

〈第 66 回学生科学賞県科学教育振興委員会賞〉

硫黄が白田川を青白く見せる

～コロイドによる光の散乱がカギに～

静岡県立下田高等学校
自然科学部 3年 富田夏津馬

1. 背景

1-1. 伊豆半島各地に見られる地形の研究意義

東側を駿河湾に、西側を相模湾に面した伊豆半島は、静岡県の東端にある。フィリピン海プレートに乗って南方から移動してきた火山島群が、100 万年前に本州とぶつかってできた伊豆半島には、世界でも類例の少ない貴重な地形が数多く知られる。このような地形の中には、観光地になっているものがあれば、学術的に保護されているものもある[参考 1]。

豊かな自然に恵まれた生活は、当たり前のものではない。人間の無知によって自然破壊の進むこともあるし、人知の及ばない地震や噴火などの天変地異によって景観が一変することもある。自分たちの住む地域のことを知り、地域の特性に理解を深めながら、この地を次世代に伝えていくという点で、伊豆半島各地に見られる地形を研究することは意味がある。

1-2. 白田川の昔と今

白田川（しらたがわ）は、伊豆半島の中央にある天城山を水源とし、静岡県東伊豆町を流れる河川である。東伊豆町は伊豆半島の東海岸中央部にあり、北側を伊東市と、南側を河津町と接している。白田川の上流では、江戸時代から明治時代にかけて、硫黄の採掘が行われていたことが伝えられている[参考 2]。

東伊豆町の町役場に残された古文書『硫黄文書』によれば[参考 2]、元禄 14 年（西暦 1701 年）から宝永 4 年（西暦 1707 年）までの 6 年間、白田村と片瀬村の水田に悪水が入り、まったく稲作ができなくなった。そして、白田川から流れ出た水が海に入り、海の生き物がことごとく死滅して、沿岸での漁業に影響が出ることを恐れて、領主に硫黄採掘の禁止を求める請願がなされるようになった。この騒動は激しさを増して、江戸時代末期には、白田村を含む 12 カ村が参加し、「硫黄を掘れば切りくずが川に流れ込み、稲作はもとより、テングサやサザエなどが毒水でだめになる」や「大雨で泥水が流れただけで被害がでるのに、山を掘ればなお大変」といった理由で採掘に反対するための請願がなされた。そして、硫黄採掘に協力した者が 1 人でも発覚したらその者が住む村は漁をしてはいけないとといった厳しい決まりを村の間で作るようになった。明治維新後も硫黄採掘への反対運動は続いたが、明治 18 年（西暦 1885 年）に、国は白田川上流における硫黄の採掘を認めた。このとき、周辺の村々のうち漁業で生計を立てていた稻取村の人々が猛反発したという。明治 35 年（西暦 1902 年）以降は、白田川上流で硫黄採掘は行われていないが、日本の公害の陳情としては最古であり、この一連の騒動は最長の記録でもある[参考 2]。

硫黄が採掘されなくなって以降、東伊豆町の各地区は、漁村や農村、あるいは観光地として、それぞれの道を歩み、その間、白田川は周辺住民に生活用水を提供し続けた。昭和 41 年（西暦 1966 年）には、白田川から取水する白田浄水場（賀茂郡東伊豆町白田 1306-1）が建設され[参考 3]、同時期に濁りを沈殿させるための多数の堰堤が設置されたことで水質が安定するようになった。現在の白田川は東伊豆町の主要な水源になっており、白田浄水場よりも下流の地域では、アマゴ（*Oncorhynchus masou*）やアブラハヤ（*Rhynchocypris lagowskii*）といった純淡水魚や、アユ（*Plecoglossus altivelis*）やヨシノボリ（*Rhinogobius mizunoi*）といった回遊魚を確認できる[参考 4]。普段、地元の私たちが片瀬白田駅（賀茂郡東伊豆町白田 222-2）付近で目にする白田川は、見た目は無色透明であり、素手で直接触れても問題ない。付近にある白田親水公園（賀茂郡東伊豆町白田 316）は近隣住民の憩いの場になっている。

1－3. 硫黄とは

硫黄は原子番号 16 の非金属元素であり、その単体は天然に産出する。有史以前から硫黄という物質は人類に認知されており、奈良時代の続日本紀にも信濃国（現在の長野県）からの献上品として硫黄の記述があるので、日本国内でも硫黄という物質は古くから世間に知れ渡っていたと考えられる。

硫黄の需要は、7 世紀頃に中国で黒色火薬が発明されると、一気に増加した。平清盛（西暦 1118～1181 年）の主導した日宋貿易では、日本から宋（現在の中国）に硫黄が輸出され、平家の栄華と権勢を支えたという。時代によって変遷があるものの、薩摩国（現在の鹿児島県）硫黄島、信濃国と上野国（現在の群馬県）の境にある草津白根山、駿河国（現在の静岡県）と相模国（現在の神奈川県）の境にある箱根の大涌谷など、火山地帯が硫黄の産地になっている。火薬の需要が増えた明治維新後にも各地で硫黄採掘が活発化し、北海道の川湯硫黄鉱山（アトサヌプリ）などで硫黄採掘所が設けられた。

硫黄の単体には、複数の同素体が知られる[参考 5]。室温で安定な斜方硫黄と、高温で安定な針状の单斜硫黄は、硫黄原子 8 個のつながった環状の硫黄分子 S_8 からなる。また、見た目は黄色の固体である[参考 5]。ゴム状硫黄は、多数の硫黄原子がつながった高分子物質である。見た目は、不純物の量の大小によって異なり、低純度の場合は黒色、高純度の場合は黄色であるという[参考 5]。

火山の火口のように高温の場所でなければ、産出する硫黄は、斜方硫黄のはずである。斜方硫黄は無極性分子であるので、二硫化炭素のような無極性の有機溶媒によく溶ける。また、硫黄および硫黄化合物は水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱した後、鉛（II）イオンを含んだ水溶液を滴下し、硫化鉛（II）の黒色沈殿の生成を確かめることで検出できる[参考 5]。硫黄は空气中で加熱すると、無色刺激臭の気体である二酸化硫黄に変わる[参考 5]。

1－4. 私たちの研究目的

私たちは、白田川に水面が青白色に見える地点のあることに興味を持って研究を始め、やがて硫黄の産出を検証し、合わせて周辺の水質調査を行うことにした。本報告書にまとめた研究の目的は「白田川が硫黄コロイドによる光の散乱で青白く見える」という仮説を検証することである。私たちがこの仮説を立てたのは、伊豆半島の天城山を水源とする白田川には、江戸時代に硫黄が採掘されていた伝承があるためである。

2. 方法

紙面の都合で省略する。

3. 結果

3－1. 事前準備と文献調査

3－2. 現地調査の概要

紙面の都合で省略する。

3－3. 白田採掘跡の泥には質量比 3 割の硫黄が含まれる

江戸時代から明治時代にかけて硫黄が産出していたからと言って、今もなお硫黄が産出しているとは限らない。また、当時の人が硫黄だと思っていただけで、実際は別の物質だったという可能性もある。そこで、自分たちの手で硫黄の産出を検証した上で、硫黄の含有量がどれほどなのかを、まずは調べることにした。

硫黄採掘跡（硫黄坑第一号坑）からは、白色の粉末が、水とともに流れ出していた[図表 1]。この硫黄採掘跡から流れ出す水は、硫化水素や二酸化硫黄といった硫黄化合物に特有の匂いが、手や衣服につくと丸一日はとれない程度に強かった。気分が悪くなったり、気を失ったりする濃度ではなかったが、硫黄採掘に使われた坑道の奥まで探検することはせず、安全を確認した後、入口付近に堆積していた白色の粉末を含んだ泥[図表 1]を採取して持ち帰った。硫黄採掘跡で採取した泥[図表 1]から水分を蒸発させ、乳鉢と乳棒ですり潰したところ、乳白色の粉末[図表 1]が得られた。この粉末からは、有機溶媒の二硫化炭素を使って、黄色の固体[図表 1]を取り出すことができた。

黄色の固体が本当に硫黄であるのか調べるために、鉛（II）イオンを使った硫黄の検出を試みた。すると、陽性対照として試薬の硫黄を使ったときに硫化鉛（II）の黒色沈殿ができるのと同様に、水酸化ナトリウム水溶液下で加熱後に酢酸鉛（II）水溶液を滴下すると、採取した泥を使ったときも黒色沈殿が観察された[図表 2]。この変化は、陰性対照として精製水を使ったときには見られなかった[図表 2]。

さらに、どのくらいの硫黄が採取した泥に含まれているのか調べるために、質量を測って 2 つの実験をした[図表 2]。一方は、加熱して硫黄を二酸化硫黄にさせたときの質量減少分が、もとの泥に含まれていた硫黄の質量だろうと考えた実験である[図表 2]。他方は、有機溶媒の二硫化硫黄で硫黄を抽出したときの質量減少分が、もとの分の硫黄の質量だろうと考えた実験である。どちらの実験も 3 回くり返して行ったところ、加熱で除去した実験からは硫黄の含有量が 33.7%だと見積もられる結果[図表 2]が得られ、溶媒で除去した実験からは硫黄の含有量が 25.8%だと見積もられる結果[図表 2]が得られた。

3-4. 白田川の水は採掘跡近くでは酸性である

硫黄採掘跡から流れ出す水は $pH=3.4$ の酸性を示していた[図表 3],[図表 4]。硫化水素や硫酸といった硫黄化合物が溶けた水溶液は酸性を示すので、白田川の本流および支流の各流域[図表 3],[図表 4]で pH を測定し、硫黄が産出する地帯がどの範囲にあるか推定する手がかりにしようと試みた。

ポータブル pH メーターを使って周辺の水質調査を行った。硫黄採掘跡[図表 3 地点 A]およびそのすぐ直下の八丁橋[図表 3 地点 B]で採取した水は、 pH が 3 以上 5 未満の範囲にある酸性の水であった。硫黄採掘跡の水が流れ込んでいないはずの山の神橋[図表 3 地点 C]で採取した水も pH が 3 以上 5 未満の範囲にある酸性の水であったので、酸性の水を排出している第一号坑以外の場所が、上流にあることが示唆された。また、硫黄採掘跡からの距離に注目し、白田川本流のデータだけ抜粋してまとめなおす[図表 4]と、 pH が 4 から 5 へと[図表 3 地点 B]、5 から 6 へと[図表 3 地点 H]、6 から 7 へと[図表 3 地点 J および図表 3 地点 K]変化しており、白田浄水場[図表 3 地点 L]までに中性の水へと変化していた。この本流に流れ込む支流の水を調べてみると、 pH が 3 以上 6 未満の範囲にある酸性の水[図表 3 地点 C および図表 3 地点 E]も見られたが、 pH が 6 以上 8 未満の範囲にあるほぼ中性の水[図表 3 地点 D および図表 3 地点 F および図表 3 地点 G および図表 3 地点 I]も見られた。

自動車の進入可能限界すぐにある白田川起点とされる場所に、白田川の最も青白く見えたスポットがあった[図表 3 地点 K]。この水を調べたところ、8月 29 日は $pH=6.9$ だった。目を引く青さであったので、興味深いと感じて後日、ここの水質を継続調査しようと考え、同年 11 月 15 日に採水して調べたところ $pH=5.5$ だった（グラフは示さない）。また、硫黄採掘跡から流れ出る水を分析するため、ペットボトル[図表 3]に入れて持ち帰った。キャップ部分にパラフィルムを巻いた上で、冷蔵庫で保管した。翌日と 1~3 週間後に pH を測定したところ、変化は 0.1 未満だった（データは示さない）。採水した翌日に、下田高校化学室ですぐできる簡易的な分析を実施し、まず BTB 液を滴下したところ、化学室にあった塩酸など酸性の水溶液と同じように、硫黄採掘跡の水でも黄色になった[図表 4]。

3-5. 白田川の水には硫酸イオンと硫化物イオンが含まれる

酸性を示していたからと言って、それが硫酸イオンや硫化物イオンのせいであるとは限らない。採水した翌日に、下田高校化学室ですぐできる簡易的な分析を実施し、硫酸イオンと硫化物イオンの検出を試みた。具体的には、金属イオンの水溶液を滴下し、沈殿が生じるかどうかを調べることにした。

硫黄採掘跡の水に、塩化バリウム水溶液を滴下したところ、硫酸イオンを含む水で硫酸バリウムができた場合と同じように、硫黄採掘跡の水でも白色沈殿が観察された[図表 5]。さらに、酢酸鉛(II)水溶液と硝酸銀(I)水溶液を滴下したところ、硫化物イオンを含む水で硫化鉛(II)や硫化銀(I)ができた場合と同じように、硫黄採掘跡の水でも褐色沈殿がそれぞれ観察された[図表 5]。

1回目の現地調査で採取した水を使って硫酸イオンと硫化物イオンが検出できたので、2回目の現地調査ではどのくらいの量が含まれていて、硫黄採掘跡から離れるにつれて濃度がどのように変化するかを調べることにした。具体的には、市販のパックテストを使いながら、pHが酸性を示した箇所で重点的に分析を行った。

パックテスト硫化物(硫化水素)を使った現地調査[図表 5]では、硫化水素濃度が0.1 ppm～5 ppmの範囲に収まった。また、パックテスト硫酸(高濃度)を使った現地調査[図表 5]では、硫酸イオン濃度が50 ppm～2000 ppmの範囲に収まった。ppmとはパーツ・パー・ミリオンの頭文字をとったもので100万分の1の意味しており、1 ppmは0.0001%に相当する。硫黄採掘跡0 m地点では、硫化物イオンは0.6 ppmであり、硫酸イオンが80 ppmだった。硫化物イオンは急速に濃度が低下し、硫黄採掘跡30 m地点で0.05 ppmまで低下し、12分の1程度に減っていた。その後、検出不可能な0.1 ppm未満になった。また、硫酸イオンは穏やかに減少していき、最も川の水が青白く見える4600 m地点では逆に増加していた。中性の水が流れる支流では、2カ所測定して2カ所とも硫化物イオンおよび硫酸イオンは検出されなかった(データは示さない)。

3-6. 白田川の水は採掘跡から4600 m地点で最も青白くなる

1回目の現地調査により、硫黄採掘跡0 m地点の白田川は無色透明の水が流れているように見えるが、白田川起点に近い4600 m地点および付近の水が最も青白く見えることを、肉眼で確認していた。しかし、この青白さを客観的な数値として確かなものにはしていなかった。そこで、2回目の現地調査では、色見本を使って現地で白田川各地点を撮影する方法と、持ち帰り試料を吸光度計で分析する方法の2種類で青白さを検証することにした。

色見本を使って現地で白田川各地点を撮影する方法[図表 6]では、硫黄採掘跡0 m地点、800 m地点、840 m地点、900 m地点、1140 m地点、3300 m地点、4000 m地点、4200 m地点、4600 m地点、4700 m地点の10カ所で調べた。RGB値を使って川の各地点の水の色を再現すると、硫黄採掘跡0 m地点は灰色で、最も青色に近くなったのは4600 mであった。各地点のRGB値における青色を示すBLUEと赤色を示すREDの値の差を取ってグラフにした場合であっても、硫黄採掘跡0 m地点ではその値は最小であったが、硫黄採掘跡4600 m地点では最大になっていた。

また、持ち帰った水を吸光度計で調べる方法[図表 6]では、硫黄採掘跡から流れ出す水(硫黄採掘跡0 m地点)と白田川起点(硫黄採掘跡4600 m地点)の2カ所で調べた。この2地点の水をペットボトルに入れて下田高校に持ち帰り、採取を行った3日後に分析を行った。水はキャップの部分にパラフィルムを巻いた上で冷蔵庫に入れて保管した。この方法で保管した際にpHの変質がなかったためこの方法で問題ないと考えられる。硫黄採掘跡(0 m地点)と白田川起点(4600 m地点)の水のどちらも200 nm以下の短波長の光を吸収していたが、グラフが最も光を吸収していたピークは白田川起点(4600 m地点)の水の方が大きかった。この結果からも硫黄採掘跡(0 m地点)の方が無色透明だということが確かめられた。

3-7. 他の物質は白田川の青白さと対応していない

私たちの実験で、硫黄採掘跡から硫黄が流出していること、そして白田川上流の水は酸性であり、

硫黄化合物の含まれていることが明らかになった。ただし、水が青色になる原因として考えられる物質は、硫黄のコロイド粒子だけとは限らない。他に考えられる原因としては、銅イオンが水に溶け込んでいるケース、水酸化アルミニウムやメタケイ酸のコロイド粒子が光の散乱を起こしているケースなどが考えられる。そこで私たちは、青白色に見える原因が硫黄のコロイド粒子であることを確かにするために、他の考えられる原因を排除するための調査をした。

検出されないほど少ない、ことを示すのは、高校の設備では難しい。そこで、2021年9月、株式会社サイエンス（静岡県静岡市清水区小芝町）という水質分析の専門機関に分析を依頼した（2020年2月に自分たちで獲得していた山崎自然科学教育振興会の助成金を使用）。現地での採水は添付された指示書に従いながら、硫黄採掘跡（0m地点）と白田川起点（4600m地点）で実施し、ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、アルミニウムイオン、総鉄イオン、銅、メタケイ酸、硫酸イオンがどの程度含まれているのか調べた。

鉱泉分析法指針に従った水質分析[添付1],[添付2]によると、銅（II）イオンは硫黄採掘跡（0m地点）で0.1mg/L未満、白田川起点（4600m地点）で0.1mg/L未満だったので、白田川が青白く見える原因物質ではないという結果が得られた。また、アルミニウムイオンは硫黄採掘跡（0m地点）で2.0mg/L、白田川起点（4600m地点）で0.1mg/L未満だったので、水酸化アルミニウムのコロイドは白田川が青白く見える原因物質でないという結果が得られた。どちらも少なすぎる。メタケイ酸は硫黄採掘跡（0m地点）で36.2mg/L、白田川起点（4600m地点）で35.0mg/Lであったが、含まれている濃度と、その場所が青白く見えるかどうかに相関関係がないので、メタケイ酸のコロイドは白田川が青白く見える原因物質でないという結果が得られた。

3-8. 白田川の水には硫黄コロイドが含まれる

一般に知られているところによれば、硫化水素が二酸化硫黄や空気中の酸素と反応すれば硫黄コロイドができる[参考10]。また、直径1000nm以上の硫黄粒ではミー散乱と呼ばれる光の散乱が起きて乳白色に見えるのと異なり、直径100~500nmの硫黄コロイドはレイリー散乱と呼ばれる光の散乱が起きて、太陽光が透過すると青色に見える[参考10]。白田川の水でも同じことが起きているかもしれない。硫黄コロイドは簡単に作成できる。自分たちの目で見てみたいという気持ちもあったので、私たちは硫黄コロイドが本当に青白く見えるのか、コロイド溶液を自作して試してみることにした。

まず溶質が硫黄、溶媒がエタノールの飽和溶液を作成した。そして、これを駒込ピペットで精製水に滴下した。すると、無色透明のコロイド溶液ができた。さらに滴下量を増やすと、薄っすら青白色の懸濁溶液になった。硫黄粒の小さなコロイド溶液を作るため私たちは試行錯誤し、白田川の水は手で触って冷たかったことを思い出して、冷蔵庫で4°Cに冷やした精製水でコロイド溶液を作ると、室温の精製水でコロイド溶液を作った場合よりも青色になった[図表7]。また、沸騰させて100°C近くにした精製水でコロイド溶液を作ると、室温の精製水でコロイド溶液を作った場合よりも白色になった[図表7]。

冷蔵庫で4°Cに冷やした精製水に、硫黄の飽和エタノール溶液を滴下し、得られたコロイド溶液の吸光度を調べたところ、210nm以下の短波長の光を吸収していた[図表7]。また、吸光の仕方は、自作の人工コロイド溶液と、白田川起点（4600m地点）の水で一致していた[図表7]。レーザー光源を当ててみると、自作の人工コロイド溶液と、白田川起点（4600m地点）の水ではチンダル現象が観察され、実験に使った精製水ではチンダル現象が観察されなかった[図表7]。

白田川上流の硫黄採掘跡で硫黄が産出していたからと言って、白田川起点の水に硫黄コロイドが含まれているとは言えない。また、白田川起点（4600m地点）の水に光の散乱を引き起こすコロイド粒子が含まれているからと言って、そのコロイド粒子が硫黄でできているとは言えない。白田川起点の水（4600m地点）に硫黄コロイドが含まれる直接の証拠を得るために、持ち帰った白田川起点の水をさらに分析することにした。

蛍光 X 線分析 (X ray fluorescence) は、X 線を照射することで原子が励起され、特有の波長の蛍光が発せられることを利用して、固体試料の元素組成を調べる手法である。白田川起点 (4600 m 地点) の水をろ過したろ紙を、精製水をろ過したろ紙と比較し、硫黄という元素が多く検出されれば、白田川起点 (4600 m 地点) の水には硫黄コロイドが含まれると結論できると考えた。そこで、白田川起点 (4600 m 地点) の水および精製水をろ過し、蛍光 X 線分析によるろ紙の分析を、2022 年 4 月、JTL 株式会社 (岐阜県大垣市内原) 様に依頼した (2021 年 2 月に自分たちで獲得していた山崎自然科学教育振興会の助成金を使用)。すると、白田川起点 (4600 m 地点) の水をろ過したろ紙では S/Ca 比が 0.109 だった一方で、精製水では S/Ca 比が 0.38 であり、硫黄という元素が多く含まれているという結果[図表 8]を得ることができた。

4. 考察

4-1. 主な結論

白田川上流では今も硫黄が産出していると分かった。採掘跡付近の湧水には、空気中の酸素と反応して硫黄コロイドのもとになる硫化物イオンが含まれており、採掘跡から 5km 離れた地点で、成長した硫黄コロイドが白田川の水を青白くさせている。銅イオンや光の散乱を起こす水酸化アルミニウムおよびメタケイ酸では、青白さを説明できない。硫黄採掘にともなう水質汚濁は元禄 14 年 (西暦 1701 年) まで遡及できるが、本研究は、郷土に残された『硫黄文書』解読に代表される歴史・人文学的な従来の視点とは別に、白田川への理解を発展させた。私たちは硫黄の産出が沈殿鉱床によるものと予想しており、第四紀の成層火山である天城山の生い立ち解明につながる可能性がある。

4-2. 白田川上流では硫黄が産出している

4-3. 白田川は硫黄コロイドによる光の散乱で青白く見える 紙面の都合で省略する。

4-4. 白田川上流に硫黄が産出するのはどうしてか

伊豆半島ジオパーク推進協議会にメールで問い合わせたところ、遠藤大介研究員によれば白田川上流に硫黄が産出するのはどうしてかという疑問に対して、明確な答えはまだないとのことだった。

- > どうして白田川上流で硫黄が産出するのか、については明確な答えがまだありません。
- > というのも、そのことを正面から取り組んだ研究はおこなわれていません。
- > 高校生が取り組んで何らかの考察を導いてくだされば、非常にすばらしいことだと思います。

また、白田川上流に硫黄が産出するのは、おそらく火山活動によるものとのことだった。

- > 国内の硫黄鉱床はすべて火山活動にともなうものと考えられています。
- > 成因によって昇華鉱床、溶流鉱床、沈殿鉱床、鉱染鉱床 (および複合的なもの) に分類されます。

さらに、地形図や地質図で大まかに対象地域の特徴を把握するとよいとのことだった。

Q. 白田川が青白く見えるのはなぜか？	
A. 硫黄コロイドが光を散乱させるから。	
根拠 1	箱根大涌谷、白根山火口、阿蘇山火口で青白く見えるのも硫黄コロイドのため。
根拠 2	硫黄採掘跡から持ち帰った泥に質量比約3割の硫黄が含まれていた。
根拠 3	硫黄コロイドのもとになる硫化物イオンが白田川の水に含まれていた。
根拠 4	硫黄コロイド以外の青白く見える原因物質は精密な分析でも見つからなかった。
根拠 5	硫黄コロイドができるのに時間がかかるから採掘跡 4600 m 地点が最も青白い。

↓ 新たな疑問

Q. 白田川の上流に硫黄が産出るのはどうしてか？	
観点 1	時期。あの場所に硫黄の鉱床ができたのはいつか。
観点 2	成因。あの場所に硫黄の鉱床ができたのはどういう仕組みか。

伊豆半島と本州が地続きになる時期の前後に伊豆半島各地の火山活動は活発になった[参考 1]。伊豆半島で最大の規模を誇る天城山もその中に含まれていて 20 万～30 万年前頃の更新世に噴火活動を繰り返し成長した。そして、現在の万二郎岳、万三郎岳、筈木山、三筋山にまたがる直径 7 km の地域にまたがる天城火山の中央に、白田川の上流はかつて存在した[図表 9]。

伊豆半島はもとより降水量が多く、天城火山一帯の山地の中でも標高の低かった南東部に川ができるそこから土砂が流出して現在の片瀬白田駅付近のような平地ができた。天城火山は複成火山だが、白田川上流に存在する硫黄採掘跡周辺は、伊豆半島が海底にあった数百万年前の鮮新世の火成岩の上に天城山が活動した 20 万～30 万年前の更新世の火成岩が積みあがった地質・地層[図表 9]になっている。硫黄採掘跡から流出する水は冷泉であり、採掘跡が谷の最下部にあるという周辺の地形[図表 9]をふまえると、白田川上流で産出する硫黄は沈殿鉱床の可能性が高い。遠藤大介研究員のアドバイスをふまえて、今後は、現地の産出状態、母岩との関係、副生成鉱物などを総合的に調査し、下田高校自然科学部で白田川上流に産出する硫黄の成因を明らかにしていきたい。

4-5. 私たちの考える白田川のこれから

この白田川の硫黄採掘場所は、交通不便なため観光地化が難しい。地域住民にはプラスイメージよりもマイナスイメージが根強かったので、太田長八東伊豆町長（2006～2022 年）の要望で選に漏れたものの、もともとは伊豆半島ジオパークのジオサイト候補になっていた[参考 3]。

現在、硫黄は石油や石炭の脱硫装置から得られる。昭和 40 年代までに、日本国内の硫黄鉱山は閉山しているので、将来、白田川上流で再び硫黄採掘が行われることはないだろう。マッチや火薬として使用される硫黄の量も限られており、硫黄が突然、大量に必要になるという状況に今後なるとも考えにくい。東伊豆町の住民は、今のままの白田川と、これからも共存していくことになるはずだと考えられる。

5. 謝辞

この研究では、下田高校自然科学部の活動費に加えて、**山崎自然科学教育振興会**の助成応募論文賞金を使用しました。また、文献調査にあたって、東伊豆町教育委員会が編纂した『郷土史その五』を、**東伊豆町図書館**から提供していただきました。現地調査にあたって**東伊豆町役場**に勤務する職員の方々からアドバイスをいただき、さらに白田林道の通行許可は**伊豆森林管理署**からいただきました。

伊豆半島ジオパーク推進協議会の**遠藤大介**様には、メールでのやりとりをお願いし、白田川上流で硫黄が産出するのはなぜか考察する上で詳細なアドバイスをいただきました。

当時、高校1年生だった自分と、当時、高校2年生だった上級生の**須貝周平**さん（現在、下田高校卒業生）の2人で、この研究は始めました。2021年の伊豆半島ジオパーク学術研究発表会、JpGU（地球惑星科学連合）2021年大会、2021年の静岡県生徒理科研究発表会東部大会と同県大会、2022年の伊豆半島ジオパーク学術研究発表会、JpGU 2022年大会では、スライドでの口頭発表やポスター発表をして様々な方々のアドバイスを受けました。この学生科学賞応募論文は、今まで発表してきたものに一部データ（図表7および図表8は未発表）を付け加えながら、その集大成として高校3年間で自分が携わった全成果をまとめたものです（他の賞との重複した応募はありません）。関係の方々と自然科学部顧問の吉田亮祐教諭にあらためてお礼、申し上げます。

6. 参考文献

[参考1] 南から来た火山の贈りもの | 伊豆半島ジオパーク

<https://izugeopark.org/>

[参考2] 東伊豆町教育委員会『郷土誌その五』（1985）

[参考3] 平成30年第2回（6月）定例会 | 東伊豆町議会会議録

https://www.town.higashiizu.shizuoka.jp/bg/town_gov/upload/gik_giziroku201806_teirei2.pdf

[参考4] 東伊豆町水道事業ビジョン

https://www.town.higashiizu.shizuoka.jp/bg/life/upload/sui_vision.pdf

[参考5] 平成21年度水生生物生息状況等調査業務委託（白田川）報告書

<http://www.pref.shizuoka.jp/kankyou/ka-050/sui/suiseiseibutu/documents/21shiratagawa.pdf>

[参考6] 数研出版『高等学校理科用化学』（2019）

[参考7] 小寺平治『新統計入門』裳華房出版

[参考8] 鈴木敏『日本の鉱物産地』（地学雑誌 1892）

<https://doi.org/10.5026/jgeography.4.515>

[参考9] 白田の硫黄鉱山跡を訪ねる | 下田街道

<http://kodou.lollipop.jp/iou-mine.htm>

[参考10] 安藤武ら『大涌谷における火山性地すべりの地質特性に関する研究』（地すべり 1966）

<https://doi.org/10.3313/jls1964.3.1>

[参考11] 恩田裕二ら『活動的強酸性火口湖の呈色因子に関する色彩学的・地球化学的研究』（陸水学雑誌 2003）

<https://doi.org/10.3739/rikusui.64.1>

[参考12] 国土地理院 | 地理院地図

<https://maps.gsi.go.jp/>

7. 図表

紙面の都合で省略する。