

公開資料

社会技術研究開発事業  
研究開発実施終了報告書

SDGs の達成に向けた共創的研究開発プログラム  
(ソリューション創出フェーズ)

「 亜熱帯島嶼の持続可能な水資源利用に向けた参画・  
合意に基づく流域ガバナンスの構築 」

研究開発期間 令和元年 11 月～令和 5 年 3 月

研究代表者 安元 純  
(琉球大学 農学部 地域農業工学科 助教)

協働実施者 金城 盛勝  
(八重瀬町 経済建設部 土木建設課 課長)

## 目次

I. 本研究開発実施終了報告書サマリー.....	3
II. 本編.....	4
1. 研究開発プロジェクトの目標.....	4
1-1. 研究開発プロジェクト全体の目標.....	4
1-2. プロジェクトの位置づけ.....	4
2. 研究開発の実施内容.....	5
2-1. 実施項目およびその全体像.....	5
2-2. 実施内容.....	8
3. 研究開発成果.....	20
3-1. 目標の達成状況.....	20
3-2. 研究開発成果.....	22
4. 研究開発の実施体制.....	34
4-1. 研究開発実施体制.....	34
4-2. 研究開発実施者.....	40
4-3. 研究開発の協力者.....	42
5. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	44
5-1. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	47
5-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など.....	52
5-3. 論文発表.....	54
5-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）.....	55
5-5. 新聞報道・投稿、受賞など.....	60
5-6. 特許出願.....	60
6. その他（任意）.....	60

## I. 本研究開発実施終了報告書サマリー

本プロジェクトでは、使用できる土地や水資源が限られている亜熱帯島嶼の持続的な水資源利用に向けた参画・合意に基づく流域ガバナンスを社会課題として提起し、豊かな水資源を有する八重瀬町とともに課題解決に取り組む運びとなった。八重瀬町では、2018年に第二次八重瀬町総合計画で「豊かな水資源の保全と水循環の健全化」というビジョンが打ち出され、行動計画の策定が求められている。

当初、本プロジェクトでは、①「科学情報の可視化」、②「正確な科学情報に基づく合理的意思決定」、③「住民参加型アクションリサーチによる地域のコミュニケーションの活性化」、④「PDCA サイクルを用いた方法論と解決策の高度化」の4つの項目を循環させた対話と協働を通して、社会課題の解決を図る計画であった。①「科学情報の可視化」の作業は、A班のメンバーが蓄積した技術シーズをもとに約2年間、月に1回の定期調査を実施し、地下水中に含有される硝酸性窒素の窒素負荷源の寄与率の季節変動を算出するとともに、八重瀬町の表流水や地下水の流れを再現する3次元水循環シミュレーションモデルを構築し、八重瀬町の水循環を可視化した。

①の研究開発期間中、水資源とその周辺環境に対する住民の意識を把握し、②の項目を円滑に遂行するため八重瀬町民 9000 人を対象とした大規模アンケート調査を行った。その結果、「地下水保全と産業振興の是非」における項目から、多くの住民は地下水保全を重視しており、地下水保全の推進に対し、一定金額の支払い意思があることが分かった。

八重瀬町の農家の協力を得て、室内試験の結果をもとにした現地圃場での減窒素肥料試験をおこなったことは、②と③にまたがる活動である。結果、沖縄県の栽培指針より 25%減肥をおこなっても、慣行施肥に比べ収量が落ちないことが明らかになった。

③の項目は、コロナ禍により対面イベントの機会は減ってしまったが、先進地域の事例を当事者から学び、横展開対象の与論町とつないで子どもたちが交流するなどオンラインでの繋がりを積極的に活用した。また、「みずのわかレッジ」として、地域づくりに関心のある大学生が、農家さんとともに生産者と消費者をつなぐ農業体験イベントを企画したり、地域の小中学生が八重瀬町の自然環境に実際に触れて学ぶサマースクールを実施するなど、感染拡大防止に配慮しつつも最大限のアクションリサーチは行うことができた。④の項目では、①で得られた科学的知見をもとにステークホルダーインタビューを実施し、複合的な要因からなる八重瀬町の水循環の健全化に関する問題構造を整理した。そして、これまでの本プロジェクトにおける流域ガバナンス構築のプロセスから、「流域協議会の組織化」、「ステークホルダー間の対話・協働の促進」を重視し、より丁寧に町民のニーズをくみ取りながら、プロジェクト終了後の事業計画を遂行していく方向性へと帰着した。

## II. 本編

### 1. 研究開発プロジェクトの目標

#### 1-1. 研究開発プロジェクト全体の目標

本プロジェクトが目指すのは、2018 年度に策定された第 2 次八重瀬町総合計画で掲げられた「豊かな水資源の保全と水循環の健全化」により、安心して良質な暮らし、豊かな地域資源、活き活きとした営みを支え、持続的な発展を持続するための諸環境の保全と充実を実現する、というビジョンである。脆弱性の高い亜熱帯島嶼の水資源を効果的で持続的に活用しながら、同時にサンゴ礁生態系からのサービスも損なわない、バランスのとれた自然共生社会の実現に有効となる流域ガバナンスを、地域に住むすべてのステークホルダーと協働し構築を目指す。

八重瀬町の水源は、地下谷を堰き止めて建設された地下ダム（慶座（ギーザ）地下ダム）に依存している。地下ダムとは、「水を通さない壁（止水壁）を地下に造って、地下水をせき止め、琉球石灰岩の小さな空隙を利用して地下水を貯める施設」のことである。地下ダムは、水温が安定している、アオコ等の藻類が発生しにくい等の利点がある。しかし、近年は硝酸性窒素の濃度が上昇する傾向にあり、水道水質基準値の 10 mg/L を超えるようになってきた。硝酸性窒素は畜産糞尿や下水道、ダム周辺のさとうきび畑等への施肥など、人為的な要因に影響されることから、水源上流域や周辺の状況の監視を強化し、良好な原水水質の保全に努める必要がある。

八重瀬町へ給水している沖縄県南部水道企業団の自己水源は、給水人口 1 人当たり約 40L/人・日を確認しており、これは災害発生後約 6 日分の目標応急給水量を補える水量となっている。今後も貴重な自己水源を保全・維持し、事故時における給水の安定性を確保する必要がある。

#### 1-2. プロジェクトの位置づけ

本プロジェクトにかかわる最も大きな外部環境の変化としては、2022 年 4 月以降の「ウクライナ侵攻の影響による肥料価格、飼料価格の高騰」、国策の動向としては 2021 年 5 月に農水省が策定した「みどりの食料システム戦略」があげられる。

穀物大国であるロシア、ウクライナからの輸出が激減したことで、化学肥料、家畜飼料の価格が高騰し、農家は大きなダメージを受けている。農林水産省もこの事態を危惧し、2022 年 9 月より化学肥料、家畜飼料高騰の緊急対策として補填金の交付を行っているが、廃業に追い込まれる農家も少なくない。八重瀬町で水をめぐるステークホルダーから話を聞く限り、この情勢不安は、図らずも前年に打ち出されていた「みどりの食料システム戦略」を推進する転機となっている。「みどりの食料システム戦略」は、国内農林水産業の生産力強化や持続可能性の向上を目指し、2050 年までに「化学農薬使用を 50%低減」、「化学肥料使用を 30%低減」を目標としているが、この現状では農家は全体の生産量自体を縮小せざるを得なくなると同時に、化学農薬や化学肥料、畜産飼料の消費をいかにして減らすかとい

うことを考えなければならなくなったのである。本プロジェクトの掲げる「水循環の健全化」の達成だけを考えれば、化学肥料・農薬の使用量と、畜産排せつ物の処理量が減少すれば、それらが与える地下水への影響が軽減され、水質は保たれるかもしれないが、地域の産業が衰退してしまえばそれは本末転倒な事態である。

ここで、社会課題に対する本プロジェクトの位置づけを改めて考えれば、それは「科学技術シーズ」による地域への貢献である。この肥料高騰、飼料高騰の事態について八重瀬町の農家と対話した際、まずは地域内でも地点によって異なる土と水の分析、そして季節変動や天候に応じた土壌診断、生育診断を簡易的に行うことができる技術開発を大学等の研究機関と連携して行いたい、ということであった。土壌診断や生育診断を農家自身で簡易に行うことができれば、生育不良を察じた過剰施肥をさけることができる。また、地域で排出された畜産排泄物を肥料化する技術を開発することができれば、窒素循環を地域内のサイズに抑えることができる。そのような形で農業経営や畜産経営の困りごとをタイムリーに支援しながら持続可能な地域社会をともに目指す、その可能性を見いだせたことが、プロジェクト期間中の変化であった。

## 2. 研究開発の実施内容

### 2-1. 実施項目およびその全体像

#### (1) A班（水循環）

##### a. 不均一性の高い帯水層構造と地下水の滞留時間の把握

亜熱帯島嶼の水循環の特徴的である「若い地下水」に有効とされる環境トレーサー（SF<sub>6</sub>、<sup>85</sup>Kr）を用いて地下水の滞留時間を推定する。

##### b. 汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

人為的な汚染物質を同定する環境トレーサーとして有用である地下水中の硝酸イオンの窒素・酸素同位体比や硫酸イオンの硫黄・酸素同位体比に加え、ホウ素の安定同位体比も加えたマルチ同位体法を導入し、化学肥料・堆肥、家畜排せつ物の地下水汚染への寄与率の推定を行う。

##### c. 統合型水循環シミュレーションモデル（GETFLOWS）の構築

3次元水循環シミュレーション（GETFLOWS）の特長は、地表水と地下水の流れを一体的に解析し可視化する点にある。水理地質構造や地下水流動・涵養機構に関する現地観測を踏まえ、さらに上記の様々な解析結果もインプットデータとして取り込み、統合型の3次元水循環シミュレーションと可視化を行う。

#### <大項目>B班（利用・産業）

##### a. マルチリソースをめぐる民俗知・利用・アクセスの歴史の変遷の解明

多様な資源利用（土地、水資源、水産資源等のマルチリソース）の歴史の変遷を復元し、

水資源をはじめとする多様な資源や土地利用の変容パターンや要因、限られた資源を活かすための民俗知や社会の仕組みを明らかにする。その結果を市民参加型デジタルマップとして公開する。

b. 産業班 汚染物質の負荷軽減対策の立案・実施（実証試験）

共有資源である水資源や水産資源（観光資源）を利用している農業・畜産業、水産業や観光業に従事しているステークホルダーを分析し、それぞれの共有資源の利用量や窒素負荷となる排せつ物の排出量を把握するとともに、負荷削減に向けたそれぞれのステークホルダーの課題を抽出する。さらに、抽出した課題を基に、それぞれのステークホルダーが実施可能な窒素負荷源対策を検討する。

<大項目>C班（経済効果）

豊かな水資源の保全と水循環の健全化に向けた窒素負荷低減策などの取り組みの経済学的評価を実施する。また、水循環と密接に関わるサンゴ礁生態系サービスも経済学的評価を試みる。

<大項目>D班（対話・協働）

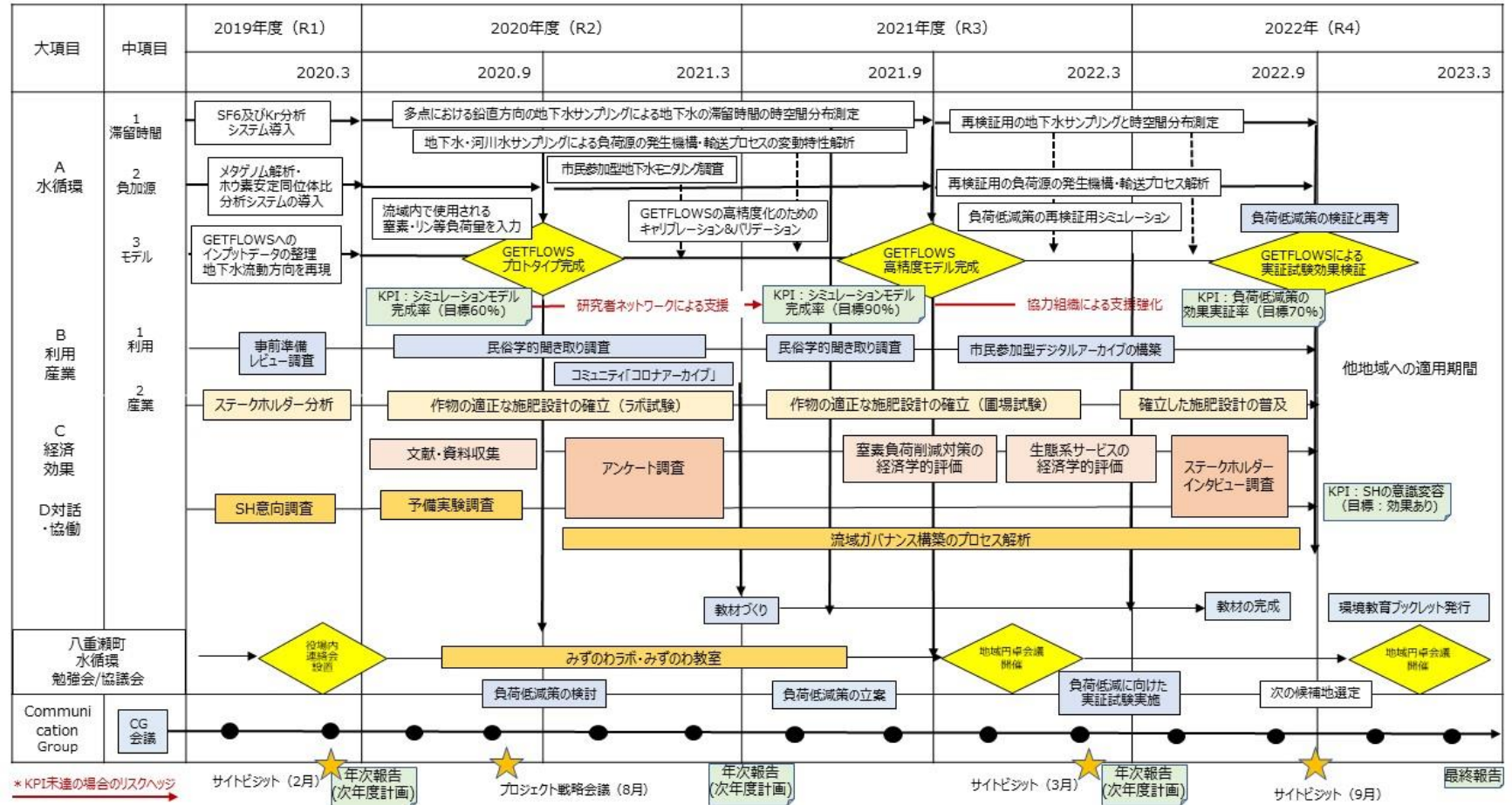
水資源に対する地域住民の認識や意識を把握し、ステークホルダー間の合意形成へ向けた基礎情報とすることを目的としてステークホルダーの意向を調査し、流域水循環協議会に報告すると共に、行動計画への反映を目指す。また、環境学の視点から流域ガバナンスの先行事例を参照し、亜熱帯島嶼で流域ガバナンスを構築する際に留意すべきポイントを整理し、汚染物質の負荷軽減策を立案する際の基礎情報を提供する。最後に、本プロジェクトにおける流域ガバナンス構築のプロセス分析を行う。

●八重瀬町 SOLVE for SDGs 連絡会

本プロジェクトとの連携を円滑にする目的で、八重瀬町役場内に八重瀬町 SOLVE for SDGs 連絡会を設置する。

●多世代の人々と協働したアクションリサーチの考案・実施

社会技術研究開発事業  
SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム（ソリューション創出フェーズ）  
「亜熱帯島嶼の持続可能な水資源利用に向けた参画・合意に基づく流域ガバナンスの構築」  
研究開発プロジェクト 実施終了報告書



## 2-2. 実施内容

### A 班（水循環）

#### （1）内容・方法・活動：

##### A)-1：不均一性の高い帯水層構造と地下水の滞留時間の把握

亜熱帯島嶼の水循環の特徴である「若い地下水」に有効とされる環境トレーサー（SF<sub>6</sub>、<sup>3</sup>H-<sup>3</sup>He）を用いて地下水の滞留時間を推定するため、地下水年代測定用の SF<sub>6</sub> 分析システムを琉球大学に導入し、ガスクロマトグラフィー装置の機種選定と発注、設置箇所の整備などを行った。また、地下水年代測定用 <sup>85</sup>Kr 分析システムを学内に導入するための抽出デバイスの設計を検討した。マルチコレクタ型 ICP 質量分析計 (ICP-MS) で分析するための実験条件を検討した。2020 年度に実施した地下水の年代測定の結果を分析及び解析すると共に、2021 年度には六フッ化硫黄 (SF<sub>6</sub>) 及びクロロフルオロカーボン (CFCs) の分析装置を琉球大学農学部構築し (図 1)、沖縄南部地域の地下水の滞留時間測定を開始した。



図 1. 若い地下水滞留年代対応の測定システム (SF<sub>6</sub>、CFCs) の整備。琉球大学農学部へ導入。

##### A)-2：マルチ同位体法による汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

八重瀬町を中心とした沖縄島南部地域の地下水について、2020 年 8 月に 23 地点での採水調査を行った (琉球大、熊本大、北里大)。同時に肥料や堆肥など、地下水の汚染源と考えられる物質と周辺土壌のサンプリングも行った。また、地下水の水質の季節変動をモニタリングするため、9 月以降は 7 地点を選定し月 1 回の採水調査を行った。さらに 2020 年 11 月からは、与論島の 7 地点での地下水の定期採水調査と分析も行った。また、多良間島について 2021 年 7 月、および 2022 年 4 月に地下水の合同調査を行った。特に 2021 年 7 月の調査では、淡水レンズの構造と機能を解明するため、観測井戸を利用して東西南北の側線にそって深度毎に数ポイントでの採水を行った (図 2)。

地下水サンプルは、一般的な水質検査に加えて、栄養塩 (窒素やリンなど)、ICP-MS を用いた微量元素や重元素の精密測定も行った (琉球大、熊本大)。さらに、人為的な汚染物質を同定する環境トレーサーとして有用である地下水中の硝酸イオンの窒素・酸素同位体比や硫酸イオンの硫黄・酸素同位体比に加え、ホウ素の安定同位体比も加えたマルチ同位体法



を導入し、化学肥料・堆肥、家畜排せつ物などによる、地下水の硝酸態窒素の負荷源への寄与率の推定を行った（琉球大、熊本大）。

特に本研究開発では、農業環境における汚染源を示すトレーサーとして、ホウ素（B）濃度と B 同位体組成の利用を検証した（琉球大）。堆肥や化学肥料には多量の B が含まれており、降雨によって溶出し、土壤中を移動して地下水を汚染する。本研究では、B の特性を利用して、沖縄本島南部、多良間島、与論島における汚染過程を明らかにした。また、混合曲線のエンドメンバーとして、調査期間中の宜野湾市の雨水と各地域の堆肥や肥料も採取した。



図 2. 多良間島での淡水レンズ（地下水）の合同調査。観測井戸から採水（2021 年 7 月）。

#### A)-3 統合型水循環シミュレーションモデル（GETFLOWS）の構築

図 3 に示した八重瀬町とその周辺流域を含む領域（以下「八重瀬町流域」という）を解析対象とした。解析領域の北側と東側は、透水性の低い島尻層群が地表面近くまで分布する範囲まで広げ、地形的な尾根や谷部を通るように設定した。八重瀬町の西側や南側については琉球石灰岩が分布しており、地下水流動も含めた流域を設定するのが困難なため、海までモデル化するものとし、海岸線から十分に離れた位置を領域境界とした。また、鉛直方向については地表面から標高-300m までとした。

気象、地形、土地利用、地質等のモデルへ組み込む基本データや、河川流量、地下水位等の検証に用いることのできるフィールド情報に加え、地下水揚水や農地かんがいの水利用データを収集・整理し、それらを組み込んだ八重瀬町流域モデルを構築した。地下の地質構造については、既存の 400 本程度のボーリングデータに基づいてモデル化し、表土層、未固結堆積物、琉球石灰岩、基盤岩（島尻層群）に区分した。図 4 左図は、構築した 3 次元数値シミュレーションモデルに対して地質の違いを濃淡で示したものである（地表面直下に設定した表土層は非表示としている）。右図は表土層、未固結堆積物、琉球石灰岩を非表示として、地下水流動に大きく影響を与える基盤岩（島尻層群）形状を慶座ダム周辺において拡大表示したものである。検証データには全 155 地点の地下水位観測データと、2 地点の連続流量観測データを用いた。

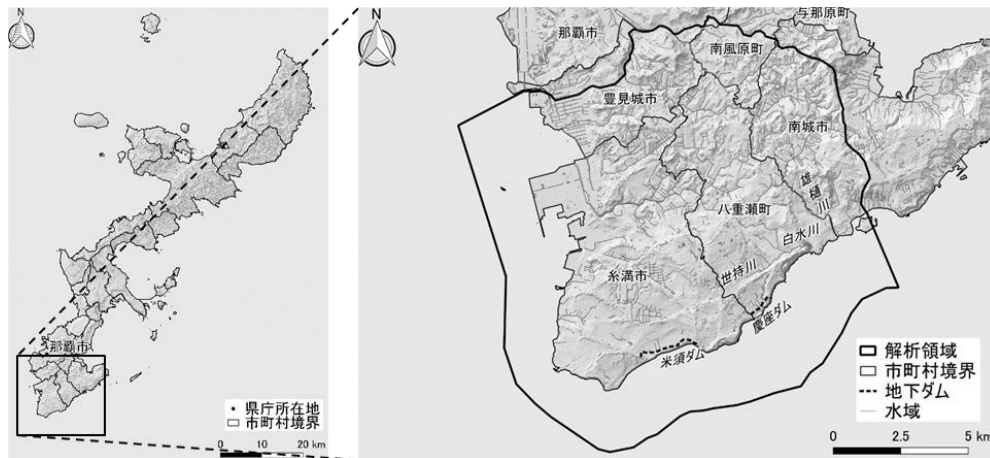


図3 沖縄県八重瀬町の位置と解析領域  
（「基盤地図情報数値標高モデル5mメッシュ（国土院）」を地理情報システム（GIS）にて出力）

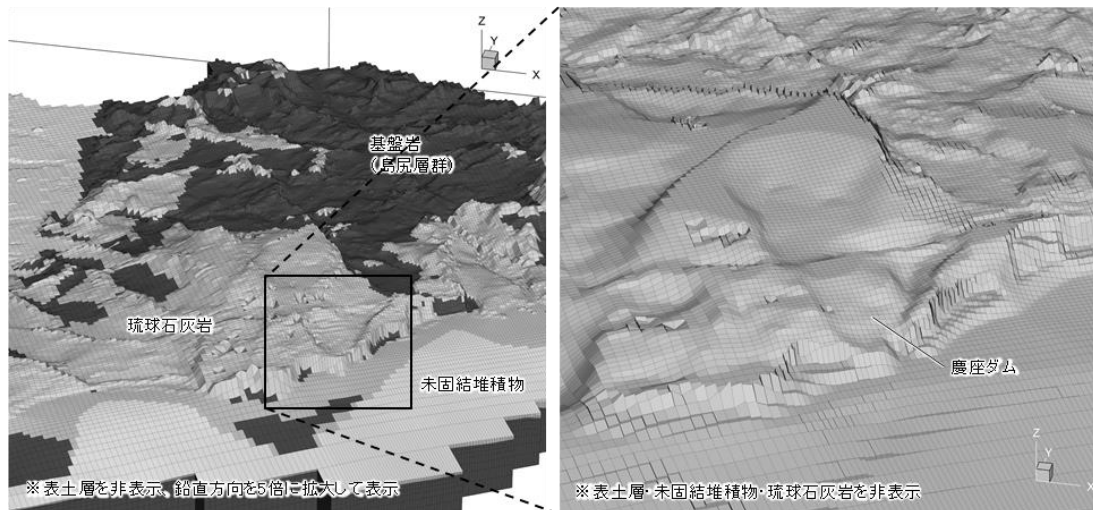


図4 三次元数値シミュレーションモデル

## (2) 結果

SF<sub>6</sub>法を用いた年代測定では、慶座地区で1～4年、米須地区で7～9年の範囲であった（長崎大・利部）。さらに、同時にサンプリングした地下水の<sup>3</sup>H-<sup>3</sup>He法を用いた年代測定も行った（琉球大・土岐、東大大気海洋研・高畑）。すべての地下水が本法の適応範囲よりも若い（10年以下）年代を示した。米須地区の地下水が少し古い傾向（6-8年）が認められた。いずれにしても、沖縄島南部地域の地下水は10年以内のものが多く、非常に若い水循環を特徴とすることが判明した。

硝酸性窒素濃度のモニタリングでは、2002年に地下ダム築造された際に設置されたギーザ取水井No.1とギーザ取水井No.2の硝酸性窒素濃度は、当初は6 mg/Lを下回ることもあったが、その後、2021年（現在に至る）まで上昇傾向がみられることが明らかになった。

本研究では、地下水からのホウ素の効率的な分離方法を開発し、簡便な分離方法（極小イオン交換カラム分離法）を確立した。本法を標準海水に適用したところ、推奨値と一致した値が得られた。さらにホウ素濃度は値付けされているが、ホウ素同位体組成についての報告値がない、産業技術総合研究所の認定標準物質（河川水、水道水）について、初めてホウ素同位体の組成を明らかにした。今後この値がマイルストーンとなって参照されることが期待される。地下水（一部、河川水）中のホウ素濃度と硝酸態窒素濃度には正の相関がみられた。地下水のホウ素濃度と同位体比は、これらの2種類の汚染源の平均値との混合線にそってプロットされる。負荷率を定量的に見積もることが可能となった。



図5. 溶出実験に供した市販の肥料



図6. 畜産廃棄物の採取風景。

#### ●メタショットガン解析による汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

耕種や畜産由来の影響を分子生物学的に調べるため、ウシ検出用プライマーを用いて南部地下水より PCR を行なった。結果、堆肥中のウシの DNA は熟成に伴い減少し、耕種農業の地下水への影響の定量的な評価に用いることは難しいと考えられた。また、南部地域より3地点を選定し、各地点の地下水由来の DNA につきショットガンメタゲノム解析による細菌叢および機能遺伝子解析を行なった。細菌叢は季節変動し、水温や pH、硝酸態窒素や硫酸イオン、炭酸イオン、浮遊物質質量などとの関係が示唆された。また、ホウ素同位体比と相関のある細菌を探したところ、Candidatus Gottesmanbacteris や Candidatus Levybacteria など Candidate Phyla Radiation (CPR) に属する複数の細菌属が有意な相関を示すことが明らかとなった。今後は、これらの CPR 細菌を耕種農業の地下水への影響評価に用いることができるかを検討する必要があると考えられる。

#### A)-3 統合型水循環シミュレーションモデル (GETFLOWS) の構築

沖縄本島南部地域に位置する八重瀬町流域を対象フィールドとし、三次元水循環モデリングを適用することで、現地で観測された河川流量・地下水位データを再現し、当該地域の流動経路や水収支、滞留時間などの流動特性について分析を行った。

その結果、島尻層群が分布する八重瀬町北部地域では地流水が、水が循環する上での主要な経路となっている一方、琉球石灰岩が分布する八重瀬町南部地域では地下水が主要な経路となっていることが示された。くわえて、これまで不明であった慶座地下ダム流域の流域

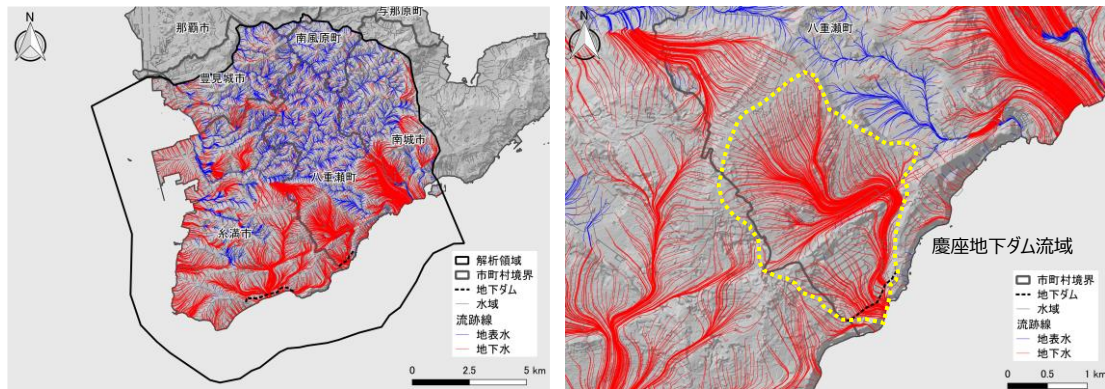


図7. 3次元水循環シミュレーション結果

境界が明らかとなった。今後は、気象条件や水利用条件の時間変動を与えた解析や年代データとの比較を通じて、帯水層内の貯留性(有効間隙率)や地下構造を同定していく。さらに、畜産糞尿やさとうきび畑等への施肥による窒素負荷を考慮した物質輸送シミュレーションを行い、実態把握や施策検討の基礎データとした。

#### 実施項目:B班(利用・産業)

##### B-1 マルチリソースをめぐる民俗知・利用・アクセスの歴史の変遷の解明

###### (1) 内容・方法・活動:

多様な資源利用(土地、水資源、水産資源等のマルチリソース)の歴史の変遷を復元し、水資源をはじめとする多様な資源や土地利用の変容パターンや要因、限られた資源を活かすための民俗知や社会の仕組みを明らかにする。その結果を市民参加型デジタルマップとして公開する。

###### (2) 結果

本班は、市民との協働調査を通じて、当該地域における水資源や土地などのマルチリソースをめぐる民俗知と、その利用やアクセスの歴史の変遷を解明することを目的とし、次の①～③の項目について取り組んできた。しかし、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、本班はR2～R3年度において、地域住民と関わる聞き取り調査は全く実施することはできなかった。R4年度より地域の水や生業変容に関する聞き取り調査を再開することによって、当初予定していなかった民具や芸能の記録保存の研究に展開することができた。これらの結果は、市民参加型デジタルマップとして準備を進めている。

###### ① 研究会の実施(年2回程度)

R1年度には参加機関であるトロピカルテクノプラスの廣瀬美奈氏より、八重瀬町において地下水の保全と持続可能な小規模農業を目指す「八重瀬町カラフルベジタブルプロジェクト」の事務局(八重瀬町商工会、農業生産法人株式会社菜緑おきなわ)と農業者を紹介いただいた。2020年1月から3月の間に月2回ほど、意見交換や農園の見学等を行なった。3月



27日～29日には、地下水を生活用水と農業用水として利用する八重瀬町と与論町の地域間交流会を企画し、地下水をめぐる地域課題や循環型農業や漁業を支える持続可能な経営のあり方を議論した。Solveからは安元、新城、高橋、中本（B1班メンバー、岡山大学）が参加し、与論町からは教育委員会と漁協の担当者が参加し、地下水をめぐる課題を共有する地域ネットワークの基盤を構築することができた。その後、この研究会がR2年度以降も継続的に「八重瀬町カラフルベジタブルプロジェクト」や与論島との地域間交流を行う契機となった。この時の研究会をきっかけとして、与論島でのコロナアーカイブプロジェクトが持続的に展開することができるようになった。



図8. 地域間交流会（左）と農園見学（右）、2020年3月八重瀬町

## ② 文献調査

新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、本班はR2～R3年度の地域での聞き取り調査を実施することはできなかった。このため、八重瀬町における土地利用や産業、水へのアクセスの社会経済的な変遷の理解を目的として、統計や町・村誌、湧き水の水質汚染のあった1970年代を中心とした新聞記事のマイクロフィルム、沖縄県立公文書館で土地改良以前の古写真と古地図、航空写真等の基礎的な歴史文化資料を収集し、目録を作成するなどデータ収集と整理を中心に行った。そしてこれらの画像資料をもとに、R4年度から、八重瀬町具志頭地域を中心に土地と水利用の変遷に関する聞き取り調査を実施することができた。R3年度には学生スタッフを雇用し、各市町村等を参考に、湧き水に関するデータベース入力を進めることができた。現在、これらの資料を基盤に、地理情報や地域住民のエピソードも交えたデジタルマップの公開準備を進めている。この時の研究会をきっかけとして、与論島でのコロナアーカイブプロジェクトが持続的に展開できるようになった。

## ③ アクションリサーチの設計と実施

新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、R2年度は予定していたアクションリサーチを全く実施できなかった。しかし、沖縄県内のCOVID-19感染拡大の状況が落ち着いた10月に、前年度から連携を始めた環境に配慮した土作りに取り組む農家（カラベジファーマーズ）から声掛けをいただき、B-1班として、農業体験のワークショップや、八重瀬産の野菜など

を使った「やえせ茶懐石」に琉球大学の学生とともに参加した。これらの地域主体の取り組みへの参加をきっかけに、人文社会学部の学生による農家や商工会議所へのインタビュー調査を実施し、報告書にまとめることができた。R3年度より、地元農家と大学生とのコラボレーションとして「みずのわかレッジ」を立ち上げることができた。みずのわかレッジは大学生と地域との出会いや協働を促す仕掛けの一つとして、R4年度も引き続き実施した。R3年度にはカラベジファーマーズと、1) 小規模農家の組合制度の検討、2) ローカル認証、3) 都市住民参加型地域経済に関する勉強会を行った。R3年度にはカラベジファーマーズが農事組合法人化された。大学生と農家、商工会、野菜ソムリエ、こども食堂など多様なアクターとの学び合いの場である「みずのわかレッジ」を中心に、このような草の根的な地下水保全に配慮した小規模生産農家の取り組みを持続させる方策を検討した。R3年度には生産者と消費者をつなぐイベント「春の旬菜まつり」などを実践した。



図9. 琉球大学人文社会学部の学生による農業体験と聞き取り調査（2020年10月～11月）



図10. かつて水田があった頃にモズガニを獲るために作った漁具「アディク（筥）」を再現（2022年7月24日）

## B-2 産業班：汚染物質の負荷軽減対策の立案・実施（実証試験）

### （1）内容・方法・活動

初年度は共有資源である水資源や水産資源を利用している農業・畜産業、水産業や観光業に従事しているステークホルダーを分析し、それぞれの水資源の利用量や窒素負荷となる排泄物の排出量を把握する資料収集や聞き取り調査を実施した。さらに負荷削減に向けたそれぞれのステークホルダーの課題の抽出を行った。次に、窒素の動態試験を行うことにより、窒素の負荷について検証を行った。人工気象器内で試験を行い、詳細なデータを得ることにより、次年度の屋外の実証試験に繋がる情報を得た。

前年度の研究の成果を実際の圃場を利用して（農家の通常管理の下）、窒素の減肥試験を行った。この試験の成果から、減肥に対する農家の反応を伺い、さらに堆肥の利用についての検証も行った。最終年度、堆肥の利用が化学肥料と比べても劣らない効果があることが明らかになり、地下水への環境負荷を考慮すると堆肥利用を推進した方がよいと考えた。その堆肥利用を推進するために、堆肥の肥効性について改めて検証した。

### （2）結果

農業に使用する肥料および堆肥についての八重瀬町や農家へのヒアリングの結果から、減肥に対する意識が高い方もいれば、低い方もいた。意識の低い方の理由としては収量低下を招く可能性があるという理由が大半である。これをふまえ、減肥の効果を検証するために収量を落とさない減肥の割合を検証した。収量を落とさないことは農家収入も維持できることを示している。慣行施肥とほぼ同等の収量を得たのは25%減肥栽培で得られた処理区だった。屋外の圃場でも25%減の肥料で次年度実証実験を行うことを決めた。前年度の研究結果から、25%減肥でレタス、キャベツ、ほうれんそうおよびたまねぎを農家に栽培管理をしていただき、実証試験を行った。25%減肥では慣行施肥区に比べ収量を落とすことはないことが明らかになった。さらに、農家は慣行施肥に対して約50%減肥を行い、堆肥と併用することで安定的に収量を得ていることも確認できた。堆肥は緩効性であるために、急速な窒素の溶脱を避けることができる。今回の堆肥の有効性をさらに農家に広めるために、既知の情報ではあるが、堆肥の肥効性について、次年度に改めて検証を行うことを決めた。

最終年度は、化学肥料である硫安と沖縄県内で生産されている堆肥の肥効性について調べた。硫安は速効性があるために堆肥よりも窒素が水に溶解しやすい状態になることが明らかになった。しかし、人工気象器で硫安および堆肥をそれぞれ混合した土壌で小松菜を栽培すると硫安区では肥料やけを起こし、収量が得られなかったが、堆肥区では十分な収量が得られた。

## 実施項目：C班（経済効果・環境意識）

### C-1：水資源の価値予想

#### （1）内容・方法・活動

亜熱帯島嶼特有の水循環の利用について、C 班では現状の水資源の住民評価と経済的価値を明らかにした。住民基本台帳を基にしたアンケート調査を行い、住民意識を解析するとともに、周辺環境の経済学的評価を試みた。また、アンケートデータから CVM を算出し、支払い意思額及び住民の環境意識を中心に分析をおこなった。しかしながら、住民基本台帳を基にしたアンケート調査は世帯に配布されたもので、上下水道料金の負担額は世帯の居住人数によって異なる。

これは回答者が想定している支払い意思額の基点が、世帯ごとに違うことになる。そこで、一律の世帯条件の元で算出された結果から、条件の変更を行った。具体的には、世帯の居住人数（単身者、二人世帯、三人世帯、四人世帯、五人以上世帯）の 5 段階に区分することで、現状の上下水道料金の負担額の違いを加味した。

## （2）結果

水資源の経済的価値について支払い意思額の算出方法に世帯人数を考慮して再分析をおこなった。これはアンケート回答者の質問の基準額が世帯人数で異なるためである。「家計調査 R3」から沖縄県の世帯人数別の上下水道料金を、アンケート調査の回答者フェイスカードの世帯人数を基に前年度（B-1）から再計算したことになる。

これにより、単身世帯（¥2,440）～五人以上世帯（¥5,681）の 5 段階の初期提示額を区分した。この区分による有効回答数は 2,518 票（2,596 票中）で、世帯割合は単身世帯（8.0%）、二人世帯（23.2%）、三人世帯（23.6%）、四人世帯（18.8%）、五人以上世帯（26.4%）である。

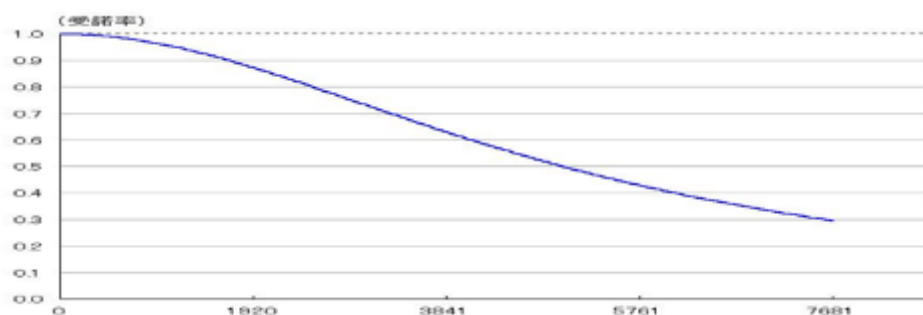


図 11 八重瀬町住民による支払い意思額を受諾曲線（ワイブル分布）

表 1 八重瀬町住民による支払い意思額の結果（ワイブル分布）

変数	係数	t 値	p 値
Location	8.805439	503.0979	0.000 ***
Scale	0.706399	28.39781	0.000 ***
n	2518		
対数尤度	-4009.53		
中央値	¥5,149.0		
平均値	¥4,937.0		



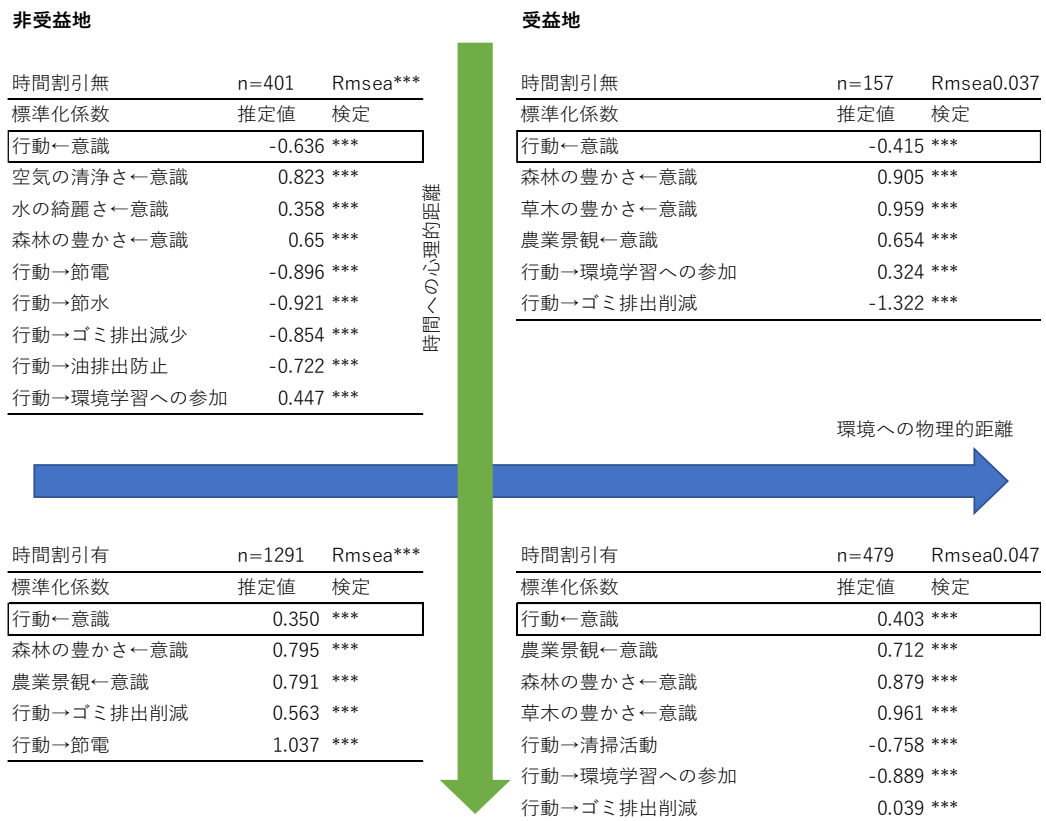


図 12 時間割引率と受益地非受益地で区分した住民の環境意識と環境

結果、図 11 のように支払い意思額を受諾曲線は¥4,937（現在支払い額を含む）を平均値に受諾拒否が増えていく。中央値は¥5,149（現在支払い額を含む）であった。

この金額は、現在支払っている上下水道料金からの 1.35%～1.82%の上昇を受諾していることになる。問題点としては、世帯人数が多いほど負担額は少なくなり、支払い意思額の質問項目の選択によっては単身世帯ほど負担額が多くなる点である。

以上の結果について調査地八重瀬町の慶座（キーザ）地下ダムの水資源の受益地（八重瀬町南部）と非受益地（八重瀬町北部）に区分して水資源の距離による違いも分析した。

既存研究で水資源の非利用価値の差はほぼないと指摘されているが、この八重瀬町においても受益地と非受益地に大きな差はみられなかった。（受益地：中央値¥4,813、非受益地：中央値¥4,790）

上記の要因となる住民の環境意識と環境配慮行動（B-2）を分析した。

これは慶座（キーザ）地下ダムの水資源の受益地と非受益地の区分に住民の時間間隔を、行動経済学に基づき分類を合わせたものになる。この 4 分類（受益地：時間割引有・無、非受益地：時間割引有・無）について共分散構造分析をおこなったものになる。

結果は図 12 にまとめた。図中で右上が受益地：時間割引無（せっかち、計画的）、右下が受益地：時間割引有（のんびり、非計画的）、左上は非受益地：時間割引無、左下は非受益地：時間割引有となっている。

この図 12 で興味深い点は、受益地・非受益地に限らずに時間割引無の住民は“行動←意識”が負の値を示している箇所である。これは環境への意識はあるが、社会的規則や罰則によって非自発的に環境配慮行動をおこなっていることになる。特に非受益地の時間割引無の住民の行動は“環境学習への参加（したい）”以外はすべて負の値を示している。

逆に受益地・非受益地に限らず時間割引有の住民は“行動←意識”が正の値を示すため、自発的に環境配慮行動をおこなっている。ただ、受益地：時間割引有の住民が“清掃活動”や“環境学習への参加（したい）”が負の値を示している点の解釈は難しいが、要因として受益地における畜産農家の多さや水資源の日常的な利用が推測される。

### （3）特記事項

住民の“環境学習への参加（したい）”が支払い意思額の要因の 1 つであることから、プロジェクトの成果を住民への環境学習として利活用できれば、より良い結果になったと思うが、コロナの影響が悔やまれる。

#### C-2：学習効果

##### （1）内容・方法・活動

前項で明らかになった、時間割引率による住民の環境意識の違いを、分析結果のまま説明するのではなく、旭硝子財団の『環境危機時計』を参考にして時間表示にした。それは、八重瀬町役場（R4.5.10）で市民・関係者を対象にアンケート結果の説明をおこなった際に理解しづらいという指摘を受けたことによる。

環境意識の時間表示は図 13 の様になった。時計の 12 時を起点に現状の環境状況を示したもので、環境悪化の評価が増えると時間が進む様子を表している。図 13 の左図は時間割引無の住民、右図は時間割引有の住民の環境意識を示したもので、時間割引有の住民の方はより環境悪化が進んでいると感じている。



図 13 時間割引率で区分した非受益地における住民の環境意識の時間表示



図 14 時間割引率で区分した受益地における住民の環境意識の時間表示

同様に受益地の住民の環境意識も図 14 のように時計表示にした。図 14 の左図が時間割引無、右図が時間割引有となっている。結果は受益地・非受益地の距離による違いはほぼ見られない。これは支払い意思額の分析結果での受益地・非受益地の支払い意思額の違いと共通していると推測される。住民の環境や水資源の価値は、見た状況や感じた状況に影響を受けており、現状の生活に大きな変化がないために、過小評価されている可能性がある。他の班の研究結果によって現実の理解が深まれば、水資源の価値は大きく変化すると予想される。そのため、持続的な住民への情報共有や環境学習が今後も重要と考える。

#### D 班：対話協働

D-1 水資源に対する地域住民の認識や意識を把握

D-2 流域ガバナンス構築のプロセス分析

##### (1) 内容・方法・活動

D-1 水資源に対する地域住民の認識や意識を把握し、ステークホルダー間の合意形成へ向けた基礎情報とすることを目的としてステークホルダーの意向を調査し、流域水循環協議会に報告すると共に、行動計画に反映することを目標とした。また、住民の水資源に対する意識をプロジェクトの KPI とする目的で、プロジェクト開始時と終了時に、八重瀬町民を対象とした「水資源に関する意識」のアンケート調査の実施を計画した。

D-2 環境学の視点から流域ガバナンスの先行事例を参照し、亜熱帯島嶼で流域ガバナンスを構築する際に留意すべきポイントを整理し、汚染物質の負荷軽減策を立案する際の基礎情報を提供することを目指した。また、本プロジェクトにおける流域ガバナンス構築のプロセス分析を計画した。

##### (2) 結果

令和元年度に、水資源に関わるステークホルダーである八重瀬町役場の関係部局、水資源の利活用に関心を持つ地域団体、本プロジェクトに参加する大学関係者への意向調査を実施し、本班活動への協力意向を確認した。その結果を踏まえ、流域ガバナンス構築プロセスを解析する枠組みを構築した。組織面では流域協議会がどのように設置されるのか、行動面

では行動計画がどのように策定されるのか、こうした変化をもたらす要因として関係者の認識・意識・行動がどのように起きるのか、という3つがポイントになるという認識を共有した。

令和2年度から令和3年度にかけては、3つの活動を展開した。第一に、八重瀬町民を対象とした水資源に関する意識調査を実施した（D-1）。調査対象者数は当初3,000名を予定していたが、C班からの要請を受けて9,000名に変更した（回収率28.7%）。第二に、他班が開催する協働調査等の参加者に対する聞き取り調査を、随時、実施した（D-1、D-2）。さらに、流域ガバナンス構築の解析モデル構築を目的として、先行事例に関する情報を収集すると共に、米国 Association for Research on Nonprofit Organizations and Voluntary Action カンファレンス（オンライン）、国際コモンズ学会カンファレンス（オンライン）に研究者を派遣し、流域ガバナンス構築に関わる情報を収集した（D-2）。

最終年度である令和4年度は、2つの活動を展開した。第一に、ステークホルダーへの体系的な聞き取り調査を実施した（D-1）。第二に、プロジェクト期間中に収集、整理された資料をもとに、本プロジェクトにおける流域ガバナンス構築のプロセス分析を実施した（D-2）。

### （3） 特記事項

COVID-19の影響で対面での活動が制限されたため、当初計画から次の3点を変更した。第一に、対面活動が制約される中で行動計画を策定することは難しいと判断し、流域協議会の組織化を主な目標に据えた（D-1）。第二に、ステークホルダー間の対話・協働を促すことを重視し、プロジェクト終了時に計画していた八重瀬町民を対象とした意識調査の実施を見送った（D-1）。第三に、行動計画の策定をサポートするために予定していた負荷軽減策に関する基礎情報の提供は、将来的な課題とした（D-2）。

## 3. 研究開発成果

### 3-1. 目標の達成状況

#### A（水循環）班

沖縄南部地域において月一回の頻度で河川および地下水調査を実施し地下水位のデータ収集・整理や SF6 等の溶存ガス成分分析から、地下水流動や滞留時間を明らかにした。また、マルチ同位体法やメタゲノム解析を用いて地下水中の硝酸性窒素の負荷源の寄与率の推定を算定した。現地観測から得られた結果を再現する3次元水循環シミュレーションモデルの広域モデル及び詳細モデルを作成した。広域モデルを利用して地形模型にシミュレーション結果を投影するプロジェクションマッピング（P+MM）を作成し水循環を可視化した。

#### B1（利用）班

新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、当初予定していた地域住民とのアクションリサ

一斉や、公民館キャラバンのような対話の場作りを行うことはできなかったが、調査方法を野外での農作業や漁具づくりなどの当初計画とは異なる方法に代えることによって、ほぼ計画目標を達成することができたと考える。特に高齢者への聞き取り調査は、2022年冬になっても未だに行うことは難しい。その中でも、野外活動を通して、多様なアクターと共に地域の水環境史の資料を掘り起こし、水や土地利用の変遷について新たな気づきが得られる参加型の取り組みを行うことができたことは特筆すべき点である。また、学生や地域博物館、研究補助員の参画も得て、地域の井戸に関する文献調査を広範囲に行うことができた。その結果、市内30箇所の井戸について歴史文化的な情報を収集し、データベースの基盤となる目録を作成することができた。現在、収集した情報や資料をもとに副読本（パネル）とデジタルマップに集約する作業を行っているところである。ただし、井戸や湧水は地域の信仰の対象となっていることが多いため、情報公開のあり方はELSIの視点からも慎重に検討すべきである。今後は、水環境史の資料の掘り起こしを行った地域を中心に、引き続き住民参加型の地域歴史文化資料調査を実施する予定である。この中で、地域の方と対話をしながら、地域の文化資源の公開については地図化だけではなく、副読本など他の可視化の可能性についても議論していきたい。

## B2（産業）班

目標達成の一つである住民参加型のアクションリサーチによる「地域コミュニティの活性化」では、実験室で得られた成果を現場の農家に実践してもらい、さらに農家とのコミュニケーションで得られた情報から次年度の研究計画を立案できた。この目標は概ね達成できていると考えられる。また、次項で示すとおり、作物の生産性および経済性を考慮した適正な施肥設計の確立に向けて、堆肥の利用の有効性を確認することができた。

## C班

「水資源の価値予想」について、プロジェクト2年目に住民アンケートを行い、水資源の価値を上下水道料金から分析し、環境意識や環境配慮行動を行動経済学に基づいた時間割引率を利用して分析することができた。コロナ禍であったことから初年度に住民アンケートと並行しておこなっていた住民へのインタビュー調査が中止されたため、データからの推測だけになってしまった点は残念である。

## D班

D班（対話・協働）では、八重瀬町民を対象とした意識調査からは、水資源管理の政策手段に関する選好と、政策立案の進め方に関する選好に関して、八重瀬町内での地域的なばらつきが明らかとなった（成果 D-1）。また、本プロジェクトのステークホルダーへの聞き取り調査からは、水循環に関心がある一方で、多様な利害関係が具体的な取り組みに躊躇いを生み出していることが明らかとなった（成果 D-2）。さらに、流域ガバナンス構築のプロセス分析からは、水循環に注目することで生じるトレードオフへの対処の重要性が明らか

かとなった（成果 D-3）。

D 班（対話・協働）において、当初想定されていた KPI は、①組織面での水循環協議会の立ち上げ、および②行動面での行動指針の策定であった。また、③住民意識を KPI とする目的で、プロジェクト開始時と終了時に 2 度の住民意識調査を計画していた。これらのうち、まず①組織面では、「水循環協議会」という組織が公式に立ち上がってはいないものの、八重瀬町役場での連絡会や説明会の定期実施（2020 年 9 月、12 月、2021 年 7 月、2022 年 5 月）、地域円卓会議の開催（2022 年 3 月）など非公式な組織化が進展し、KPI を達成したと考えている。その一方、COVID-19 の流行を受けて研究開発内容を見直したため、②行動面では KPI である行動指針の策定は実現せず、③住民意識調査に関してもプロジェクト終了時の実施を見送った。いずれも本プロジェクト終了後の課題として残された。

### 3-2. 研究開発成果

#### 成果：A 班（水循環）

##### （1）内容

- A)-1：不均一性の高い帯水層構造と地下水の滞留時間の把握
- A)-2：マルチ同位体法による汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明
- A)-3：統合型水循環シミュレーションモデル（GETFLOWS）の構築

沖縄県八重瀬町を含む沖縄本島南部地域は、帯水層となっている琉球層群と呼ばれる石灰岩が広く分布し、断層に伴う急峻な地形や帯水層厚の急激な変化等の複雑な水理地質構造を持ち、現時点で利用可能な実測データのみからはその実態を捉えていくことは難しい。実測されたデータに基づき構築され、よく検証された水循環シミュレーションは実態把握や施策検討にとって有用なツールになり得ると考えられる。本プロジェクトでは、沖縄本島南部地域に三次元水循環モデリングを適用し、慶座ダム流域の地下水流動やその流域境界について把握することができた。プロジェクト期間を通じて、琉球大学を中心とした技術シーズを活用し、現地観測を踏まえた 3 次元水循環シミュレーションにより、亜熱帯島嶼特有の複雑な水理地質構造や地下水流動・涵養機構を詳細に把握することが出来た。3 次元水循環シミュレーションによりこれまで不明だった慶座地下ダム流域が明らかとなった。さらに、地下水などの水資源の汚染物質の動態を解析する鋭利な手法として、近年、注目されている環境ゲノミクスとマルチ同位体法を導入し、複雑な地下水流動に伴う窒素などの溶存物質の挙動を正しく把握することが出来た。

マルチ同位体法と 3 次元水循環シミュレーションにより得られた硝酸性窒素に関する重要な知見として、南部水道企業団の管理する摩文仁浄水場の硝酸性窒素濃度は、1995 年から 2021 年の期間において上昇傾向にあることがわかった。ギーザ取水井 No. 1 における硝酸性窒素の負荷起源の割合は、2020 年 8 月-12 月の期間において、化学肥料が 100 %、2021 年 1、2、6 月の期間において、堆肥 46%、化学肥料が 54%と推定された。ギーザ取水井 No. 2 の負荷源の割合は、2021 年 3、4、5、7、8 月の期間において、堆肥 55%、化学肥料 45%とい

う結果となった。GETFLOWS を用いた 3 次元水循環シミュレーションの結果と合わせて考えると、ギーザ取水井 No. 1 にて検出される化学肥料由来の硝酸性窒素は、慶座地下ダム流域の慶座地区と仲座地区の間の断層より北側の畑地で地下浸透し地下水によって輸送されてきたものと考えられる。一方、堆肥由来の硝酸性窒素は、断層より南側（地下ダム堤体側）の畑地から地下浸透し輸送されてきたものと考えられる。

## （2）活用・展開

地下水保全対策にかかる課題や障害で最も多いとされているのは「必要な科学データの不足」であり、本プロジェクトでは地道な調査にもとづく精緻な科学分析でこの課題に答えたことになる。さらに、この成果から製作した可動式のプロジェクションマッピング（沖縄型 2 層式水循環モデル（P+MM））によって、八重瀬町の水循環の流動をいつでもどこでも見ることのできる可視化ツールとして、投影する情報を随時更新しながら地域の実態に即した学びやディスカッションに用いることができる。

## 成果：B 班（利用・産業）

### （1）内容

#### B－1 班（利用）：

本プロジェクトを通して、八重瀬町では地下水の保全と持続可能な小規模農業を目指す「八重瀬町カラフルベジタブルプロジェクト」の事務局（八重瀬町商工会、農業生産法人株式会社菜緑おきなわ）と農業者とのネットワーク、与論町では教育委員会や漁協の担当者とのネットワークを築き、継続して地域間交流をおこなうための基盤を構築することができた。

#### B－2 班（産業）：

作物の生産性および経済性を考慮した適正な施肥設計の確立に向けて、以下の成果が得られた。

1) 人工気象器内における小松菜の減窒素栽培試験：地下水に問題を抱える地域に分布している 2 種類の土壌を用いて、窒素の減肥 25% 減と 50% 減で小松菜の栽培試験を人工気象器内で行った。25% 減窒素区では慣行栽培と同等の小松菜収量が得られた（表 2）。減窒素は地下水への窒素負荷を軽減できる可能性がある。この結果を元に、次年度は窒素減肥で作物栽培を屋外の圃場にて試験を行う。

2) 屋外における減肥料栽培試験：栽培した、ほうれんそうとレタスは減肥と堆肥を混合した農家区で最も収量が高く、キャベツは慣行区が最も高く、たまねぎは各処理区で有意差は無かった。これらから、減肥料により各種作物の収量は低下しないことが明らかになり、さらに堆肥を混合することで化学肥料のさらに減らせることができることも示唆できた。この結果をうけて、次年度は堆肥と化学肥料の効果についてより詳細な実験

を行った。

3) 化学肥料(硫安)と堆肥由来の窒素の可給性の違いとそれが小松菜生育におよぼす影響：硫安および堆肥の可給態窒素量を調べた。一般的には可給態窒素量は硫安の方が堆肥よりも多いとされている。沖縄で市販されている堆肥と硫安の可給態窒素量を比べると明らかに硫安が多いことがわかる。これは、硫安が堆肥よりも速効性があることを示し、さらに降雨や灌水により溶脱する可能性も高いことも示している(図 16)。図 16 の硫安と堆肥を用いて、同じ窒素量になるように土壌にそれぞれ混合し、小松菜を人工気象器にて栽培した。堆肥混合による小松菜生育は正の相関があるとは言い難い結果になったが、硫安は最も生育が低い結果になった。閉鎖的な空間で試験を行ったため、肥料やけを起こしたことが理由と考えられる。一方で、同じ量の窒素を加えた堆肥混合土壌では生育不良は確認できなかった。これらの結果から、作物栽培において堆肥は緩効性ではあるが、地下水の溶脱の面を考慮すると、今後利用を推進する必要があると考える。

## (2)活用・展開

### B-1 班 (利用) :

「みずのわカレッジ」というアクションリサーチは、これまで本プロジェクトの元となる JST 科学技術コミュニケーション推進事業で行なってきた小中高校での環境教育と、コミュニティ教育も見据えた大学教育を連環させるものである。これにより、地域主体となる知恵と知識の循環をうむ仕掛けとなりつつある。今後、この地域を主体とした知の循環によって、地域力(コミュニティケイパビリティ)を向上させる教育プログラムを開発していきたい。

### B-2 班 (産業) :

調査研究で得られた成果から、慣行区で栽培する際の施肥量が多めに設定されていることがわかった。理由は、この情報を利用する農家の圃場の状態がそれぞれ異なるため、多めに設定されているからである。しかし、長年圃場として利用された場所は減肥を行っても収量が減ることは起きないことが多い。表 2 で示したように 25%減肥を行っても十分に収量が得られることが明らかになった。この成果を、実際の圃場で試験した場合でも減肥を行っても収量の減少は起きなかった。さらに、農家は堆肥と化学肥料を併用することで収量を落とさずに減肥を可能とした。この減肥は約 50%であり、堆肥併用が絶大な効果を発揮していることが明らかになった。この結果から、堆肥の肥効性を改めて検証することで、農家への堆肥利用の普及に役立つと考え、試験を行った。硫安(窒素肥料)と堆肥の窒素の可給性は明らかに硫安が高く、地下水に溶脱しやすいことは既知ではあるが、土壌にたまり過ぎると肥料やけを起こし、収量が下がることもわかった。この事実は、硫安などの化学肥料を使用するには十分に注意すべき点である。地下水に窒素成分が多くなる理由は化学肥料などの多量施肥が原因であることが既に



知られ、減肥が効果的であることは世界中で多くの研究がなされてきた。しかし、減肥だけでは農家の心情として減収する懸念もあり、減肥に対して肯定的な考えの農家は少ない。これまでの研究成果から、減肥に加え、堆肥を併用することで安定収量を得、さらに堆肥は緩効的な効果があることから、地下への窒素負荷がこれまでよりは軽減できると考える。これから沖縄では畜産業が盛んになる可能性があるため(特に肉用牛)、原料に困ることはない。今後は、耕畜連携を推進し、水質・環境の保全を進めることができると考える。

表 2. 小松菜生育の相対生育

		島尻マーヅ	ジャーガル
75%減肥区	深さ 5cm	0.89	0.85
	深さ 10cm	0.89	0.88
	深さ 15cm	0.89	0.88
50%減肥区	深さ 5cm	0.68*	0.66*
	深さ 10cm	0.65*	0.67*
	深さ 15cm	0.67*	0.58*

\*：慣行区との間に有意差( $\alpha 0.05$ )

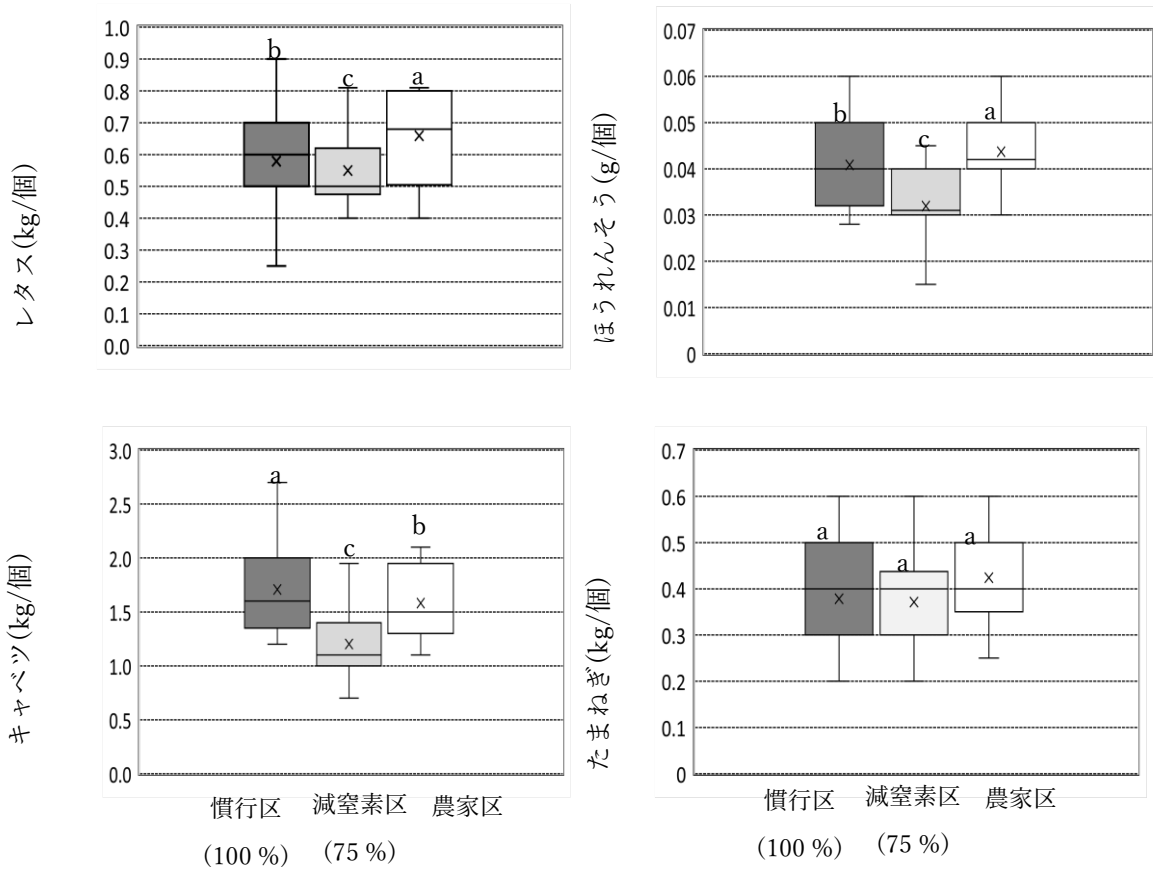


図 15. 屋外圃場における減肥による各種作物栽培

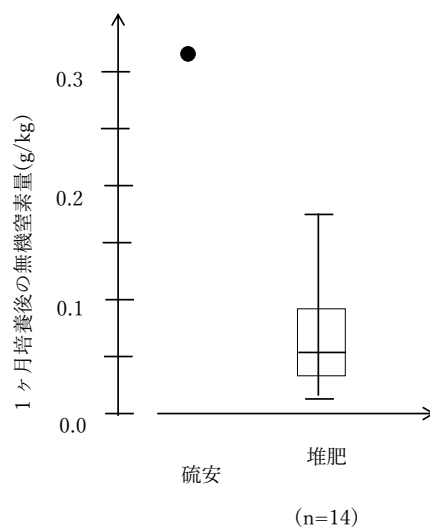


図 16. 硫安および堆肥の可給態窒素量

### (3) その他

#### B-1 班（利用）：

当初の計画外として、本研究による歴史資料収集や聞き取り調査をする中で、地域の方と当時利用していた思い出の民具を復元するアクションリサーチへ展開することができた。特に現在はサトウキビ栽培をメインとする具志頭地域において、地域の方とともに、田んぼのあった景観に関する聞き書きと、田んぼと河川、海を行き来していた生物一カニを捕獲した籠網の再現に取り組むことができた。その後、地域の語り部である「具志頭あんやたんや一の会」と具志頭歴史文化博物館の学芸員、学生とともに、当時の風景を唄ったあしび唄（民謡）の採録と聞き取り調査を行なった。これらの聞き取り調査の結果と録音した音源をもとに、副読本となるサウンドブックレットを作成中である。

### 成果：C 班（経済効果・環境意識）

#### (1) 内容

「水資源の価値予想」について、水資源に対する支払い意思額は既存研究と近い金額で、住民を距離と時間で区分した環境意識や環境配慮行動も予想されたものであった。都市部に近くなるほど、忙しく、分業化された仕事をおこなうために、時間割引率無の住民の割合は増加し、節水や節電、ゴミの分別といった料金や社会的規則・罰則に起因する環境配慮行動をおこなう傾向になる。調査地である八重瀬町は、那覇市に近い住宅地という側面から宅地開発などが盛んである。そのためか時間割引率の有無を持つ住民が混在し、特に八重瀬町北部での環境配慮行動がほぼ負の値を示すなど顕著である。プロジェクトにおいて、9,000名を対象とした大規模な住民アンケートを実施し、距離と時間で住民の特徴4区分できたことは新規性が高い結果であると考えられる。これによって、環境学習や地域に協力的な住民を把握できているため、今後の地域づくりに資すると予想される。

また、環境や水資源の評価から、住民が八重瀬町の水資源や環境を過小評価していると思われる。これは、水資源が地下ダムとして普段目の当たりにすることが困難であることが影響していると推測されるため、他の班の研究結果によって、住民の理解を深める必要がある。

また、“環境学習への参加（したい）”という要因が時間割引率の有無に関係なく有意であったことから、学習効果もコロナ禍でなかったならば、研究期間内に計測する機会があったと思われる。

#### (2) 活用・展開

コロナの影響が少なくなり、住民や小中学校での環境学習の機会が提供できるようになれば、研究結果の周知効果により住民の環境や水資源への評価は上昇し、次世代への水資源の継承として支払い意思額の受諾率も上がると予想される。そのため、研究期間がコロナの

影響を直接に受けてしまった点は残念である。

## 成果：D班（対話・協働）

### (1) 内容

#### D-1 意識調査から明らかになった選好の地域差

八重瀬町の地下水資源は町内南部地域に偏在しているため、地下水に関する意識には地域的なばらつきがある可能性がある。そこでD班では、地下水保全策の立案に向けて、①政策手段に関する選好と、②政策の進め方に関する選好について、居住地域に応じた比較分析を実施した。単一の地下水流域で居住地域に応じた選好の違いを明らかにする研究は他になく、貴重な結果と言える。

#### ①地下水政策の政策手段に関する選好

問23では、以下に掲げる8つの政策手段についての賛否を質問した。図表は割愛するが、回答結果を見ると全般に賛成と回答した人が多かった。特に賛成が多かったのは、「水量や水質の現状を把握する」「下水道を整備する」「地下水に悪影響を与える行為を条例で規制する」であった。逆に「地下水を利用している人々が自主的に利用ルールを決める」「地下水に悪影響を与える行為に税金を課す」では、他の手段に比べて賛成が少なかった。

(23) 八重瀬町の地下水を保全するための手段として、以下のAからHに対するあなたの考えをお聞かせください。それぞれ、1（反対）から5（賛成）までの5段階のうち、あなたのお考えに最も近いものを1つ選んでください。

	反対	やや反対	どちらでもない	やや賛成	賛成
A. 水量や水質の現状を把握する	1	2	3	4	5
B. 対策を話し合う協議会を設ける	1	2	3	4	5
C. 地下水に悪影響を与える行為を条例で規制する	1	2	3	4	5
D. 地下水に悪影響を与える行為に税金を課す	1	2	3	4	5
E. 地下水に良い影響を与える行為に補助金を出す	1	2	3	4	5
F. 地下水を利用している人々が自主的に利用ルールを決める	1	2	3	4	5
G. 地下水の重要性についての啓発活動をする	1	2	3	4	5
H. 下水道を整備する	1	2	3	4	5

手段選択の背後にある潜在的な構造を検討するため、因子分析を行った（詳細は割愛）。その結果「現状維持志向」「北風志向（さらなる規制を求める）」「太陽志向（自発的な対応を求める）」という3つの因子が析出された。まず「現状維持志向」との関連が強い項目は、「水量や水質の現状を把握する」「対策を話し合う協議会を設ける」「下水道を整備する」「地

下水に悪影響を与える行為を条例で規制する」「地下水の重要性についての啓発活動をする」であった。次に「北風志向（さらなる規制を求める）」との関連が強い項目は、「地下水に悪影響を与える行為を条例で規制する」「地下水に悪影響を与える行為に税金を課す」であった。最後に「太陽志向（自発的な対応を求める）」と関連が強い項目は、「地下水の重要性についての啓発活動をする」「地下水に良い影響を与える行為に補助金を出す」「地下水を利用している人々が自主的に利用ルールを決める」であった。

因子分析をもとに算出した、因子得点を八重瀬町内の居住地域ごとに示している結果からは、さらなる規制を求める「北風志向」は中部から北部地域で強いこと、逆に「現状維持志向」や自発的な対応を求める「太陽志向」は中部から南部地域で強いことがわかる。

## ②政策の進め方に関する選好

問 14 では、地下水を将来にわたって良い状態で管理していくための地下水管理計画を作るとすれば、どのような町民の関わり方が望ましいと考えるのかを質問した。回答結果を見ると（図表は割愛）、「八重瀬町役場が案を作って町民がその内容を確認した上で最終決定する（町民による内容確認）」が約 5 割、「独立した第三者が進行役となって町民同士の話し合いで決める（第三者進行で町民が話し合う）」が約 4 割となった。

(14) 八重瀬町の地下水を将来にわたって良い状態で管理していくために地下水管理計画を策定することになった場合、以下の 1~4 の策定方法のうちあなたが最も望ましいと思うものを 1つだけ 選んでください。

1. 八重瀬町役場が町民の意向を反映した地下水管理計画を作る。
2. 八重瀬町役場が町民の意向を反映した地下水管理計画の案を作り、町民がその内容を確認した上で最終決定する。
3. 八重瀬町役場の職員が進行役となって、町民同士で地下水管理計画について話し合う機会を設ける。話し合いで合意に至ったことを、地下水管理計画に盛り込む。
4. 独立した第三者が進行役となって、町民同士で地下水管理計画について話し合う機会を設ける。八重瀬町役場は他の参加者と対等の立場で話し合いに参加する。話し合いで合意に至ったことを、地下水管理計画に盛り込む。

また、政策の進め方に関する選好の違いを八重瀬町内の居住地域ごとに示している調査結果からは、「町民による内容確認」は中部から南部地域で多いこと、逆に「第三者進行で町民が話し合う」は中部から北部地域で多いことが読み取れる。

## D-2 聞き取り調査から明らかとなったステークホルダー間連携のポイント

COVID-19 の影響で対面での活動が制限されたため、D 班ではステークホルダー間の対話・協働を促すことを重視し、本プロジェクトのステークホルダーへの聞き取り調査を重点的に実施した。2022 年度に実施したステークホルダーの「困りごと」に関するインタビュー調査の結果では、水循環に関心がある一方で、多様な利害関係が具体的な取り組みに

躊躇いを生み出していることが読み取れる。こうした結果は、先行する既往研究と整合的な結果と言える。

### D-3 プロセス分析から明らかとなった流域ガバナンス構築のポイント

流域ガバナンス構築のプロセス分析からは、水循環に注目することで生じるトレードオフへの対処の重要性が明らかとなった。八重瀬町のように地下水を農業利用する地域の場合、鍵となるのは地下水を活用した農業生産に関する評価である。一方では、豊富な地下水の有効活用により、農業生産額の向上がもたらされている。他方では、営農の結果として地下水の水質が変化するリスクが存在する。こうしたトレードオフへの対処策の立案が合意形成の鍵になると考えられる。

図17に示したのは、2022年3月に実施した地域円卓会議セッション2のまとめである。テーマは「地下水の恩恵を受けてきた具志頭地域、その資源の価値を再評価し、現代における活用についてみんなで学ぶ」であった。水に関する肯定的な意見が出される一方で、多様な利害関係の中で「対立にならないように調整が重要」との意見が出された。言い換えれば、水循環への注目を優先することにより、何らかのトレードオフが生じるという認識がステークホルダーの間に存在することが明らかとなった。こうした結果は、先行する既往研究と整合的な結果と言える。

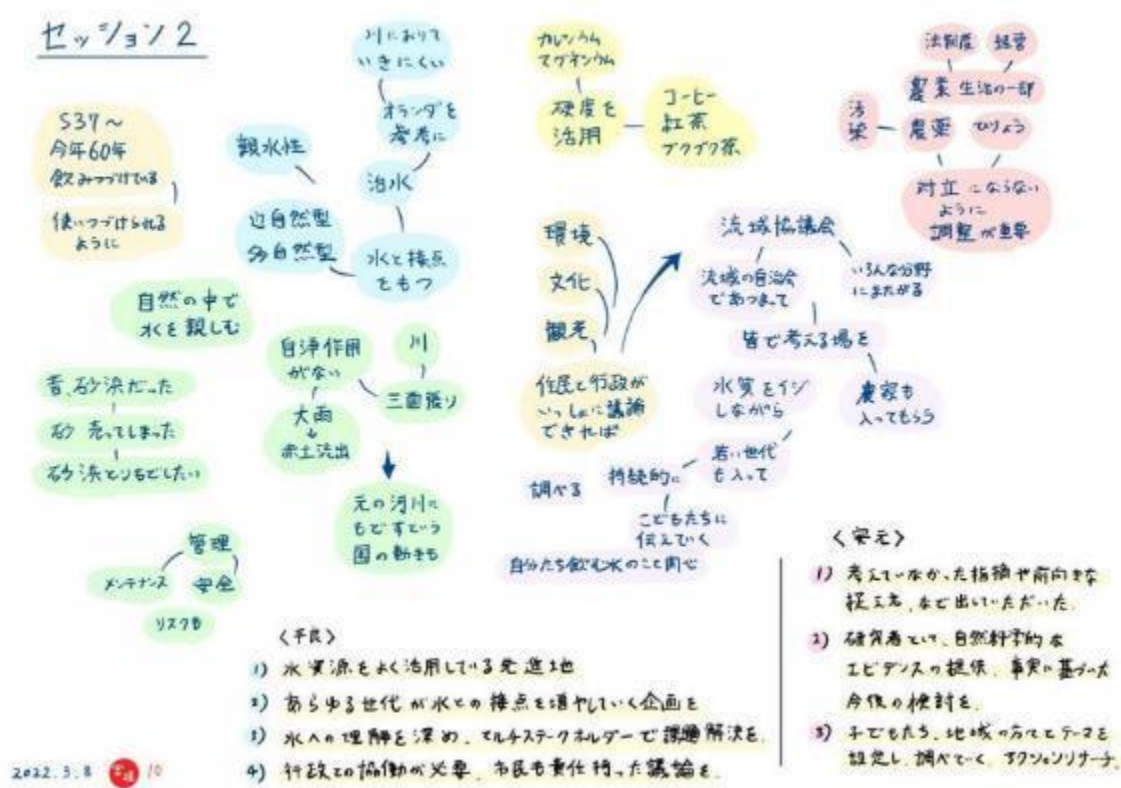


図17. 地域円卓会議（2022年3月）のまとめ板書



(2) 活用・展開

D-1 意識調査から明らかになった選好の地域差

2022年1月に発行したニュースレター#6で調査結果の概要を報告し、2022年5月には八重瀬町役場にて役場職員向けの調査報告会を実施した。上記でも記載した政策手段や進め方に関する地域間の違いは、今後、流域水循環協議会で行動指針を検討する際の参照点となることが見込まれる。そのために、調査の最終報告書をプロジェクトの成果として早期に刊行する必要がある。

D-2 聞き取り調査から明らかとなったステークホルダー間連携のポイント

多様な利害関係が水循環に関する具体的な取り組みに躊躇いを生じさせているという知見は、本プロジェクトが当初想定していたよりも多様な取り組みが必要であることを示している。ただ、非公開を前提に実施してきた聞き取り調査の結果は、情報公開が難しい状況にある。地域円卓会議など、公開の場でステークホルダー間の意見表明や合意形成を促す仕組みづくりが必要となる。

D-3 プロセス分析から明らかとなった流域ガバナンス構築のポイント

2023年に2度目となる地域円卓会議を実施し、ステークホルダー間の対話を行った。その結果を1度目の地域円卓会議と比較し、水循環をめぐるトレードオフに関するステークホルダーの認識を比較する予定である。また、科学的知識を提供してきた科学者が、水循環をめぐるトレードオフをどう認識し、地域での実践に繋げてきたのか、インタビュー調査を通じて明らかにする。

(3) その他

意識調査において、KPIにすることを目的として収集したデータの概要をまとめる。将来的に同種の住民意識調査を実施し、意識変化の有無を明らかにすることが、流域ガバナンス構築のプロセスを分析するために必要と考えられる。

(11) これから八重瀬町の地下水を保全していく上で、以下のA~Cの技術的な能力はどのくらいであると評価しますか？それぞれ、1（非常に低い）から9（非常に高い）までの9段階のうち、あなたのお考えにもっとも近いものを1つ選んでください。

	非常に低い								非常に高い	わからない
A. 八重瀬町役場	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B. あなた以外の八重瀬町民一般	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C. 大学などの研究者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(13) 八重瀬町の地下水を保全していくことに関して、以下の A~C をどの程度信頼できますか？それぞれ、1（全く信頼できない）から 9（非常に信頼できる）までの 9 段階のうち、あなたのお考えにもっとも近いものを 1 つ選んでください。

	全く信頼できない									非常に信頼できる	わからない
A. 八重瀬町役場	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
B. あなた以外の八重瀬町民一般	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
C. 大学などの研究者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

(21) 以下の文について、それぞれ正しいか間違っているかを選んでください。

	正しい	間違っている	わからない
A. 八重瀬町の水道水には、地下ダムから取水した水も含まれている	1	2	3
B. 八重瀬町の地下水は、農業に使われている	1	2	3
C. 八重瀬町の地下水の中には、海底から湧き出しているものもある	1	2	3

## 成果：2020 年度追加予算「領域・プログラム内プロジェクト間連携/国際展開/新型コロナウイルス感染症関連の取り組み」

### (1) 地域と調べる

- 地下水モニタリング調査（環境影響評価）：ロックダウンによる観光産業や農業をはじめとする人間活動の停滞と再開が、どのように島嶼環境に影響を与えるのかを科学的にモニタリングための基礎データ（観光客による影響負荷がゼロ）を得ることができた。
- 多様な資源利用（土地、水資源、水産資源等のマルチリソース）の歴史の変遷の解明：B1 ユニットの研究課題である多様な資源利用の歴史の変遷を解明するために、研究者だけではなく、地元教育委員会、NPO、地域資料館など多様なアクターによる参加型「ゆんぬコロナアーカイブ」プラットフォームを立ち上げた。こうして、COVID-19 感染拡大が島嶼コミュニティに与えた社会システムや資源利用への影響を分析するための資料や写真、



インタビューなど多様な地域歴史文化資料を収集することができた。このような取り組みによって得られた資料の個人情報等の配慮および情報保持の方針を共有するため、2020年12月7日付決済で鹿児島県与論町教育委員会、国立歴史民俗資料館メタ資料学研究センター、琉球大学人文社会科学部高橋研究室の三者で覚書を締結した。また、さまざまな専門知やネットワークを持つ本稿の筆者らを事務局として、誰もが参加可能なアーカイブ活動の全体計画や運営を定期的に話し合いながら構築してきた。その後、2021年には、研究対象を過去から現在につながる歴史と文化ととらえ直し、過去約100年間にわたる島の暮らしの知恵や移り変わりをともに記録する「島の自然と暮らしのゆんぬ古写真調査」に展開させてきた。

## （2）地域と考える

- ・ 誰もが安心して参加できるシチズンサイエンスのためのプラットフォームづくり：

本プロジェクトにおいて、重要な位置となるものに権利処理があった。預かった写真については、著作者（撮影者）不明のものも多くある。そのため、まずは撮影者がわかる写真について、確認作業を実施した。全体のうちのいくつかの写真については、撮影者がわかったため、利用許諾を求めた。また、撮影者不明のものについては、暫定的ではあるものの、所蔵者に利用の許諾を求めた。本プロジェクトにおける権利処理の方法については、大きな特徴が二つある。ひとつ目は、プロジェクトチームと地域の関係における許諾と書面による保証という二重の許諾への担保を取ったこと（A）、二つ目は書面作成にあたって、多様なステークホルダーとの対話をもととした（B）ということである（高橋他 投稿中参照）。本プロジェクトでは、誰もが安心して写真を提供したり、収集することのできる体制を構築するため、「島の自然と暮らしのゆんぬ古写真展プロジェクト写真等の使用許諾同意書」を、地域のかたと対話しながら、さまざまなシチュエーションなどの聞き取りをもとに作成することができた。このフォーマットでは、その後沖永良部島などで応用が検討されている。

- ・ 市民参加型展示「島の自然と暮らしを考えるゆんぬ古写真」と人文情報学

2020年から始まった本調査では、約1770枚の写真を集集し、デジタル化することができた（2022年6月現在）。スキャンしたデータはナンバリングを行い、撮影した年、場所、撮影者、キーワードを記録して、提供者ごとにまとめて目録を作成した。現在、島の環境や社会経済的な構造が大きく変化し始めた1960年代以降の写真資料といった基礎データが集積されてきた。今後はこれらの資料の読み込みとして、国立歴史民俗博物館と与論町教育委員会との覚書のものと、歴史学分野、特に人文情報学分野との連携から、研究者だけではなく、より地域（パブリック）に開かれた歴史文化研究へと展開を検討中である（高橋 2023 印刷中）。その実験的な試みとして、これらの収集した資料とデータをもとに、市民参加型展示「島の自然と暮らしを考えるゆんぬ古写真」（2022年2月、6月）とデジ

タル展示（2022 月 6 月）を行った。両回ともに、多くの島の方々が観覧する機会となった。また、多世代で観覧する家族の姿も見られた。「これはお父さんが飼っていた馬で、島中に荷物を運ぶ仕事をしていたよ」など、写真をもとに祖母が家族の歴史を物語る場面などもあった。さらに思い出ボードには、「91歳のばーばーは全ての写真を懐かしんで見入っていました。魚を売りに行ったこと、ハブシで何でも頭の上に乗せていたことなど…」など、観覧者から多くの感想が寄せられた。これらの展示の結果は、現在、次項で述べるデジタル展示としてアーカイブをすると共に、コミュニケーションツールとなるポストカードの作成と教育プログラムの開発へと新たな展開を検討しているところである。

・ リスクガバナンス：リスクマネジメントの社会的合意形成の分析

コロナによって図らずも外部者である研究者は島に渡ることができず、本プロジェクトは地域住民が主体となって、コロナ禍の島の様子や、そこから転じて島の環境や流通が大きく変わった 1960 年代以降の古写真や資料を収集する参加型シチズンサイエンスとして展開することができた。フィールドでの対面インタビューが難しい中、島にいる中間支援者にサポートしてもらいながら Zoom を使ったオンラインインタビューを試行錯誤してきた。そこでは災禍を通して、島嶼コミュニティの社会的なケアや持続可能なレジリエンス機能を検討するための語りを収集することができた。これらの語りと人々の行動分析から、このように示されるコミュニティ維持機構（生存基盤）の持続可能性に対するリスクを回避するための民俗知や島嶼間ネットワークの順応性が明らかになってきた（論考 準備中）。

・ 中間支援機能モデルの構築

さらに、本追加調査によって得られた大きな成果は、With コロナ時代の地域共創型研究として、研究者と市民との協働調査における感染症対策（ガイドライン）や、「中間支援者」として現地調査員を雇用し、レジデント型リサーチ・パートナーとして育成する新たな地域共創型研究のモデルを検討することができたことであろう。本事業を通して構築することのできたチームは、その後も「島の自然とくらしのゆんぬ古写真調査」として継続している。今後は人間文化研究機構総合地球環境学研究所「陸と海をつなぐ水循環を軸としたマルチリソースの順応的ガバナンス：サンゴ礁島嶼系での展開」（代表 新城竜一）ならびに「日本歴史文化知の構築と歴史文化オープンサイエンス研究」（代表機関 国立歴史民俗博物館）での研究の一部として展開する予定である。このチームを発展させ、島の人々と、研究者がともに地域歴史文化を考え、それを未来に継承する持続可能な取り組みとプラットフォームを構築していきたい。

## 4. 研究開発の実施体制

### 4-1. 研究開発実施体制

<大項目> A 班（水循環）

<中項目> A-1 不均一性の高い帯水層構造と地下水の滞留時間の把握

亜熱帯島嶼の水循環の特徴的である「若い地下水」に有効とされる環境トレーサー（SF<sub>6</sub>、<sup>85</sup>Kr）を用いて地下水の滞留時間を推定する。

対 象：八重瀬町と展開先に選定した地域

〈中項目〉 A-2 汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

人為的な汚染物質を同定する環境トレーサーとして有用である地下水中の硝酸イオンの窒素・酸素同位体比や硫酸イオンの硫黄・酸素同位体比に加え、ホウ素の安定同位体比も加えたマルチ同位体法を導入し、化学肥料・堆肥、家畜排せつ物の地下水汚染への寄与率の推定を行う。

①次世代シーケンサーを用いて環境 DNA のゲノム配列を迅速に解析し、水環境中の微生物群集から水循環の健全度を評価する指標を開発する。さらに、②ウィルスや真菌（カビ）なども網羅的にシーケンスすることが可能なメタショットガン解析を応用し、従来、困難であった人起源と家畜起源の汚染物質の寄与率の推定を行う。

●マルチ同位体法による汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

●メタショットガン解析による汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

対 象：八重瀬町と展開先に選定した地域

〈中項目〉 A-3 統合型水循環シミュレーションモデル（GETFLOWS）の構築

3次元水循環シミュレーション（GETFLOWS）の特長は、地表水と地下水の流れを一体的に解析し可視化する点にある。水理地質構造や地下水流動・涵養機構に関する現地観測を踏まえ、さらに上記の様々な解析結果もインプットデータとして取り込み、統合型の3次元水循環シミュレーションと可視化を行う。

対 象：八重瀬町をメインに、他地域への展開を見据えて沖縄島の他地域など可能な範囲で実施

〈大項目〉 B 班（利用・産業）

B-1 マルチリソースをめぐる民俗知・利用・アクセスの歴史の変遷の解明

B-2 汚染物質の負荷軽減対策の立案・実施（実証試験）

〈中項目〉 B-1 マルチリソースをめぐる民俗知・利用・アクセスの歴史の変遷の解明

多様な資源利用（土地、水資源、水産資源等のマルチリソース）の歴史の変遷を復元し、水資源をはじめとする多様な資源や土地利用の変容パターンや要因、限られた資源を活かすための民俗知や社会の仕組みを明らかにする。その結果を市民参加型デジタルマップとして公開する。「新型コロナウイルス（COVID-19）影響下における市民参加型島嶼コミ

ユニティ・環境影響評価モニタリング調査」については p. 32～を参照。

期 間：令和元年 11 月～令和 5 年 3 月 31 日

対 象：八重瀬町をメインに、他地域への展開を見据えて沖縄島の他地域など可能な範囲で実施

<中項目> B-2 産業班 汚染物質の負荷軽減対策の立案・実施（実証試験）

共有資源である水資源や水産資源（観光資源）を利用している農業・畜産業、水産業や観光業に従事しているステークホルダーを分析し、それぞれの共有資源の利用量や窒素負荷となる排せつ物の排出量を把握するとともに、負荷削減に向けたそれぞれのステークホルダーの課題を抽出する。さらに、抽出した課題を基に、それぞれのステークホルダーが実施可能な窒素負荷低減対策を検証する。

主な窒素負荷源となる化学肥料等の施肥量の低減を目指し、作物の生産性および経済性を考慮した適正な施肥設計の確立を目指したラボ試験（モデル試験）を複数箇所の八重瀬町の農場で採取した土壌を用いて実施する。

- ・生産性検証：異なる窒素添加による作物生産性の検証および窒素肥料成分の土壌吸着容量の検証
- ・経済性検証：窒素肥料成分の動態（作物吸収、土壌吸着および地下水への溶出）把握から、コスト（施肥）に対する利益（作物吸収）と損失（土壌吸着および地下水溶出）のバランスを算出し、施肥量に対する収穫量の実証実験を行う。

これら研究成果を基にアクションリサーチに取り組み、八重瀬町農林水産課や沖縄県南部農業改良普及センター等と連携し、窒素負荷低減対策を農家に広めていく。

対 象：八重瀬町をメインに、他地域への展開を見据えて沖縄島の他地域など可能な範囲で実施

<大項目> C 班（経済効果）水循環の健全化がもたらす経済効果の数値化

豊かな水資源の保全と水循環の健全化に向けた窒素負荷低減策などの取り組みの経済学的評価を実施する。また、水循環と密接に関わるサンゴ礁生態系サービスも経済学的評価を試みる。

対 象：八重瀬町をメインに、他地域への展開を見据えて沖縄島の他地域など可能な範囲で実施

<大項目> D 班（対話・協働）

D-1 水資源に対する地域住民の認識や意識を把握

## D-2 流域ガバナンス構築のプロセス分析

水資源に対する地域住民の認識や意識を把握し、ステークホルダー間の合意形成へ向けた基礎情報とすることを目的としてステークホルダーの意向を調査し、流域水循環協議会に報告すると共に、行動計画への反映を目指す。また、環境学の視点から流域ガバナンスの先行事例を参照し、亜熱帯島嶼で流域ガバナンスを構築する際に留意すべきポイントを整理し、汚染物質の負荷軽減策を立案する際の基礎情報を提供する。最後に、本プロジェクトにおける流域ガバナンス構築のプロセス分析を行う。住民の水資源に対する意識をプロジェクトの KPI とする目的で、プロジェクト開始時と終了時に、八重瀬町民を対象とした水資源に関する意識に関するアンケート調査を実施する。

対 象：八重瀬町をメインに、他地域への展開を見据えて沖縄島の他地域など可能な範囲で実施

### 参画と協働に基づく持続可能な水資源利用に向けた流域ガバナンス構築

#### ●八重瀬町 SOLVE for SDGs 連絡会

本プロジェクトとの連携を円滑にする目的で、八重瀬町役場内に八重瀬町 SOLVE for SDGs 連絡会を設置し、各班の活動状況の共有や四半期ごとのプロジェクトマネジメント会議に出席する。

期 間：令和元年 11 月～令和 5 年 3 月 31 日

実施者：金城 盛勝（八重瀬町土木建設課・課長）

金城 進（八重瀬町経済建設部・前部長）

野原 一夫（八重瀬町経済建設部・部長）

諸見里 浩（八重瀬町農林水産課・課長）

伊野 博一（八重瀬町農林水産課・営農班長）

島添 和博（八重瀬町都市整備課・都市整備班長）

照屋 唯英（八重瀬町土木建設課・農林班長）

金城 明彦（八重瀬町土木建設課・主査（地下水条例担当））

知念 直哉（八重瀬町農林水産課・主査（下水道担当））

神谷 彰来（八重瀬町農林水産課・主事（畜産担当））

下門 申吾（八重瀬町住民環境課・主査（環境・浄化槽担当））

金城 洋史（八重瀬町企画財政課・班長（総合計画担当））

対 象：八重瀬町

・ 4-1-2 協働実施者に期待された主な役割と、研究開発の実施に際して、実際に果たした役割、さらに、研究代表者と協働実施者との協働による主な成果

本プロジェクトは、集落排水や下水道事業を担当する八重瀬町土木建設課が担当課とな

り、役場との連絡窓口を担ってくださった。

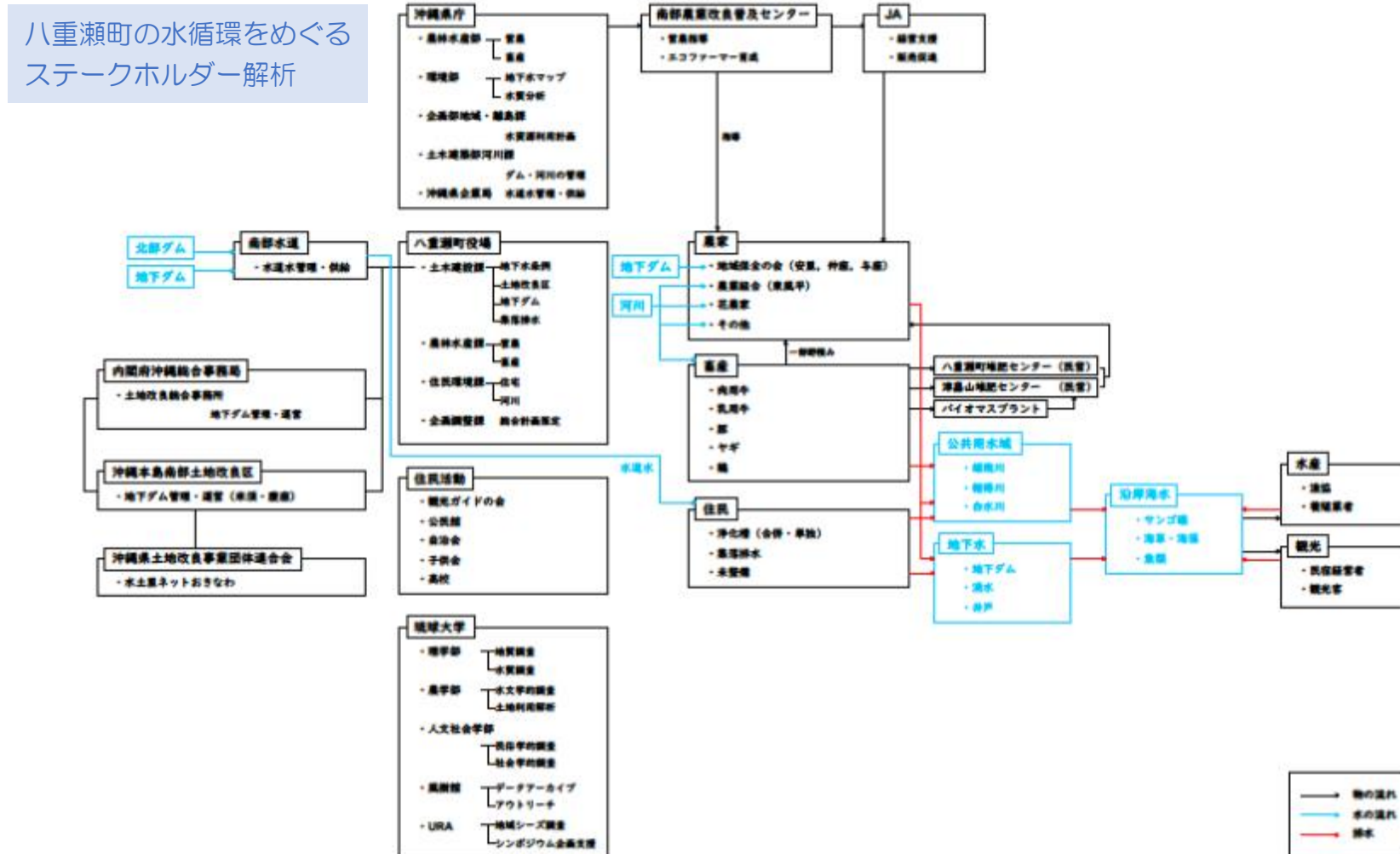
プロジェクト開始当初、琉球大学と連携協定を結んだ八重瀬町役場との連絡会を結成し、それを中心とした「ゆんたく会」（ゆんたく＝沖縄のことばで「おしゃべり」の意）を定期開催し、水資源にまつわる研究者のレクチャーや、地域住民との意見交換を通して、環境への意識を高めあう場の創出を計画していたが、コロナ禍により連絡会の活動そのものができなくなってしまった。その中でも、オンラインによる「みずのわラボ」で他の自治体の事例を学んだり、プロジェクトで発行しているニュースレターを各課に配布するなどして、役場への働きかけは担当課を通して続けることができた。

当初掲げていた「流域協議会の設置」という目標は、水をめぐるステークホルダー間のジレンマを把握していない段階で掲げるには尚早であったと実感されるが、協働実施者は、地域社会の感覚と、長年集落排水や下水道事業を担当してきた経験と知識から、関係各所に丁寧に説明し、繋いでくださった。プロジェクトとして地域円卓会議などの大きなイベントが実施できたのも、土木建設課、農林水産課の全面的な協力によるものである。連絡会メンバーの皆様は、業務外にも関わらず聞き取り調査への対応や流域の計画概要などの地図や施設のデータ提供、イベント準備などできる限りの協力をしてくださった。

八重瀬町は、1970年から71年にかけてアメリカ軍から民間の業者に払い下げられたPCPのドラム缶5000本以上が南風原や具志頭に放置され地下水を汚染し、南部地域4つの村で給水が止められた事件を経て、農業を基幹産業に育てるまでに並々ならぬ地域の苦労がある。現時点でピーマン農家は30%減肥のエコファーマー認定を全農家が達成している中、もしこのプロジェクトが最終的に、水資源の保全を農家の努力だけに頼るような提案をしていたならば、地元農家にとってそれは受け入れがたいものであり、拒絶されていたであろう。別添の事業計画にもまとめた通り、八重瀬町には三つの水資源の対象として「上水・下水」「地下水」「河川水」があり、各ステークホルダーが研究者側を受け入れ真摯に対話を重ねてくださったことが、科学的な研究開発を可能にし、水をめぐる問題構造を整理するプロセスとなったのである。協働実施者である八重瀬町役場は、研究者とステークホルダーとの懸け橋となり、また地下水調査における許可申請や大規模アンケート調査における住民基本台帳システムの利用など、各種手続きをスムーズに遂行してくださった。

現時点で、まずは「流域協議会」というプラットフォーム設置の意義を再確認し、財源確保のため地域としての水をめぐるブランド化、ストーリー化の作業に向けて、八重瀬町役場の各担当課にはたらきかけているところである。本プロジェクトでは、八重瀬町の豊かな水資源の持続的な利用に関する課題解決に必要な項目として（1）水循環の可視化、（2）汚水処理の高度化、（3）環境保全型農業の推進、（4）環境配慮型事業の支援、の4つを軸としてあげたが、これらを統合的に進めていくため、今後も八重瀬町役場との連携を続けていきたい。

・ 4-1-4 事業終了時点でのステークホルダーマップ（図18）



#### 4-2. 研究開発実施者

(1) 水循環（A班）（リーダー氏名：安元 純）

##### A-1 不均一性の高い帯水層構造と地下水の滞留時間の把握

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
新城 竜一	シンジョウ リュウイチ	地球環境学研究所・ 琉球大学	研究部・理学部	教授
土岐 知宏	トキ トモヒ ロ	琉球大学	理学部	准教授
中屋 眞司	ナカヤ シン ジ	信州大学	工学部	特任教授・名 誉教授
利部 慎	カガブ マコ ト	長崎大学	環境科学部	助教

##### A-2 汚染物質の発生機構・輸送プロセスの解明

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
新城 竜一	シンジョウ リュウイチ	地球環境学研究所・ 琉球大学	研究部・理学部	教授
細野 高啓	ホソノ タカ ヒロ	熊本大学大学院	先端科学研究部	准教授
安元 純	ヤスモト ジ ユン	琉球大学	農学部	助教
安元 剛	ヤスモト コ ウ	北里大学	海洋生命科学部	講師
井口 亮	イグチ アキ ラ	産業技術総合研究所		主任研究員
水澤 奈々美	ミズサワ ナ ナミ	北里大学	海洋生命科学部	特任助教
高田 遼吾	タカダ リョ ウゴ	琉球大学	戦略的研究プロジェク トセンター	産学官連携研 究員

##### A-3 統合型水循環シミュレーションモデル（GETFLOWS）の構築

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
安元 純	ヤスモト ジ ユン	琉球大学	農学部	助教



中川 啓	ナカガワ ケ イ	長崎大学	環境学部	教授
Bam H. N. Razafindrabe	バム ラザフ インラベ	琉球大学	農学部	准教授

(2) 利用・産業

B-1 班 マルチリソースをめぐる民俗知・利用・アクセスの歴史的変遷の解明

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
高橋 そよ	タカハシ ソ ヨ	琉球大学	人文社会学部	准教授
Bam H. N. Razafindrabe	バム ラザフ インラベ	琉球大学	農学部	准教授
渡久地 健	トグチ ケン	サンゴ舎スコーレ		講師
中本 敦	ナカモト ア ツシ	岡山理科大学	理学部	講師

B-2 班 汚染物質の負荷軽減対策の立案・実施（実証試験）

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
金城 和俊	キンジョウ カズトシ	琉球大学	農学部	准教授
安元 純	ヤスモト ジ ユン	琉球大学	農学部	助教
高田 遼吾	タカダ リョ ウゴ	琉球大学	戦略的研究プロジェクトセンター	産学官連携研究員

(3) 経済効果

C 班 水循環の健全化がもたらす経済効果の数値化

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
渡久地 朝央	トグチ トモ チカ	沖縄国際大学	経済学部	准教授
安元 純	ヤスモト ジ ユン	琉球大学	農学部	助教
嘉田 良平	カダ リョウ ヘイ	四條畷学園大学	リハビリテーション学部	教授

(4) 対話・協働

D-1 水資源に対する地域住民の認識や意識を把握

D-2 流域ガバナンス構築のプロセス分析

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
久保 慶明	クボ ヨシアキ	関西学院大学	総合政策学部	教授
大野 智彦	オオノ トモヒコ	金沢大学	人間社会研究域	教授
千葉 知世	カダ リョウヘイ	大阪府立大学	人間社会システム科学研究科	准教授
安元 悠子	ヤスモト ユウコ	琉球大学	戦略的研究プロジェクトセンター	産学官連携研究員

4-3. 研究開発の協力者

(公開)

氏名	フリガナ	所属	役職（身分）	協力内容
金城 進	キンジョウ ススム	八重瀬町役場	前経済建設部長	流域協議会の設置・運用
ぐし ともこ	グシ トモコ	湧き水 fun 倶楽部	代表	アクションリサーチの実施
田原 康博	タワラ ヤスヒロ	(株)地圏環境テクノロジー	代表取締役社長	統合型水循環シミュレーションモデル (GETFLOWS) の構築
富永 千尋	トミナガ チヒロ	琉球大学研究推進機構	特命教授	アクションリサーチの実施
廣瀬 美奈	ヒロセ ミナ	一般社団法人トロピカルテクノプラス		分析・調査作業の実施
三沢 陽子	ミサワ ヨウコ	農業生産法人 DENEN	代表	アクションリサーチの実施
新里 司	シンザト ツカサ	八重瀬町商工会カラベジプロジェクト	事務局長	アクションリサーチの実施
屋宜 宜行	ヤギ ノブユキ	じんぐらーファーム	代表	実証実験への協力
伊野 由里子	イノ ユリコ		個人農家	実証実験への協力
安溪 遊地	アンケイ ユウ	山口県立大学	名誉教授	民俗知調査に関するア

	ジ			ドバイス
安溪 貴子	アンケイ タカ コ	山口大学	非常勤講師	民俗知調査に関するア ドバイス
当山 昌直	トウヤマ マサ ナオ	沖縄大学	特別研究員	民俗知調査に関するア ドバイス
盛口 満	モリグチ ミツ ル	沖縄大学	教授	民俗知調査に関するア ドバイス

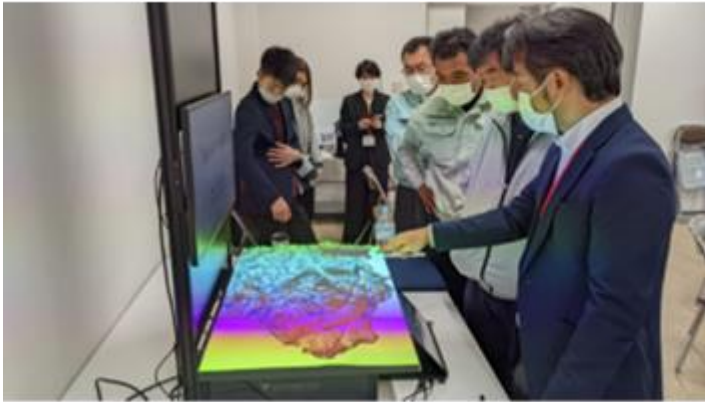
機関名	部 署	協力内容
八重瀬町役場		<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> <li>・研究開発成果の担い手（ユーザー）となる。</li> </ul>
金沢大学	人間社会領域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> <li>・特定の参画機関が所有する非公開データ等を閲覧・活用する。</li> </ul>
大阪公立大学	人間社会システム科学研究科	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>
長崎大学	環境科学部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>
信州大学	工学部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>
北里大学	海洋生命科学部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査デー</li> </ul>

		タを共有する。
産業技術総合研究所		<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>
熊本大学大学院	先端科学研究部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>
岡山理科大学		<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>
サンゴ舎スコーレ		<ul style="list-style-type: none"> <li>・協働で研究成果（論文、テキスト、アプリケーション、ノウハウ等）を創出する。</li> <li>・調査を共同で実施し、得られた調査データを共有する。</li> </ul>

## 5. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### （1）八重瀬町水循環モデルプロジェクトマッピングの作成

プロジェクト開始から 2 年に渡る地下水定期調査のデータをもとに、八重瀬町の地下水の流れを可視化したプロジェクションマッピングを作成した。八重瀬町の地形模型に投影することによって、水循環だけでなく、地下水量や土地利用についても学ぶことができるツールとして、学校教育への展開、イベント等で活用していく予定である。八重瀬町地域円卓会議では、農家と南部水道、役場職員でこのツールによって意見交換をおこなう様子が見られた（下記参照）。



#### （２）ニュースレターの発行

プロジェクトで得られた成果や活動状況を周知するため、今年度はニュースレターを7回発行した。プロジェクトのホームページから閲覧可能。

#### 【タイトル】

SOLVEニュースレター#1「プロジェクトについて」

SOLVEニュースレター#2「地下水調査に密着」

SOLVEニュースレター#3「こどもたちと水環境を学ぶイベント」→中止

SOLVEニュースレター#4「八重瀬町民アンケート（環境編）」

SOLVEニュースレター#5「八重瀬町民アンケート（生活編）」

SOLVEニュースレター#6「八重瀬町民アンケート（地下水との関わり編）」

SOLVE ニュースレター#7「地域円卓会議開催、みずのわかレッジ始動」

#### （４）コミュニケーションツールとしてのポスター作成

本プロジェクトの趣旨を分かりやすく地域住民に伝えるためのコミュニケーションツールとして、3種のA0版ポスターを作成し、展示イベント等で活用した（下記参照）。

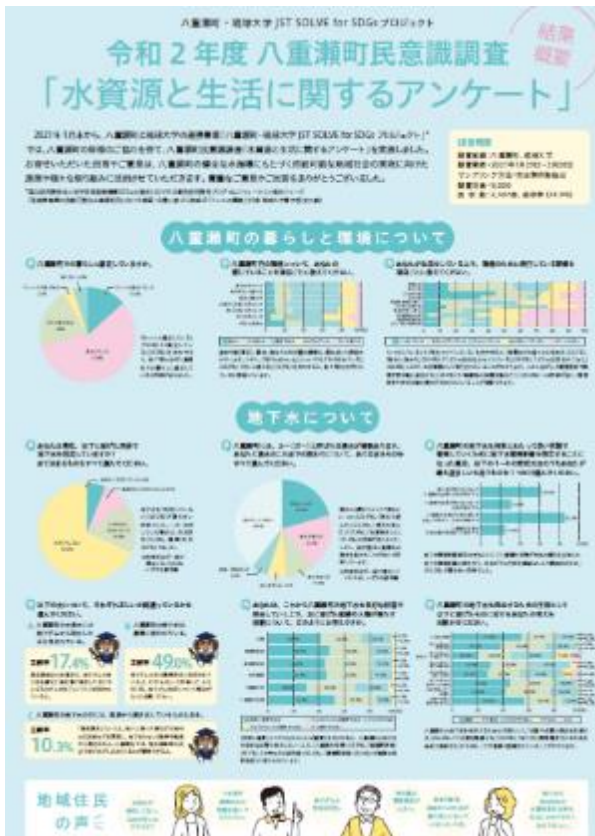
SDGs の達成に向けた共創的研究開発プログラム（ソリューション創出フェーズ）  
 「亜熱帯島嶼の持続可能な水資源利用に向けた参画・合意に基づく流域ガバナンスの構築」  
 研究開発プロジェクト 実施終了報告書



a. プロジェクト紹介「八重瀬町×琉球大学 JST for SDGs プロジェクト」



b. 八重瀬町第2次総合計画/基本方針5「発展の基盤を備えたまち（1）自然環境の保全」を中心に



c. 「水資源と生活に関するアンケート」住民意識調査の結果概要



サマースクール2022 活動報告展示の様子  
 (2022.12.12-27)



5-1. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

5-1-1. プロジェクトで主催したイベント（シンポジウム・ワークショップなど）

【関係者対象】

年月日	名称	場所	概要・反響など	参加人数
2020/02/13	八重瀬町・琉球大学 SOLVE for SDGs キックオフミーティング	八重瀬町役場 2階会議室	<ul style="list-style-type: none"> <li>関係者が一同に会し、プロジェクトの目的、方法論、ゴール等を共有した。</li> <li>琉球大学と八重瀬町の連携協定を締結した。</li> <li>所管官庁ご担当者より水循環基本法に関する現状と各地の取り組み等についての説明が行われた。</li> </ul>	40人
2020/09/10	八重瀬町第1回連絡会	八重瀬町役場 2階会議室	コロナ禍と台風の影響で2回の延期を余儀なくされたが、研究チームの進捗状況報告、八重瀬町総合基本計画の動向報告、内閣官房水循環政策本部事務局「水循環アドバイザー制度」の活用等について、八重瀬町と琉球大学で情報共有をおこなった。	
2020/10/21	内閣官房水循環アドバイザーレクチャー「第1回みずのわラボ」	Zoom/八重瀬町南の駅2階会議室	八重瀬町が制度を利用している内閣官房水循環アドバイザーの吉富友恭氏（東京学芸大学環境教育研究センター教授）を招聘し、オンラインでのレクチャーと意見交換をおこなった。テーマ「市民参加型アクションリサーチの設計と行動変容」。	
2020/10/22	内閣官房水循環アドバイザーレクチャー「第2回みずのわラボ」	八重瀬町役場 2階会議室 /Zoom	内閣官房水循環アドバイザーの大元鈴子氏（鳥取大学地域学部准教授）を招聘し、オンラインでのレクチャーと意見交換をおこなった。八重瀬町の農家、商工会の関係者も参加した。テーマ「環境保全型農業と小さな流通圏の実現に	

			向けた先進事例紹介	
2020/12/11	八重瀬町第2回連絡会	八重瀬町役場 2階会議室	研究チーム各班の進捗状況を説明しながら、八重瀬町との意見交換をおこなった。施肥に関する栽培試験、大規模アンケート調査実施の協力依頼もおこなった。子どもたち向けの「みずのわクラブ」、向陽高校との連携についても報告した。	
2020/12/18	内閣官房水循環アドバイザー視察・レクチャー「第3回みずのわラボ」	八重瀬町役場 2階会議室 /Zoom	内閣官房水循環アドバイザーの永田務氏（熊本市）を現地招聘し、先進事例としての熊本市の取組みについてレクチャーと意見交換をおこなった。テーマ「健全な水循環と地域づくり」。午前中に南部水道摩文仁浄水施設、慶座地下ダム、バイオマスプラント、南の駅を視察した。	
2021/01/13	内閣官房水循環アドバイザーレクチャー「第4回みずのわラボ」	Zoom/八重瀬町役場2階会議室	内閣官房水循環アドバイザーの谷芳生氏（秦野市）を招聘し、オンラインでのレクチャーと意見交換をおこなった。テーマ「秦野名水を守り育てる秦野市の水循環」。	
2022/01/22	水循環プロジェクト運営チームワークショップ	Zoom	コミュニティ・オーガナイズング・ジャパン理事の安谷屋氏を講師に招いた。参加者10名が互いのストーリーを共有し、パブリック・ナラティブとして本プロジェクトの目的と価値を確認した。	10名
2021/03/22	内閣官房水循環アドバイザーレクチャー「第5回みずのわラボ」	Zoom/八重瀬町役場2階会議室	内閣官房水循環アドバイザーの軸園祐介氏（都城市）を招聘し、オンラインでのレクチャーと意見交換をおこなった。テーマ「都城盆地における土地利用・地形・地質構造と地下水流動」。	

2022/01/07	みずのわかレッジ と関西学院大学政治学ゼミとのオンライン交流会	Zoom/琉球大学50周年記念館2階多目的室	本プロジェクトで結成している「みずのわかレッジ」の学生と、関西学院大学政治学ゼミの学生とで、沖縄の農業・観光についての調査成果発表、意見交換をおこなった。	
------------	------------------------------------	------------------------	---	--

【一般・子ども対象】

2020/11/29	第1回みずのわかレッジ「子ども会とわき水しらべ」	与座公民館・ユムチガー	子どもたちへの環境教育に携わるNPO おきなわ環境クラブへの委託により、八重瀬町の子どもたちを対象に「みずのわかレッジ」を発足。初回は八重瀬町安里・仲座・与座の子ども会と、地域資源保全の会とともにユムチガーの生き物観察と簡易水質調査をおこなった。	
2020/12/20	第2回みずのわかレッジ「漫湖に遠足」	漫湖公園	漫湖・水鳥湿地センターでの自然観察をおこなった。子どもたちと保護者、大学関係者の計12名が参加し、①生き物観察、②パックテストによる水質調査、③漂着物観察、④植栽活動をおこなった。	12名
2020/12/22	みずのわかレッジ in 与論 第1回サイエンスレクチャー	Zoom/与論町役場多目的ホール	NPO 海の再生ネットワークよろんとの共催で、本プロジェクトメンバーの新城竜一教授によるレクチャーを開催した。テーマ「与論島の地下水を介した陸と海のつながり」。	
2021/01/17	第3回みずのわかレッジ「地域の川のいきもの調べ」	報得川、西原川	八重瀬町の報得川と西原川の合流点で、生き物調査をおこなった。子どもたちと保護者、大学関係者の計15名が参加し、①生物指標の記録、②大腸菌群数のカウント、③パックテストによる水質検	12名

			査をおこなった。	
2021/02/21	第 4 回みずのわクラブ「大学で水の実験してみた」	与座集落センター、摩文仁浄水場、慶座地下ダム、慶座バンタ	子どもたちと保護者、大学関係者計 18 名が参加し、八重瀬町のビニールハウスと、摩文仁浄水場、慶座地下ダム、慶座バンタを見学し、地域の「みずのわ」マップづくりをおこなった。	18 名
2021/03/21	第 5 回みずのわクラブ「わき水調査 & 与論島と WEB 交流会」	琉球大学亜熱帯島嶼研究拠点棟 3 階	子どもたちと保護者、大学関係者計 11 名が参加し、これまでの水質調査の復習と、調査結果にもとづくグラフづくりをおこなった。また、同プロジェクトで水質モニタリングをおこなっている与論島の子どもたちと WEB 交流会では、みずのわクラブの活動を通して学んだことを発表し共有した。	11 名
2022/03/18	八重瀬町「第 1 回水資源活用のあり方に関する地域円卓会議」	八重瀬町役場 2 階会議室・オンライン	八重瀬町の水資源に関して、農家・水道事業者、役場職員、地域団体などの着席者が一堂に会し、意見交換をおこなった。	38 名
2022/05/10	「水資源と生活に関するアンケート」説明会	八重瀬町役場 2 階会議室	令和 2 年度に実施した 9000 人対象アンケートの結果を、八重瀬町の職員対象に説明をおこなった。	20 名
2023/01/20	八重瀬町「第 2 回水資源活用のあり方に関する地域円卓会議」	八重瀬町役場 2 階会議室・オンライン	八重瀬町の水資源に関して、排水・下水道整備、農業・畜産、エコファーマー、環境保全活動、環境教育、など多角的な観点から、ステークホルダー間で議論を展開する。	

○市民参加型島嶼コミュニティ・環境評価モニタリング（与論町）

実施内容：本プロジェクトの横展開を検討するための地域として選定した鹿児島県与論町では、「NPO法人海の再生ネットワークよろん」の協力により、①「みずのわクラブ」（計 6 回開催）と、②水環境の定期モニタリングをおこなった。

① 「みずのわクラブ」

	内容	対象団体	参加人数
9月12日	星砂観察会（屋内）	森と海の合唱団	9名
11月7日	赤崎海岸探検（屋外）	森と海の合唱団	16名
1月15日	星砂観察会（屋外と屋内）	那間小2年生	11名
1月18日	星砂観察会（屋外）	与論小4年生	19名
1月19日	星砂観察会（屋外）	茶花小4年生	29名
1月25日	星砂観察会（屋内）	茶花小4年生	26名



赤崎海岸の歩き方説明



同じもの探しゲーム



軽石の溜まった潮だまり



集合写真

②水環境の定期モニタリング

与論町役場水道課が管理している地下水水源地においてサンプリングをおこなった。採水地点名は、古里第1水源地、古里第2水源地、古里第3水源地、古里第4水源地、古里第6水源地、麦屋第1水源地、麦屋第2水源地の計 7 地点において採水を行った。

調査期間：令和3年4月～令和4年3月

調査項目：1) 主要イオン、2) TM、TP、DOC（溶存有機炭素）、3) 微量元素、4) ホウ素同位体比、5) 窒素・酸素同位体比

## 5-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

年月日	名称	場所	概要・反響など	参加人数
2022/04/15- 05/13	八重瀬町水循環プロジェクト シミュレーションマッピング展示	八重瀬町役場 ロビー	可視化ツールとしての統合型水循環シミュレーションモデル（GETFLOWS）を地形模型に投影する PMM（Projecter+ Mapping Model）の展示をおこなった。	
2022/08/06 、07、27、 28	「地域の環境のフシギを発見・科学するサマースクール 2022」	前川公民館、 向陽高校、玻名城海岸、 ターガーガマ	計4日間の日程で、八瀬町の自然を科学的に体験する、小中学生向けのプログラムを実施した。	40名
2022/12/12- 27	「サマースクール活動展示と地域円卓会議のご案内」	八重瀬町役場 ロビー	「地域の環境のフシギを発見・科学するサマースクール 2022」の活動内容の報告と、1月20日に開催される「八重瀬町水資源のあり方に関する地域円卓会議」の案内展示をおこなった。	

実施項目：参画と協働に基づく持続可能な水資源利用に向けた流域ガバナンス構築

### （2）多様なステークホルダーが参画する流域協議会の設置運用開始

2022年3月8日に八重瀬町の「第1回 水資源の活用のあり方に関する地域円卓会議」を実施した。本プロジェクトの第1弾となる地域円卓会議のテーマは「地下水の恩恵を受けてきた具志頭地域、その資源の価値を再評価し、現代における活用についてみんなで学ぶ」とした。今回の目的は、八重瀬町の歩んできた歴史の中で、水資源と暮らしにまつわる事実やエピソードを確認しながら、八重瀬町の水資源の現状の課題を共有し、住民とともに今後の資源活用の方向性を見出すことを目的とした。

着席者は、以下の通り。

- ・\*島添和博氏/八重瀬町土木建設課（八重瀬町総合計画の説明と論点提供）
- ・\*安元純氏/琉球大学 農学部（八重瀬町の地下水の科学的データの説明と論点提供）
- ・ 久保正雄氏/具志頭区長（昔の湧き水の利用方法など）
- ・ 屋宜芳文氏/屋宜農園代表（今や昔の湧き水や地下水の利用方法など）
- ・ ぐしともこ氏/湧き水ファンクラブ（沖縄の湧き水の魅力と文化的

- ・\*伊野博一氏/八重瀬町農林水産課（農業への地下水利用）
- ・\*兼城純氏/南部水道企業団 /管理課（飲料水としての地下水利用）

\* 地下水審議会委員

主 催 八重瀬町・琉球大学 JST SOLVE for SDGs プロジェクト

協 力 公益財団法人みらいファンド沖縄 NPO 法人まちなか研究所わくわく



地域円卓会議の様子

八重瀬町水資源のあり方に関する地域円卓会議最後にまとめとして、以下の点があがった。

- 八重瀬町は水資源を有効に活用している先進地である。
- あらゆる世代が水との接点を増やしていく企画が必要である。
- 水への理解を深め、マルチステークホルダーで課題解決をおこなっていくことが重要である。
- 行政と連携し、住民も責任を持つことのできる議論の場が必要である。

地元の研究者は、自然科学的なエビデンスの提供、子どもたち、地域の方々と一緒にテーマを設定し調べていくアクションリサーチの提案をしていく。

2023年1月20日には、「第2回 水資源の活用のあり方に関する地域円卓会議」を開催した。これは、第1回の「みんなで学ぶ」から「みんなで考える」に開催趣旨を発展させたものであり、対象となる水資源も、東風平の河川まで拡大した。さらに、集落排水や下水道整備の行政担当者、農業・畜産の取り組みにも触れ、八重瀬町全体を見渡しより包括的に、水利用について考える機会となった。



着席者は以下の通り。

- ・ 知念英則氏/八重瀬町土木建設課班長（八重瀬町の集落排水、下水道整備）
- ・ 金城恭平氏/八重瀬町農林水産課主査（八重瀬町の農業、畜産に関する行政の取組み）
- ・ 金城秀雄氏/地域資源保全の会会長（農業の多面的機能の維持に関する取組み）
- ・ 金城正長氏/ピーマン農家（エコファーマーへの取組み）
- ・ 奥間れな氏/港川保育園園長（子どもたちへの環境教育、次世代育成）
- ・ 八重瀬町商工会（カラベジ推進委員会）（町の知名度アップと地域活性化の取組み）
- ・ 向陽高校生/（スーパーサイエンスハイスクール研究の取組み「八重瀬町の地質と地下水」）

### 5-2-1. 書籍、フリーペーパー、DVD など論文以外に発行したもの

- (1) 安元純・新城竜一 編 (2023) 『地域の自然を活用した環境教育-沖縄県八重瀬町をフィールドとして-』 琉球大学水循環プロジェクト発行
- (2) 高橋そよ 2023. 「島の記憶をともに紡ぐ-島の自然とくらしのゆんぬ古写真調査から」 『季刊 iichiko 2023 年春号』 三和酒類株式会社.

### 5-2-2. ウェブメディアの開設・運営

ホームページ：<http://mizunowa.skr.u-ryukyu.ac.jp/activity-record/>

ツイッター：<https://twitter.com/MizunowaProject>

ホームページでの八重瀬町「水資源活用のあり方に関する地域円卓会議」動画の公開

YouTube の URL：<https://youtu.be/eBlk10fa7j0>

### 5-2-3. 学会以外のシンポジウムなどでの招へい講演 など

- (1) 安元純「JST SOLVE for SDGs プロジェクト」琉大 SDGs シンポジウム 2020「研究から広がる SDGs」、主催 琉球大学 SDGs 推進室、2021 年 3 月 19 日.
- (2) 安元純「亜熱帯島嶼の持続可能な水資源利用に向けた参画・合意に基づく流域ガバナンスの構築」、令和 4 年度琉球大学研究推進アドバイザー会議パネルディスカッション、2022 年 11 月 15 日

## 5-3. 論文発表

### 5-3-1. 査読付き（4 件）

- (1) 渡久地朝央 (2023) 「地下ダム流域の水資源に関する住民の経済的価値について」、『経済環境研究』沖縄経済環境研究所、第 12 号. (査読済、掲載予定)

(2) 高橋そよ（琉球大）、池田香菜（海の再生ネットワークよろん）、菊凜太郎（与論民俗村）、後藤真（国立歴史民俗博物館）、橋本雄太（国立歴史民俗博物館）、南勇輔（与論町教育委員会）「鹿児島県与論島における市民参加型「島の自然とくらしのゆんぬ古写真調査」の展開」2023『島嶼研究』

(3) Mariko Iijima; Jun Yasumoto; Kanami Mori-Yasumoto; Mina Yasumoto-Hirose; Akira Iguchi; Atsushi Suzuki; Nanami Mizusawa; Mitsuru Jimbo; Shugo Watabe; Ko Yasumoto; 2022年4月, “Visualisation of Phosphate in Subcalicoblastic Extracellular Calcifying Medium and on a Skeleton of Coral by Using a Novel Probe, Fluorescein-4-Isothiocyanate-Labelled Alendronic Acid.”, Marine Biotechnology 24, 524-530.

(4) Mohammad Reza Ghorbani; Hossein Mahmoudi; Fatemeh Sepidbar; Matthias Barth; Mohamed Zaki Khedr; Naoyoshi Iwata; Ryuichi Shinjo; Parham Ahmadi; 2022年4月, “Geochemical and geochronological constraints on origin of the Sawlava ophiolite (NW Iran): Evidence for oceanic mantle evolution beneath Iran-Iraq border”, Lithos 418-419.

### 5-3-2. 査読なし（2件）

高橋そよ（2021）「地域の“じんぶん“力がひらく学術のかたち：琉球大学水環境プロジェクトチームによる社会課題解決型研究への道のり」『第6回 人文・社会科学系研究推進フォーラム報告書』北海道大学 大学力強化推進本部、(p. 65-76.)

高橋そよ（2022）「湧き水と生物文化多様性 ー琉球弧の事例から」『学術の動向』27(1)：(p. 50-55.)

### 5-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

#### 5-4-1. 招待講演（国内会議 5 件、国際会議 0 件）

(1) 高橋そよ「地域の“じんぶん“力がひらく学術のかたちー琉球大学水循環プロジェクトチームによる社会課題解決型研究への道のり」第6回人文・社会科学系研究推進フォーラム「人社主導の学際研究プロジェクト創出を目指して～未来社会を拓く人文学・社会科学の現在と展望」、主催 北海道大学 大学力強化推進本部、2020年10月3日

(2) 安元純「亜熱帯島嶼の持続可能な水資源利用に向けた流域ガバナンス ーSDGsの達成に向けてー」令和2年度アグリ技術シーズセミナーin沖縄「沖縄の技術シーズを活かした地域産業活性化」主催 農林水産省 農林水産技術会議事務局研究推進課産学連携室、2020年12月15日.

(3) 高橋そよ「地域の“じんぶん“力がひらく学術のかたち：琉球大学水環境プロジェクトチームによる社会課題解決型研究への道のり」『第6回 人文・社会科学系研究推進フォーラム（招待講演、2020年5月）

- (4) 高橋そよ 「湧き水と生物文化多様性 ―琉球弧の事例から」 日本学術会議シンポジウム「水」と「水循環」の研究最前線―21世紀の多分野協創研究にむけて」（招待講演、2020年9月）
- (5) 高橋そよ 「サンゴ島の「水」から考える自然と人との関わり」 札幌市・JST共催「サイエンスアゴラ in 札幌―SDGsと科学技術～私たちの生活とのつながり～」（招待講演、2021年1月）

#### 5-4-2. 口頭発表（国内会議 22 件、国際会議 0 件）

日本地球惑星科学連合 2022 年大会の JpGU-AGU Join Session にて「Material transportation and cycling at the land-sea interface: from headwaters to the ocean」を企画し、自然システムユニットの安元純（琉球大学）がメインコンビナーを務めた。同セッションには幅広い研究分野の研究者が参加し JpGU2022 年大会のハイライトセッションに選出された。同セッションでは海域を考慮した新しい流域科学を創造するために、国内外の分野を超えた参加者相互の議論と協力体制作りについて議論し、自然システムユニットからも多くのメンバーが参加した。

- (1) 飯島真理子; 安元純; 高田遼吾; 中村崇; 酒井一彦; 井口亮; 鈴木淳; 廣瀬美奈; 水澤奈々美; 渡部終五; 安元剛、2022年、石西礁湖における陸域由来のリン負荷の実態把握、日本地下水学会2022年秋季講演会、松本商工会議所（松本商工会館、2022年10月）
- (2) 安元純; 安元剛; 井口亮; 中村崇; 酒井一彦; 飯島真理子; 田原康博; 廣瀬美奈; 高田遼吾; 新城竜一、2022、サンゴ礁生態系保全を目指した陸域からのリン酸塩負荷の閾値決定法、日本地下水学会2022年秋季講演会、松本商工会議所（松本商工会館、2022年10月）
- (3) 丸山莉織; 安元剛; 水澤奈々美; 渡部終五; 廣瀬(安元)美奈; 宋科翰; 新城竜一; Oktanius Richard Hermawan; 細野高啓; 飯島真理子; 井口亮; 高田遼吾; 安元純、2022年、メタゲノム解析による地下水中の微生物組成と脱窒関連遺伝子の解析、日本地下水学会2022年秋季講演会、松本商工会議所（松本商工会館、2022年10月）
- (4) 安元剛; 飯島真理子; 安元純; 高田遼吾; 中村崇; 井口亮; 水澤奈々美; 廣瀬(安元)美奈; 鈴木淳; 神保充; 渡部終五、2022年、The terrestrial impact evoked by the land-originated phosphate adhering to coastal calcareous sediments on coral reef ecosystem in Sekisei Lagoon, Japan Geoscience Union Meeting 2022
- (5) Yasumoto, J; Yasumoto, K; Iijima, M; Takada, R; Iguchi, A; Nakamura, T; Sakai, K; Watabe, S; Shinjo, R; Tawara, Y; Yasumoto Hirose, M; Razafindrabe, B.H.N., “Estimation of the terrestrial phosphate loading by integrated hydrological modelling for evaluation of phosphorus accumulated in calcareous sediments”, 日本地球惑星科学連合2022年大会、2022年5月24日
- (6) Shinjo, R; Yasumoto, J; Takahashi, S; Kubo, Y; Razafindrabe, B.H.N., “LINKAGE project: adaptive governance of multiple resources based on land-sea linkages of the water cycle at coral reef islands”, 日本地球惑星科学連合2022年大会、2022年5月24日

- (7) 高橋そよ「COVID-19 notes from Islands～新たな“調査地被害”をうまないために～」学術野営 2020 in 奥州市関連イベント「新型コロナウイルスの感染が懸念される状況下での歴史・文化資料調査のためのガイドラインを考える」、2020年8月27日
- (8) 高橋そよ・池田香菜・菊凛太郎・南勇輔・後藤真「コロナアーカイブの資料学的検討と地域展開 —アクションリサーチ編—」国立歴史民俗博物館「総合資料学の創成」全体集会、2021年3月7日。
- (9) 高橋そよ（琉球大）、池田香菜（海の再生ネットワークよろん）、南勇輔（与論町教育委員会）、菊凛太郎（与論民俗村）、橋本雄太、後藤真（国立歴史民俗博物館）：地域環境史をともに考える—“島の自然と暮らしのゆんぬ古写真調査”の事例から（オンライン発表）、沿岸域の先進的学際研究ワークショップ 2023、2023年1月8日
- (10) 渡久地朝央（沖国大）：地下ダム流域の水資源に関する住民の経済的価値について、沖縄経済環境研究所、研究発表会、2022年10月8日
- (11) 新城竜一（2021）南の島の水循環：陸と海のリンケージ。日本地下水学会 2021年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021年12月2-4日。
- (12) 利部 慎、安元 純、新城竜一（2021）沖縄本島南部地下ダム流域における地下水の滞留時間と水質の応答特性、日本地下水学会 2021年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021年12月2-4日。
- (13) 山本祐生、細野高啓、Hermawan, O. R.、新城竜一、伊藤湧人、宋科翰、安元 純、宮城もね、松岡 走、高田遼吾、安元 剛、丸山莉緒、三雲沙貴、飯島真理子（2021）沖縄県多良間島の淡水レンズにおける硝酸性窒素の起源と挙動に関する 2021 年調査報告、日本地下水学会 2021年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021年12月2-4日。
- (14) Song, K.-H., Moromizato, Y., Ito, Y., Shinjo, R., Yasumoto, J., Takada, R. (2021) “Boron isotopic characterization for groundwater pollution at the southern part of Okinawa Island and Yoron Island, Ryukyu Islands, Japan”, 日本地下水学会 2021年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021年12月2-4日。
- (15) Hermawan, O. R., Hosono, T., Yasumoto, J., Shinjo, R., Mizota, C., Yamanaka, T. (2021) “Cause of elevated sulfate concentrations in limestone aquifers in southern Okinawa Island, Japan”, 日本地下水学会 2021年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021年12月2-4日。
- (16) 澤野陽介、田原康博、村井敦子、坂内正和、辻本卓郎、野崎真司、新城竜一、Bam H.N. Razafindrabe、安元 純（2021）沖縄本島南部地域における三次元水循環モデリングの適用、日本地下水学会 2021年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021年12月2-4日。

- (17)丸山莉織、安元 剛、水澤奈々美、天野春菜、神保 充、渡部終五、高田遼吾、廣瀬(安元)美奈、新城竜一、細野高啓、飯島真理子、井口 亮、安元 純 (2021) 琉球石灰岩地域における陸水のメタゲノム解析、日本地下水学会 2021 年秋季講演会、沖縄産業支援センターとオンラインのハイブリッド大会、2021 年 12 月 2-4 日.
- (18)Song, K., Ito, Y., Moromizato, Y., Shinjo, R., Yasumoto, J., Takada, R, (2021) “Boron isotope fingerprints offering a tool for nitrate source identification in groundwater pollution at the southern part of Okinawa Island and Yoron Island, Ryukyu islands, Japan” AGU Fall Meeting, 2021 年 12 月 13-17 日.
- (19)Hermawan, O. R., Hosono, T., Yasumoto, J., Sawada, K., Song Ke-Han, Shinjo, R. (2021) “Nitrate contamination source identification by using multiple isotope ratios in Ryukyu limestone aquifer, southern Okinawa island, Japan” 日本地球惑星科学連合 2021 年大会 JpGU-AGU joint session 【オンライン】2021 年 5 月 30 日～6 月 6 日
- (20)Song, K-H, Moromizato, Y., Shinjo, R., Yasumoto, J., Sawada, K, (2021) “Quantitative evaluation of groundwater pollution at Ryukyu limestone area in southern Okinawa Island: Trial application of boron isotope”, 日本地球惑星科学連合 2021 年大会 JpGU-AGU joint session 【オンライン】2021 年 5 月 30 日～6 月 6 日
- (21)安元 純、新城 竜一、Razafindrabe Bam、土岐 知弘、澤田 和子、細野 高啓、Hermawan Oktanius、中屋 眞司、高田 遼吾、中川 啓、利部 慎、田原 康博、村井 敦子、安元 剛、水澤 奈々美、丸山 莉緒、廣瀬 美奈、井口 亮、飯島 真理子、宋 科翰、相澤 正隆 (2021) 亜熱帯島嶼の持続可能な水資源利用に向けた参画・合意に基づく流域ガバナンス - SDGs の達成への貢献-. 日本地球惑星科学連合 2021 年大会 JpGU-AGU joint session 【オンライン】2021 年 5 月 30 日～6 月 6 日
- (22)高橋そよ「生物文化多様性の知恵を学ぶ、結ぶ、そしてひらく」東海大学沖縄地域研究センター ウェブセミナー「八重山地域における生態系研究の現状と今後」(3 月)

#### 5-4-3. ポスター発表 (国内会議 2 件、国際会議 5 件)

- (1) Hermawan, O.R; Hosono, T; Yasumoto, J; Song, K.H; Shinjo, R,  
“Identification of the occurrence of denitrification in the Ryukyu limestone aquifer in southern Okinawa”, 日本地球惑星科学連合2022年大会、2022年6月01日
- (2) 丸山莉織; 水澤奈々美; 安元純; 飯島真理子; 安元剛; 廣瀬美奈; 井口亮; 神保充; 渡部終五; 高田遼吾; 細野高啓; Hermawan Oktanius、2022年、 “Shotgun metagenomic analysis on the groundwater microbial communities and screening of the functional genes related to the nitrogen cycling in Ryukyu Limestone area”, Japan Geoscience Union Meeting 2022

- (3) “Microbial communities and functional genes involved in the nitrogen cycling of groundwater in the Ryukyu Limestone area as revealed by shotgun metagenomics” ,  
Rio Maruyama, Ko Yasumoto, Jun Yasumoto, Mina Hirose Yasumoto, Mariko Iijima, Akira Iguchi, Nanami Mizusawa and Shugo Watabe, AGU Fall Meeting 2022, December 12-16, 2022, Chicago
- (4) “Application of three-dimensional water cycle modeling in Okinawa Island, southern Japan” , Bam H.N. Razafindrabel, Jun Yasumoto, Yasuhiro Tawara, Atsuko Murai, Michiru Kushibuchi, Takuro Tsujimoto, Shinji Nozaki, Ko Yasumoto, Ryogo Takada, Shinji Nakaya and Ryuichi Shinjo, AGU Fall Meeting 2022, December 12-16, 2022, Chicago
- (5) “Pollution sources of groundwater contamination diagnosed by boron isotope composition in Okinawa, Yoron, and Tarama Islands, southern Japan”  
Ke-HAN Song, Yuto Ito, Yumi Moromizato, Ryuichi Shinjo, Ryogo Takada and Jun Yasumoto, AGU Fall Meeting 2022, December 12-16, 2022, Chicago
- (6) “Adaptive Governance of Multiple Resources based on Land-sea Linkages of the Water Cycle at Coral Reef Islands - A Case Study of the Ryukyu Islands (Japan), Wakatobi (Indonesia), and Palau Islands” ,  
Ryuichi Shinjo, Jun Yasumoto, Soyo Takahashi, Yoshiaki Kubo and Bam H.N. Razafindrabe, AGU Fall Meeting 2022, December 12-16, 2022, Chicago
- (7) “Determination of the threshold of total phosphate daily loads as revealed by integrated hydrological modelling for protect coral reefs ecosystem in Okinawa, Japan” ,  
Jun Yasumoto, Ko Yasumoto, Mariko Iijima, Takashi Nakamura, Kazuhiko Sakai, Akira Iguchi, Mina Hirose Yasumoto, Yasuhiro Tawara, Ryogo Takada, Shinji Nakaya, Bam H.N. Razafindrabe and Ryuichi Shinjo, AGU Fall Meeting 2022, December 12-16, 2022, Chicago

## 5-5. 新聞報道・投稿、受賞など

### 5-5-1. 新聞報道・投稿

- ・琉球新報 2020年2月14日
- ・琉球新報 2021年4月5日
- ・琉球新報 2023年3月24日朝刊「豊富な地下水活用を 八重瀬町で円卓会議」
- ・沖縄タイムス 2022年5月11日朝刊「水資源の活用法 課題を意見交換  
八重瀬で円卓会議」

### 5-5-2. 受賞

なし

### 5-5-3. その他

- (1) 東洋経済 ACADEMIC、「未来を創る大学の実践、研究 Pickup」『SDGs に取り組む大学特集：ポスト 2030 に向けた知と実践』Vol.2. 2020年7月発行.
- (2) 琉球大学広報誌「SDGs 研究事例」、『News Letter』Vol.27、2020年8月号

## 5-6. 特許出願

5-6-1. 国内出願 ( 0 件)

5-6-2. 海外出願 ( 0 件)

## 6. その他 (任意)

特になし