

実施報告書

実施年度	令和 3 年度
研究テーマ	クロキツタの保全に向けた分子生物学的アプローチ
団体名（所属）	神戸大学内海域環境教育研究センター
代表者名（氏名）	羽生田 岳昭
要約 (1,300 字程度)	クロキツタはアオサ藻綱イワツタ目に分類される海藻類の 1 種であり、日本においては隠岐島（別府湾）で初めて発見された。当初は紅海と隠岐島のみで生育が確認されていたことなど、その貴重さから海藻類の中では唯一その生育地の一部（西ノ島町別府湾、海士町菱浦湾）が天然記念物に指定されている。また、環境省のレッドリストで準絶滅危惧種に指定されている他、島根県や愛媛県のレッドデータブックでは絶滅危惧種に指定されるなど、保全対策が必要とされている。 保全のためには、対象となる生物の繁殖生態を知り最適な対策を取る必要がある。クロキツタの場合、繁殖方法としては有性生殖（雌雄の個体から放出される配偶子が接合）と栄養繁殖（藻体の断片が無性的に成長）が知られているが、個体群の維持にどちらがどの程度寄与しているかは不明であり、集団や生育地域の間における繁殖方法の違いについても不明である。本研究では、昨年度開発したクロキツタのマイクロサテライトマーカーを使用して隠岐島及び伊方町で採集したサンプルの解析を行い、集団内及び集団間の遺伝的多様性を明らかにすることによってクロキツタの個体群維持の仕組みを理解することを目的とした。また、昨年調査を行っていない中ノ島の他、これまでクロキツタの生育が確認されていない知夫里島での調査を行い、クロキツタの生育状況の確認を行うことを目的とした。 令和 3 年 7 月 9 日から 12 日にかけて、中ノ島の 3 地点（松ヶ崎、豊田漁港、菱浦湾）及び知夫里島の 3 地点（郡、渡津海海水浴場、長尾海水浴場）において、スノーケリングによるクロキツタの調査、採集を行なった。その結果、中ノ島の 3 地点においてクロキツタの生育を確認し、遺伝的解析用のサンプルを採集した。一方、知夫里島でのクロキツタの生育は確認されなかった。 採集したクロキツタの標本作成、DNA 分析用の処理（採集個体の一部をシリカゲルで乾燥させ、保存）を行なった他、処理済のサンプルからの DNA 抽出、マルチプレックス PCR の条件検討を行なった（増幅される断片長を考慮しつつ 21 のプライマーセットを 3～7 つずつに分け、マルチプレックス PCR の条件を検討）。 マルチプレックス PCR の条件検討を行った 21 遺伝子座のうち 20 遺伝子座を用い、8 集団 112 個体（島後 2 集団、西ノ島 2 集団、中ノ島 3 集団、伊方町 1 集団）を対象としたフラグメント解析を行い、各個体の遺伝子型を決定した。クローン識別の結果、遺伝子型が全て一致した個体は同一集団内のみ確認され、その割合は集団間で大きく異なっていた（0～41.7%）。STRUCTURE 解析の結果、最適なクラスター数は 2 であり、伊方町と隠岐諸島に区分された。この結果は主成分分析でも支持されていた他、隠岐諸島の集団では、外浜海水浴場の集団がそれ以外の集団と遺伝的に区別されることが示唆された。遺伝的分化を示すペアワイズ F_{st} の値は全ての集団の組み合わせにおいて有意であり、集団間の遺伝的分化が示唆された。これらの結果は、適切な保全単位を明らかにする上で非常に重要であると考えられ、遺伝的多様性を保つには個々の集団の保全が必要であることを示唆している。

実施報告書

実施年度	令和 3 年度
研究テーマ	隠岐島前カルデラの形成史：陥没から隆起まで
団体名（所属）	室蘭工業大学
代表者名（氏名）	後藤芳彦
要約 (1,300 字程度)	本研究は隠岐ジオパーク学術研究奨励事業の 3 年目になります。奨励事業最初の 2 年間は、隠岐島前のカルデラ陥没から隆起までのヒストリーの解明に重点を置いて研究を行いました。本年度は、カルデラ陥没前の火山(外輪山溶岩を形成した火山)について、その噴火様式や噴火環境を明らかにすることを目的として、調査・研究を行いました。 野外調査は西ノ島で行い、特に西海岸（国賀海岸、摩天崖、三度崎など）を詳細に調査しました。調査の結果、カルデラ陥没前の火山は、玄武岩質溶岩とスコリアの互層、およびそれらに貫入した数多くの貫入岩体（岩脈、シルなど）からなることが明らかになりました。それらの産状について以下に報告します。 溶岩は、ほとんどが薄いシート状の形態（厚さは 10m 以下）をなし、溶岩の傾斜は、ほぼ水平から 20 度以下です。溶岩の内部は塊状（massive）で、良く発泡している（気泡のサイズは最大 50mm ことが特徴です。今回の調査では、カルデラ陥没前の火山が、陸上で噴火したのか、それとも海底で噴火したのかを明らかにするため、シート状の溶岩ではない「枕状溶岩」を探しました。しかし、枕状溶岩は発見できませんでした。枕状溶岩は、水中噴火を示す明らかな証拠となるため、その存在は非常に重要です。このため、調査は陸上だけでなく、船舶（定期観光船）を用いて、隠岐島前の西海岸（国賀海岸など）の洋上からの調査を 2 回行いました。しかし、洋上からの調査でも、枕状溶岩を見出すことはできませんでした。なお、枕状溶岩は発見できませんでしたが、枕状溶岩のように入りくんだ形態を示す溶岩（ラバーローブ）は、洋上からの調査で見出され、一部の溶岩は水に接触していた可能性は高いと考えられます。 貫入岩体（岩脈など）は、小規模なもの（幅数 m 以下）から、大規模なもの（数数百 m）まで様々な規模の貫入岩体が見られます。多くの岩脈は、板状の典型的な岩脈の産状を呈しますが、一部には、枕状溶岩のように入りくんだ形態を示すものが見出されました。この枕状溶岩のように入りくんだ形態を示す貫入岩体には、水冷による周縁急冷層がみられました。したがって、貫入岩体の一部は、未固結の含水堆積物（海底などに堆積した堆積物）に貫入したと考えられます。 以上のように、カルデラ陥没前の火山の噴火環境については、隠岐島前のどの地点からも典型的な枕状溶岩の露頭が見つからないため、未解明な部分が多いです。しかし、枕状溶岩のように入りくんだ形態を示す溶岩（ラバーローブ）や、枕状溶岩のように入りくんだ形態を示す貫入岩体の一部の地域から見出されことから、少なくとも火山の一部は海底であった可能性が高いと考えられます。カルデラ陥没前の火山は、一部分が陸上に顔を出していた海底火山であった可能性が高いと思われます。 過去 3 年間（令和元年度、令和 2 年度、令和 3 年度）の地質調査結果を統合すると、隠岐島前は、一部分が陸上に顔を出している海底火山として成長し、その火山が噴火中にカルデラ陥没したと考えられます。カルデラ陥没後には、マグマの貫入が起こり、カルデラフロアーが隆起したと考えるられます。焼火山を中心とした、隠岐島前のユニークな地形は、このようにして形成されたのでしょうか。このような現象は、カルデラリサージェンス（カルデラの再生）と呼ばれており、隠岐島前はリサージェントカルデラ（再生カルデラ）であると考えられます。

実施報告書

実施年度	令和 3 年度
研究テーマ	隠岐諸島におけるミズナラ群落の植生と気候条件
団体名（所属）	島根大学生物資源科学部環境共生科学科
代表者名（氏名）	江上 昌希
要約 (1,300 字程度)	隠岐諸島は独自の植物分布を持つことが知られている。なかでもミズナラ (<i>Quercus crispula</i>) は隠岐特有の植生を構成する代表的な樹種であり、本州では冷温帯を中心に分布する。先行研究（立花 2020）では隠岐諸島のミズナラが北西部に多く分布し、気候が影響している可能性が示唆された。そこで本研究では、ミズナラがどのような樹種と共存して植生を形成しているかを気象条件と共に明らかにする。 調査地は、先行研究で確認されたミズナラが生育する場所と生育していない場所の以下の 5 カ所とした。ミズナラが確認された低地暖温帯である尾白鼻、ミズナラが確認された山地冷温帯である大満寺山、ミズナラが生育していない山地暖温帯である高田山、隠岐諸島内でミズナラが確認されている南限である高崎山、高崎山よりも南に位置する山地暖温帯である焼火山。 尾白鼻、大満寺山、高崎山、焼火山の調査地において、群落高を基準に調査方形区を決定し群落高 (m) と植被率 (%）、生育している樹木の種名と被度を記録した。また、尾白鼻、大満寺山、高崎山の調査地において、胸高直径 5 cm 以上の樹木を対象に胸高周囲長を計測した。 また尾白鼻、大満寺山、高田山の調査地に温湿度計を設置しデータを回収した。設置場所は先行研究を引き継いでおり、測定期間は 2019 年 11 月 28 日～2021 年 12 月 12 日の約 2 年間とした。 植生調査および毎木調査の結果、尾白鼻は高木層にアカマツが生育し、ミズナラを含む落葉広葉樹は亜高木層に生育していた。尾白鼻は暖温帯の海岸林のような植生となっており、暖温帯の代表的な樹種であるヤブツバキも確認された。大満寺山は、ミズナラをはじめとする落葉広葉樹が優占し、隠岐の代表的な常緑針葉樹のスギも生育していた。大満寺山は隠岐の冷温帯の代表的な植生と考えられる。一方、高崎山は、ミズナラが高木層にみられるが、樹高は低く直径も小さく、風衝地の植生と考えられる。また、暖温帯の代表種であるヤブツバキと混生していた。焼火山は、ミズナラはみられず、スダジイやアカガシが優占している照葉樹林であることが確認された。以上の植生の特徴より、尾白鼻、大満寺山、高崎山の調査地にミズナラは生育しているが、尾白鼻と高崎山の植生はより暖温帯、大満寺山はより冷温帯の植生に区分することができる。 温湿度ロガーのデータ結果から尾白鼻、大満寺山、高田山の月平均湿度を比較すると、尾白鼻と高田山では、やや尾白鼻の方が高い月が多いものの大きな違いはみられなかった。尾白鼻と高田山が 80%～90%代を推移しているのに対し、大満寺山は 40%代を計測し、データの記録に問題がある可能性があった。月平均気温は尾白鼻が 1 年を通して他の 2 地点より高く、次いで 2 番目に標高が高い高田山、最後に最も標高が高い大満寺山の順であった。3 地点の気温は 12 月から 2 月にかけての季節に差が大きくなった。気温の高い尾白鼻と気温の低い大満寺山にミズナラが群落で生育しているが、高田山にはミズナラの群落がみられないため、標高による気温だけではミズナラの生育条件を決定できない。

実施報告書

実施年度	令和 3 年度
研究テーマ	隠岐諸島に生息するツチガエル (<i>Glandirana rugosa</i>) の進化的起源の謎に迫る
団体名 (所属)	島根大学
代表者名 (氏名)	高原輝彦
要約 (1,300 字程度)	ツチガエル (<i>Glandirana rugosa</i>) は、国内で広く見られる一般的なカエルの一種であるが、学術的価値が極めて高いことはほとんど認識されていない。本種の性染色体と性決定機構に着目してみると、1 種内に異なる 2 つの性決定機構を備える生物はツチガエルだけである。また、島嶼環境をもつ隠岐諸島は、約 1 万年前に現在のような離島になったと考えられており、隠岐のツチガエルもまた、佐渡島のサドガエルのように別種として進化してきた可能性を秘めている。しかしこれまで、隠岐のツチガエルの系統進化に着目した研究はほとんどなく、本種の由来や系統的位置づけについてはよくわかっていない。そこで本研究では、隠岐に生息するツチガエルの系統進化の歴史と遺伝的多様性を明らかにすることを目的として取り組んだ。 まず申請者らがこれまでに有木川上流の大満寺登山口付近（標高 300m 付近）において、オキサンショウウオ・オキタゴガエルと同所的にツチガエルが生息していることを確認していたことから、ツチガエルの成体が活発に活動する 9 月初旬に採集調査を実施した。調査は 9 月 2 日-3 日において隠岐島後の有木川上流地点 (36° 14' 41.0"N、133° 19' 29.5"、標高 257m 付近) において実施した。その結果、ツチガエル 23 個体を採集した。それらのうち、20 個体は麻酔後、DNA 抽出用として指の先端部分を採取した。なお、これらの個体は麻酔から問題なく回復した後、採集した場所に再放流した。また、残りの 3 個体は形態観察などのために大学へ持ち帰ったが死亡したため（原因不明）、死体を冷凍保管して、後日、他のサンプルと同様に DNA 抽出を実施した。 つぎに、有木で採集されたツチガエル個体のミトコンドリアの 12SrRNA 遺伝子配列を対象にした分子系統解析を実施したところ、有木で採集された個体は都万地域で採集された個体と系統的に非常に近いことが明らかになった。加えて、都万個体の結果は中国地方のグループに属していたことから、本土と隠岐のツチガエルでは系統的に大きな違いがないことが示唆された。 さらに、本土と隠岐のツチガエルの遺伝的多様性の違いを明らかにするため、マイクロサテライトを対象にした遺伝マーカーの開発を進めた。そのために、以前に採集済みの組織抽出 DNA サンプルと今回採集したサンプルを用いて、nanopore シークエンサーを用いたツチガエルの全ゲノムの遺伝配列（ミトコンドリアゲノム）の決定を行い、現在、結果の精査を進めている。加えて、ツチガエルのマイクロサテライトマーカーの候補プライマー計 208 本（104 セット）を選抜するところまで進めることができた。現在、購入したプライマー 104 セットを用いて、PCR 実験による増幅効率と多型性の検証を実施しており、順次、隠岐のツチガエルの遺伝的多様性を明らかにしていく予定である。 以上により、本研究では隠岐のツチガエルの系統的位置づけの一端を明らかにすることができたと考えている。しかしながら、現時点では隠岐のツチガエルが新種である可能性は高くはないが、今後、隠岐と本土のツチガエルの遺伝的多様性の違いなどを明らかにすることで、新規な発見に繋がることが期待できる。

実施報告書

実施年度	令和 3 年度
研究テーマ	「隠岐諸島島後における <i>Odontochilus</i> sp. (ラン科) の遺伝子解析および形態学的特徴」
団体名 (所属)	株式会社ウエスコ環境調査課
代表者名 (氏名)	針本翔太
要約 (1,300 字程度)	ラン科イナバラン属に含まれるハクウンランの仲間は国内で 3 種確認されている小型のラン科植物である。そのうち、ハクウンランは日本の本州・四国・九州の冷温帯地域、ヤクシマヒメアリドオシランは本州・四国・九州・屋久島・琉球の暖温帯地域に分布しており、両種とも個体数または生育箇所が限定的であることから概ね各都府県で絶滅危惧種に指定されている。 これまで、島根県では 1986 年に隠岐諸島島後にてハクウンランが確認されて以降、生育に関する詳細な情報はなかった。こうした中、2020 年に同島でヤクシマヒメアリドオシランと思われる個体が確認されたが、詳細な種の同定には至らなかった。 そのため、本研究では島根県隠岐諸島内で確認されたハクウンランの仲間の種の同定および形態学的な特徴を把握するため、ITS 領域による系統樹の作成および葉緑体ハプロタイプから本種の系統地理を明らかにした。さらに、本種の唇弁を含む形態学的な特徴を明らかにした。 調査地は島根県隠岐諸島島後（隠岐の島町）にある 3 箇所の生育地とした。遺伝子解析による種の同定には、ITS 領域を対象とした塩基配列による系統樹の作成を行った。また、本種がヤクシマヒメアリドオシランであった場合は既報告にならない、本種の葉緑体ハプロタイプによる系統地理の解析を行った。また、本種の生育地の植生を把握するため、植物相調査を実施した。さらに、隠岐諸島には異なる唇弁の形態をもつ個体が確認されたことから、唇弁を 3 タイプに分け（円形型、三角型、台形型）、それぞれの唇弁の長さ、幅、裂片の深さを記録した。 本調査の結果、隠岐諸島で採取したサンプルは、ITS 領域における全ての塩基配列が“ヤクシマヒメアリドオシラン”と一致した。また、葉緑体ハプロタイプからは、これまで明らかにされている南西諸島および中部地方の集団からは確認されなかった単一のハプロタイプ(H-h)から成る集団であることが明らかとなった。さらに、隠岐諸島に生育するヤクシマヒメアリドオシランは、主にアカマツやクロマツ、スギ等が優占する下層植生が乏しい針葉樹林下に生育していた。また、本種の唇弁は各唇弁タイプにより唇弁の横幅や裂片の深さが異なることが明らかとなったものの、全ての唇弁タイプは連続的な変化を示した。 本調査で解析したハクウンランの仲間と考えられるサンプルは、全てヤクシマヒメアリドオシランであることが明らかとなった。また、ハプロタイプの解析では南西諸島（屋久島）から中国・四国・近畿地方を欠き、東海地方（岐阜県・長野県）を対象としていることから、本調査による隠岐諸島への移入経路等については断言できないものの、島嶼による地理的隔離から単一のハプロタイプに固定された可能性が高い。また、本種の唇弁の形態は諸島内で比較したため、大きな違いは見いだせなかったが、今後他地域と比較する際の調査手法を確立することができた。

実施報告書

実施年度	2021 年度
研究テーマ	変花崗岩類と変成岩類による 2 億 5000 万年以前の隠岐の地史の解明
団体名（所属）	島根大学総合理工学部地球科学科
代表者名（氏名）	平井智望 担当者：平井智望(変花崗岩)，高橋瑞季(変成岩)
要約 (1,300 字程度)	本研究の大目的は、隠岐の 2 億 5000 万年以前の地史の解明である。そこで、(1) 変花崗岩類を用いた当時の火成活動場の解明と(2) 変成岩類を用いた当時の変成履歴の解明という 2 つのテーマを設定した。以下に本年度実施した研究成果を報告する。 (1) 隠岐島後の隠岐変成岩類の地域に分布する変花崗岩について、東部（卯敷、南谷）、北部（元屋、飯美）、西部（銚子川付近）の調査を実施した。ここでは変花崗岩類の分布をおさえながらサンプリングを行い、持ち帰った試料の薄片観察に基づく岩石記載を実施した。薄片観察については 2020 年度の藤原による南部地域のものも含めた。この結果、変花崗岩と一括された岩石は鉱物組合せの違いから両雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、白雲母花崗岩の 3 種に区分された。各岩相と採取位置を比較すると、3 つの岩相とも隠岐変成岩類の全域に満遍なく分布することが分かった。また、変花崗岩類の活動場について全岩化学組成により検討した。ただし、本年度は島根大学の蛍光 X 線分析装置（XRF）に不具合があり、亀井研究室に保管されている隠岐変成岩類の南部試料のデータのみで行った。この結果、火山弧型・衝突帯型・プレート内型の 3 種類の花崗岩の存在が示唆された。Cho et al. (2021) では火山弧型のための報告に留まるため、重要な発見となった。隠岐帯の地質学的位置づけは韓半島との対比が大事となるが、この 3 種の活動はまだ韓半島に確認できず今後の課題である。 (2) 隠岐変成岩類分布地域である中村、元屋、飯美、布施、卯敷の各地域にて野外調査および岩石記載をおこなった。現地調査の結果、これまでに報告されている苦鉄質グラニュライト（単斜輝石+斜方輝石+斜長石）や角閃岩（Ca 角閃石+斜長石+石英）に加え、新たにザクロ石角閃岩（ザクロ石+Ca 角閃石+斜長石+石英）を発見した。また、斜長石と両輝石（単斜輝石+斜方輝石）の粒界には Ca 角閃石や黒雲母といった角閃岩相下で形成される鉱物が生じている。加えて、Ca 角閃石はコアからリムに向かって Ti 量と K 量が減少する累帯構造をもち、これは Ca 角閃石が冷却時に成長したことを示す。ザクロ石角閃岩中のザクロ石は Fe-Mg 角閃石を包有し、また苦鉄質鉱物を取り巻くようにして苦鉄質鉱物と斜長石の粒界に発達するコロナ状ザクロ石が確認された。以上の苦鉄質変成岩にみられる多様な鉱物共生や反応組織は、グラニュライト相のピーク温度（830–815℃、6kbar 程度）からの加水を伴う後退変成作用のあいだの、それぞれ適当な温度圧力条件下で形成されたものと解釈できる。このような苦鉄質岩による精密な変成作用の解析は今回の新知見となった。

実施報告書

実施年度	2021 年度
研究テーマ	隠岐・島後地域における地場石材の利用と集落景観の活用に向けたまちなみ調査 ーグリーンタフおよび隠岐片麻岩の石材利用に関してー
団体名（所属）	大阪大学
代表者名（氏名）	島田 広之
要約 (1,300 字程度)	地場石材を建材とした地産地消の住宅建設は、地域の流通システムや人々の営みの中で独特の景観として立ち現れる。その景観は近年、地域性として評価され、観光資源や地域アイデンティティ醸成のための資源として注目されてきている。例えば、御影石や大谷石、玄武岩の石材利用について、地域での利用実態の解明や保存状態などの把握を目的とした研究が行われてきた。これらの研究は地域資源としての石材の魅力を再発見する契機にもなり得るものである。 隠岐ユネスコ世界ジオパークにおいても、緑色の凝灰岩であるグリーンタフや隠岐片麻岩などが各地で確認され、地質的な特徴となっている。それゆえに当該地域の鉱物資源はこれまでも研究が進められてきた。しかしながら、地質学的あるいは層序学的な観点から議論されることが多く、石材としての地域での利用実態にはあまり着目されてこなかった。 そこで本研究では、島根県隠岐・島後地域の複数の集落を対象として、特にグリーンタフと片麻岩の利用実態、建材利用の分布と景観に関する調査を実施した。調査方法としては、まずは Google Maps を活用し、隠岐・島後地域における石材利用箇所の分布を確認し、地図上にプロットする。作成したプロット図をもとに、特徴的な地域に焦点を当て、実地調査を行う。また、目視だけではわからない情報を文献調査やインタビュー調査等で補うという流れである。調査の結果、隠岐の島町における石材利用の傾向について、特色ある岩石の種類としては島後産の隠岐片麻岩、グリーンタフ（緑色凝灰岩）、玄武岩（マントルゼノリスを含む）等の他、本土から移入された来待石などがあることがわかり、特に石垣に着目してみると西村集落と北方集落は傾斜地に石垣を有する建物が多く見られ、傾斜地の少ない布施集落には石垣がほとんど確認されなかった。さらに北方集落では、グリーンタフが主な石材として用いられている一方で、西村集落では玄武岩質の火山岩が主な石材として用いられていることが明らかになった。 本研究の隠岐ユネスコ世界ジオパークへの効果は、石材の地域利用の空間分布を調査することで、ジオパーク内の地質資源と人為的な営みとの融合による独自の景観形成の可能性が指摘された点である。ジオサイトはこれまで、隠岐島住民の居住していない非居住エリアでの指定が多かった。しかし、本研究の成果により、「グリーンタフの石垣郡」として住民の住む居住エリアにも指定し得る可能性を得た。だが現状の調査では、グリーンタフを使用した石垣を住民が如何に維持管理しているかは明らかになっておらず、今後、地域住民によるこれまでの石垣維持管理の実態を明らかにすることで、ジオパークの掲げる「大地」と「人の営み」の関係性をより目に見える形でジオサイトとして発信できると考える。さらに、現在の維持管理実態はグリーンタフの美しい石垣を次世代へ継承するための重要な指針となり、他地域への応用も考えられる。