様式第 13 号（第９条関係）

五島列島（下五島エリア）ジオパーク活動支援助成金
事業成果概要【公開用】

事　業　名	福江島沿岸部における石灰華の記録と編年
事業の種類	調査・研究事業 ／ 普及・啓発事業 ※該当する事業に〇を記載願います
所属・ 事業実施者	東京大学大気海洋研究所・近藤玲介 日本大学文理学部・植村杏太 東京大学大気海洋研究所・宮入陽介
事業期間	令和 4 年　7 月 13 日　～　令和 5 年　2 月 28 日
関連分野	地質学 地形学 年代測定学 自然地理学 ※事業の分野（地質学／考古学／普及・啓発／保全など）について記載願います
キーワード	石灰華 年代測定 湧水 ※事業に関するキーワードを 3 点程度記載願います
対象地	五島市柏周辺 ※事業対象の地区や地名（複数の場合は全て）を記載願います

※本様式にて提出の内容は五島列島ジオパーク推進協議会ホームページでそのまま公開いたします。

事業成果の概要

＜調査・研究事業の場合＞

1. どうして調べたのか（背景・目的）

福江島北部の柏周辺には，海岸の崖の基部にドーム状・つらら状の形態をした石灰華（「せっかいか」）が分布していることが 2021 年の私たちの予備調査の時に発見されました。石灰華は、温泉水や石灰質な岩石や堆積物（鍾乳洞を作る岩石や貝殻・サンゴかけらが溜まったもの）と関連した「水」に溶け込んだ石灰分が堆積した地形・堆積物の一種です。石灰華は大きく分けると温泉水によって形成されたもの（「トラバーチン」）と、鍾乳洞など石灰質な地質の地域での湧水や河川の水によって形成されたもの（「トゥファ」）に分けられます。これらの石灰華の内，トラバーチンは日本各地に分布します。一方で，トゥファは日本では南西諸島を中心とした温暖な地域においてのみ分布しています。これらの石灰華は珍しいので、場所によっては天然記念物として観光名所とされたり、神社のご神体として祭られたりしています。また、石灰華はゆっくりと堆積・形成し，その際に形成時の環境情報（気候など）を連続的に記録している場合があるので，学術的にも大変希少なものです。福江島では初めて石灰華が発見されただけではなく、非常に重要です。そこで、本研究は、福江島の石灰華の詳細を記録すること，どのように形成されたのか、いつ形成されたのか、を調べることを目的としています。

2. どうやって調べたのか（調査・研究手法）

福江島北部の柏漁港から高崎鼻にかけて現地調査を行い，石灰華がある場所を記録しました。調査時には、ドローンによる空撮や専門的な測量も行いました。石灰華と周辺の岩石、そして石灰華周辺の水などを専門的な分析・実験を行うためにサンプリングしました。その後、専門的な設備や機器を用いて、石灰華の形成年代の推定（放射性炭素年代測定）・石灰華周辺の水の化学的成分の分析（イオンクロマトグラフによる分析）・水が湧出する地層の堆積年代（ルミネッセンス年代測定）の推定などを行いました。水の成分を分析する際は、石灰華がある地点と、無い地点を比較するために、福江島各地でサンプリングした河川水や湧水も対象としました。

3. なにが分かったのか（結果と考察）

柏漁港から高崎鼻にかけての海岸の崖の下には、ごく一部の場所で大きさが最大で数 m の石灰華がまとまって分布していることがわかりました。それらの形態はドーム状・シート状・つらら状など様々なものがあります。この地域では温泉は湧出していないので，これらの石灰華「トゥファ」ということとなります。これらのトッファはすべての場所でその背後または上方にある砂の地層から染み出す小規模な湧水が認められました。この砂の地層は、かつて形成された古い砂丘であり、万葉公園周辺の砂丘を作る砂と同様の白い砂からできています。この白い砂は，かつての海岸の砂浜の砂（貝殻・サンゴ片・プランクトンの殻）を母材としており，石灰質に富んだ成分のものです。

石灰華周辺の湧水の化学分析を行った結果、この砂丘を構成する砂の成分が溶け込み、石灰分を堆積させやすい成分（重炭酸やカルシウムなど）を多量に含む水であることがわかりました。つまりこれらの石灰華は、背後に石灰分に富む砂丘の地層があったことで、そこを通過し

てきた地下水の湧き水によって形成された、と言えます。次に石灰華の要因となっている水が湧く砂丘の形成年代測定を行ったところ、約 12 万年前頃の「最終間氷期」と言われる時代に堆積・形成した可能性が高いことがわかりました。さらに湧水そのものの年代測定をおこなった結果、約 1400 年前頃、という結果が得られました。この湧水は雨水起源と考えられ、その場合、日本列島では雨が降って地下水となった後、数年から数 10 年で湧出する場合がほとんどです。水の年代測定結果が 1400 年前であったことは実際の年代を示しているわけではなく、地下水として 12 万年前の砂丘の中を通過してくる際に、砂丘の石灰分を新しい水に溶存させながら通過してくることを示していると考えられます。つまり、この年代測定の結果も、石灰華を作る湧き水の成分が背後の砂丘の影響を強く受けていることを示す証拠の一つと言えます。

石灰華の形成年代を推定するために，石灰華の表面近くの中に埋没した貝殻を用いて年代測定をおこなったところ、約 1000 年前の貝殻であることがわかりました。また、石灰華の一番下の部分の石灰質な結晶部分などの年代測定をおこなったところ、約 6000 年前頃という年代値が得られました。現在の石灰華を形成する湧水が 1400 年前という年代を示すので，仮に石灰華形成開始時も，実際の年代より 1400 年分の「底上げ」があったとするならば、石灰華の形成開始年代はおよそ 4500 年前頃、となる可能性もあります。約 5〜4 千年前頃は，日本列島の気候環境がほぼ現在と同様になった時代であることが分かっています。また、ここでの石灰華は，地形・地質学的な保存状態や海岸地形の変化の歴史などを考えると、何万年も前から存在するわけではなく、数千年前から形成を開始し現在も形成中、という石灰華の生い立ちは矛盾のあるものではありません。

以上の結果から、

・柏漁港〜高崎鼻の海岸には複数の石灰華があり、それらはトゥファに分類される

・これらのトゥファは、その背後にある古砂丘の地層を地下水が通過する際に溶け込んだ石灰分が堆積することによって形成された

・これらのトゥファは、おそらく現在と気候環境や地形的位置づけが現在と類似する状態となった数千年前（4500 年前頃？）に形成を開始した可能性が高く、現在も形成中である

ということがわかりました。なお本地域では、石灰華が認められない場所においても崩落や高波によって「破壊された石灰華の転石」や、石灰華に関連する鉱物（方解石の結晶）が発見されました。つまり、現在石灰華がない場所にも石灰華がかつて形成されていた場合があることや、消滅と成長を繰り返している可能性もあります。

福江島のトッファは、日本列島のトゥファ報告事例の北限付近に位置することや、などから，地域資源および学術的希少性の価値が大変大きく貴重な事例であることが明らかとなりました。今後はトッファの形成開始年代についてのさらに詳細を明らかにした上で、トッファの詳細な分析や、トッファの形成と侵食・崩落による消滅の歴史についての調査を行い、福江島の環境変化やジオ景観の変化についての記録を読み解いていきたいと考えています。

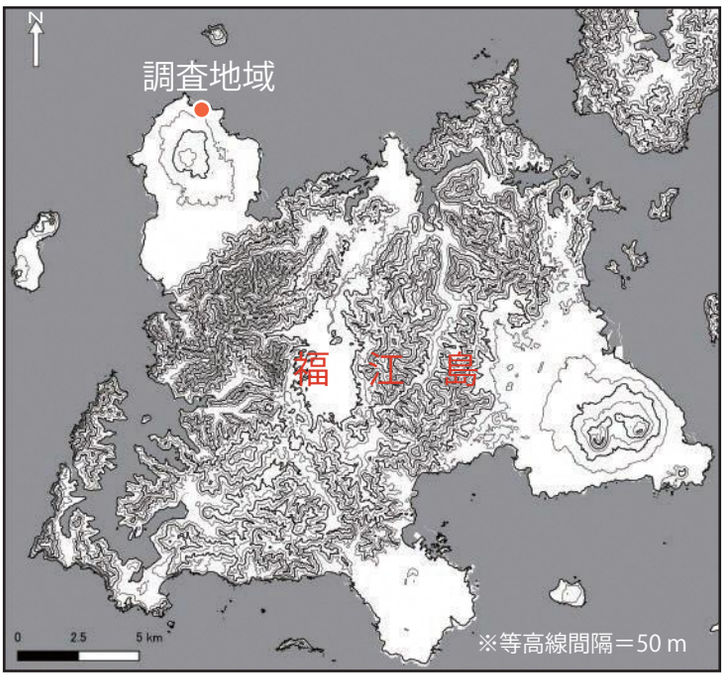

図１　本研究の主な調査地域

図２　柏漁港～高崎鼻間の石灰華分布地域
複数枚のドローン画像を合成して作成.

図３　石灰華地帯１のドローン写真
崖を覆うようにシート状に石灰華が分布する.

図 4　石灰華地帯 2 のドローン写真（奥が高崎鼻側・右が柏漁港側）
崖を覆うようにシート状に分布するタイプだけではなく，つらら状や崖の基部にドーム状の石灰華が分布する.

図 5　石灰華地帯 2 のドローン写真（図 4 の裏側）
崖を覆うようにシート状に分布するタイプだけではなく，つらら状や崖の基部にドーム状の石灰華が分布する.

図 6　石灰華地帯 2 のドーム状の石灰華

図 7　石灰華地帯 2 のつらら状の石灰華

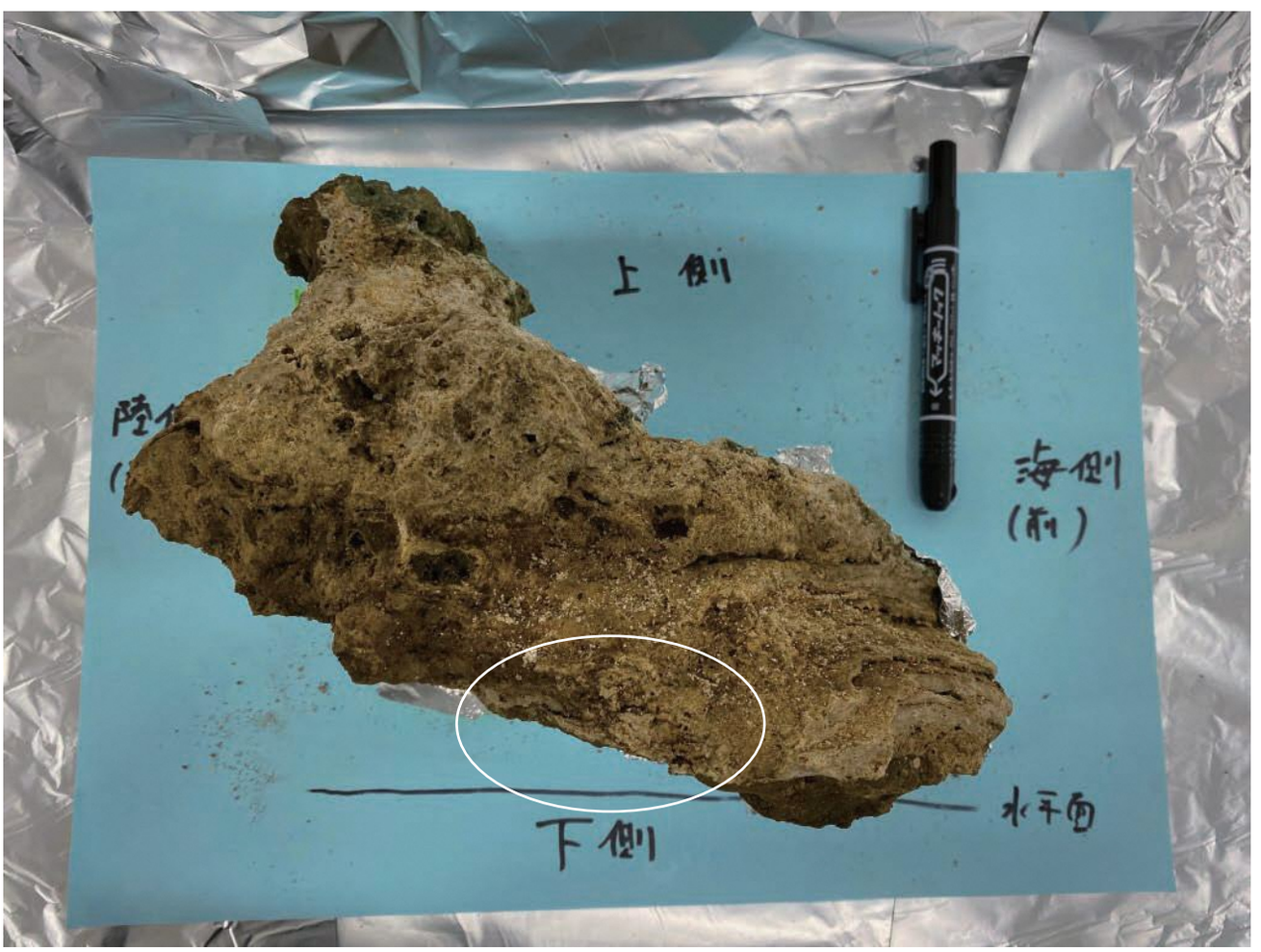

図 8　ドーム状石灰華の基部（一番下の部分）のサンプルの断面
石灰華の断面は成長に伴うシマシマの構造が見える場合がある（〇の部分）.

図 9　ドーム状石灰華の上部より流れる湧水
湧水は上方の砂丘砂下部より染み出している．水の年代は約 1000 年前という結果が得られたが，実際には砂丘砂中の古い時代の成分を取り込んだ，新しい時代（数 10 年以内）の雨水が地下水化したものと考えられる．

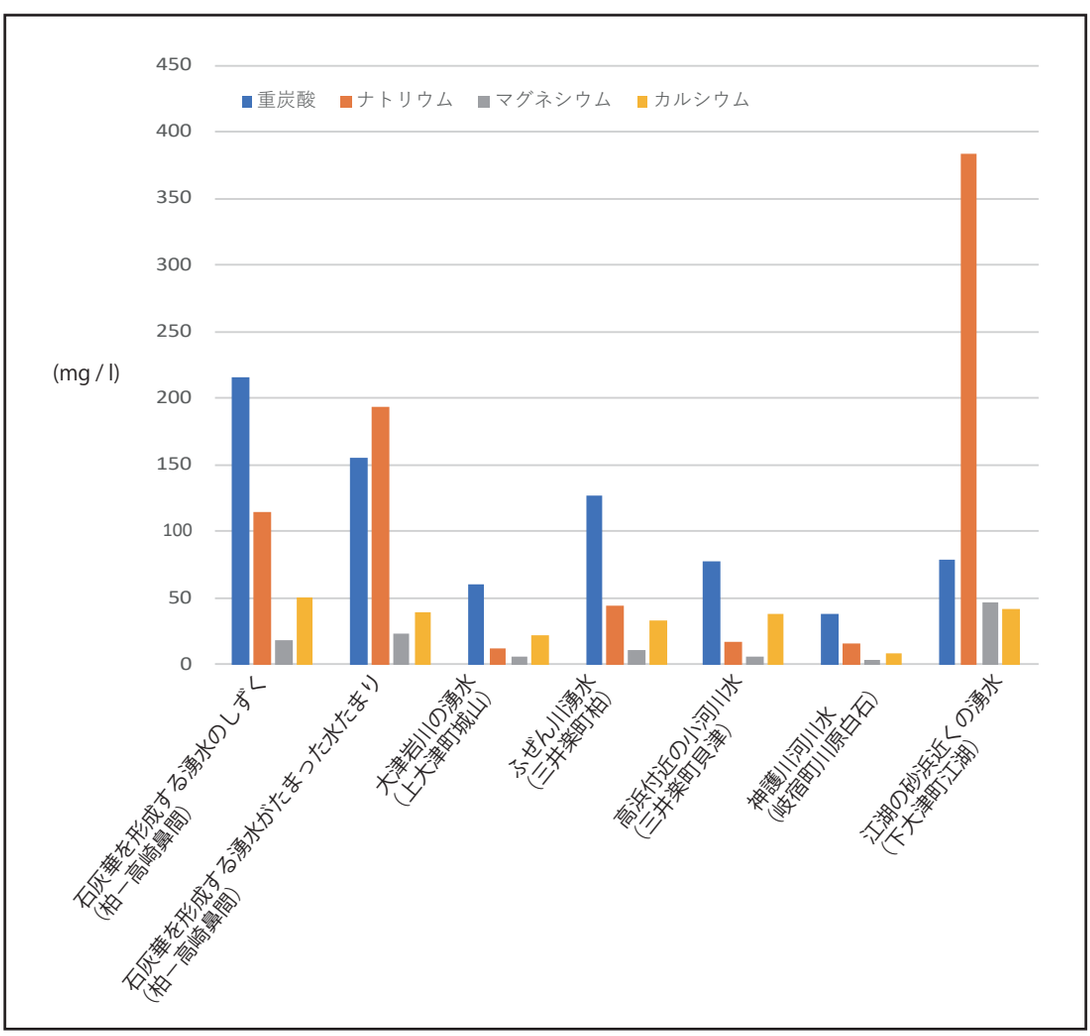

図 10　石灰華周辺と福江島各地の石灰華が無い地点の湧水・河川水の化学分析結果
重炭酸とカルシウムが石灰華の形成に大きくかかわる成分．石灰華周辺の水（左 2 地点）が特にカルシウムとナトリウムの濃度が高い．ナトリウム・マグネシウムは海水の影響を示す．