐色の土  
71 砂ならびに土石流堆積物の砂粒子の鉱物種・岩石種を分析し  
72 た。その結果、黒色の土砂と土石流堆積物が放散虫チャートの  
73 岩片を含むことを発見し、それが黒色の土砂のトレーサー物質  
74 となるとした。

75 以上のように未崩壊の盛土と土石流堆積物の成分に関するデ  
76 ータは得られたが、盛土の崩壊の原因究明には、崩壊直後の土  
77 石流に含まれる堆積物の情報が必要である。なぜならば、その  
78 堆積物は、崩壊の引き金となった初期崩壊物質の性状の推定に  
79 役立つからである。

80 逢初川の源頭部と集落の間には砂防堰堤があるが、それは、  
81 今回の土石流堆積物で埋積された(図2)。静岡県は、2021年8  
82 月下旬に、この砂防堰堤で長さ13.1mのボーリングコア試料を  
83 1本採取した(図2)(静岡県, 2021d)。本論では、このコア試料  
84 に関して、放射性セシウム濃度を測定し、粒子組成を調査し  
85 た。その結果、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地

86 震に伴う巨大津波で被災した福島第1原子力発電所から放出さ  
87 れた放射性セシウム  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  を検出し、2011年3月中旬の  
88 堆積面の位置を認定できた。さらに、その上位の堆積物から、  
89 逢初川周辺には分布しない泥岩や放散虫化石を含むチャート岩  
90 片を検出し、今回の土石流堆積物の層位を推定した。これらの  
91 結果をここに報告する。

92

### 93 調査地域

94 逢初川の上流域には、中期更新世の湯河原火山噴出物が分布  
95 し、主に玄武岩、安山岩、デイサイトからなり、湖成層・海成  
96 層は分布していない(及川・石塚, 2011)(図1)。国土地理院  
97 (2021)は、2009年と2019年の測量データを比較し、同期間に形  
98 成された源頭部の盛土の体積量を約  $56,000 \text{ m}^3$  と見積もってお  
99 り、静岡県(2021a)はそのうちの約  $55,500 \text{ m}^3$  が崩壊したと試算し  
100 ている。

101 今回の調査地の砂防堰堤は、源頭部から約450m下流にあ  
102 り、竣工年度は1999年度で、堤高は10.0m、堤長は43.0mで  
103 ある(静岡県, 2021e)(図2)。静岡県(2021e)は、砂防堰堤の源  
104 頭部側で、2020年と2021年7月5~6日の計測の比較から、土  
105 砂災害の前後で標高が1-10m高くなったことを報告している。  
106 また、静岡県(2021f)は、熱海市伊豆山地区土砂災害現場の2地  
107 点(①と②)で2021年8月20日に、土石流堆積物を採取し、  
108  $^{137}\text{Cs}$  は、それぞれ  $5.7 \text{ Bq/kg}$  乾土、 $11.6 \text{ Bq/kg}$  乾土であり、  
109  $^{134}\text{Cs}$  は両地点とも検出限界未満であることを報告している(図  
110 1)。

111 なお、静岡県(2021g)と熱海市(2021)が公開した文書から、  
112 2021年7月3日以前に報告された逢初川の河川水の異常な濁り

113 について表 1 にまとめた．これによると，2007 年 4 月 25 日と  
114 2009 年 10 月 8 日に濁りが報告されている．

115

## 116 調査方法及び分析

117 静岡県により，2021 年 8 月下旬に掘削した長さ 13.1 m，直径  
118 5 cm のボーリングコアを研究室で半裁後，堆積相を記載し，断  
119 面を写真撮影した．

120 砂質・泥質堆積物試料を採取し，60℃のオーブンで 24 時間乾  
121 燥後，重量を測定した．その後，細粒砂～泥を主体とする層準  
122 から試料を採取し，放射性セシウム濃度の測定，泥質物の全有  
123 機炭素 (TOC)，全窒素 (TN) および全硫黄 (TS) の含有量の測定，砂  
124 粒子の粒子組成の分析を行った．

125 試料から 28-86 g を分取し，U8 容器に封入し，静岡大学理学  
126 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マニウ  
127 ム半導体検出器 (SEIKO EG&G 社 GMX25P4-70 および MCA-7a) を  
128 用いた  $\gamma$  線スペクトロメトリーで， $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  を測定した．

129  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の値は，2011 年 3 月 11 日の東北日本太平洋沖地震  
130 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  
131 放射性セシウムが放出されたとされる 2011 年 3 月 15 日 (Adachi  
132 *et al.*, 2013) を基準に減衰補正を行った．

133 試料から約 2 g を分取し，ふるいにかけて 63  $\mu\text{m}$  以下の粒径  
134 のサブ試料を得て，メノウ乳鉢で粉末化した．この粉末試料  
135 を，ふじのくに地球環境史ミュージアムの CHNS 分析装置 (Flash  
136 2000, Thermo Fisher Scientific 社製) で全有機炭素 (TOC)，全  
137 窒素 (TN) および全硫黄 (TS) の含有量を分析した．さらに，各試  
138 料について，ふるいで 0.35-0.50 mm の粒子を抽出し，約 60℃で

139 24 時間乾燥させ，樹脂に包埋し，薄片を作成し，300-500 個の  
140 粒子の組成を偏光顕微鏡で同定した．

141 これらの分析に加えて，後述する  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が検出された  
142 深度 3.88-3.85 m とその上位の試料については，粒度分析を行  
143 った．試料から 3-8 g を分取し，16,000  $\mu\text{m}$  (16 mm) 以下の粒子に  
144 ついて目開き 32, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710,  
145 1,000, 2,000, 4,000, 8,000  $\mu\text{m}$  のふるいで水洗し，残渣の乾燥  
146 重量を測定した．

147 さらに，北村・池田(2021)の記載した地点 A5(伊豆山港)の土  
148 石流堆積物，北村(2022)の記載した地点 B1(源頭部の黒色の土  
149 砂)と B2(源頭部の褐色の土砂)と B3(集落の直ぐ山側の土石流堆  
150 積物)の  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  も，上記と同様の方法で測定した．なお，  
151 北村・池田(2021)の地点 A1, A2, A3, A4 に関しては，地点 A2  
152 にて土石流堆積物を採取していたものの，北村ほか(印刷中)で  
153 すべての試料を分析で使用しており放射性セシウム  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$   
154 は測定していない．ただし，地点 A2 の 30 m 東の地点で採取し  
155 た土石流堆積物を静岡県が測定している(図 1)．

図 3

156

## 157 結果

### 158 盛土と土石流堆積物

159 未崩壊の盛土の  $^{137}\text{Cs}$  は，黒色の土砂は  $1.8 \pm 0.6$  Bq/kg 乾土  
160 で，褐色の土砂は  $9.5 \pm 0.8$  Bq/kg 乾土である．一方，土石流堆  
161 積物の  $^{137}\text{Cs}$  は地点 B3 で  $4.8 \pm 0.7$  Bq/kg 乾土，地点 A5 で  $4.8 \pm$   
162  $0.7$  Bq/kg 乾土である(表 2)．また，静岡県の測定値は地点①が  
163  $5.7$  Bq/kg 乾土で，地点②が  $11.6$  Bq/kg 乾土である(図 1)．す  
164 べての試料に関して， $^{134}\text{Cs}$  は検出限界未満である．

### 165 ボーリングコア試料

166       ボーリングコア試料は基底部に相当する深度 13.10-10.58 m  
167       は火山岩であり，基盤岩の可能性がある．深度 10.58-10.00 m  
168       は不淘汰な礫層である．深度 10.00-3.74 m までは含礫褐色粘土  
169       層であり，深度 3.74-0.20 m までは含礫黒色粘土層であり，最  
170       上部の厚さ 0.20 m は含礫褐色粘土層である(図 3)．

171        $^{134}\text{Cs}$  は，深度 3.88-3.85 m で  $179.5 \pm 19.6$  Bq/kg 乾土，深  
172       度 3.82-3.78 m で  $52.3 \pm 14.7$  Bq/kg 乾土の値をとり，他の部  
173       分は検出限界未満である． $^{137}\text{Cs}$  は，深度 11.55-3.95 m は深度  
174       5.00-5.05 m ( $3.5 \pm 1.0$  Bq/kg 乾土)を除くと，検出限界未満  
175       であるが，深度 3.88-3.85 m で  $184.5 \pm 1.7$  Bq/kg 乾土に急増  
176       し，深度 3.82-3.78 m で  $51.8 \pm 0.8$  Bq/kg 乾土へ減少し，そ  
177       れ以浅では  $7.7 \pm 0.9$  Bq/kg から検出限界未満の範囲をとる(図  
178       3)(表 3)．

179       TOC・TN 含有量は，深度 11.55-3.88 m までは上方に向かって  
180       増加し，深度 3.85-3.88 m で最大値をとり(それぞれ，3.82%，  
181       0.26%)，深度 3.82 m より上位は深度 3.95 m より下位に比べて 2  
182       倍の含有率で，TOC 含有量は 1.80-3.33%，TN 含有量は 0.10-  
183       0.23%である(表 3)．TS 含有量は，深度 11.55-3.67 m までは上  
184       方に向かって増加し，深度 3.67-3.63 m で最大値(0.39%)をと  
185       り，それより上位は下位に比べて 10 倍の含有率(0.13-0.19%)で  
186       ある(図 3，表 3)．

187       石英，長石粒子の占有率は，深度 3.74 m を境に，下位の値  
188       (石英は 0-2.0%，長石は 0-2.6%)よりも上位の値(石英は 2.2-  
189       7.8%以下，長石は 1.6-5.8%以下)が多くなる．深度 3.74-3.70 m  
190       の試料からは海綿の骨子を含む堆積岩片が検出され，深度 3.70-  
191       3.67 m の試料からは有孔虫殻を含む堆積岩片が検出され，深度

192 3.67-3.63 m の試料からは放射能を含むチャート岩片が検出され  
193 た(図 4).

194  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が検出された深度 3.88-3.85 m とその上位の堆積  
195 物の粒度組成は、多くの試料が多峰性を示し、不淘汰である(図  
196 3, 表 4).

図 3, 4  
表 3, 4

197

## 198 考察

199 2011 年 3 月 11 日の東北日本太平洋沖地震に伴う巨大津波によ  
200 る福島第一原子力発電所の事故で、 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が放出された  
201 (Momoshima *et al.*, 2012). 放出された  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  比はほぼ 1  
202 である(東京電力福島原子力発電所事故調査委員会, 2012).

203 本研究により、 $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が検出された深度 3.88-3.85 m と  
204 3.82-3.78 m の  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  比は、それぞれ 0.97 と 1.01 で、ほぼ  
205 1 である. また、深度 3.88-3.85 m の  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  はそれぞれ  
206  $179.5 \pm 19.6$  Bq/kg 乾土と  $184.5 \pm 1.7$  Bq/kg 乾土であり、  
207 これらの値は神奈川県川崎市の土壌の  $^{134}\text{Cs}$  ( $137 \pm 7$  Bq/kg 乾  
208 土)と  $^{137}\text{Cs}$  ( $198 \pm 4$  Bq/kg 乾土)に近い値である(越智ほか,  
209 2017). なお、越智ほか(2017)は、減衰補正を行っていない.

210 以上のことから、深度 5.00-5.05 m の  $^{137}\text{Cs}$  は 1950 年代以降  
211 の大気圏核実験に由来し、深度 3.88-3.85 m と 3.82-3.78 m の  
212  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  は福島第一原子力発電所の事故で放出されたもので  
213 あると推定される. よって、2011 年 3 月中旬の地表面は深度  
214 3.95-3.85 m の範囲内にあり、2021 年 7 月 3 日の土石流堆積物  
215 の基底面は深度 3.85 m より上位にある. そして、深度 3.74 m  
216 で埋積土が褐色から黒色に変化し、その直上の深度 3.74-3.70 m  
217 の試料から海綿の骨針を含む泥岩岩片が検出されたことから、  
218 盛土の黒色の土砂に由来する粒子の堆積は深度 3.74 m から始ま

219 ったと推定される．つまり，今回の土石流で標高が 3.74 m 高く  
220 なったということで，この値は上記の静岡県(2021c)の報告と符  
221 合する．

222 深度 3.85-3.74 m の褐色泥層が土石流堆積物か否かは決定で  
223 きないので，砂防堰堤に最初に到達した土石流堆積物が盛土の  
224 褐色の土砂か黒色の土砂かは分らない．しかし，初期の土石流  
225 堆積物の主要な供給源は黒色の土砂であることは確実である．  
226 このことは，木村(2021)が提示した 2021 年 7 月 3 日の崩落崖  
227 が，褐色の土砂とそれを覆う黒色の土砂の境界付近にあたと  
228 する解釈と調和的である．

229 また，埋積土の最上部が褐色泥層であることは，埋積土の土  
230 石流堆積物に関しては，主要成分が黒色の土砂から褐色の土砂  
231 に変わったことを意味する．なお，静岡県(2021g)と熱海市  
232 (2021)が公開した文書では(表 1)，2007 年と 2009 年に伊豆山港  
233 まで濁った水が流下したことが報告されている．深度 3.85 m よ  
234 り下位の含礫褐色粘土の一部は，これらの時期に砂防堰堤に流  
235 入した堆積物の可能性がある．

236 逢初川の源頭部の盛土は 2007 年には持ち込まれている(静岡  
237 県，2021c)．一方，北村(2022)は黒色の土砂に含まれる二枚貝  
238 の  $^{14}\text{C}$  年代値から，その供給源の一部が海成堆積物であり，さら  
239 に現世堆積物と中部完新統の 2 つの供給源があることを明らか  
240 にした．本研究では，埋積土の多くの試料と未崩壊の盛土の黒  
241 色の土砂と褐色の土砂については， $^{137}\text{Cs}$  が検出され， $^{134}\text{Cs}$  が検  
242 出限界未満であることが明らかになった．これらのことから，  
243 供給源において，黒色の土砂は 1950 年代から 2009 年までの期  
244 間に堆積していたものと推定される．

245 一方，埋積土の一部の試料は  $^{137}\text{Cs}$  と  $^{134}\text{Cs}$  が検出限界未満な

246 ので，1950年代以前の堆積物の存在を示唆する．また，埋積土  
247 の黒色泥層から検出された微化石を含む泥岩岩片は，北村ほか  
248 (印刷中)で分析した黒色の土砂や土石流堆積物からは検出され  
249 ていないが，微化石を含む泥岩は，逢初川周辺には分布してい  
250 ない．これらのことは，黒色の土砂ではあるが，北村ほか(印刷  
251 中)の報告した土砂とは異なる供給源があることを示唆する．

252

### 253 まとめ

254 静岡県熱海市伊豆山地区の逢初川沿いで，2021年7月3日午  
255 前10時30分頃に発生した土石流は，流路にあった砂防堰堤を  
256 埋積後，砂防堰堤を超え，相模湾へ流入した．本研究では，砂  
257 防堰堤の埋積物から得たボーリングコア試料について，放射性  
258 セシウム濃度と粒子組成の層位変化を調査した．その結果，  
259 2011年3月の福島第一原子力発電所の事故で放出された放射性  
260 セシウムを検出した．さらに，盛土の黒色の土砂に由来する土  
261 石流堆積物の基底の層準範囲を特定するとともに，初期の土石  
262 流堆積物の主要な供給源が黒色の土砂である可能性が高いこと  
263 が判明した．

264

### 265 追記

266 静岡県(2021f)は，逢初川下流域の家屋に到達した土石流を第  
267 1波と定義している．そのため，本研究で判明した砂防堰堤内  
268 の土石流堆積物を運搬した土石流を第0波と命名する．

269

270 **謝辞** 静岡県からはボーリングコア試料と写真を提供いただき，  
271 感謝申し上げます．静岡大学の延原尊美教授とJulien Legrand博  
272 士による査読コメントによって，本稿は改善された．本研究の

273 経費は静岡大学防災総合センターと未来社会デザイン機構の予  
274 算を使用した。

275

276

## 引用文献

277 Adachi, K., Kajino, M., Zaizen, Y. & Igarashi, Y. (2013),  
278 Emission of spherical cesium-bearing particles from an  
279 early stage of the Fukushima nuclear accident.  
280 *Scientific Report*, **3**, 2554.

281 熱海市(2021), 盛土に関する調査経過報告について(市長経過  
282 報告発言要旨) 11月10日更新.

283 [https://www.city.atami.lg.jp/kurashi/bousai/sizusan/sai  
284 gai/1011817.html](https://www.city.atami.lg.jp/kurashi/bousai/sizusan/saigai/1011817.html) 2022年3月24日引用.

285 地理院地図(2021), <https://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html>  
286 2021年7月4日引用.

287 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  
288 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  
289 殻. 第四紀研究, **61** (印刷中), doi:  
290 10.4116/jaqua.61.2114.

291 北村晃寿・池田昌之(2021), 2021年7月3日に静岡県熱海市伊  
292 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  
293 告, **48**, 63-71.

294 北村晃寿・岡寄颯太・近藤 満・渡邊隆広・中西利典・堀 利  
295 栄・池田昌之・市村康治・中川友紀・森 英樹(印刷中), 静  
296 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  
297 の地球化学・粒子組成分析. 静岡大学地球科学研究報告, **49**,

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

300 国土地理院(2021), 崩壊地等分布図及び土砂堆積範囲図  
301 (7月6日第3報公開)  
302 [https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3\\_0701\\_heavyrain.](https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3_0701_heavyrain.html#4)  
303 [html#4](https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R3_0701_heavyrain.html#4) 2021年7月8日にダウンロード  
304 Momoshima, N., Sugihara, S., Ichikawa, R. & Tokoyama, H.  
305 (2012), Atmospheric radionuclides transported to  
306 Fukuoka, Japan remote from the Fukushima Dai-ichi  
307 nuclear power complex following the nuclear accident.  
308 *Journal of Environmental Radioactivity*, **111**, 28-32.  
309 越智康太郎・藤井健悟・萩原健太・大淵敦司・小池裕也(2017),  
310 関東甲信越における土壤中放射性セシウムの化学形態モニタ  
311 リング. 分析化学, **66**, 175-180.  
312 及川輝樹・石塚 治(2011), 熱海地域の地質. 地域地質研究報  
313 告(5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 61  
314 p.  
315 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2021), 地質図  
316 Navi. <https://gbank.gsj.jp/geonavi/#disclaimer> 2021年  
317 10月6日引用.  
318 静岡県(2021a), 難波副知事記者会見 令和3年7月8日  
319 <https://www.youtube.com/watch?v=ihq8hpwGA0w> 2021年7月9  
320 日引用.  
321 静岡県(2021b), 熱海市伊豆山地区土石流土質調査結果(速報)  
322 [https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/documents/](https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/documents/kisyateikyou_doshitucyousakekka.pdf)  
323 [kisyateikyou\\_doshitucyousakekka.pdf](https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/documents/kisyateikyou_doshitucyousakekka.pdf) 2021年9月9日引  
324 用.  
325 静岡県(2021c), 逢初川土石流の発生原因調査に関する盛土履歴  
326 調査 <http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/>

327 sabouka/documents/morido\_cyousa.pdf 2022年3月24日引  
328 用.  
329 静岡県(2021d), 逢初川土石流の発生原因調査に関する地質調査  
330 (ボーリング) 実施状況  
331 [http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/  
332 documents/chishitucyousakekka.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/chishitucyousakekka.pdf) 2022年3月24日引用.  
333 静岡県(2021e), 逢初川土石流災害対策検討委員会.  
334 [http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/  
335 documents/iinnkaishiryoku.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/iinnkaishiryoku.pdf) 2022年3月24日引用.  
336 静岡県(2021f), 熱海市伊豆山地区土砂災害現場の土壌の放射能  
337 調査結果. [https://www.pref.shizuoka.jp/kinkyu/  
338 genshiryoku/atamishiizusanhousyasen.html](https://www.pref.shizuoka.jp/kinkyu/genshiryoku/atamishiizusanhousyasen.html) 2022年3月24  
339 日引用  
340 静岡県(2021g), 1. 熱海市逢初川源頭部の盛土.  
341 [http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-520/  
342 r31018koubunnsho.html](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-520/r31018koubunnsho.html) 2022年3月24日引用  
343 静岡県(2021f), 第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会  
344 その1(資料1~5)  
345 [http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/  
346 documents/shiryoul.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/shiryoul.pdf) 2022年5月26日引用.  
347 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会(2012), 東京電力福  
348 島原子力発電所事故調査委員会 報告書.  
349 [https://www.mhmjapan.com/content/files/00001736/naiic\\_h  
350 onpen2\\_0.pdf](https://www.mhmjapan.com/content/files/00001736/naiic_honpen2_0.pdf)  
351  
352 著者貢献

353 北村晃寿：試料採取，砂粒子の鉍物種・岩石種の同定，全体総  
354 括，論文執筆を担当．矢永誠人：放射性セシウム濃度の測定，  
355 論文執筆を担当．岡寄颯太・片桐 悟：泥粒子の CNS 分析を担  
356 当．中西利典：泥粒子の CNS 分析を担当．森 英樹：薄片作成  
357 を担当．  
358

359 図表の説明文

360

361 図 1 熱海市伊豆山地区の土石流の流路と試料採取地点と地  
362 質. 北村 (2022) を一部改変. a—d: 土石流の流路と試料採取  
363 地点. e: 地質図. b—d の数値は  $^{137}\text{Cs}$  の測定値で, 白色は本研  
364 究の測定で, 赤色は静岡県 (2021f) の測定である. No. 1—8 は静  
365 岡県 (2021b) の試料採取地点. 画像は地理院地図 (2021) を使用.  
366 地質図は及川・石塚 (2011) の地質図と産業総合研究所地質調査  
367 総合センター (2021) の地質図 Navi に基づいて作成.

368

369 図 2 土砂災害発生後の砂防堰堤. (a) 下流から見た砂防堰  
370 堤. (b) 砂防堰堤の空中写真とボーリングコア掘削地点. 静岡県  
371 (2021e) から引用. (c) ボーリングコア掘削の現場写真. 静岡県  
372 から提供.

373

374 図 3 砂防堰堤の埋積土のボーリングコアの柱状図と  $^{134}\text{Cs}$ ,  
375  $^{137}\text{Cs}$ , 全硫黄量, 粒子組成, 粒度組成の層位変化.

376

377 図 4 砂防堰堤の埋積土の深度 4.00–3.63 m の  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , 全硫  
378 黄量, 粒子組成の層位変化, 含化石岩片の写真. スケールバー  
379 は 1 mm.

380

381 表 1. 2021 年 7 月 3 日以前に報告された逢初川の河川水の異常  
382 な濁り.

383

384 表 2 盛土と土石流堆積物の  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . ND は検出限界未満. カ  
385 ッコ内は検出限界値.

386

387 表 3 砂防堰堤の埋積土の  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , 各試料の泥質物の全有機  
388 炭素 (TOC), 全窒素 (TN), 全硫黄 (TS) 濃度, 粒径 0.35-0.50 mm  
389 の粒子の組成. ND は検出限界未満. カッコ内は検出限界値.

390

391 表 4 深度 3.88-3.85 m とその上位の堆積物の各粒度の占有率.

392

393 Stratigraphic distribution of radiocesium concentration and grain  
394 composition in buried soil of sabo dam in Aizome River, Atami City,  
395 Shizuoka Prefecture, central Japan: Identification of debris flow  
396 deposits that occurred on July 3, 2021

397

398 Kitamura Akihisa<sup>1, 2</sup>, Yanaga Makoto<sup>3</sup>, Okazaki Sota<sup>1</sup>, Katagiri  
399 Satoru<sup>1</sup>, Nakanishi Toshimichi<sup>4</sup>, Mori Hideki<sup>5</sup>

400

401 **Abstract**

402 On July 3, 2021, a debris flow caused by a landslide from an  
403 embankment occurred along the Aizome River in the Izusan area of  
404 Atami City, Shizuoka Prefecture, central Japan, and buried sabo dam  
405 which was located approximately 450 m downstream of the  
406 embankment. Shizuoka Prefecture Government sampled one 13.1-m  
407 long core of deposits buried in the sabo dam in late August 2021. In  
408 this paper, radiocesium concentration was measured and grain  
409 compositions was investigated for this core sample. As a result,  
410 <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power  
411 Plant in mid-March 2011 were detected, and these markers specified  
412 the depositional surface at mid-March 2011 at 3.95-3.85 m core  
413 depth. In addition, the occurrence of fragments of both mudstone  
414 and chert in the overlying sediments indicates that the 3.74 m-thick  
415 portion was definitely the debris flow deposit.

416

417 **Keywords:** debris flow deposit, Izusan area, grain compositions,  
418 radiocesium, Sabo dam

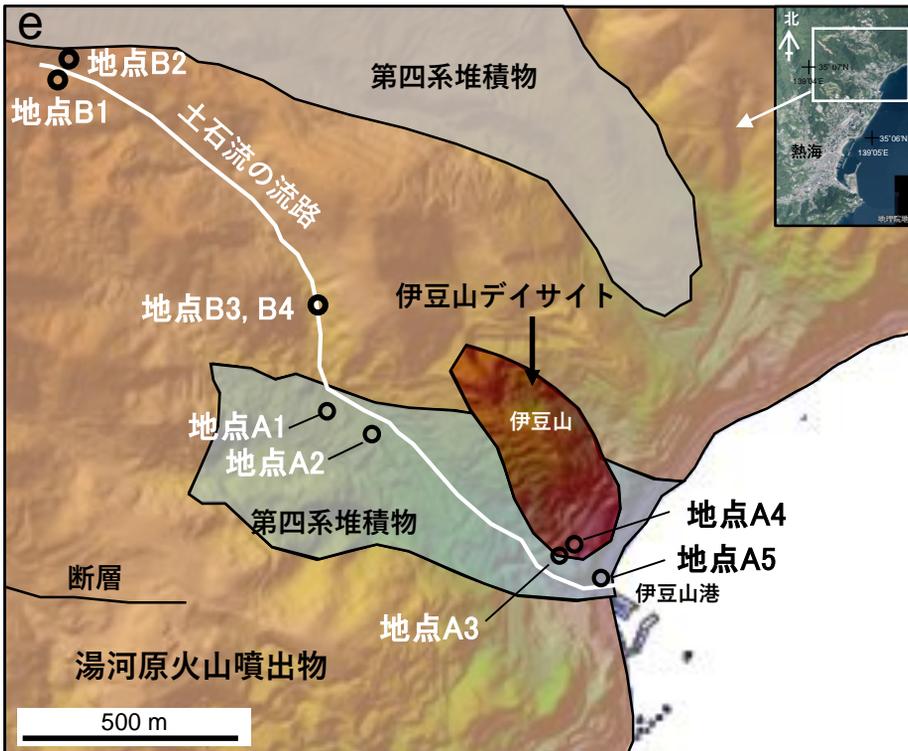
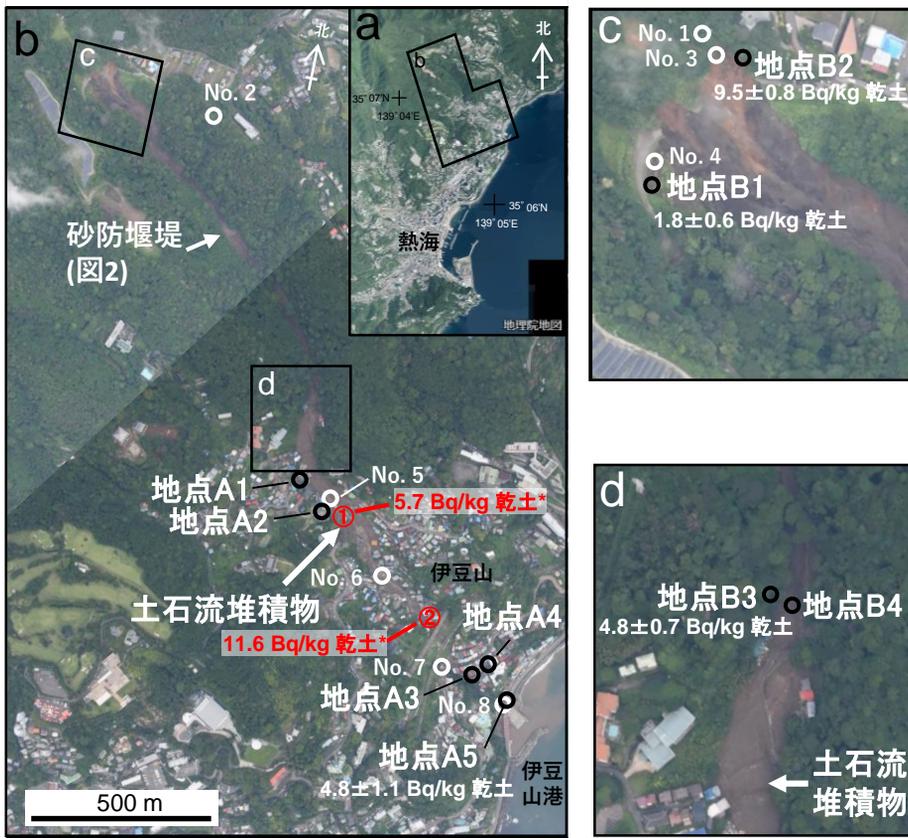
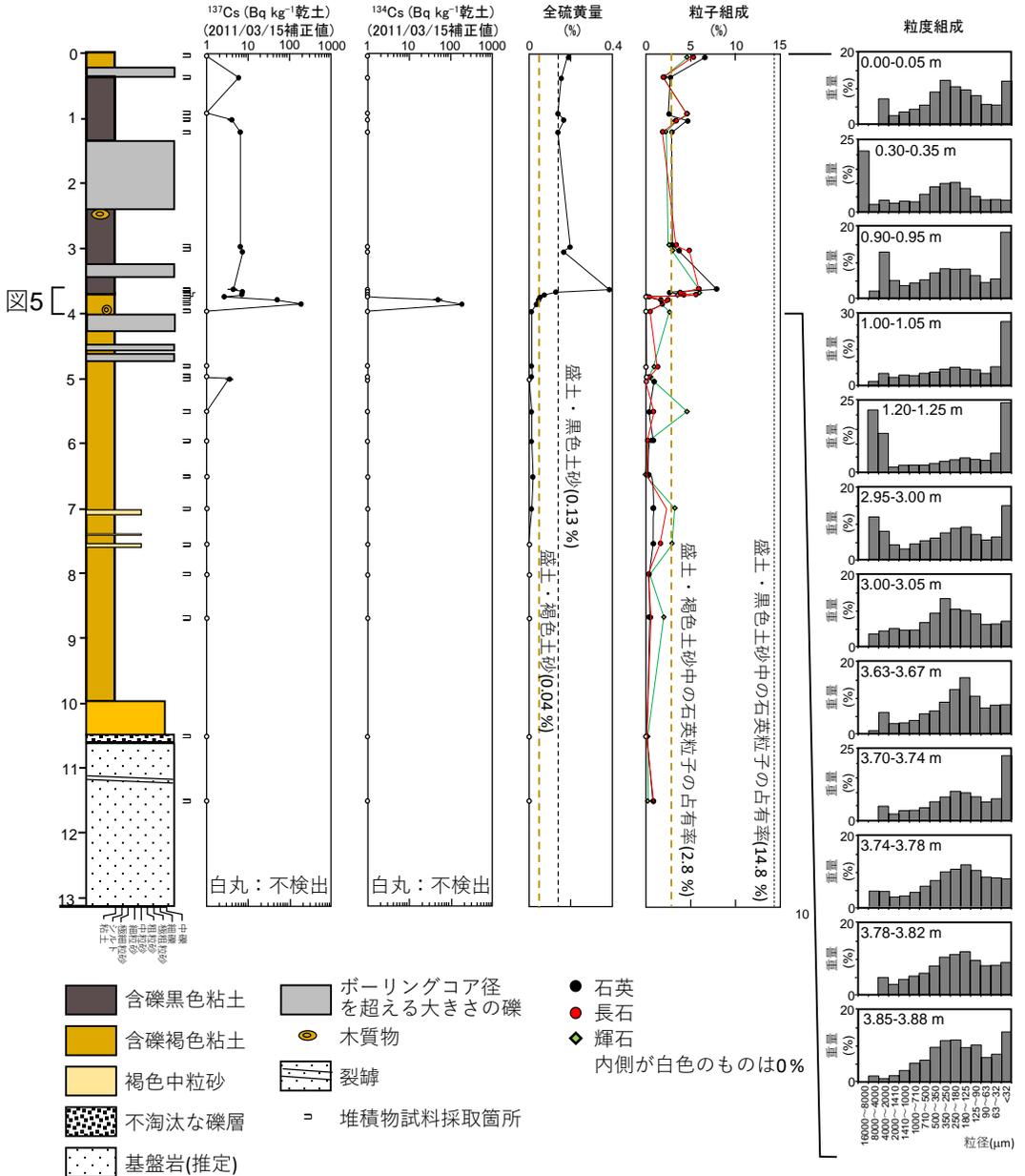


図 1

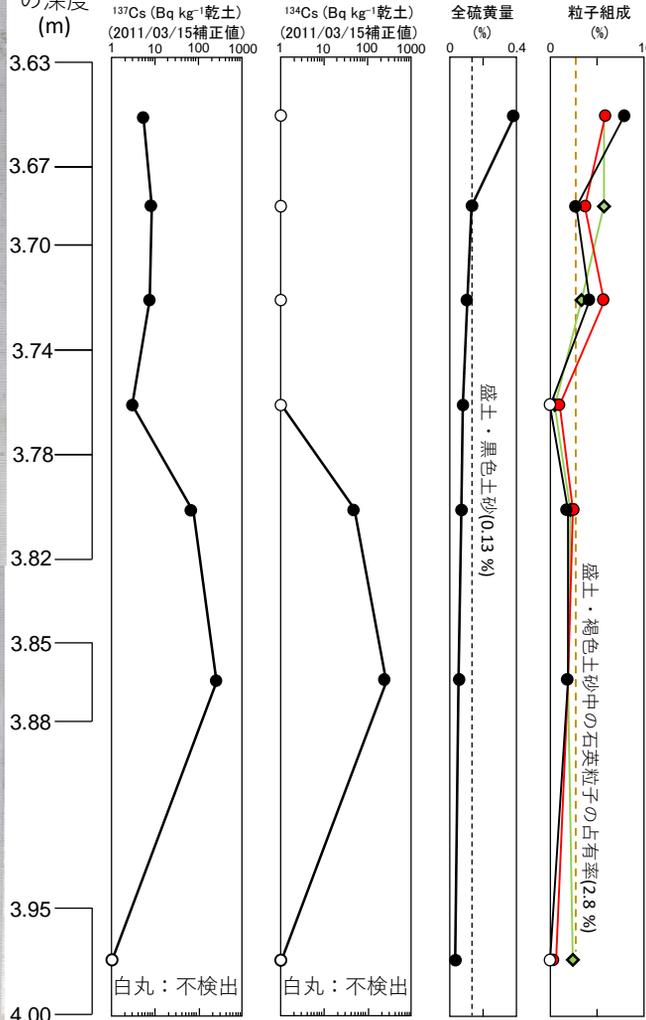




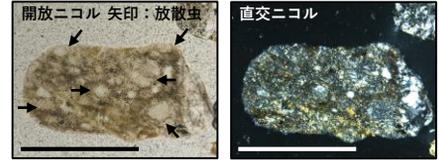
写真



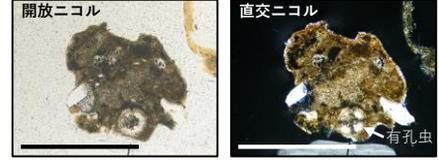
試料区間の  
の深度  
(m)



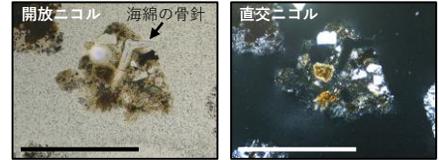
代表的な含化石岩片の写真  
深度3.67-3.63 m



深度3.70-3.67 m



深度3.74-3.70 m



- 石英
  - 長石
  - ◆ 輝石
- 内側が白色のものは0%

日付	記述	文書の名称	
2007年 4月25日	逢初川を調査したところ、相当の濁りを確認。	盛土に関する調査経過報告について（市長経過報告発言要旨）11月10日更新	<a href="https://www.city.atami.lg.jp/kurasai/bousai/sizusan/saigai/1011817.html">https://www.city.atami.lg.jp/kurasai/bousai/sizusan/saigai/1011817.html</a>
2009年 10月8日	県熱海土木事務所は伊豆山の漁師から連絡を受け、伊豆山港のにごりの状況を確認。	1. 熱海市逢初川源頭部の盛土	<a href="http://www.pref.shizuoka.jp/kensei/tsu/ke-520/r31018koubunsho.html">http://www.pref.shizuoka.jp/kensei/tsu/ke-520/r31018koubunsho.html</a>
2009年 10月9日	県熱海土木事務所は2009年10月8日の伊豆山港及び逢初川河口部のにごり調査をうけ、上流部を確認。	1. 熱海市逢初川源頭部の盛土	<a href="http://www.pref.shizuoka.jp/kensei/tsu/ke-520/r31018koubunsho.html">http://www.pref.shizuoka.jp/kensei/tsu/ke-520/r31018koubunsho.html</a>

表1

地点	Cs-137(Bq/kg乾土) (2011/03/15補正值)	Cs-134(Bq/kg乾土) (2011/03/15補正值)
B1 黒色の土砂	1.8 ± 0.6	ND (< 60)
B2 褐色の土砂	9.5 ± 0.8	ND (< 61)
B3 土石流堆積物	4.8 ± 0.7	ND (< 59)
A5 伊豆山港	4.8 ± 1.1	ND (< 101)

表2

深度(m)	Cs-137(Bq/kg乾土) (2011/03/15補正值)	Cs-134(Bq/kg乾土) (2011/03/15補正值)	全有機 炭素(%)	全窒素 (%)	全硫黄 (%)	団粒 (%)	岩片 (%)	石英 (%)	長石 (%)	輝石 (%)	その他 (%)	不明 (%)
0.00-0.05	ND (< 1.6)	ND (< 73)	1.74	0.08	0.18	47.0	21.4	5.6	4.6	3.8	3.0	0.6
0.35-0.40	5.9 ± 0.7	ND (< 50)	2.31	0.12	0.14	56.0	22.8	2.4	1.8	2.0	2.0	0.2
0.90-0.95	ND (< 1.8)	ND (< 59)	1.81	0.09	0.13	70.8	17.0	2.6	4.4	4.4	0.8	0.0
1.00-1.05	3.7 ± 0.7	ND (< 59)	1.80	0.08	0.16	67.6	18.6	4.6	3.4	3.2	2.4	0.2
1.20-1.25	6.6 ± 0.9	ND (< 75)	2.39	0.13	0.13	61.0	15.2	2.6	1.6	2.0	3.6	0.2
2.95-3.00	6.7 ± 0.8	ND (< 60)	2.22	0.11	0.19	75.0	13.8	3.0	3.4	2.6	2.0	0.2
3.00-3.05	7.5 ± 0.9	ND (< 73)	2.41	0.16	0.16	64.8	19.0	3.6	4.8	3.0	4.0	0.8
3.63-3.67	4.3 ± 1.2	ND (< 112)	2.01	0.10	0.39	46.8	28.6	7.8	5.8	5.8	4.8	0.4
3.67-3.70	7.7 ± 0.9	ND (< 101)	2.40	0.17	0.12	50.2	16.6	2.2	2.8	4.2	2.6	0.2
3.70-3.74	7.5 ± 0.8	ND (< 68)	1.55	0.11	0.07	52.8	9.8	3.2	4.0	2.4	1.6	0.0
3.74-3.78	2.6 ± 0.3	ND (< 31)	1.34	0.10	0.05	80.4	7.6	0.0	1.0	0.4	2.6	0.2
3.78-3.82	51.8 ± 0.8	52.3 ± 14.7	3.33	0.23	0.04	86.2	4.8	1.6	2.6	2.0	2.8	0.0
3.85-3.88	184.5 ± 1.7	179.5 ± 19.6	3.82	0.26	0.03	80.6	7.6	2.0	2.0	2.0	5.6	0.2
3.95-4.00	ND (< 2.7)	ND (< 83)	1.15	0.05	0.01	92.8	1.6	0.0	0.6	2.4	2.6	0.0
4.80-4.85	ND (< 3.3)	ND (< 103)	1.40	0.07	0.01	93.0	2.6	0.0	1.4	1.0	2.0	0.0
4.95-5.00	ND (< 4.2)	ND (< 126)	1.09	0.07	0.01	74.4	3.8	0.0	0.2	0.4	1.0	0.2
5.00-5.05	3.5 ± 1.0	ND (< 93)	0.92	0.05	0.00	71.0	25.6	1.0	0.0	1.0	1.2	0.2
5.50-5.55	ND (< 2.9)	ND (< 92)	0.58	0.02	0.01	66.4	25.8	0.4	0.8	4.6	0.8	0.0
5.95-6.00	ND (< 3.1)	ND (< 99)	0.97	0.04	0.01	83.6	13.6	0.8	0.2	0.6	1.2	0.0
6.50-6.55	ND (< 3.2)	ND (< 96)	0.84	0.03	0.02	93.6	5.4	0.4	0.2	0.0	0.4	0.0
7.00-7.05	ND (< 3.6)	ND (< 130)	0.73	0.03	0.01	73.2	21.6	0.8	0.8	3.2	0.4	0.0
7.55-7.60	ND (< 4.0)	ND (< 125)	0.68	0.03	0.00	76.4	17.0	0.8	1.6	3.0	1.2	0.0
8.00-8.05	ND (< 2.9)	ND (< 80)	0.37	0.00	0.00	73.4	23.8	0.4	0.4	0.2	1.4	0.4
8.67-8.74	ND (< 3.2)	ND (< 99)	0.32	0.00	0.00	44.0	52.6	0.6	0.4	2.2	0.2	0.0
10.50-10.55	ND (< 2.3)	ND (< 81)	0.08	0.00	0.00	52.2	29.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
11.50-11.55	ND (< 1.8)	ND (< 62)	0.07	0.00	0.00	62.4	35.8	0.8	0.8	0.2	0.0	0.0

表3

深度(m) 粒径(μm)	0.00-0.05	0.30-0.35	0.90-0.95	1.00-1.05	1.20-1.25	2.95-3.00	3.00-3.05	3.63-3.67	3.70-3.74	3.74-3.78	3.78-3.82	3.85-3.88
16000-8000	0.0	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8000-4000	0.0	2.6	2.1	1.9	21.5	11.8	3.6	1.1	0.1	4.5	0.0	1.8
4000-2000	7.5	4.1	12.9	5.3	13.5	7.8	4.4	6.1	5.1	4.4	4.9	1.1
2000-1410	2.9	3.0	5.1	3.6	1.9	4.0	5.0	3.0	2.4	2.8	3.0	1.9
1410-1000	3.9	3.7	3.7	4.6	2.5	2.9	4.6	3.2	3.6	3.1	4.4	3.3
1000-710	4.6	3.5	4.4	4.4	2.5	4.3	4.7	3.8	3.7	4.1	5.3	5.2
710-500	5.8	6.2	5.3	5.3	2.5	5.2	6.6	5.6	4.6	5.9	6.1	6.1
500-350	9.4	8.8	7.2	5.9	3.1	5.9	9.2	6.4	6.7	7.5	8.1	9.6
350-250	12.6	10.0	8.3	7.0	3.8	7.3	13.2	8.9	8.3	10.0	10.4	11.4
250-180	10.9	10.3	8.2	7.8	4.4	8.6	10.3	12.4	10.3	10.7	11.2	11.6
180-125	10.0	8.2	8.2	7.1	5.0	9.0	9.9	15.6	9.8	11.9	11.9	9.5
125-90	8.4	5.4	6.4	6.8	4.6	6.9	9.0	10.5	8.4	10.3	9.6	10.2
90-63	5.9	4.2	4.5	5.3	4.2	5.4	6.2	7.2	6.6	8.5	8.1	6.8
63-32	5.8	4.3	5.5	8.1	6.6	6.2	6.3	8.0	7.7	8.3	8.2	7.7
<32	12.4	4.1	18.4	27.0	23.9	14.9	7.0	8.2	22.7	8.0	9.0	13.8

表4