

駿河湾・遠州灘の漂着軽石を探る

～暗褐色軽石の識別・同定～

静岡県立磐田南高等学校 地学部軽石班2年

藤島智希 樋川暁太郎 竹内凌真

1. 動機・目的

先行研究では（磐田南高等学校地学部軽石班，2022，2023），2021年8月13日から15日に起こった福徳岡ノ場の噴火による灰色軽石，静岡県伊豆市のカワゴ平起源の地層中から脱落して海に流入した白色軽石が遠州灘に漂着していたことが分かった（図1）。最近では，2023年10月30日に硫黄島南側沖合約1キロで噴火が起きた。噴出された暗褐色を基調とした硫黄島軽石は，2024年3月中旬以降に沖縄本島本部町の海洋博公園内の海岸や，同年5月に神奈川県三浦半島南端位置する城ヶ島の南海岸に漂着している。そして，2024年5月11日に静岡県に暗褐色軽石が漂着した（図1）。本研究では，2024年5月11日以降に静岡で採取した暗褐色軽石を，岩石レベル・鉱物レベルまで多角的に情報を収集，解析することで起源を推定することを目的とした。



図1 駿河湾・遠州灘で採取した漂着軽石
（左：暗褐色軽石 中：福徳岡ノ場軽石 右：カワゴ平軽石）

2. 仮説

- (1) 軽石の色調から暗褐色軽石はこれまでに漂着した福徳岡ノ場軽石・カワゴ平軽石ではない。
- (2) 神奈川県と静岡県は地理的に近く，漂着時期も近いことから暗褐色軽石は硫黄島軽石である。

3. 試料概要

駿河湾西岸・遠州灘における暗褐色軽石の採取地点と，先行研究により推定された漂着軽石の起源である福徳岡ノ場，カワゴ平，そして，2023年10月30日に噴火した硫黄島の位置を図2に示す。また，対照試料として同年7月30日に沖縄県中城村吉の浦海岸で採取された硫黄島軽石を用意した。暗褐色軽石の採取地点は図3の①～⑩に示す。



図2 火山分布

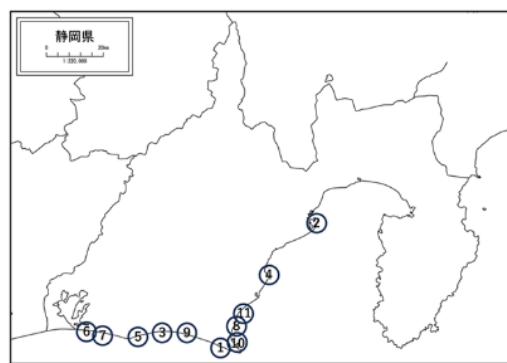


図3 暗褐色軽石の採取地点①

4. 方法

2024年5～6月に駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石を採取し、対照試料として先行研究より遠州灘で採取した福岡ノ場軽石、カワゴ平軽石、さらに硫黄島軽石を使用した(図1)。これらの軽石を外観や岩石レベル・鉱物レベルの情報を収集・解析し、識別・同定した。テフラ層の同定法のうち、町田・新井によるテフラ層の同定法(1992)を参考に、岩石レベルの鉱物組成、化学組成と鉱物レベルの形態、屈折率について比較した(図4)。

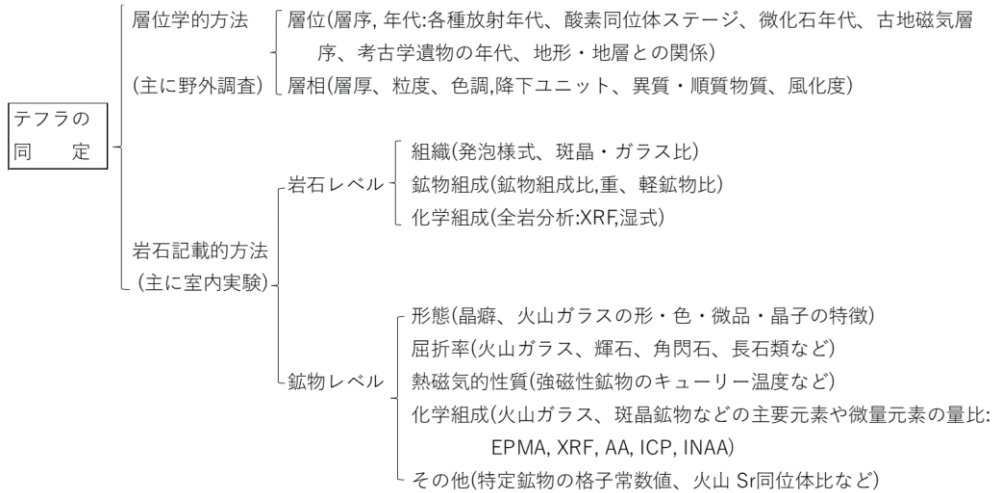


図4 テフラ層の同定法(町田・新井 1992)

5. 事前処理

化学分析を正確に行うために、軽石の成分以外の要素を排除する処理を行う。

- ① 軽石に付着した砂、塩類を取り除くために、軽石を4日間水につけ毎日水を入れかえる。
- ② 自然乾燥させる。
- ③ 乳鉢を用いて試料を粉末にする。
- ④ 塩類を除去するために、超音波洗浄機を用いて約40℃で15分間洗浄する。
- ⑤ 顕微鏡観察のために、ふるいにかけて大きさを500 μm以上、500～250 μm、250～125 μm、125～63 μm、63 μm以下に分ける。
- ⑥ 鉱物表面の酸化被膜を取り除く**脱鉄処理**※1を行う。
- ⑦ 試料の化学分析を正確に行うために、**塩類除去**※2を行う。
- ⑧ 低温乾燥機で十分に乾燥させる。

※1 脱鉄処理の手順

1. ビーカーにふるいにかけて軽石の粉末試料(125～63 μm)と水を入れ、70～80℃まで温める。
2. クエン酸ナトリウム2水和物($\text{Na}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)を薬さじ一杯いれ、かき混ぜる。
3. ハイドロサルファイトナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)を薬さじ一杯いれ、かき混ぜる。
4. 70～80℃で15分間加熱する。
5. 溶液を捨て、再び水を加える。
6. 10分間温める。
7. 水洗い(かき混ぜて水を捨てる)をする。

※2 塩類除去の手順

1. 脱鉄した粉末試料と純水100mlをビーカーに入れ、40～45℃で5分間超音波洗浄を行う。
2. 溶液を試験管に入れ、硝酸銀を少量加えて白色沈殿(塩化銀)の有無を調べる。
3. 白濁が見られなくなるまで続ける。

6. 実験

暗褐色軽石について以下に着目することで福徳岡ノ場軽石、カワゴ平軽石、硫黄島軽石と比較し、識別・同定を行う。

6-1 色調と付着生物の種類

肉眼的特徴を基に、漂着軽石の色調や付着していた生物種を調べて比較する。

6-2 全岩化学組成

採取した暗褐色軽石と沖縄の硫黄島軽石を 63～125 μm に粉碎し、静岡県理工科大学先端機器分析センター設置の蛍光X線分析装置（図5）による全岩化学組成分析を行った。蛍光X線分析装置（XRF装置）は、物質の化学組成を非破壊的に分析することができる。全岩化学組成は火山やマグマの種類ごと異なるため、識別・同定の際に1つの指標となる。分析結果は、先行研究の福徳岡ノ場軽石、カワゴ平軽石、さらに国立研究開発法人海洋研究開発機構（2024）により報告されている硫黄島軽石の全岩化学組成と比較する。



図5 蛍光X線分析装置
(静岡県理工科大学先端機器分析センター)

■方法

- ① 粉末試料で量の多い粉末試料は粉体試料用塩ビリング、少ない試料はA1クリンプセルを使い、圧縮固形機により圧縮してペレット化する。
- ② 試料ホルダーにペレット化した試料を入れる。
- ③ 蛍光X線分析装置にセットし、測定する。

6-3 組成・薄片

採取した暗褐色軽石、沖縄の硫黄島起源の軽石を粉碎し、すりつぶしてからふるいにかけて、150～250 μm のものを抽出する。1試料につき2回で200粒ずつ、双眼実体顕微鏡を用いて肉眼的特徴を基に鉱物や火山ガラス・岩片を判別した。また、光学的な性質から鉱物の種類を調べるために岩石薄片を作成し、偏光顕微鏡を用いて透過観察した。分析結果は、先行研究の福徳岡ノ場軽石、カワゴ平軽石、さらに国立研究開発法人海洋研究開発機構（2024）により報告されている硫黄島軽石の鉱物組成と比較する。

■組成分類

地学団体研究会「火山灰分析の手びき」を参考に分類する。

6-4 火山ガラスの屈折率

ふじのくに地球環境史ミュージアム設置の温度変化型屈折率測定装置 RIMS（図6）を用い、火山ガラスの屈折率を測定する。火山ガラスと浸液の屈折率の差を利用し、異なる屈折率を持つ浸液に試料を浸し、光の屈折や反射を観察する。浸液は温度によって屈折率が変化し、試料と浸液の屈折率が一致すると、境界での屈折がなくなり、試料がほぼ見えなくなる。この状態での温度を測定することで屈折率が測定できる。



図6 温度変化型屈折率測定装置 RIMS

■方法

- ① 粉末試料をスライドガラスに少量とる。
- ② 浸液を垂らし、浸液と試料を攪拌する。

- ③ カバーガラスをのせてプレパラートを作成する。
- ④ ステージに乗せ、ステージ上の温度を変化させながら試料を観察する。
- ⑤ 火山ガラスが見えない(浸液と火山ガラスの屈折率が一致)ときの温度・屈折率を記録する。

6-5 火山ガラスの色・形状分類

6-3で使用した試料について、火山ガラスの色と形状について町田氏・新井氏による火山灰アトラス(2003)を基に肉眼で分類する(図7, 図8)。

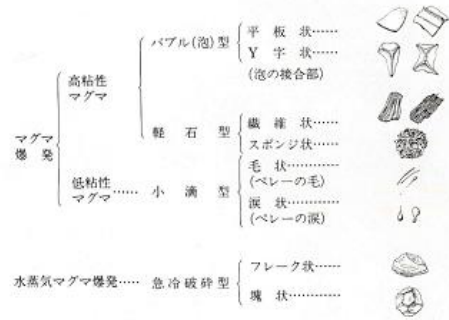


図7 火山ガラスの顕微鏡写真(火山灰アトラスより引用) 図8 火山ガラスの形態分類(火山灰アトラスより引用)

7. 結果

7-1 色調と付着生物の種類について

(1) 色調

肉眼観察では先行研究の試料である福徳岡ノ場軽石は灰色、カワゴ平軽石は白色であるのに対し、駿河湾・遠州灘に漂着した軽石は黒色, 暗褐色, やや明るい褐色をしている(図1)。また、沖縄に漂着した硫黄島軽石も同様の色調をしている。さらにこれらは国立研究開発法人海洋研究開発機構作成の「南西諸島～関東地方に漂着した小笠原硫黄島由来と考えられる軽石の岩石学的特徴と漂流シミュレーション検討(2024)」に記載されている硫黄島軽石の色調とよく似ている。

(2) 付着生物

駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石には藻類, コケムシ, サンゴ, フジツボ, カルエボシ, 二枚貝などの付着生物が見られた(表1)。また、沖縄の硫黄島軽石についても同様の傾向が見られた。一方、先行研究のカワゴ平軽石には上記ほどの付着生物は見られなかった。福徳岡ノ場軽石は一部の付着生物が共通しているが、暗褐色軽石に付着するカルエボシは3cmほどまで成長しているのに対して、福徳岡ノ場軽石に付着するカルエボシは数mmと小さい。さらに、国立研究開発法人海洋研究開発機構作成の「南西諸島～関東地方に漂着した小笠原硫黄島由来と考えられる軽石の岩石学的特徴と漂流シミュレーション検討(2024)」によると硫黄島軽石にはコケムシが付着していたことが報告されている。このことは福徳岡ノ場軽石や駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石と共通している。

表1 駿河湾・遠州灘に漂着した軽石の付着生物の種類

試料	種類	藻類	コケムシ	サンゴ	フジツボ	カルエボシ	二枚貝
福徳岡ノ場軽石		×	○	○	×	○	×
カワゴ平軽石		×	×	×	×	×	×
暗褐色軽石(静岡)		○	○	○	○	○	○
硫黄島軽石(沖縄)		○	○	○	○	○	○

○: 見られた ×: 見られなかった

7-2 全岩化学組成分析

遠州灘に漂着した福岡ノ場軽石、カワゴ平軽石と本研究で採取した駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石の全岩化学組成を図 9 に示す。福岡ノ場軽石と白羽海岸の試料は $\text{SiO}_2=55.0-62.0$ 質量%, 総アルカリ ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) = $8.0-12.0$ 質量%に集中しており, 似た傾向を示している。一方, カワゴ平軽石は $\text{SiO}_2=65.0-75.0$ 質量%, 総アルカリ ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) = $5.0-7.0$ 質量%, 三保海岸と白羽海岸の試料の一部 (計 7 試料) は $\text{SiO}_2=35.0$ 質量%前後, 総アルカリ ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) = 7.0 質量%前後と, 大きく離れた位置に分布している。三保海岸と白羽海岸の試料の一部について, 以下の理由から $\text{SiO}_2=35.0$ 質量%前後の試料については外れ値として扱うこととした (図 9 内の赤丸)。そして, 三保海岸の暗褐色軽石 (1 試料) について容器を塩ビリングではなく, アルミパンを使用して再測定を試みた。

- ① 同じ色調・採取地点の試料で大きく数値が異なること。
- ② 軽石には成分の大半が火山ガラス(SiO_2)が含まれているにもかかわらず, SiO_2 の数値が著しく低いこと。
- ③ CO_2 の質量%が 20%を超えている。炭素は付着生物由来と考えられるが, 岩石全体の 20%を占めるほど付着生物は大きくない。

再測定の結果, 三保海岸の暗褐色軽石は $\text{SiO}_2=61.3$ 質量%, 総アルカリ ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) = 10.4 質量%となり, 福岡ノ場軽石や白羽海岸と似た組成を示した (図 10)。また, 暗褐色軽石は全て粗面安山岩の組成であった。さらに, 磐田市鮫島海岸や浜松市石津浜で採取した暗褐色軽石についても同様の傾向が見られた。国立研究開発法人海洋研究開発機構の報告書より硫黄島軽石の全岩化学組成は $\text{SiO}_2=60.8-61.0$ 質量%, 総アルカリ ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) = $10.7-10.9$ 質量%の粗面岩組成を示している。

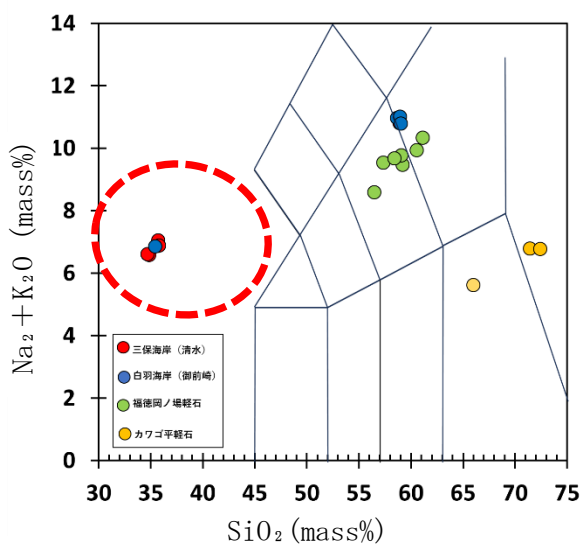


図 9 全岩化学組成分析の比較
(赤丸は外れ値)

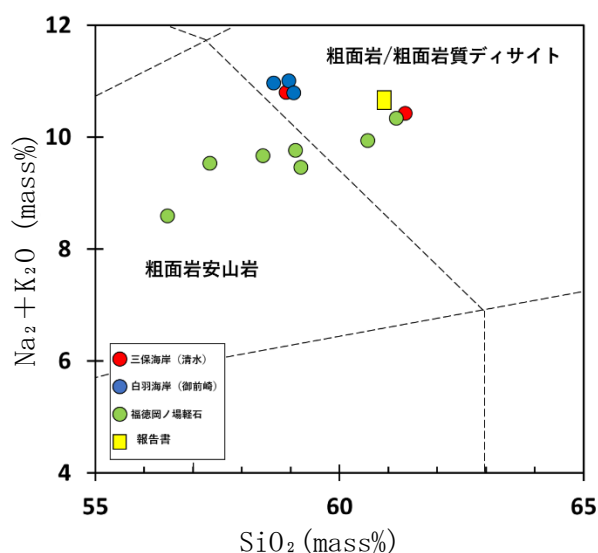


図 10 全岩化学組成分析の比較(再測定)

7-3 鉱物組成・薄片

火山ガラスや岩片を含む組成について, 駿河湾・遠州灘の暗褐色軽石と沖縄の硫黄島軽石では火山ガラスの割合が 90%以上を占め, 似た傾向を示していた (図 11)。また, 火山ガラス以外には岩片に加え, 長石, 輝石, 不透明鉱物がみられた。

次に火山ガラス・岩片を除いた鉱物量比を駿河湾・遠州灘の暗褐色軽石や沖縄の硫黄島軽石、先行研究より福徳岡ノ場軽石とカワゴ平軽石を比較した（図 12）。駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石と沖縄の硫黄島軽石は長石や不透明鉱物が多く、福徳岡ノ場軽石やカワゴ平軽石とは異なる組成を示した。また、国立研究開発法人海洋研究開発機構の報告書からかんらん石、単斜輝石、斜長石、燐灰石、磁鉄鉱が認められている。燐灰石などが暗褐色軽石に認められなかった理由として顕微鏡観察に用いた試料が 125~250 μmのみであり、粒径の大きさから含まれなかったと考えられる。

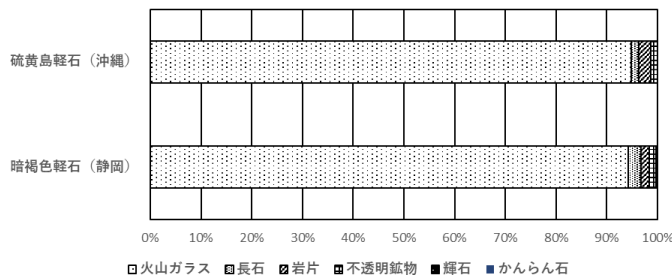


図 11 火山ガラス・岩片を入れた軽石の組成

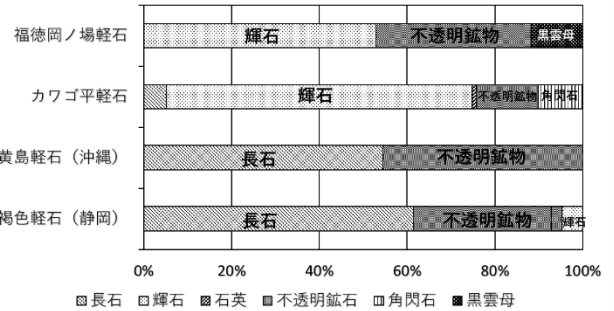


図 12 軽石の鉱物組成

薄片観察では、暗褐色軽石に斜長石や単斜輝石が含まれていた（図 13）。これは国立研究開発法人海洋研究開発機構の報告書と一致する。しかし、福徳岡ノ場軽石やカワゴ平軽石でも報告書に記載の鉱物が認められている。

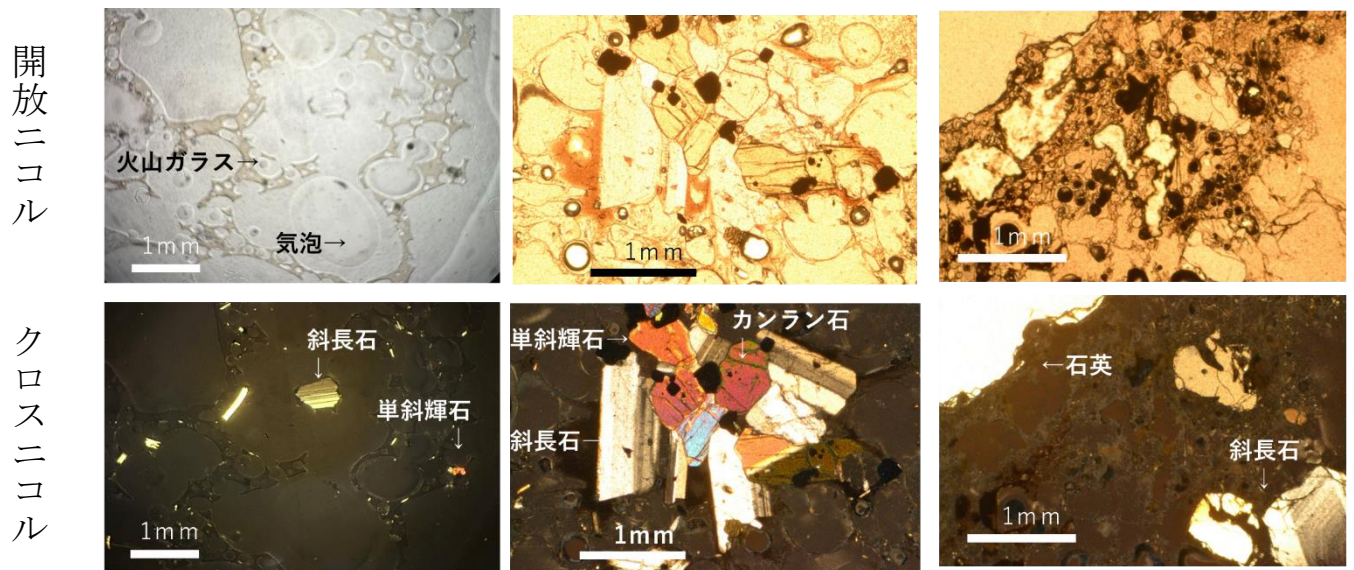


図 13 軽石の薄片

(左：暗褐色軽石 中：福徳岡ノ場軽石 右：カワゴ平軽石)

7-4 火山ガラスの屈折率

駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石の屈折率は三保海岸，白羽海岸，篠原海岸，石津海岸，北サンビーチなど全ての地点において 1.520~1.525 を示しており，沖縄の硫黄島軽石の値の範囲と一致していた。一方先行研究より福徳岡ノ場軽石は 1.510~1.515，カワゴ平軽石は 1.495~1.500 と異なる値を示した（図 14）。

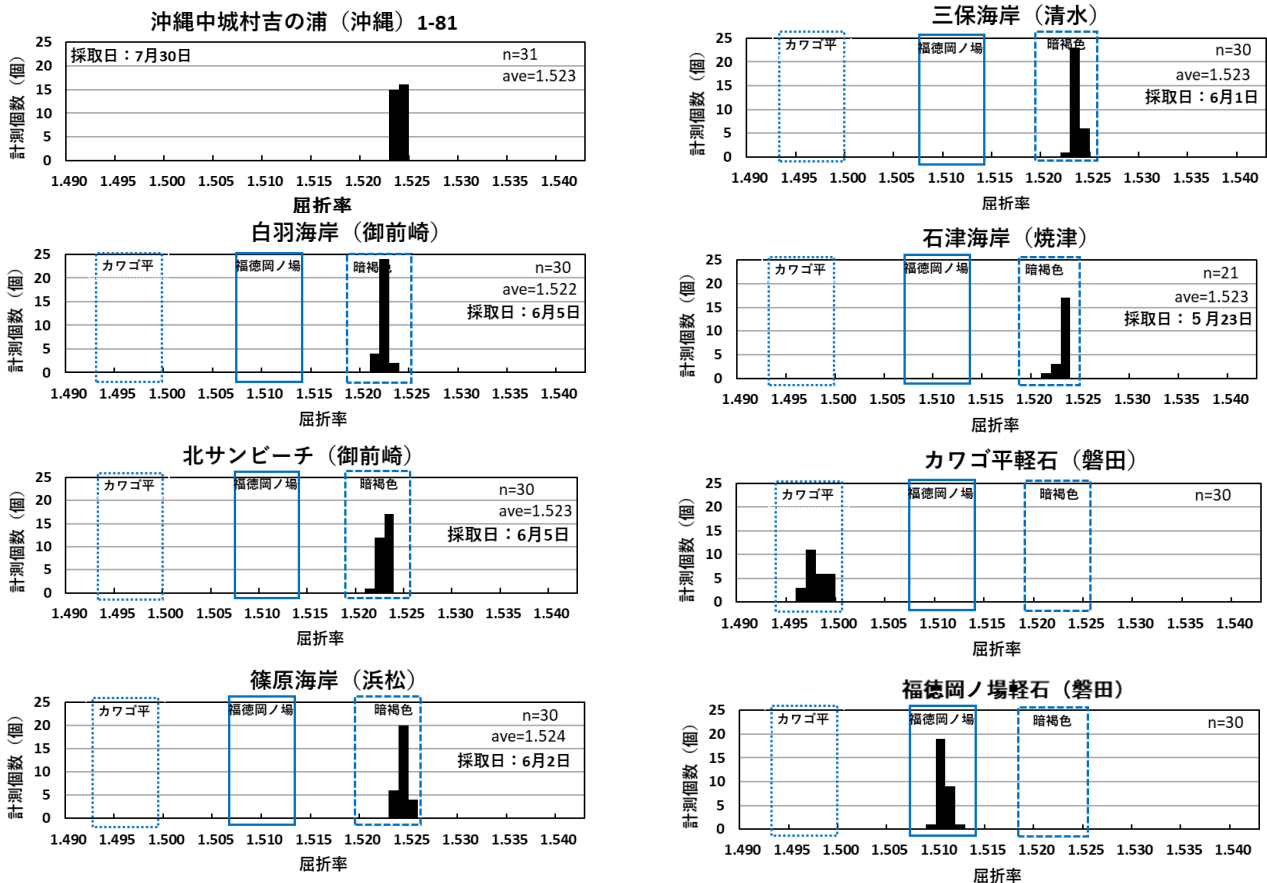


図 14 火山ガラスの屈折率

7-5 火山ガラスの色・形状分類

暗褐色軽石はバブル型の中でも特に Y 字状の火山ガラスが多く，沖縄の硫黄島軽石も同様の特徴を示した。福徳岡ノ場軽石とカワゴ平軽石は軽石型のスポンジ状がほとんどで，暗褐色軽石，硫黄島軽石とは異なる。福徳岡ノ場軽石はつぶす際に柔らかい印象を受けた。そのため，火山ガラスがしっかりとした形で残りづらかった。

8. 考察

これまでの結果を駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石と比較してまとめた表を作成した（表 2）。これより，暗褐色軽石は先行研究で調べてきた福徳岡ノ場軽石やカワゴ平軽石ではないと考えられる。また，沖縄に漂着した硫黄島軽石や海洋研究開発機構の報告書による硫黄島軽石と非常に似た傾向を示したため，暗褐色軽石は硫黄島起源の軽石である可能性が非常に高い。

本研究により硫黄島軽石の火山ガラスの屈折率が 1.520~1.525 であることが分かった。これは国立研究開発法人海洋研究開発機構の報告書にも記載されておらず，初の測定事例のため，今後の軽石の識別・同定に関する研究の際に新たな指標となる。

表2 駿河湾・遠州灘に漂着した暗褐色軽石の特徴との比較

	色調	付着生物	化学組成	鉱物組成 (肉眼観察)	鉱物組成 (薄片)	火山ガラス (形状)	火山ガラス (屈折率)
福德岡ノ場軽石	×	×	△	×	○	×	×
カワゴ平軽石	×	×	×	×	○	×	×
硫黄島軽石 (沖縄)	○	○	○	○	○	○	○
海洋研究開発機構 報告書	○	○	○	○	○	○	—

9. まとめ

静岡県の駿河湾・遠州灘に5月11日以降に漂着した暗褐色軽石は、2023年10月30日の硫黄島噴火に伴って噴出した軽石である可能性が高い。また、この軽石における火山ガラスの屈折率は1.520～1.525であり、軽石の識別・同定を行う際の新たな指標となる。

10. 今後の展望

硫黄島軽石は暗褐色や、やや明るい褐色など、色調が異なる軽石が混在している。今後は、同様の手法により硫黄島軽石内での違いに着目して生成過程を明らかにする。さらに軽石の3Dモデルを作成することで、新たな形状分析の指標をつくることを試みる。

11. 謝辞

研究に協力して下さった猫のわくわく自然科学教室主宰丸谷由様、静岡理工科大学先端機器分析センター研究員小泉武昭先生、ふじのくに地球環境史ミュージアム中西利典先生、同客員研究員青島晃先生、富士山世界遺産センター小林淳教授、地学部の皆さん、2年理数探究地学班の皆さんに改めてお礼申し上げます。

12. 参考文献

- 町田洋 新井房夫. 新編 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 2003
- 野尻湖火山灰グループ. 地学ハンドブックシリーズ 25 火山灰分析の手びき (第3版). 地学団体研究会, 2018
- 長井雅史 小林哲夫. 小笠原硫黄島の火山形成史. 地学雑誌, 2015
- 国立研究開発法人海洋研究開発機構. 南西諸島～関東地方に漂着した小笠原硫黄島由来と考えられる軽石の岩石学的特徴と漂流シミュレーション検討. 噴火予知連報告, 2024
- 東京大学地震研究所. 伊豆鳥島・孀婦岩近海で採取された漂流軽石の全岩化学組成. 東京大学, 2023
- 浜島書店編集部. 二訂版 ニューステージ地学図表. 株式会社浜島書店, 2023
- 新興出版社啓林館. センサー地学
- 宇都宮権 馬淵彩花 吉田和佳奈. 遠州灘の漂着軽石を探るー福德岡ノ場の軽石との比較ー. 磐田南高等学校, 2022
- 川崎琉菜 鈴木仁緒. 遠州灘の漂着軽石を探るII～白色軽石とカワゴ平軽石との比較～. 磐田南高等学校, 2023