

No.	採取場所(座標)	採取量(g)	No.	採取場所(座標)	採取量(g)	No.	採取場所(座標)	採取量(g)
1	(-2.01, 6.20, -7.90)	1.84	13	(21.60, 4.42, -16.49)	0.98	25	(29.48, 2.40, -16.10)	0.70
2	(-2.11, 6.16, -7.32)	0.22	14	(21.52, 4.51, -16.78)	0.83	26	(34.25, 6.02, -24.75)	1.53
3	(-2.15, 6.11, -7.42)	0.29	15	(21.45, 4.46, -17.07)	0.99	27	(34.27, 6.00, -24.64)	1.26
4	(-2.30, 6.18, -7.72)	0.64	16	(23.57, 3.52, -15.09)	0.58	28	(33.43, 6.12, -24.10)	1.42
5	(-2.15, 6.16, -7.78)	0.73	17	(23.54, 3.64, -15.06)	0.06	29	(33.50, 6.15, -24.18)	1.29
6	(-2.17, 6.17, -7.97)	0.68	18	(23.59, 3.64, -15.13)	1.08	30	(33.27, 6.00, -23.93)	1.46
7	(-2.34, 6.14, -7.97)	1.29	19	(23.45, 3.68, -15.06)	0.72	31	(35.13, 5.92, -26.88)	1.48
8	(-2.31, 6.15, -7.90)	1.23	20	(23.72, 3.51, -15.11)	0.43	32	(35.05, 5.95, -26.93)	0.64
9	(-2.39, 6.12, -8.10)	1.41	21	(26.69, 2.71, -14.93)	3.07	33	(36.17, 6.16, -27.65)	0.66
10	(-2.15, 6.16, -8.06)	1.09	22	(26.20, 2.64, -15.37)	1.19	34	(36.11, 6.21, -27.63)	1.30
11	(-2.33, 6.14, -7.93)	2.10	23	(29.52, 2.32, -15.75)	0.35	35	(36.34, 6.22, -27.66)	0.97
12	(10.05, 8.66, -17.23)	3.38	24	(29.74, 2.48, -15.85)	1.11	36	(36.31, 6.23, -27.64)	1.50

表1はサンプリング番号、採取場所3D内部座標、およびサンプル採取重量の対称表である。地形情報の3Dスキニングを経ることで、複雑な洞窟内においても、どのサンプルがどの地点から採取されたものであるかを示す帰属情報が正確に記録された。

## 6. マイクロスフィアスクリーニング法によるガス産生代謝微生物の選択分離

本研究室では、一般的な微生物の分離法とは異なり、代謝産物がガスを形成するかどうかを基準にして、それ以外の微生物群からガス産生微生物を分離する方法を開発した。平均して  $10\mu\text{m}$  の単一の孔を有する直径約  $50\mu\text{m}$  の空洞ガラス球殻(マイクロスフィア 図15)の内部に微生物を吸引して取り込んで培養すると、代謝の過程でガス成分を供給する微生物を含むマイクロスフィアは、その内部の溶存ガス成分の拡散が抑制されるため、比較的短時間のうちに溶存ガス濃度が溶解度の限界に達して気泡を形成し始める。その結果、ガス産生微生物を含むマイクロスフィアのみがその浮力で浮上し、それ以外のマイクロスフィアから分離される。一定時間後のマイクロスフィアの浮上数をカウントすることにより、試料中のガス産生微生物のポピュレーションを決定することができる。

マイクロスフィアスクリーニング法は、微生物が産生したガスの浮力を利用した分離法であるが故に、この方法が機能するためにはいくつかのハードルがある。まず、ガラス容器に導入される微生物群はその孔よりも小さいものに限られる。また、代謝が進んでガスを産生するためにはそれに見合った栄養物のガラス容器内への有効な導入が確保されなければならない。微生物が遊泳して容易にガラス容器から抜け出す場合も検出効率が下がる。

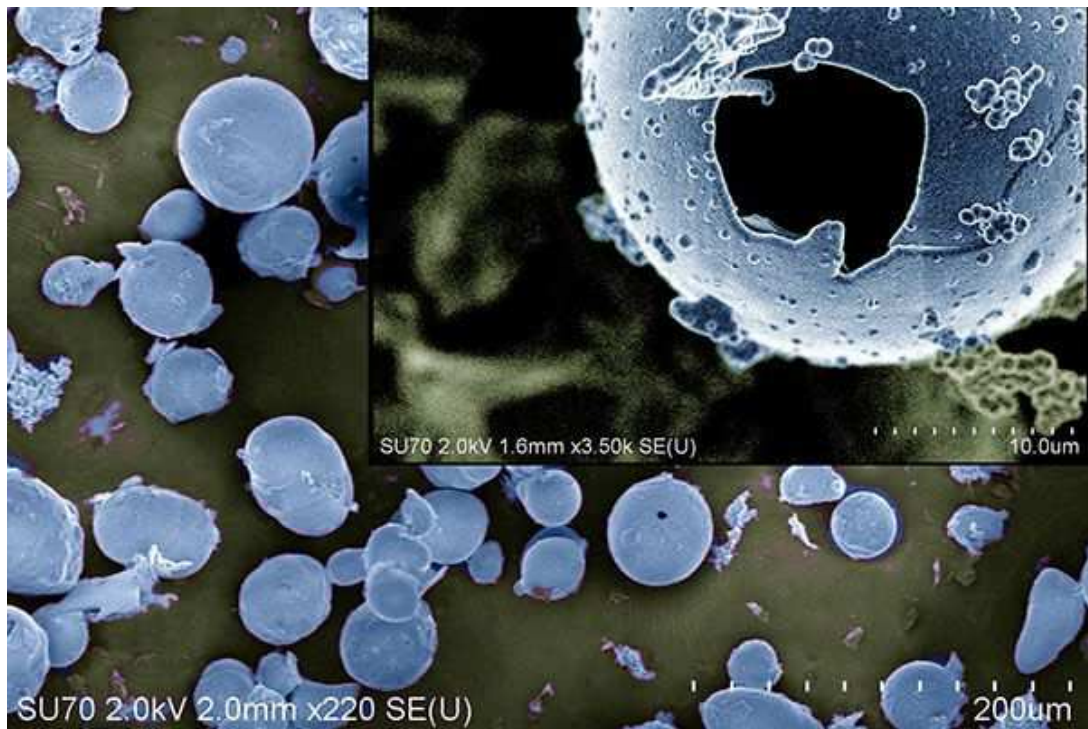


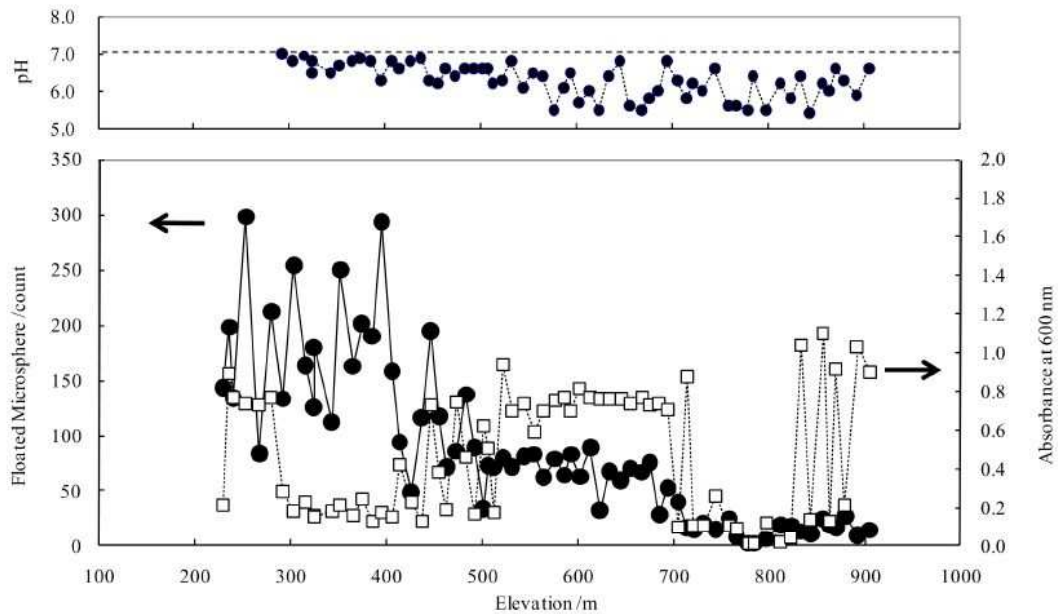
図 15 有孔ガラスマイクロスフィア

そして最も重要な条件は、浮上するまでに必要な培養時間があらかじめ見積もれないという困難である。既知の培養可能な微生物群については増殖速度や代謝速度が知られているため、その中から有用な微生物を分離するには最大でも分裂速度から算出される平均世代時間かその数倍程度でよいことが期待されるが、環境微生物のほとんどが難培養性の微生物であり、その増殖速度も容易には見積もれないだけでなく、常識はずれに長い時間を要する場合もある。

過去の実施例として、屋久島土壌のガス産生能をモッコム岳の標高別に調べたケースがあり、一般的な土壌微生物に対して 24 時間の培養を施すだけで、多くのガス産生微生物が浮上してカウントされ、標高の高いところにはガス産生微生物の多様性が低い分裂速度の速い微生物群が見つかるのに対し、標高の低いところでは非常に多様なガス産生微生物が見つかるにもかかわらず、それらがほとんど分裂しないという対称的な結果を得た (図 16)。

一般に、炭素源が豊富な環境でない限り、代謝や分裂速度が速い生態は炭素源の速い枯渇を招いてしまうため著しく不利である。洞窟環境のような極端に炭素源が制限された代謝の困難な環境では、分裂もガス産生もともにゆっくり進行するため、ガラス容器の浮上を観測するためにはケタ違いに長い培養期間を要すると予想される。2020 年 3 月以降、順次宝島観音堂洞窟のサンプルに対してマイクロスフィアスクリーニング法を適用して解析する予定であるが、現

状では浮上は観測されず、また今後も標準的な浮上観測までの時間は数週間から数か月を要するものと見積もっておきたい。



**図 16 屋久島土壌のガス産生能をモッチョム岳の標高別に調べた結果**  
採取地点の高度に対する土壌 pH(上図)、浮上マイクロスフィア個数(下図●)、  
および浮上マイクロスフィアから分離した微生物の 24h 培養後の波長 600nmに  
おける濁度(下図□) (<http://hdl.handle.net/10232/12863>)

## 7. 現地調査活動に付随する地元小中学校訪問と研究紹介

事業計画の段階で本研究の現地調査出張に付随して近隣の小中学校において研究成果や研究意義についてプレゼンテーションする報告会を企画した。研究活動の成果やその背景知識、周辺事情などを地元の皆さんに紹介し、研究の意義をご理解いただくことは非常に重要である。また子供たちに研究の魅力を伝え、環境や生物や、もっと広く工学・科学技術全般に興味を持っていただければ、将来、地域の産業発展に大きく貢献する可能性がある。

当研究室では以前から、島しょ地域出張の際には地域コミュニティへの接触を試み、地域貢献を積極的に行いながら、同時に参加学生の情報発信力の向上を目指した実践活動としても位置付けてきた。将来の企業活動においても、地域住民の理解と協力を得ることで初めて大きく発展した企業は多い。学生参加者の多くは卒業後、企業活動を進めていくうえで、コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力、あるいは一般消費者への説得力を培うことが求められる。この活動を通じて、興味を持ってもらうための話術の中に様々なスキル

が隠されていることを体感してもらうことは非常に重要なことである。

本事業においては、宝島小中学校での研究紹介と体験実験を企画し、鹿児島大学学部生と大学院生のチームによる地域の児童、生徒、または高齢者向けの科学体験実験会開催のご仲介を鹿児島県企画部離島振興課離島振興係にお願いし、鹿児島県鹿児島郡十島村教育委員会教育総務課長のご助力を仰いだ。総務課長にご紹介いただいた宝島小中学校校長と日程・規模・対象出席者について協議させていただいたが、その後残念ながら調査日程中には公務のため校長不在となり、研究紹介と体験実験集会は企画ままで実施しないまま保留となった。移動手段がフェリーのみ限定される離島において、日程調整の難しさを痛感した。この企画の概要として、令和元年 9 月に同じく離島である加計呂麻島にて実施した科学体験実験会をについて以下に紹介したい（図 17）。この企画は、同島三浦集落の高齢者 7 人を対象に「シャボン玉の壊れにくさ」を題材に食品や洗剤を使って高分子効果、粘性、表面張力を知ることができるようにデザインして実施された。

このような活動は参加者の啓蒙ばかりでなく、研究室の学生が科学研究の意義を一般市民に分かりやすく説明する技術を身につける貴重な機会となった。



**図 17 「シャボン玉の壊れにくさを科学で説明する」体験実験会** 鹿児島県大島郡瀬戸内町加計呂麻島三浦集落公民館にて 2019 年 9 月 29 日に実施した。集落の高齢者 7 人を対象に、身近な食品や洗剤またはせんたく糊などを組み合わせると、実際に経験したこともないほど大きなシャボン玉を作ることができ、そのシャボン玉の丈夫さが分子間相互作用によって説明できることを体感した。



図 17 (続き)「シャボン玉の壊れにくさを科学で説明する」体験実験会

## 8. 結論

宝島観音堂洞窟内において組織的な地形データを蓄積して利用することにより、微生物資源を探索する基本的な調査体制が整った。炭素源の導入と蓄積、およびそれを資化する微生物群の進化を仮定し、廃棄物を分解して有用な燃料ガス産生微生物を探索するための土壌サンプリング実施された、サンプリング調査を一定の仮説の元で組織的に行った結果、やみくもにサンプリングするよりも高い効率で未知の有用微生物群が発見されやすくなったと考えられる。また、単なる平面的な地図ではなく 3D地形図を確立することにより、調査に再現性を持たせ、サンプリング調査そのものの巧拙を検証する基礎的なデータが得られたことにもなった。

研究期間内には微生物群の探索そのものは完了していないが、今回サンプリングした試料は今後さらなる分析に供される予定である。本研究を通して、洞窟の地形と内部の物質循環、そして微生物エコシステムへの理解が深まることにより、特殊な環境下で見つかりやすい機能性微生物が今後発見され、その遺伝資源が地域の産業化に貢献する端緒となったのは間違いない。本研究は研究期間終了後も鹿児島大学工学部において継続される予定である。

## 9. 参加者の宝島滞在の印象

今回、宝島は調査の対象であるのみならず、若手研究者の教育の場にもなった。理論を構築し、研究室内で実験結果を検証するだけでなく、実際に現場に出て環境と生物が複雑に相互作用しながら世界を構築し維持し続けているという実感が重要であり、その背景の元に人々の暮らしや社会的・文化的幸福、そして福祉が成り立っている。工学は、広く人類の福祉に貢献するためのテクノロジーを開発して、効率や金銭的価値だけを追求するのではなく、すべての地域が尊厳をもって幸福を追求できる機会を提供する使命を与えられている。参加した学生諸君は、今回の努力がどのようにすれば島民やその周りの人々の幸福につなげていけるかを考えながら、苦しい調査をしてくれたことと思う。このような経験が、宝島を思う若者を増やし、語らせ、人と人をつなぎ、ついには地域の発展へと波及していくのであろう。それぞれにとっての宝島の印象について耳を傾けたい。



### 9. 1. 安達大輔

今回の宝島調査では、洞窟(観音堂)内の土壌サンプリングが一番の目的でしたが、滅多にない機会ということで宝島の自然を感じるアクティビティをたくさ

ん行いました。本土では見ることができないような綺麗なターコイズブルーの海で遊泳したり、島内で一番高い場所にある展望台で食事をしたり、トカラハブを探しながら岬を散策したりと、非日常的な時間を過ごすことができました。全体を通して一番感じたことは、時の進む感覚が普段よりも圧倒的に遅く感じたことです。早朝から自炊をして朝食を摂り、日中活動し、夕飯とお風呂が 20 時には済むという日が毎日で、ほぼ一日中活動していたにも関わらず時間に追われる感覚を全く感じませんでした。このように感じた理由を自分の中で二つ考えました。一つは、島内で行ったすべての活動に義務感がなかったことです。普段は、常に出さないといけない書類があったり、待っている人がいたりと何かに追われて生活している割合の方が高いですが、宝島ではそれが一切なく、時間の感覚の変化に影響したのではないかと考えました。もう一つは、自然に触れている時間が長かったことです。特に宝島で見た景色は、めったに見ることができないような新鮮さと、人を魅了する美しさがあり、人と接する時間よりもそういった自然と向き合っている時間の方が長く、それが心を穏やかにして大きなゆとりが生まれ、時間の感覚にも影響したのではないかと考えました。

また、島で暮らしている人の数は少なく、みんな知り合いといった感じでした。現在の日本は、過労や人間関係によるストレスで心が健康でない人が多存在します。一方、過疎地域の若者離れが伝統的な技術や産業の後継者不足に繋



がっている問題もあります。こういった問題の解決策としてIターンは、両方を同時に解決できる素晴らしい方法だと私は思います。しかし、それがあまり行われないうのはイメージがわからないからだと思っています。そうしたいと考えている人は多くても、決心するためのきっかけがないために断念している場合が多いのではないかと思います。そういった方たちに是非現地に行って、実際にそこでの生活を体験してほしいです。今回私は、この貴重な機会のおかげで宝島の魅力を知ることができ、そこで住むこともさほど難しいものではないことがわかりました。神秘的な景色に囲まれて、非日常を過ごす日々は、現代の若者があまり感じたことのないような刺激を与えてくれました。この体験をもっと多くの人にしたいし、自分でもここで学んだことを広めていきたいと思いました。今回このような機会を与えて下さり、鹿児島県離島振興協議会さんにはとても感謝しています。有難うございました。

## 9. 2. 粟根有香

初めての未知なる島へ上陸できることへの高揚感とトカララブへの恐怖心を胸に宝島へ向かった。海を見る機会があまりない環境で育った私にとって、宝島へ向かうフェリーから海を眺めることが既にとっても楽しかった。場所によってこんなにも鮮やかな水色や深い青色などの違いがあることに驚いた。今回の





調査旅行で様々な初めての体験や多くの感動があったが、最も記憶に鮮明に残る感動の一つに海の綺麗さが挙げられる。間近で見る青い海の美しさへの感動だけでなく、宝島の美しい海と自然を全方位眺めることができた高台からの眺めは一生忘れられないものとなった。美しい海からうける海風はとても心地よく、宝島で過ごした時間はとても心地よい非日常であった。特に記憶に残る出来事のもうひとつに、初めてトカラハブを見ることができたという経験が挙げられる。そもそも私は蛇やハブなどを図鑑でしか見たことがなく、生身の実態を見たのが初めてであった。トカラハブの特徴や毒性を下調べしていたため、恐怖心は勿論あった。結果として草道を歩いた際や自動車の中から、数え切れないほどのトカラハブを目にした。草木になじみ過ぎているため、はじめは見つけることがあまりできなかったが、目が慣れてくると草木にいるトカラハブを多く確認することができた。私は日頃の生活でハブを目にすることがないため、非常に警戒していたが、島の人々にとってはこの光景が日常で有り、ハブがいても刺激したりせず適切に関われば何も問題がないということを学んだ。ハブに限らず、私は島に行くまで虫や生き物に対して非常に苦手意識があったが、島での生活を通して苦手意識が非常に薄くなったことも私の中で大きな変化であった。人生で一番の美しい海を目にしたことや、トカラハブとの出会いなど、宝島では初めての貴重な非日常の経験を語りきれないほどすることができた。この調査旅行は数日間という短い期間ではあったが、私にとって一生忘れることのできない数日間となった。美しい海と自然、心地よい時間を過ごすことのできる宝島に、私は必ずまた訪れたいと強く思っている。今回私たちを受け入れてくださり、お世話になったことから荘のご主人、島の人々にとっても感謝している。

### 9. 3. 沖大斗

私にとって、まるで昔話に出てきそうな名前のその島での体験は、とても思い出に残るものになった。今回、アイランドキャンパス事業の「宝島の鍾乳洞に生息する特殊な微生物の探索」という調査で宝島を訪れた。宝島で過ごした数日間は、鹿児島に生まれ育ちながらもあまり島に行ったことが無かった私には、非日常の連続で、生物としての自分を考えさせられる空間であった。宝島では、普段では絶対に感じることのできない楽しさや恐怖があり、生物として1つレベルアップできたと思った。

約半日の船旅は初体験で、宝島までに登場する吐噶喇列島の島々は、様々な表情で私を迎えてくれた。長時間の船旅は楽しくもあり苦しくもあった。宝島に到着してまず思ったのは、やはり海の美しさである。人生で1番綺麗であった。フェリーで波打っているにもかかわらず海底まで見え、フェリーから魚が



見えるほどクリアであった。私の脳は完全に混乱し、宝島周辺の海は全て浅く感じた。

滞在の間は、とから荘に泊まらせていただいた。宝島にはコンビニのような常に営業しているお店などは当然なく、物が買えるのも昼に一回、夕方に一回と時間が決められており、当然初めての体験であった。売られているものは意外にも普通というか、本土でもよく見るようなものが並んでいた。私の予想では、畑で獲れた作物とか、手作りの食品といったような、島という閉鎖空間ならではのものが売られていると思っていたので、少し驚いた。宝島には、トカラハブという毒性の低いハブが生息していた。以前、奄美大島・加計呂麻島を訪れた時、実際にハブを見る事はなく、注意しろと言うだけで自分の命をヒシヒシと脅かすような感覚はなかった。しかし、宝島のトカラハブは本当にあちらこちらにいた。黒茶色のものから褐色のもの、少し白に近いトカラハブがウヨウヨ見受けられた。トカラハブはハブよりも毒性が低いとはいえ、やはり生で野生のものを見ると体が竦んだ。とから荘のご主人はトカラハブに 9 回も噛まれたらしい。8 回目までは大丈夫だったそうだが、9 回目は命の危険を感じたそうだ。そもそもそんな複数回噛まれていることに驚きを隠せなかったが、トカラハブの出現量を見ると納得であった。事前に調べた情報によると、宝島の鍾乳洞は「トカラハブ」の住処となっていると聞いていたので、万全な対策と

サンプリングの準備をして調査へ向かった。結局、鍾乳洞内でトカラハブの姿を見ることはなかったが、洞窟に入ると雰囲気がガラッと変わり、生温かい空気が身を包んだ。奥に進むにつれて、音もなく光も全くない、今まで体験したことのない恐ろしさがあった。時折背中から吹く風で外とのつながりを再確認し、安心感を得るほどだった。洞窟内をライトで照らしてみると、無機質なのに生きていそうな出で立ちで、鍾乳石が発達していた。特殊環境に足を踏み入れた経験は、人生の財産になった。

これらの非日常体験は、この宝島調査の機会無しには得られなかったことで有り、チャンスを頂くことが出来てとてもありがたかった。海や木々の色鮮やかな景色、トカラハブで体が凍んだこと、鍾乳洞内でのサンプリングで体感した恐怖や高揚感は、インドア派である私が、インドアの趣味以外で初めて「生きている」と感じたことは不思議であった。携帯も全く触らず、Wi-Fi も無い環境でストレスは全くなかったことも不思議であった。そういった意味では、この調査を通して自分の新しい一面を発見できたといえる。

#### 9. 4. 高瀬 綾香

2019年11月4日から5日間、私たち上田研究室のメンバーは鹿児島県のアイランドキャンパス事業の一翼を担うため、宝島を訪問させていただいた。



私は生まれてからこれまでずっと鹿児島県で暮らしてきたが、県の離島を訪れたことは一度も無かった。離島での暮らしを全く知らなかった私にとって、宝島で経験したことはあらゆるものが新鮮で、刺激的だった。その中で私が特に本土と違うなと感じたのは、「人々の信頼関係」である。

宝島では、野菜や肉などの必要な食料を自給自足して生活する人々が多い。本土から輸送される製品の数に限りのある環境の中、生活に必須である食物の確保はとても重要な生活の基盤である。道の至る所でバナナ等の作物の生育が行われている様子や、島の広さに対して非常に大きな規模の牧場を実際に訪れることで、宝島というひとつのクニが機能していることを実感した。そんな宝島での生活のある日、島に唯一の売店付近の公園で、野菜の無人販売所を目にした。そこには形のきれいなカボチャが数個置かれていた。宝島の人々はこうやって売買をして生活してるのだなと思ったが、よく見てみると、そこには段ボールに手書きの文字で「ご自由にお取り下さい」と記されていた。なんと、このカボチャは販売されているものではなく、無償で島の誰かに提供するために置かれていたものだった。大学生になって就職活動を経験し、常にビジネスチャンスを狙っていくような思考回路が普通だと考えるようになっていた私は、このカボチャの提供者の心意気に虚を突かれる思いがした。ものが何であっても、誰だかわからない人に何かを無償で提供するというのは、なかなかできるものではないと思う。宝島で見かけた手書きの段ボールの看板は、私の心に何か温かいものを残してくれた。きっと彼らは、本土の人々が経験したことの無い形の信頼関係を築いているのだと思う。そんな宝島での生活は、ものは少なくても、非常に心地の良いものだった。帰り際、私たちは手荷物に一生懸命スペースを作り、カボチャをいくつか持って帰った。宝島での嬉しい出来事まで持って帰ったような気持ちだった。

こうして私は、アイランドキャンパス事業のための活動とは違ったところで、新たな気づきを得ることができた。宝島で感じたあの温かな気持ちは、これからも私の心をふんわりと包んでくれるだろう。いつかあの温もりが恋しくなったときは、またあの島で心地の良い時間を過ごしたいと感じた。





## 10. 謝辞

本研究は主として鹿児島県離島振興協議会 2019 年度アイランドキャンパス事業助成金により遂行されました。宝島滞在中は民宿とから荘の温かいご支援をいただきました。また、現地での調達その他さまざまな面で宝島島民の皆様に大変お世話になりました。皆様にここに厚く御礼申し上げます。