

Environment Research and Technology Development Fund

## 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

### 4-1901 「危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する 実効的な保全・生息地再生技術の開発」

令和元年度～令和3年度

Research and Technical Development toward Fulfilling Scientific Knowledge on Conservation of the Endangered Aquatic Insects and Restoration of their Habitats in Satochi (Rural Settlements) in the Ryukyu Archipelago, Japan

〈研究代表機関〉

九州大学

〈研究分担機関〉

神奈川県立生命の星・地球博物館

東海大学

琉球大学

日本工営株式会社

〈研究協力機関〉

中央大学

一般財団法人沖縄美ら島財団

公益社団法人観音崎自然博物館

与那国町立アヤミハビル館

○図表番号の付番方法について

「Ⅰ. 成果の概要」の図表番号は「0. 通し番号」としております。なお、「Ⅱ. 成果の詳細」にて使用した図表を転用する場合には、転用元と同じ番号を付番しております。

「Ⅱ. 成果の詳細」の図表番号は「サブテーマ番号. 通し番号」としております。なお、異なるサブテーマから図表を転用する場合は、転用元と同じ図表番号としております。

令和4年5月

## 目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究目標	
4. 研究開発内容	
5. 研究成果	
5-1. 成果の概要	
5-2. 環境政策等への貢献	
5-3. 研究目標の達成状況	
6. 研究成果の発表状況	
6-1. 査読付き論文	
6-2. 知的財産権	
6-3. その他発表件数	
7. 国際共同研究等の状況	
8. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	
II-1 奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する環境DNAに基づく生息状況把握手法の開発と 保全ユニットの策定	11
(九州大学)	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
II-2 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する分布や生息域内情報の蓄積とその保全への 応用	18
(神奈川県立生命の星・地球博物館)	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
6. 引用文献	
II-3 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術の開発	31
(東海大学)	
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	

- 3. 研究開発内容
- 4. 結果及び考察
- 5. 研究目標の達成状況
- 6. 引用文献

II-4 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に対する外来種の影響評価とその対策手法の開発・40  
(琉球大学)

要旨

- 1. 研究開発目的
- 2. 研究目標
- 3. 研究開発内容
- 4. 結果及び考察
- 5. 研究目標の達成状況
- 6. 引用文献

II-5 奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の開発 . . . . . 50  
(日本工営株式会社)

要旨

- 1. 研究開発目的
- 2. 研究目標
- 3. 研究開発内容
- 4. 結果及び考察
- 5. 研究目標の達成状況
- 6. 引用文献

III. 研究成果の発表状況の詳細 . . . . . 60

IV. 英文

Abstract . . . . . 66

## I. 成果の概要

課題名 4-1901 危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発

課題代表者名 荒谷 邦雄 (九州大学大学院比較社会文化研究院 教授)

重点課題 主：【重点課題12】生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実にに向けた研究・技術

副：【重点課題13】森・里・川・海のつながりの保全・再生と生態系サービスの持続的な利用に向けた研究・技術開発

行政要請研究テーマ (行政ニーズ) (4-7) 国内希少野生動植物種の生息個体数や生息適地の推定手法の確立に向けた研究

研究実施期間 令和元年度～令和3年度

### 研究経費

95,721千円 (合計額)

(各年度の内訳：令和元年度：31,907千円、令和2年度31,907千円、令和3年度：31,907千円)

### 研究体制

(サブテーマ1) 奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する環境DNAに基づく生息状況把握手法の開発と保全ユニットの策定 (九州大学)

(サブテーマ2) 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する分布や生息域内情報の蓄積とその保全への応用 (神奈川県立生命の星・地球博物館)

(サブテーマ3) 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術の開発 (東海大学)

(サブテーマ4) 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に対する外来種の影響評価とその対策手法の開発 (琉球大学)

(サブテーマ5) 奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の開発 (日本工営株式会社)

### 研究協力機関

中央大学、一般財団法人沖縄美ら島財団、公益社団法人観音崎自然博物館、与那国町立アヤミハビル館

本研究のキーワード 奄美・琉球、里地棲、水生昆虫類、希少種、生息域内外保全、生息地再生、環境DNA、外来種

## 1. はじめに（研究背景等）

固有性が高く分布特性上も重要な奄美・琉球(南西諸島)の貴重な生物多様性の近年における急速な減少は大きな問題だが、中でも水生昆虫類は最も危機的な状況にある。この現状は、環境省レッドデータブック第4版(2015年)で新たに絶滅危惧I類に指定された南西諸島の水生昆虫類6種のうち、第3版(2006年)では2種が情報不足、リュウキュウヒメミズスマシなどの3種に至ってはランク外であったこと、沖縄県レッドデータブックに掲載されている水生昆虫類が第2版(2005年)の17種から第3版(2017年)では2.5倍近い41種に急増した点からも明らかである。

しかしながらこうした急激な減少をもたらした要因が何であるのか詳細は不明である。何より最大の問題は、専門家ですら近年のあまりに急激な減少を見逃していた点である。タガメやガムシなどかつては南西諸島全域で普通だった種が、各地でいつの間にか姿を消し、今や南西諸島では絶滅した可能性すら危惧される状態である。国内希少野生動植物種に指定されたフチトリゲンゴロウでさえ現在の生息状況の詳細は把握されておらず、すでにほとんどの既産地で絶滅している可能性も極めて高い。フチトリゲンゴロウや環境省レッドリスト上位ランク種の生息域外保全モデル事業や生息状況調査も試行されているが労力や費用面での限界が甚だしい。この状況では、現在のRL上位ランク種はもちろん、これまではランク外だった普通種が、いざ調べてみると絶滅寸前、さらにはすでに人知れず絶滅してしまっていたという最悪のシナリオが進行している可能性すらある。また、南西諸島では国立公園や森林生態系保護地域等の新規指定や拡大も実施されているが、水生昆虫類にとって最も重要な生息環境はそうした保護地域に含まれない里地である点も大きな問題である。

こうした現状にあって、危機的な状況にある南西諸島の水生昆虫類の生息状況を詳細に把握し、危機的な種の国内希少野生動植物種への指定やRLでのランクアップ等を実施すると共に、急激な減少を齎した主要因を解明し、実効的な希少種保全や生息地再生手法の開発することが緊急の課題である。

## 2. 研究開発目的

本研究では、現地調査や環境DNAを利用して、危機的な状態にある南西諸島の里地棲水生昆虫類の分布や生息状況を詳細に把握するとともに、急激な多様性減少を引き起こした主要因を気候変動や生息環境の攪乱、過剰採集、残留農薬、外来種の影響など様々な観点から解明し、得られた科学的知見に基づいて、生息域内外両面での実効的な希少種保全や生息地再生技術を開発する目的とする。政策面では、各希少種の生息状況や動態に関する精度の高い科学的データの集積とその結果に基づいて、国内希少野生動植物種の新規指定種や候補種を選定、RLランクの変更の提言も実施する。本研究は「2030年度までの国内希少野生動植物種700種指定」の目標が大きく進展するだけでなく、新規指定と同時に具体的な生息域内外の保全対策を実行できる体制の構築を目指すことができる。さらに生物多様性条約愛知目標のTarget12はもちろん、Target 9や14の達成にも貢献できる。

## 3. 研究目標

全体目標	本研究では、現地調査と環境DNAを利用して、危機的な状態にある南西諸島の里地棲水生昆虫類の分布や生息状況を詳細に把握するとともに、急激な多様性減少を引き起こした主要因を気候変動や生息環境の攪乱、過剰採集、残留農薬、外来種の影響など様々な観点から解明し、得られた科学的知見に基づいて、生息域内外両面での実効的な希少種保全や生息地再生技術を開発することを目的とする。本研究は「2030年度までの国内希少野生動植物種700種指定」の目標が大きく進展するだけでなく、新規指定と同時に具体的な生息域内外の保全対策を実行できる体制の構築を目指すことができる。さらに生物多様性条約愛知目標のTarget12はもちろん、Target 9や14の達成にも貢献できる。個々のサブテーマの目標は以下の通りである。
サブテーマ1	奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する環境DNAに基づく生息状況把握手法の開発と保全ユニットの策定
サブテーマリーダー /所属機関	荒谷 邦雄/九州大学

目標	環境DNAを利用して絶滅危険性が高い希少種の生息状況や個体数推定、再導入個体の定着状況等を効率良く把握する手法を確立する。環境DNAを希少種個体からの非侵襲的なDNA採取や遺伝的多様性の検出、生活環の解明に応用する手法の開発も目指す。環境DNA解析の基礎データとなる希少水生昆虫類のDNAライブラリーを構築すると同時に、遺伝情報に基づく希少種の分類学的な改定や保全管理ユニットの策定、再導入・補強候補個体群の選定も実施する。
サブテーマ2	奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する分布や生息域内情報の蓄積とその保全への応用
サブテーマリーダー/所属機関	苅部 治紀/神奈川県立生命の星・地球博物館
目標	徹底した現地調査による希少種の分布や生息の現状、個体数減少の把握。希少種以外の減少の著しい種の検出。希少種生息地の生物環境の評価と好適生息条件の抽出と保全対策への応用。サブテーマ1の成果を加味した精度の高い科学的データの集積と、その結果に基づく国内希少野生動物種の新規指定種や候補種の選定、レッドリスト（RL）ランクの変更の提言。
サブテーマ3	奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術の開発
サブテーマリーダー/所属機関	北野 忠/東海大学
目標	希少水生昆虫類の生息域外保全技術の開発と飼育下での残留農薬の影響の検証を実施する。前者に関しては、フチトリゲンゴロウおよびタイワンタイコウチの生息域外保全技術の確立と飼育規模の拡大、その技術を基に多数の個体数を確保したうえで候補地に放虫し、野生復帰の効果を検討することが挙げられる。そのほか、技術の共有化のために飼育マニュアルの作成も目標の一つである。
サブテーマ4	奄美・沖縄の里地棲の希少水生昆虫類に対する外来種の影響評価とその対策手法の開発
サブテーマリーダー/所属機関	富永 篤/琉球大学
目標	希少種への外来種の影響評価のとりまとめと潜在的リスクの予測、および水生昆虫に影響が小さく効果的な外来種対策手法の検討と提言を実施する。後者については、塩素剤の投入などの水生生物への影響の大きな防除手法の代替手法として、かご罟や刺し網などを用いた低密度管理や根絶が可能か検討する。
サブテーマ5	奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の開発
サブテーマリーダー/所属機関	富坂 峰人/日本工営株式会社
目標	地域に密着した希少水生昆虫類の生息域内保全・生息地再生技術として、赤土対策沈砂池や休耕田をビオトープとして活用する手法を開発する。試験施工と

	経過観察及び残留農薬分析を通して、効果や適用条件、コストを検証・整理し、技術資料を作成し、試験地での観察会を通して、環境教育・自然観光資源としての持続的利用方法について提案する。最終的に、奄美琉球地域の持続的な農業・農地と共生する保全技術として、赤土対策制度・多面的機能関連制度との連携を提案し、地元関係者と連携した実績形成を目指す。
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. 研究開発内容

本研究では、危機に瀕した奄美・琉球地域（南西諸島）の里地棲希少水生昆虫類の多様性保全のために、各種の分布・生息状況・遺伝的特性を把握し、生息地に関する様々な情報の収集・蓄積と減少要因の解明を図るとともに、実効的な生息域内外両面での保全技術の開発を試みた。各サブテーマが実施した研究内容の概要は以下の通りである。

サブテーマ1では、以下のような研究開発を実施した。1) 奄美・琉球地域に生息する希少水生昆虫類に関するミトコンドリアDNAのライブラリーを構築し、得られた遺伝情報を分類学的な改定や保全管理ユニットの策定に利用したほか、外来種の食性解析や再導入個体群の検討にも応用した。2) DNAライブラリーをもとに種特異的な環境DNA検出のためのプライマーセットを開発し、個体数とDNAコピー数、および水質とDNAの分解速度の関係などの基礎データを収集した上で、最適なサンプル採取の方法も確立した。環境DNAを用いて希少種の生息状況を確認し、科学的な根拠に基づいて、絶滅危惧種の地域絶滅を高い確度で裏付けた。3) 環境DNAを利用した非侵襲的なDNA採取法や種内変異の検出法の開発も試みた。

サブテーマ2では、以下の主要テーマにそって研究開発を展開した。1) 南西諸島各島の水域に関する徹底した現地調査による希少種の分布や生息の現状、個体群動態の把握。2) 希少種以外の減少の著しい種の検出と絶滅危惧度の把握、環境省レッドの評価案。3) 国内外における希少種生息地の生物環境の評価と好適生息条件の抽出。4) サブテーマ1の成果を加味した保全対象種の選定。研究の進展に伴い、さらに5) 水生昆虫の減少要因の解明、6) 南西諸島に適した実践的な保全手法の開発なども実施した。

サブテーマ3では、以下の主要テーマに取り組んだ。1) 国内希少野生動植物種に指定されている水生甲虫のフチトリゲンゴロウと水生カメムシのタイワンタイコウチをモデル種として、その生活史や好適飼育条件を解明し、奄美・琉球の希少水生昆虫に関する生息域外保全技術を開発した。2) 野生個体群への補充や再導入への利用として飼育下での繁殖個体を用いた野生復帰の効果を検証した。3) 残留農薬が水生昆虫に与える影響について飼育実験を通じた検証も試みた。

サブテーマ4では、すでに南西諸島各地に定着している外来種（シロアゴガエル、オオヒキガエル、ティラピア等外来魚）を対象に、主として以下の4つの研究開発を実施した。1) 希少種の生息地・不在地における外来種の生息状況把握。2) 外来種の水生昆虫への影響調査。特に外来種の胃内容物調査による水生昆虫の被食状況の把握と外来種の出産地での食性調査。3) 水生昆虫に影響の小さい効果的外来種対策法検討。4) 希少種への外来種の影響評価のとりまとめと潜在的リスクの予測、水生昆虫に影響の小さな効果的外来種対策法の検討の継続と提言。

サブテーマ5では、以下の内容を実践した。1) 南西諸島に特有の赤土対策沈砂池を希少水生昆虫類のビオトープとして活用する手法の開発、2) 休耕田のビオトープ活用手法の開発、3) 農薬（殺虫剤）影響の検討、4) 地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の実装、特に沈砂池及び休耕田のビオトープ活用による農地の多面的機能の維持向上性の周知。

#### 5. 研究成果

##### 5-1. 成果の概要

本研究では、危機に瀕した奄美・琉球（南西諸島）の里地棲希少水生昆虫類の多様性保全のために、全てのサブテーマが連携し、各種の分布・生息状況・遺伝的特性を把握し、生息地に関する様々な情報の収集・蓄積と減少要因の解明を図るとともに、実効的な生息域内外両面での保全技術の開発を試みた。具体的な成果の概略は以下の通りである。

奄美・琉球地域の水生昆虫の分布・生息の現況に関しては、網羅的な現地調査とサブテーマ1で開発した環境DNA解析の結果から、調査地の全域で急速に生息状況の劣化が進行していたことが明らかになった。特に、すでに生息状況が悪化している種の更なる減少、近年まで比較的健全だった種の急激な

減少が確認された。国内希少野生動植物種に指定されている水生甲虫のフチトリゲンゴロウと水生カメムシのタイワンタイコウチに関しては、ともに現存する生息地は1島の1箇所のみであり、他は全て絶滅してしまつたとみなされることも明らかとなった。現地調査に加えて、環境DNAを用いることで、希少種の絶滅を高い確度で判断できた点は特筆できる。

南西諸島の水生昆虫が急速に減少した要因に関しては、1) 湿地環境の消滅（池沼の埋め立てや護岸（ゴムシートによる全面護岸はとくに影響が大きい）、水田放棄）、2) ネオニコチノイド系農薬による水域の汚染、3) 南西諸島でも近年頻発する干ばつによる広範囲に渡る池沼の干上がり、4) ティラピアやソードテイルなどの外来魚、ホテイアオイや熱帯スイレン、ボタンウキクサなどの外来水草による影響などが主要因であろうことが明らかになった。中でも、かつての主要な生息環境であった水田は、徳之島など奄美諸島の複数の島から完全に消滅し、残された島でもごくわずかな面積になるなど、消滅の危機にあることが浮き彫りになった。また、現地での観察や遺伝的な特性の解析結果から、琉球列島の水生昆虫は島内をかなり広範囲に移動するため（図2.4.12.）、移動経路に含まれる1つの水域における水質の汚染などの致命的要因で島単位での絶滅が生じ得ることが推定され、希少種の保全には、リスク分散の観点からも地域全体で保全、創出、再生による多くの良好な水域を確保することが重要であることが示唆された（図0.5.1.）。

### 奄美・琉球の水生昆虫類は広範囲を移動する



図0.5.1. 広域移動する奄美・琉球の水生昆虫のリスク

主要な減少要因と考えられる農薬影響評価では、慣行農法を継続している水田では、多くの農薬（今回はネオニコチノイド系農薬を調査）が検出され、確認された水生昆虫はごく少なく、無農薬水田では、農薬の検出はなく、過去の水田環境を彷彿させる多種多数の水生昆虫相が維持されていることが明らかとなった。農薬の影響を回避しうる人工池（箱状の容器に農薬影響のない雨水を溜めたもの）の設置試験を西表島浦内川流域の放棄水田で行い、冬季であったが、3か月の経過で多数のトンボ類のほか、同地域では記録のなかったオキナワスジゲンゴロウの飛来と産卵による幼虫の発生まで確認でき、容器を利用した人工池の有効性が実証できた。

外来種に関しては、影響の科学的評価のために、ウシガエル、シロアゴガエル、オオヒキガエル、ティラピア類の食性解析を行った。その結果、水生昆虫に対して特に影響の大きな種は、ウシガエルとティラピア類であることが明らかとなった。外来水草では、オオフサモが繁茂することで開放水面に生息するミズスマシ類などが影響を受けることが示唆された。これらの外来種に対する水生昆虫に影響の小さな駆除手法の検討をした結果、特にウシガエルにはカゴ罠による捕獲、ティラピアには地獄網と投網、シロアゴガエルにはネットフェンスとカゴ罠の併用、オオフサモにはボートと熊手による駆除が効果的であることがわかった。

生息域内保全に関しては、まず、植生管理による絶滅危惧種生息地の保全試験として、奄美大島大和村のハネナガチョウトンボの国内唯一の残存生息地において、人力による植生管理試験を実施し、本種が維持管理された空間に飛来し、交尾産卵することが確認できた。また、早期実現可能性のある具体的な水生昆虫類保全対策として、南西諸島に特有の赤土等流出防止用の沈砂池の整備や、放棄・休耕された水田に再び灌水することでビオトープとして活用する方法も検討した。さらに、本研究で試行した各ビオトープにおいて観察会等を行い、これらビオトープについて地元住民等のニーズがあることを確認した。以上の成果を技術紹介資料としてまとめ、水生昆虫類保全対策の緊急性に鑑み、地元農水行政関係機関と連携して、農地の多面的機能維持・向上に取り組む関連団体に配布・周知した。さらに、劣

化した水辺環境の再生・創出に関しては、事前の候補水域の農薬汚染状況と侵略的外来種のスクリーニングを行った後に、西表島の二か所でも試験を行った。40年以上前に耕作放棄され、農薬や外来種影響のない地域で新たに池掘削を行い、造成1か月と1年後の比較で、30倍以上の個体数に増加する成果を得た。これらの生息域内保全対策は費用対効果の観点からも効率のよい手法であることも明らかにできた。

生息域外保全では国内希少野生動植物種に指定されているフチトリゲンゴロウとタイワンタイコウチをモデル種として、卵から成虫までの成長過程や産卵数、好適な飼育条件について検討した。その結果、フチトリゲンゴロウでは幼虫期の好適な餌生物としてヤゴが重要であることと産卵に好適な水温は25℃以上であるということ、タイワンタイコウチでは、幼虫期の好適な水温は28℃であることを明らかにした。これら2種の成長過程や飼育方法をまとめた飼育マニュアルを作成し、他機関での域外保全や後任への飼育技術の正確な伝達に寄与した（別添資料参照）。遺伝的な特性の解析結果を考慮した上で、これら2種の繁殖個体を用いて、試験的な野生復帰（再導入のための放虫）も実施した。これまで国内でもほとんど事例のない水生昆虫の野生復帰を実施できたことは、今後の水生昆虫の保全活動において大きな意義がある。また、本プロジェクトによって科レベルで日本から新規報告されたコブオニガムシ（既知の生息地は1カ所のみ）について、野外と飼育下で生活史を解明し、本種の生息域外保全のための貴重な基礎データも収集した。

奄美・琉球地域の里地棲水生昆虫類に関する遺伝的な特性や系統解析の結果から、約60種のDNAライブラリーを構築した。この成果は様々な分野への活用が期待できる。また、南西諸島には複数の未記載種や隠蔽種、分類学的な改変が必要な種がいることが判明した。その一部はすでに記載論文などを用意している。また、分布形成上の進化説も示唆した。さらに、遺伝的な特性や系統解析の結果から、進化的に重要な保全単位を検出し、種ごとの管理ユニットの策定も試みた。加えて、遺伝的な特性に基づいて、絶滅地域への個体群再導入などの保全対策の実施に論理的な根拠を示せた意義は極めて大きい。

本研究で得られた成果は、6. の研究成果の発表状況1に記したように、英文を含む12本の査読付き論文、および9本のそれに準ずる専門雑誌で論文として公表されたほか、専門雑誌「昆虫と自然56巻10号(2021)」において特集号「奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全」も組まれた。加えて、第10回日本甲虫学会他合同大会 公開シンポジウム「環境保全と昆虫研究の関わり」(2019年)、および「第69回日本生態学会大会シンポジウム(2022年)「守れるか? 危機に瀕する琉球列島の水生昆虫の現状と保全」の2度の学会シンポジウムがプロジェクトチームによって主催されるなど、関連研究分野に寄与した。また、社会実装として、次の5-2. で詳しく述べるように国内希少野生動植物の指定や環境省RLのランク変更、外来種対策、地元自治体にける沈砂池や休耕田ビオトープの活用など国の政策や地元行政にも反映された。さらに、講演会や観察会の開催など20件に及ぶ「国民との科学・技術対話」を実施し、環境教育活動を通じて、地元住民の普及・啓発にも大きく貢献した。



図0.5.2. 「昆虫と自然」の特集号(左)と公開シンポジウムのポスター(右)



図0.5.3. 与那国島の休耕田ビオトープ観察会の様子

## 5-2. 環境政策等への貢献

本研究で得られた結果は以下に記すように、国内希少野生動植物種の指定や環境省レッドリストのランク変更、外来種対策、地元自治体にける沈砂池や休耕田ビオトープの活用など国や地方自治体の環境政策で広く活用し得るものである。

### <行政等が既に活用した成果>

#### 1) 環境省レッドリスト2020における評価見直しと国内希少野生動植物種の新規指定

本研究による調査結果と過去の文献や情報把握から、環境省レッドリスト2020の選定・評価委員会（荒谷、荻部、北野が「絶滅のおそれのある野生生物の選定・評価検討会 昆虫類分科会」委員）などで以下の提案をし、実現させた。①リュウキュウヒメミズスマシ 国内希少野生動植物種への新規指定（2020年）；②タイワンタイコウチ ランク外→絶滅危惧1A類CR（2020年）、さらに国内希少野生動植物種への新規指定（2021年）；③ニセコケシゲンゴロウ 絶滅危惧II類VU→絶滅危惧1A類CR（2020年）。ただし、本種は近年の確認情報がなく国内野生絶滅の可能性もある。④コフキオオメトンボ ランク外→絶滅危惧1B類EN（2020年）

#### 2) 絶滅危惧種の試験的再導入

フチトリゲンゴロウについて、環境省との調整の上で、南西諸島某島（希少種情報のため詳細は伏せる）にて、2021年9～10月に域外保全中の成虫19個体・幼虫59個体を放虫した。その後、数回の追跡調査も実施した。

#### 3) 希少種の生息地の保全

本プロジェクトによって科レベルで日本から新規報告されたコブオニガムシの国内唯一の生息池について、地元竹富町が埋め立てによる防災拠点としての活用を考えていたが、町への情報提供と要望の結果、竹富町議会で計画の撤回が決議された。

### <行政等が活用することが見込まれる成果>

#### 1) 環境省レッドリストにおける評価見直しの追加と国内希少野生動植物種の追加指定

既知種の生息現状と、未記載種の記載を含む分類学的な改定に関する本研究の結果をもとに、環境省レッドリストにおける南西諸島産の多数の種の追加やランクアップを予定している。また、これらの候補種にはネットオークションでの売買が盛んな種も含まれることから、XXXXXXXXXXヒメフチトリゲンゴロウなどの、特に危惧される大型種や人気種を中心に特定第二種国内希少野生動植物種への指定を環境省に推薦し、すでに指定に向けた検討に入っている。

#### 2) 絶滅危惧種の試験的再導入の継続

今後もフチトリゲンゴロウの試験的再導入の継続を予定しており、環境省とも調整している。

#### 3) ウシガエルをはじめとする外来種の駆除

沖縄県の外来種対策事業などで、実施項目としてウシガエルの駆除を検討中である。今回示したカゴ罠を利用したウシガエルの駆除手法は、小規模の予算でも実施可能な方法で、これを近接するウシガエルの生息地で同時並行的に行えば、当地のウシガエル個体群を消滅ないし、かなり低密度にすることが可能と考えられる。また、駆除による在来生態系の回復も見られており、地元自治体や環境省などの事業として活用されることが強く望まれる。シロアゴガエルやティラピア、オオフサモの駆除手法についても、有効かつ低予算で実施可能な方法を提案できた。これらは、水生昆虫の保全にとどまらず、沖縄の生態系の保全に資する手法であり、環境省や地元自治体の活用が見込まれる。

#### 4) 沈砂池ビオトープや休耕田ビオトープの活用

研究成果を基に、分かり易く沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープを紹介する資料（別添資料参照のこと）を作成して地元行政の農水分野関係者に紹介・説明したところ、沖縄県土地改良事業団体連合会（水土里ネットおきなわ）の関係者に協力して頂けることになり、多面的機能支払交付金を基に農地

の多面的機能の維持・向上に取り組んでいる54の活動組織に、技術紹介資料を配布・周知して頂いた。既に複数の組織から興味ありとの連絡が来ている。また、沖縄県土地改良事業団体連合会とも次年度にモデル事業の実施について検討を進めることになった。

### 5-3. 研究目標の達成状況

新型コロナウイルスの蔓延によって、全調査期間中に渡って調査研究の進行が大きく妨げられる状況の中で、サブテーマリーダー全員が「奄美・琉球における希少種の保全是待った無しの状況である」という危機感を共有し、互いに連携・協力して本研究を遂行した。

その結果、本研究の全体目標のうち、現地調査と環境DNAを利用して、危機的な状態にある南西諸島の里地棲水生昆虫類の分布や生息状況を詳細把握する目標（主としてサブテーマ1、2）に関しては、調査地の全域で、急速に生息状況の劣化が進行していたことが明らかにできた。とくに、すでに生息状況が悪化している種の更なる減少、近年まで比較的健全だった種の急激な減少が確認された（図2.4.2.~8., 表2.4.1.など）。また、現地調査と環境DNA解析を併用することで、科学的な根拠に基づいて、フチトリゲンゴロウやタイワンタイコウチなどの希少種の地域絶滅を高い確度で判断できた点は特筆される（図1.4.5.）。

こうした急激な多様性減少を引き起こした主要因の解明（主としてサブテーマ2）に関しては、調査地の全域で、1）湿地環境の消滅（池沼の埋め立てや護岸、水田放棄）（図2.4.10, 表2.4.2.）、2）ネオニコチノイド系農薬による水域の汚染（図2.4.11.; 表5.4.5.）、3）南西諸島でも近年頻発する干ばつによる池沼の干上がり（図2.4.16., 17.）、4）ウシガエルやティラピアなど外来種による捕食（図4.4.1.~4.）など複数の要因によって、急速に生息状況の劣化が進行していたことが明らかになった。加えて、琉球列島の水生昆虫は島内の水域をかなり広範に移動するため、移動経路に含まれる1つの水域で生じた致死要因が島単位での絶滅を引き起こし得ることも推定された（図0.5.1.）。

生息域外保全（主としてサブテーマ3）に関しては、国内希少野生動植物種に指定されているフチトリゲンゴロウとタイワンタイコウチの生活史や好適飼育条件を解明し（図3.4.1.~3.; 表3.4.1.; 図3.4.6.）、両種の生息域外保全技術を確立させただけでなく、技術の共有化のために飼育マニュアルも作成した（図3.4.4., 7.）。また、昆虫ではほとんど前例のない、飼育下繁殖個体を用いた試験的再導入も実施できたことは大きな意義がある。

生息域内での実効的な希少種保全策としての外来種の駆除（主としてサブテーマ4）に関しては、胃内容解析からウシガエルとティラピアが希少種を含む水生昆虫に最も大きな影響を与えていることを明らかにした（図4.4.1.~4.）。さらにこれらウシガエルとティラピアに対する効果的かつ水生昆虫に影響の少ない駆除法として、前者はカゴ罟、後者は投網と地獄網が有効であることも明らかにできた（図4.4.5., 6.）。

生息域内保全の一環としての生息地再生技術の開発（主としてサブテーマ5）に関しては、赤土対策沈砂池（図5.4.1., 2.; 表5.4.1., 2.）や休耕田（図5.4.3., 4.）をビオトープとして活用する手法を開発しただけでなく、農地の多面的機能の維持向上と持続的利用の一環として、こうしたビオトープを環境教育や自然観光資源に活用することを提案した（図0.5.3.; 表5.4.6.; 図5.4.6.）。

「2030年度までの国内希少野生動植物種700種指定」や、生物多様性条約愛知目標の達成への貢献という目標に関しては、本研究の成果に基づいて、リュウキュウヒメミズスマシとタイワンタイコウチの2種が国内希少野生動植物種へ新規指定されたほか、多くの種のレッドリストランクの改定も実施された。また、タイワンタイコウチに関しては、新規指定とほぼ同時に具体的な生息域内外の保全対策も提案できた。さらに、複数の未記載種や隠蔽種、分類学的な改変が必要な種の存在が判明し、一部はすでに論文を準備中である（図1.4.1., 2.）。

このような結果に基づき、目標達成状況について、新型コロナウイルスの影響による調査研究の変更や遅れを差し引いても、5つのサブテーマのうちサブテーマ1~4の4つが計画以上の進展あったと評価し、残りの1つ（サブテーマ5）も計画通りの進展があったと評価している（詳細はII. 成果の詳細を参照のこと）。以上の点から研究全体としては計画以上の進展があったと評価する。

## 6. 研究成果の発表状況

### 6-1. 査読付き論文

<件数> 12件

<主な査読付き論文>

- 1) T. Kitano, Y. Tahira and H. Kohno: Elytra, Tokyo, New Series, (9, 2), 291-295 (2019), Discovery of the Family Spercheidae (Coleoptera, Hydrophiloidea) from Japan, with Redescription of *Spercheus stangli* Schwarz et Barber, 1917.
- 2) 荻部治紀、林 正美、北野 忠: Tombo (61), 55-56 (2019), 与那国島からコフキショウジョウトンボを初確認.
- 3) H. Karube, S. Sano and T. Phanara: Tombo, (62), 38-52.70-72 (2020), New record of *Chlorogomphus arooni* Asahina, 1981 (Odonata: Chlorogomphidae) from Cambodia.
- 4) 荻部治紀、加賀玲子: Tombo, (62), 136 (2020), 大東諸島からスナアカネを初確認.
- 5) 杉山美樹、荻部治紀、関東準之助: Rostria, (65) 49-50 (2020), 八重山諸島(西表島)からタガメの再確認.
- 6) M. Hayashi, J. Nakajima, K. Ishida, T. Kitano and H. Yoshitomi: Japanese Journal of Systematic Entomology, (26, 2) 191-200 (2020), Species Diversity of Aquatic Hemiptera and Coleoptera in Japan.
- 7) R. Watanabe and T. Kitano: Aquatic Insects, (42) 3-4, 230-238 (2021), Ecological notes on the filter-feeding water scavenger beetle, *Spercheus stangli* Schwarz and Barber, 1917 (Coleoptera: Spercheidae), on the Iriomote Island, Japan.
- 8) Y. Nakamura and A. Tominaga: Current Herpetology, (40, 1) 40-53 (2021), Diet of the American bullfrog *Lithobates catesbeianus* naturalized on Okinawajima, Ryukyu Archipelago, Japan. <https://doi.org/10.5358/hsj.40.40>
- 9) S. Nishijima, H. Shiroma, R. Kamimura, A. Hentona, H. Nakamura, K. Uchiwa, Y. Nakamura, A. Tominaga: A. Herpetology Notes, (15) 139-142 (2022), Predation by *Lithobates catesbeianus* on *Goniurosaurus kuroiwaean* and *Achalinus wernerii* on Okinawajima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/70259>
- 10) 北野忠、石井幹也: さやばねニューシリーズ, (45) 49-54 (2022), 飼育条件下における西表島産ツマキレオオミズスマシの卵, 幼虫および蛹に関する生物学的知見.

## 6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

## 6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	9件
その他誌上発表(査読なし)	4件
口頭発表(学会等)	22件
「国民との科学・技術対話」の実施	20件
マスコミ等への公表・報道等	6件
本研究に関連する受賞	0件

\*共著論文や共同発表などサブテーマ間で重複しているものは1件としてカウントしている。

## 7. 国際共同研究等の状況

「カンボジアにおける水生昆虫類の生息環境調査と比較サンプルの採取」の実施（2019年9月、2020年2月）Thach Phanara博士・カンボジア内水面水産局・カボジア：トンレサップ湖を含むシェムリアップ州周辺で、水生昆虫類の生息環境調査と比較用の解析サンプルの採取を実施した。また、原産地での外来種の生態調査としてカンボジアでシロアゴガエルの生息状況調査と食性調査を行った。水生昆虫については、奄美・琉球と同種の国外個体群や近縁種にとっての好適な生息環境のデータを得たほか、形態や遺伝子解析のためのサンプルも多数得られ、解析にも使用した。本調査によって、日本では絶滅した可能性が高いマダラゲンゴロウが採取できたことや、国内希少野生動植物種に指定されているフチトリゲンゴロウに形態は酷似するが遺伝的に全く異なる隠蔽種が存在することが明らかとなるなど大きな成果があった。また、ミナミヤンマ属の1種 *Chlorogomphus arooni* をカンボジアから初めて記録し、アジアの生物多様性解明にも貢献した。

## 8. 研究者略歴

### 研究代表者

荒谷 邦雄

京都大学大学院理学研究科修了、博士（理学）、京都大学大学院人間環境学研究科助手、  
現在、九州大学大学院比較社会文化研究院教授

### 研究分担者

#### 1) 荻部 治紀

東京農業大学大学院農学研究科修了、修士（農学）、現在、神奈川県立生命の星・地球博物館  
学芸部主任学芸員

#### 2) 北野 忠

東海大学大学院海洋学研究科博士課程後期満期退学、博士（水産学）、現在、東海大学教養学部  
教授

#### 3) 富永 篤

京都大学大学院人間・環境学研究科修了、博士（人間・環境学）現在、琉球大学教育学部  
准教授

#### 4) 富坂 峰人

北海道大学大学院環境 科学院修了、修士（環境計画学）現在、日本工営株式会社インフラ  
マネジメントセンター 課長

## II. 成果の詳細

### II-1 奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する環境DNAに基づく生息状況把握手法の開発と保全ユニットの策定

九州大学大学院比較社会文化研究院

荒谷 邦雄

〈研究協力者〉

九州大学大学院比較社会文化研究院

楠見 順子

九州大学大学院比較社会文化研究院

細谷 忠嗣

九州大学大学院比較社会文化研究院

森塚 絵津子

九州大学大学院比較社会文化研究院

小田切 顕一

与那国町立アヤミハビル館

杉本 美華

#### [要旨]

危機的状況にある奄美・琉球地域諸の里地棲水生昆虫類に関して、分布や生息状況、遺伝的な特性を詳細に把握し、生息域内外両面での実効的な希少種保全に寄与するために、(1)希少種DNAライブラリーの構築と遺伝情報に基づく分類学的な改定や保全への利用法の検討、(2)希少種の種特異的な環境DNA検出手法の開発と保全への応用、(3)環境DNAを利用した希少個体からの非侵襲的なDNA採取法や遺伝的多様性の検出法の開発、を実施した。

(1)に関しては、奄美・琉球地域に生息する希少種を中心にゲンゴロウ科42種のCOI遺伝子669bp、コガシラミズムシ科11種(日本産全種)のCOI遺伝子669bp、タイコウチ科4種のCOI遺伝子620bpの判読に成功し、DNAライブラリーを構築できた。一部の種では16SRNA遺伝子の配列も決定した。解読した遺伝子に基づく遺伝的特性や分子系統解析の結果、①リュウキュウオオイチモンジシマゲンゴロウの分類学的な改定、②国内希少野生動物種フチトリゲンゴロウの遺伝的特性と隠蔽種の存在、③コガシラミズムシ科の系統解析、④タイワントイコウチに関するDNA解析に基づく再導入個体群の検討、⑤マダラアシミズカマキリのDNA解析の結果と外来種の胃内容物同定への応用など、分類学的な改定や保全対策への利用に寄与できる特筆すべき成果が得られ、計画を大きく上回る進展があった。

(2)に関しては、ゲンゴロウ科とタイコウチ科について、環境DNA解析に適したプライマーセットを開発し、個体数とDNAコピー数、および水質とDNAの分解速度の関係などの基礎データを収集した上で、最適なサンプル採取の方法も確立した。さらにこれらの結果を応用し、奄美・琉球地域において、フチトリゲンゴロウやタイワントイコウチを始めとするゲンゴロウ属とタイコウチ科の希少種の生息確認を実施し、特に、科学的な根拠に基づいて、希少種の絶滅を高い確度で判断できた点は特筆される。これらの結果と遺伝情報の解析結果を合わせ、フチトリゲンゴロウやタイワントイコウチの絶滅地域への個体群再導入などの保全対策の実施に論理的な根拠を示せた意義は極めて大きく、環境DNA検出手法の開発全体では、目標を上回る進展であった。

(3)については、環境DNAによって地域個体群間の差異を検出できる可能性を示唆する結果を得た上に、一定時間の遊泳はもちろん、体表面の水の拭き取りによって非侵襲的に希少種のDNA採取が可能であることも確認できた点は、野外調査での時間的制約の面でも非常に意義深い。一方、微小種などの生活史の解明への環境DNAの応用については新型コロナウイルスによる現地調査やサンプル採取の実施が著しく制限されたこと明確な成果をあげることができなかったため、この点を差し引いて、概ね計画通りの成果であったと判断している。

全体としては、国内希少野生動物種の新規指定やレッドリストでのランク改定などに直結した分布や生息現状の把握(サブ2との連携)、再導入個体群の検討(サブ3)、外来種の影響評価(サブ4)など、他のサブテーマとの連携や貢献も十分に果たせたと感じ新型コロナウイルスによる現地調査や実験・解析への影響を差し引いても、当初の計画以上の進展があったと評価している。

#### 1. 研究開発目的

危機的状況にある奄美・琉球地域諸の里地棲水生昆虫類に関して、分布や生息状況、遺伝的な特性を詳細に把握し、得られた知見に基づいて、生息域内外両面での実効的な希少種保全に寄与する。具体

的には、奄美・琉球地域の希少種のDNAライブラリー構築と遺伝情報に基づく分類学的な再検討を実施し、保全管理ユニットを策定する。環境DNAを利用した希少種の生息の有無や個体数推定、再導入個体の定着状況等を効率良く把握する手法の開発を目指す。さらに希少個体からの非侵襲的なDNA採取法や遺伝的多様性の検出法、生活環の解明法等の開発も試みる。政策面では、他のサブテーマと連携し、各希少種の生息状況や動態に関する精度の高い科学的データの集積と、その結果に基づく国内希少野生動物種の新規指定種や候補種を選定、RLランクの変更の提言などを実行する。

## 2. 研究目標

環境DNAを利用して絶滅危険性が高い希少種の生息状況や個体数推定、再導入個体の定着状況等を効率良く把握する手法を確立する。環境DNAを希少種個体からの非侵襲的なDNA採取や遺伝的多様性の検出、生活環の解明に応用する手法の開発も目指す。環境DNA解析の基礎データとなる希少水生昆虫類のDNAライブラリーを構築すると同時に、遺伝情報に基づく希少種の分類学的な改定や保全管理ユニットの策定、再導入・補強候補個体群の選定も実施する。

## 3. 研究開発内容

(1) 希少種DNAライブラリーの構築と遺伝情報に基づく分類学的な改定や保全への利用法の検討  
多数の絶滅危惧種が含まれるゲンゴロウ科甲虫類とタイコウチ科の水生カメムシ類に加えて、複数の絶滅危惧種が含まれながらこれまで遺伝的解析が全く実施されていないコガシラミズムシ科の甲虫類に関してミトコンドリアCOI遺伝子領域の解析を実施した。一部の種では16SRNA遺伝子の配列も決定した。

(2) 希少種の種特異的な環境DNA検出手法の開発と保全への応用  
ゲンゴロウ科甲虫類とタイコウチ科の水生カメムシ類を対象に、環境DNAを利用した絶滅危険性が高い希少種の生息の有無や個体数推定、再導入個体の定着状況等を効率良く把握する手法を開発した。開発にあたっては、種特異的な環境DNA検出のためのプライマーの開発・選定した後に、飼育下で、個体数とDNAコピー数、および水質とDNAの分解速度の関係などの基礎データを収集し、最適なサンプル採取の方法も検討した。これらの結果を応用し、奄美・琉球地域において、フチトリゲンゴロウやタイワンタイコウチを始めとするゲンゴロウ属とタイコウチ科の希少種の生息確認を実施し、その結果を保全対策に応用した。

(3) 環境DNAを利用した希少個体からの非侵襲的なDNA採取法や遺伝的多様性の検出法の開発  
環境DNAを利用した非侵襲的なDNA採取法として、コガタノゲンゴロウの成虫を一定時間遊泳させた水の解析に加えて、成虫の体表面からのDNA採取を試みた。環境DNAによる同種内の変異の検出について、産地の異なる個体を一定時間遊泳させた水中の環境DNAの解析を実施した。

## 4. 結果及び考察

(1) 環境DNA解析の基礎データ希少種DNAライブラリー構築の開始と遺伝情報に基づく分類学的な改定や保全への利用法の検討

解析の結果、奄美・琉球地域に生息する希少種を中心にゲンゴロウ科42種のCOI遺伝子669bp、コガシラミズムシ科11種（日本産全種）のCOI遺伝子669bp、タイコウチ科4種のCOI遺伝子620bpの判読に成功し、DNAライブラリーを構築できた。一部の種では16SRNA遺伝子の配列も決定した。遺伝的特性の解明や分子系統解析の結果、分類学的な改定や保全対策への利用に寄与できる以下の特筆すべき成果が得られた。

表1. 4. 1 DNAライブラリーの1例 (ゲンゴロウ属 *Cybister* の一部)

サンプル番号	和名	学名	産地	採集日 (固定日)	性別	ステージ	採集者 (固定者)	固定者	個体数	備考	COI	16S
Cyb01	フチトリゲンゴロウ	<i>Cybister chinensis</i>	徳之島 (繁殖個体)	2019	♂	成虫	TKitano		3♂	t1-1	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb02	フチトリゲンゴロウ	<i>Cybister chinensis</i>	西表島 (繁殖個体)	2019	♂	成虫	TKitano		2♂	t2-1	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb03	フチトリゲンゴロウ	<i>Cybister chinensis</i>	カンボジア	2019/09/09	♂	成虫	TKitano		1♂	t3 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb04	ニセフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister guerini</i>	カンボジア	2019/09/09	♂	成虫	TKitano		2♂	t4-1 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb05	ヒメフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister rugosus</i>	西表島 (繁殖個体)	2020/02/10	♂	成虫	TKitano		1♂	t5	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb06	ヒメフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister rugosus</i>	石垣島 (繁殖個体)	2020/02/10	♂	成虫	TKitano		1♂	t6	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb07	ヒメフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister rugosus</i>	カンボジア	2019/09/09	♂	成虫	TKitano		2♂1♀	t7-1 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb08	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	徳之島伊仙町	2020/01/10	♂	成虫			3♂	t8-1	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb09	トビロゲンゴロウ	<i>Cybister sugillatus</i>	徳之島伊仙町	2020/01/10	♂	成虫			2♂	t8-3	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb10	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	西表島白水	2020/01/10	♂	成虫			3♂	t9-1	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb11	トビロゲンゴロウ	<i>Cybister sugillatus</i>	西表島白水	2020/01/12	♂	成虫			2♂	t9-3	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb12	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	カンボジア	2019/09/09	♀	成虫			3♀	t10-1 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb13	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	カンボジア	2019/09/09	♀	成虫			1♀	t11 裏面黄色クイズ 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb14	トビロゲンゴロウ	<i>Cybister sugillatus</i>	カンボジア	2019/09/09	♂	成虫			2♂1♀	t12-1 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb15	フーマスゲンゴロウ	<i>Cybister fumatus</i>	カンボジア	2019/09/09	♂	成虫			3♂	t13-1 購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb16	ニセフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister guerini</i>	カンボジア シェムリアップ	2019		成虫		K.Araya		購入	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb17	ヒメフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister rugosus</i>	石垣島 ジュマール 奥池	2019/02/06		成虫	H.Karube	H.Karube		石99797 20	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb18	トビロゲンゴロウ	<i>Cybister sugillatus</i>	石垣島 ジュマール 奥池	2019/02/06		成虫	H.Karube	H.Karube		石99797 20	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb19	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	石垣島 ジュマール 奥池	2019/02/06		成虫	H.Karube	H.Karube		石99797 20	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb20	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	徳之島南部	2019/03/25		成虫	H.Karube	H.Karube		K-28	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb21	トビロゲンゴロウ	<i>Cybister sugillatus</i>	徳之島南部	2019/03/25		成虫	H.Karube	H.Karube		K-31	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb22	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	鹿児島県大島郡大和村名取フォレストパーク	2018/11/28		成虫	H.Karube	H.Karube		K-36	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb23	トビロゲンゴロウ	<i>Cybister sugillatus</i>	鹿児島県大島郡大和村名取フォレストパーク	2018/11/28		成虫	H.Karube	H.Karube		K-37	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb24	ヒメフチトリゲンゴロウ	<i>Cybister chinensis</i>	鹿児島県大島郡大和村名取フォレストパーク	2018/11/28		成虫	H.Karube	H.Karube		K-39	AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb25	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	東京都 筑前島	201 9/10		成虫	K.Araya				AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb26	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	東京都 筑前島	201 9/10		成虫	K.Araya				AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA
Cyb27	コガタノゲンゴロウ	<i>Cybister tripunctatus</i>	南大東島	2020/12/01		成虫	Y. Uchiumi				AACCTTATATTTT ATTTTGGTGCTT ATGGTCGAACA	GTGAAAAATTTA ATGGTCGAACA

(1) - ①リュウキュウオオイチモンジシマゲンゴロウの分類学的再検討

奄美・琉球産のリュウキュウオオイチモンジシマゲンゴロウ (*Hydaticus pacificus sakishimanus*) と本州産のオオイチモンジシマゲンゴロウ (*H. p. conspersus*) は、2014年の環境省RDBでは、前者がNT、後者がENにランクされていたが、2016年に発表された *pacificus* 種群に関する分類学的再検討の論文 (Wewalka, G., 2016, Koleopterologische Rundschau, 86: 9-45.) の中で 2 亜種がシノニムとされた。これを受けて、両者の評価見直しについて平成29年度環境省レッドリスト昆虫類分科会で議論した結果、Wewalka, G. (2016) の検討が生殖器形態及び外部斑紋にのみ基づくものであることなどから両者の分類学的な扱いは遺伝子解析を含めた検討が必要と判断され、暫定的に従来の分類に従った上で評価の見直しも先送りとなった。

オオイチモンジシマゲンゴロウの分類学的再検討

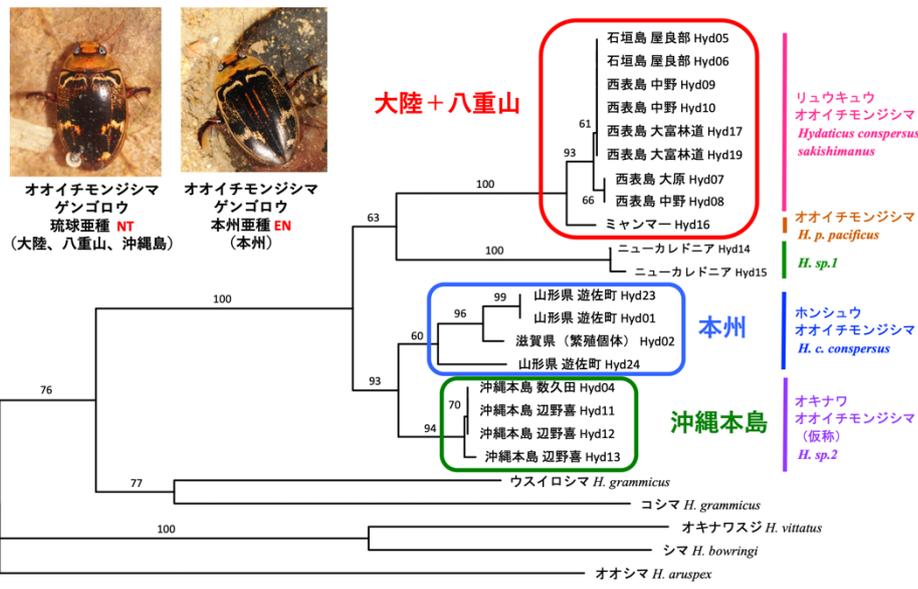


図1. 4. 1. オオイチモンジシマゲンゴロウの分子系統樹 (COI 669bp NJtree)

今回、シマゲンゴロウ属 (*Hydaticus*) の解析の一環として、*pacificus*種群の国内外の産地の個体について、ミトコンドリアCOI遺伝子669bpの解析を実施した。その結果、両者は別種レベルの明確な遺伝的な差異があることに加え、沖縄本島の個体群が独自の遺伝的特性を有する未記載のタクサ（種または亜種）であることも明らかになった（図1.1.）。現在進めている沖縄本島の未記載のタクサの記載論文の公表を待って3つのタクサのRLでの評価について改めて議論する必要がある。

#### (1) - ②国内希少野生動物種フチトリゲンゴロウの遺伝的特性と隠蔽種の存在

フチトリゲンゴロウは奄美・琉球地域のゲンゴロウ類の中では最大の種で国外では東南アジア地域に広く分布する。日本では減少が著しく、多くの島々で絶滅したとみなされたことから、2011年に国内希少野生動物種に指定され、RLでもCRにランクされており、奄美・琉球における最も絶滅の危機に瀕している昆虫種の1つである。

今回、本種を含むゲンゴロウ属を解析した結果、奄美・琉球のトビイロ、コガタノ、フチトリ、ヒメフチトリの各種の中では、ヒメフチトリとトビイロでは奄美・琉球の個体群とカンボジア産の個体群の間に大きな遺伝的な分化があることがわかった。一方、コガタノとフチトリについては、奄美・琉球とカンボジア産の個体群間の分化は明確でなく、特にフチトリについてはカンボジアを含む国内外の4地域の個体間で遺伝的な差異は全く検出されなかった（図1.2.）。今後、琉球列島の絶滅産地へのフチトリゲンゴロウの個体群再導入の論理的裏付けとできる可能性が示唆された。

また、本種には従来から、*Cybister limbatus*の学名が当てられているが、少なくともカンボジアをはじめとするインドシナには本種に形態が酷似するが遺伝的には明確に区別できる隠蔽種 (*C. guerini*?) が存在することが判明した。ごく最近に書かれた論文中（例えばAydogan, Z. et al., 2018, ANADOLU journal of AARI 28:94-99など）でも両種が混同されていることから、日本産のフチトリゲンゴロウに当てる学名に関して、両種の分布状態はもちろん、原記載論文やタイプ標本の精査に基づく再確認が必要である。

#### (1) - ③コガシラミズムシ科の系統解析

初めて実施したコガシラミズムシ科の系統解析の結果、日本本土の分布域から飛び地的に分布する与那国島の個体群が間違いなく本種であることが再確認できた。

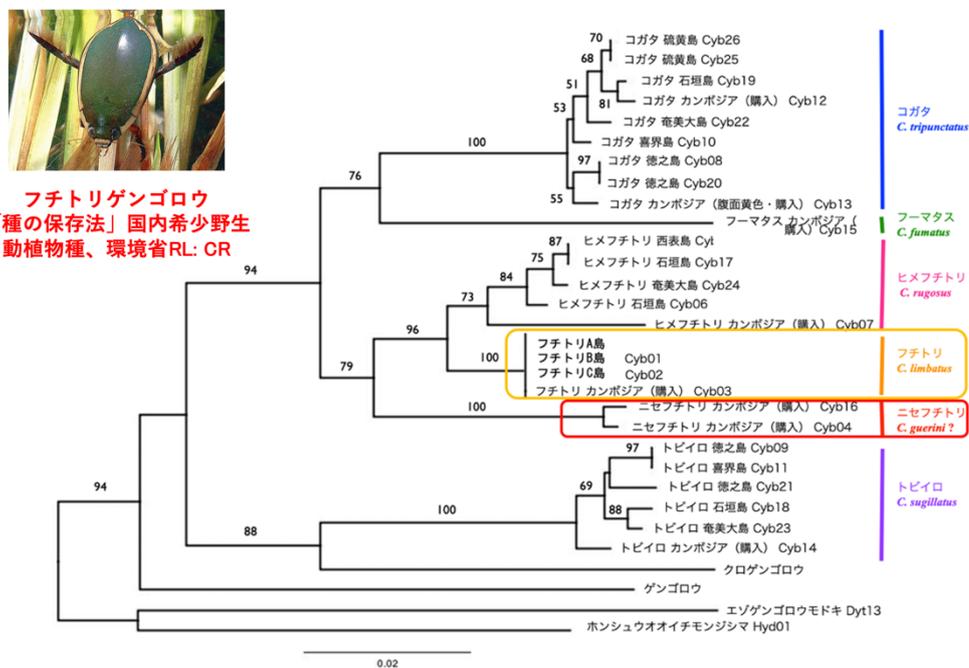


図1.4.2. ゲンゴロウ属の分子系統樹 (COI 669bp NJtree)

#### (1) - ④タイワンタイコウチに関するDNA解析に基づく再導入個体群の検討

タイワンタイコウチは、環境省レッドリスト2020にCRとして新たに掲載され、2021年には種の保存法による国内希少野生動物種に新規指定された。本種は石垣島では10年以上見つかっておらず、与那国

島でもここ数年の調査で生息を確認できない上に（２）で後述するように環境DNAも検出できなかったことから、両島の個体群は絶滅してしまったと判断される。西表島でも現認できている生息地は一ヶ所のみで絶滅寸前状態にある。今回、系統保存されている西表島の個体と絶滅前に採集された与那国島の野生個体のミトコンドリアCOI領域620bpの塩基配列を比較したところ、完全に一致し、西表島の個体群をもとに与那国島個体群の再生を図ることの妥当性が得られた。

（１）－⑤マダラアシミズカマキリのDNA解析の結果と外来種の胃内容物同定への応用

マダラアシミズカマキリでは解析した石垣島と与那国島の個体の間ではミトコンドリアCOI領域620bpのうち、1塩基対の置換が見られた。なお、本解析結果は、サブ4のティラピア胃内容物のDNA鑑定に利用され、マダラアシミズカマキリが捕食されていることが明らかとなった。

（１）－⑥分布形成における新仮説の提唱

遺伝的特性の解析から奄美・琉球の水生昆虫が広域に移動すること、特に、小型ゲンゴロウ各種について、渡り鳥への便乗など長距離の分散をしている可能性を示唆した。

（２）希少種の種特異的な環境DNA検出手法の開発と保全への応用

（２）－①ゲンゴロウ科甲虫類とタイコウチ科の水生カメムシ類の種特異的な環境DNA検出用プライマーの開発

ミトコンドリアCOI領域を増幅するゲンゴロウ属用のLC（増幅長：490bp）、Cm（増幅長：210 bp）、Cu（増幅長：190 bp）、及びタイコウチ科用のLN（増幅長：360bp）Nm（増幅長：210 bp）、Nu（増幅長：210 bp）の計6種類のプライマーセットを開発し、それぞれの検出能力を比較した。その結果、ゲンゴロウにはCm、カメムシにはNuのプライマーセットを使用することが最適と判断された。この結果は、実際の解析対象由来の環境DNAはかなり断片化していることを示唆している。

なお、プライマー開発の過程で、（１）のDNAライブラリー作成で得られたmtDNA COI領域の種特異的配列との比較から、公開されているデータベース上でエゾゲンゴロウモドキやミズスマシ属の1種とされている配列が、いずれもヒメフチリゲンゴロウヤコガタノゲンゴロウのものであることが判明し、確実な同定に基づくDNAライブラリー作成の重要性が再認識された。

（２）－②飼育下における個体数とDNAコピー数、および水質とDNAの分解速度に関する基礎データの収集と最適なサンプル採取法の検討

1個体のみ、および5個体のコガタノゲンゴロウの成虫を500mlの水で3日間飼育（餌は与えず）した後の水中の環境DNA量（コピー数）をリアルタイムPCRで推定した。その結果、1個体だと個体差や個体のコンディションに起因すると思われるばらつきが大きいものの、DNAコピー数は個体数に比例することが確認され、野外における個体数の推定に使用できる可能性が高いことが判明した（図1.4.3.）。水質によるDNAの分解速度の変化について、5個体のコガタノゲンゴロウの成虫を500mlの水道水と池の水で3日間飼育（餌は与えず）した後に個体を全て容器中から取り出し、そのあとのゲンゴロウ由来

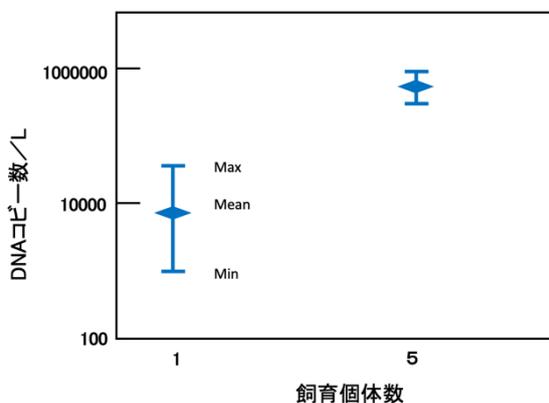


図1.4.3. ゲンゴロウの個体数と環境DNAコピー数の関係

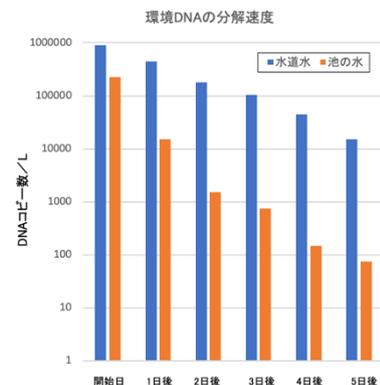


図1.4.4. 水質と環境DNAの分解速度の関係

の環境DNAの分解速度を比較した。その結果、ゲンゴロウ由来の環境DNAはかなりのスピードで劣化し、劣化のスピードは池の水で特に著しいことがわかった(図1.4.4.)。このことから野外での水のサンプリングにおいては、スピーディーな対応と少しでも早い濾過が必須であることが示唆された。これらの結果から、野外でのサンプリングでは、ポータブルチューブポンプを使用してできる限り素早く現場で水を濾過し、DNAが吸着した濾紙を塩化ベンゼンザルコニウム溶液中で保管する方法が最適であると判断された。

(2) -③フチトリゲンゴロウとタイワンタイコウチを始めとするゲンゴロウ属とタイコウチ科の希少種の環境DNAによる生息状況の確認

奄美・琉球の各地で、国内希少野生動物種に指定されているフチトリゲンゴロウとタイワンタイコウチを始めとするゲンゴロウ属とタイコウチ科の希少種の環境DNAによる生息状況の確認を実施した。その結果、フチトリゲンゴロウに関しては、奄美大島、宮古島、西表島において最後に生息が確認された地点を含む好適な環境にある複数の水域の解析結果でも本種の生息を裏付ける環境DNAは検出されなかった。また、サブテーマ5で域外保全を実施している個体群の種親個体の産地で、過去に試験的な個体の放虫による補強も実施したA島とB島の水域について調査したところ、A島では補強実施池とかつての産地いずれからも本種の環境DNAは検出されず、環境DNAによって再導入や補強された個体群の定着状況等の把握にも有効であることが示唆された。一方、B島については、補強実施池からのみ環境DNAが検出され、それ以外のかつての産地からは検出されなかった。これらの結果はサブテーマ1で実施された目視調査を含むこれまでの野外調査の結果とも一致しており、フチトリゲンゴロウの現存する国内の生息地はB島の1箇所のみであり、そのほかの地域からは絶滅してしまったものと判断された(図1.4.5.)。

タイワンタイコウチに関しては、与那国島における最後の生息地を含む好適な環境にある5か所の水域の解析結果でも本種の生息を裏付ける環境DNAは検出されず、石垣島だけでなく、与那国島の個体群も絶滅してしまった可能性が極めて高いと判断された(図1.4.5.)。

以上の結果と上記(1)で述べた遺伝的な特性に関する解析の結果を考え合わせ、今後、琉球列島の絶滅産地へのフチトリゲンゴロウの生息域外保全個体群の再導入、タイワンタイコウチの西表島個体群の与那国島への再導入を実施する際の論理的裏付けとできる可能性が示唆された。



図1.4.5. 各島における絶滅危惧種の環境DNA検出の結果(左:フチトリゲンゴロウ、右:タイワンタイコウチ)

(3) 環境DNAを利用した希少個体からの非侵襲的なDNA採取法や遺伝的多様性の検出法の開発

環境DNAを利用した非侵襲的なDNA採取法として、コガタノゲンゴロウの成虫を半日、一日、2日遊泳させた水の解析に加えて、水中から取り出した成虫の体表面の水分を拭き取ったキムワイプや綿棒などからのDNA採取が可能であることを確かめた(図1.4.6.)。その結果、全ての方法でDNA採取できることが確認された(図1.4.7.)。わずか半日の遊泳はもちろん、体表面の水の拭き取りによって非侵襲的にDNA採取が可能であることが確認されたことは、野外調査での時間的制約の面でも非常に意義深く、今後のさらなる改良が期待される。

環境DNAによる同種内の変異の検出について、上記(1)の遺伝的解析によって個体群間の差異が検出されていた奄美大島と石垣島産のヒメフチトリゲンゴロウを遊泳させた水中の環境DNAの解析を実施

した。その結果、1塩基の差異が検出され、今後、さらなる試行・改良が必要なものの、環境DNAによって種内の地域個体群間の差異を検出でき得る可能性が示唆された。

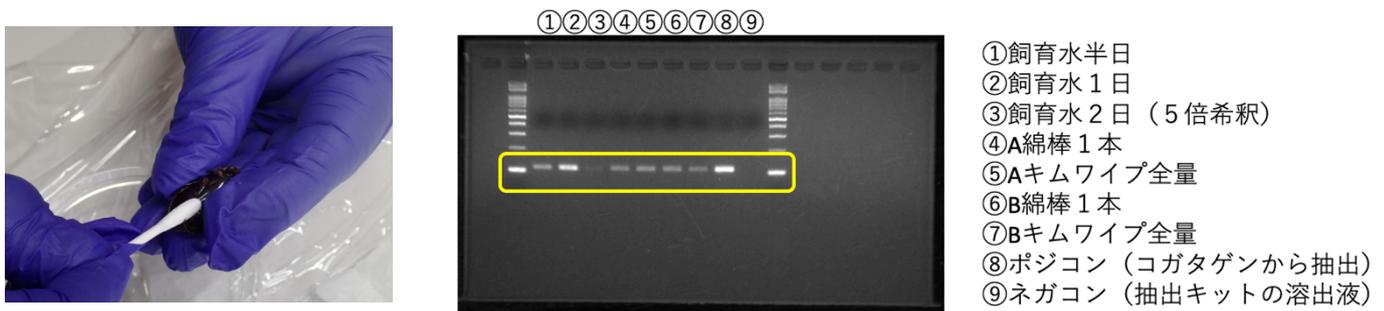


図1.4.6. 綿棒による体表面の拭き取り

図1.4.7. 非侵襲的DNAサンプリングの結果（電気泳動像）

## 5. 研究目標の達成状況

サブテーマ1の目標のうち、環境DNA解析の基礎データとなる希少水生昆虫類のDNAライブラリーの構築と遺伝情報に基づく希少種の分類学的な改定に関しては、約60種のDNAライブラリーを構築できた上に（表1.4.1）、複数の未記載種や隠蔽種、分類学的な改定が必要な種の存在が判明し、一部はすでに論文を準備中である（図1.4.1., 2.）。また、DNAライブラリーに基づく保全管理ユニットの策定や再導入・補強候補個体群の選定に関しては、国内希少野生動植物種に指定されているフチトリゲンゴロウをはじめとする希少種における絶滅地域への個体群再導入の実施に関して、遺伝的な特性に基づく論理的な根拠を示すことができた（図1.4.2.）。DNAライブラリーの構築とその保全対策への応用に関しては、計画を大きく上回る進展があった。

環境DNAを利用した絶滅危険性が高い希少種の生息状況や個体数推定、再導入個体の定着状況等を効率良く把握する手法を確立に関しては、種特異的な環境DNA検出プライマーを開発し、個体数とDNAコピー数、および水質とDNAの分解速度の関係などの基礎データの収集を経て、最適なサンプル採取の方法を検討できた（図1.4.3., 4.）。この技術を応用して奄美・琉球地域において、フチトリゲンゴロウやタイワンタイコウチを始めとするゲンゴロウ属とタイコウチ科の希少種の生息確認を実施し、現地調査の結果と合わせて科学的な根拠に基づいて、希少種の絶滅を高い確度で判断できた点は特筆される。これらの結果と遺伝情報の解析結果を合わせ、絶滅地域への個体群再導入などの保全対策の実施に論理的な根拠を示せた意義は極めて大きい（図1.4.5.）。環境DNA検出手法の開発とその応用に関しては、目標を上回る進展であったといえる。

環境DNAを応用した希少種個体からの非侵襲的なDNA採取や遺伝的多様性の検出、生活環の解明に応用する手法の開発に関しては、環境DNAによって地域個体群間の差異を検出できる可能性を示唆する結果も得られた上に、遊泳はもちろん、体表面の水の拭き取りによって非侵襲的にDNA採取が可能であることが確認されたことは、野外調査での時間的制約の面でも非常に意義深い（図1.4.6., 7.）。一方、微小種などの生活史の解明への環境DNAの応用については新型コロナウイルス蔓延による現地調査やサンプル採取の実施の中止や延期に加えて、大学構内への立ち入りが制限されたことで予定していた実験や解析が実施できなかったために、明確な成果をあげることができなかった。この点を差し引いて、この項目全体では、概ね計画通りの成果であったと判断している。

国内希少野生動植物種の新規指定やレッドリストでのランク改定などに直結した分布や生息現状の把握（サブ2との連携）、再導入個体群の検討（サブ3）、外来種の影響評価（サブ4）、ビオトープ観察会の実施（サブ5ほか）など、他のサブテーマとの連携や貢献も十分に果たせたと感じており、新型コロナウイルスによる現地調査や実験・解析への影響を差し引いても、サブテーマ1全体としては、当初の計画以上の進展があったと評価している。

## 6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

## II-2 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫に関する分布や生息域内情報の蓄積とその保全への応用

神奈川県立生命の星・地球博物館 学芸部主任学芸員

荏部 治紀

### 〔要旨〕

1) 対象地の水生昆虫の現況は、継続するコロナ禍により、予定地のすべては調査できなかったが、調査地の全域で、急速に生息状況の劣化が進行していたことが明らかになった。とくに、すでに生息状況が悪化している種（マダラアシミズカマキリ、オキナワスジゲンゴロウなど）の更なる減少、近年まで比較的健全だった種（ケシゲンゴロウ類、ツブゲンゴロウ類、ミズスマシ類など）の急激な減少が確認された。

2) 対象地の水田は、徳之島など奄美諸島の複数の島から完全に消滅し、残された島でもごくわずかな面積であった。比較的近年まで水田が残っていた八重山諸島でも、与那国島ではこの10年ほどで水田はほぼ消滅し、2021年の耕作面積はわずか2 haになるなど危機的である。

3) 農薬影響評価では、慣行農法を継続している水田では、多くの農薬（今回はネオニコチノイド系農薬を調査）が検出され、また確認された水生昆虫はごく少なかった。一方、ごく一部に存在する無農薬水田では、農薬の検出はなく、過去の水田環境を彷彿させる多種多数の水生昆虫相が維持されていることを明らかにできた。

結論として現在では、水田は好適な生息地ではなくなったが、近年のサトウキビ畑への転換は、水生昆虫の生息地としての機能を完全に喪失させるもので、影響は極めて大きい。

4) プラスチック容器を利用した人工池の設置試験は、西表島浦内川流域の放棄水田（放棄後40年以上が経過）での設置試験を行い、南西諸島では初めての人工池設置だったと思われる。冬季の設置であったが、3か月の経過で同地域では記録のなかったオキナワスジゲンゴロウの飛来と産卵による幼虫の発生まで確認でき、容器の有効性が実証できた。

5) 植生管理による絶滅危惧種生息地の保全試験は、抽水植生の発達した池沼のスポット的な解放水域を利用する種は、人が関与しての植生管理の継続が重要になる。今回は奄美大島大和村のハネナガチョウトンボの国内唯一の残存生息地において、人力による植生管理試験を実施し、本種が維持管理された空間に飛来し、交尾産卵も確認されることが確認できた。

劣化した水辺環境の再生・創出では、事前の候補水域の農薬汚染状況と侵略的外来種のスクリーニングを行い、試験は西表島の二か所で行った。40年以上前に耕作放棄され、農薬や外来種影響のない地域で近隣に外来魚もいない場所に新たに池掘削を行い、造成1か月と1年後の比較で、30倍以上の個体数に増加した。また、経費算出面でも約4万円/日程度であり、費用対効果の観点からも効率のよい保全手法の一つと考えてよい。

7) 現況調査時に生息環境の観察、記録を行い、減少要因の解明を行った。1) 湿地環境の消滅（池沼の埋め立てや護岸（ゴムシートによる全面護岸はとくに影響が大きい）、水田放棄）、2) ネオニコチノイド系農薬による水域の汚染、3) 南西諸島でも近年頻発する干ばつによる池沼の干上がり、4) ティラピアやソードテイルなどの外来魚、ホテイアオイや熱帯スイレン、ボタンウキクサなどの外来水草による影響などが主要因であろうことを明らかにした。

上記の知見を活かし、現況を把握した上で、環境リスクを低減させる実践的な保全プロジェクトに展開することで、緊急度の高い保全対象種の保全を進めることが期待できる。

### 1. 研究開発目的

網羅的な現地調査による希少種の分布や生息の現状、個体数減少を把握に加えて、希少種以外の減少の著しい種を検出する。希少種生息地の生物環境の評価と好適生息条件の抽出を通じて、保全対策へ応用する。サブテーマ1の成果を加味した精度の高い科学的データを集積し、その結果に基づいて国内希少野生動植物種の新規指定種や候補種の選定や、RLランクの変更を提言する。

## 2. 研究目標

徹底した現地調査による希少種の分布や生息の現状、個体数減少の把握。希少種以外の減少の著しい種の検出。希少種生息地の生物環境の評価と好適生息条件の抽出と保全対策への応用。サブテーマ1の成果を加味した精度の高い科学的データの集積と、その結果に基づく国内希少野生動植物種の新規指定種や候補種の選定、RLランクの変更の提言。

## 3. 研究開発内容

本研究では、各サブテーマが研究を展開する軸となる、当該地域の水生昆虫の生息現状の把握と減少要因の解明を中心に研究を展開した。

●各サブテーマとの連携は以下のように展開した。

- ・サブテーマ1と：環境DNA検出のための、内地の近縁種（比較群）を含む水生昆虫DNAデータベースの構築のため、南西諸島だけでなく各地の種のサンプリング提供など
- ・サブテーマ3と：域外保全個体群の創始個体群やファウンダーの供給、野生復帰試験池の造成など
- ・サブテーマ4と：外来種の生息情報や駆除手法の共有と、駆除試験候補池の選定情報の提供など
- ・サブテーマ5と：環境再生としての生息域内保全の工事に関する助言と生物相の観測など

本サブテーマの具体的な内容は以下。

### 1) 水生昆虫の現況調査

奄美・琉球地域の水生昆虫の現況を把握するため、奄美諸島奄美大島以南の島々全域を対象に、過去の文献調査をもとに既知産地を把握し、さらに現状の池沼や湿地を国土地理院地形図、Google mapなどの航空写真から情報を得て、網羅的な踏査調査を実施した。調査においては、現地の環境の現況を記録し、水生昆虫相を水網（目の粗いもの、細かいものを使用）、必要に応じて大型種の捕獲効率の良いトラップ設置を併用して把握した。残念ながら調査期間の二年目以降の大部分が新型コロナウイルスの拡大時期と重なってしまい、行動制限を伴う緊急事態宣言下になってしまったため、ワクチン接種が完了するまでは、現地調査を自粛せざるを得ない状況に陥った。奄美・琉球の固有種や国内の分布域が限定される種が多い地域を優先して調査を展開した。

### 2) 水田での現況調査と過去からの環境推移の把握

過去には、南西諸島でも水生昆虫の主要な生息域であった水田面積は近年顕著に減少していることは、国土地理院地形図の経年比較や現地の現況調査でも明らかになったので、水田の耕作面積データを収集し、その減少の様相を把握した。当該地域では、のこされた水田が存在するのは、限定されているが、こうした島々の中で奄美大島や西表島で残された水田調査を実施し、水生昆虫相を把握した。

### 3) 生息地への農薬の流入と残存状況と水生昆虫相との関係に関する状況の把握

上記水田調査で、現在の水田にはほとんど水生昆虫が見られないことが把握できたため、近隣に農地が存在する池沼と農薬影響が少ない（ほとんどない）立地の水田の昆虫相比較と、実際に農薬が検出されるかどうかを検証した。

### 4) 野外における簡易な農薬の影響評価法の実施（人工池の設置）

調査の進展により、南西諸島の水生昆虫の実態が把握進む中で、現地の危機的な水環境が把握できた。このためとくに農薬影響を排除する目的で、簡易な人工池（400リットル程度の硬質プラスチック容器を利用）の設置を行い、効果を検証した。この手法は、小笠原など他の地域で筆者が固有トンボ類の保全で有効性を確認しているものである。

#### 5) 劣化した水辺環境の再生・創出

水辺環境の劣化は、様々な形で現れるが、今回は、南方に位置するため植生遷移の進行が著しいことから。池の開放水面の確保が必須となる。里山管理のような「定期的な環境かく乱による維持管理」を実施した。

また、調査の進展で農地周辺の池沼では農薬影響が、里地に存在する池沼では、侵略的外来種の影響を緩和することも困難であることから、上記影響がない立地を事前スクリーニングで選定し、重機による保全池の掘削を実施し。成果を把握した。

#### 6) 上記で得られたデータに基づく水生昆虫類の種多様性・個体群・分布の変動に因果的影響を与える要因の推定

現況調査に減少要因の解明を行った。

#### 7) 保全対象種（種の保存法、レッドリストのランクアップなど）の選定と保全対応の提言

本研究で明らかになった水生昆虫の危機的現況をもとに、環境省レッドリストの改訂や種の保存法の新たな指定を実施し、地方環境事務所への植生管理手法や外来種駆除技術の共有を行う。

### 4. 結果及び考察

前項目にそって記述する。

#### 1) 水生昆虫の現況調査

奄美・琉球地域の水生昆虫の現況を把握するため、奄美諸島奄美大島以南の島々全域を対象に、過去の文献調査をもとに既知産地を把握し、さらに現状の池沼や湿地を国土地理院地形図、Google mapなどの航空写真から情報を得て、網羅的な踏査調査を実施した。調査においては、現地の環境の現況を記録し、水生昆虫相を水網（目の粗いもの、細かいものを使用）、必要に応じて大型種の捕獲効率の良いトラップ設置を併用して把握した。残念ながら調査期間の二年目以降の大部分が新型コロナウイルスの拡大時期と重なってしまい、行動制限を伴う緊急事態宣言下になってしまったため、ワクチン接種が完了するまでは、現地調査を自粛せざるを得ない状況に陥った。奄美・琉球の固有種や国内の分布域が限定される種が多い地域を優先して調査を展開した。

### 結果

・継続する新型コロナ禍により、残念ながら宮古諸島などを訪れることができず、予定地のすべては調査できなかったが、調査地のどこでも、ほとんどの種において、急速に生息状況の劣化が進行していたことが明らかになった。

・すでに生息状況が悪化していることを把握していた種の更なる減少（マダラアシミズカマキリ、オキナワスジゲンゴロウなど）、近年まで比較的健全だった種の急激な減少（ケシゲンゴロウ類、ツブゲンゴロウ類など）が確認された事例が多くある。

例 ニセコケシゲンゴロウは、2016年の確認が最後で、以降国内での確認例がなく絶滅が強く危惧される。代表的な減少種の現況は図の通りだが、中大型種の減少が著しいこととのほか、タイワンケシ、タマケシなどの、ケシゲンゴロウ科の開放的な環境に生息する種が激減⇒餌のカイミジンコ類の農薬影響の可能性？ ツブゲンゴロウ類も同様。個々の種ではない激減が始まっている。

また、ミズスマシ類のすべての種が激減していることも目立つ特徴で、広域の影響から見て、除草剤などの農薬影響なども疑われる。



● 今回の調査地

図2.4.1. 現地調査実施地点

水生昆虫の実態調査結果



リュウキュウヒメミズスマシ

RL「環境省 CR・沖縄県 EN」

南西諸島固有種奄美から八重山まで分布。記録のある島・石垣島・与那国島ではすでに絶滅。水質悪化に弱いものと考えられる。調査結果を反映し、種の保存法指定種に指定

→ 一連の調査中に西表島から絶滅（一昨年まで現存）したこの種の既知の現存産地は奄美のか所だけだったが、2か所が新たに確認されが、合計してもこの種の現存産地は3か所のみ。他の水生昆虫と異なり日本固有種であることも留意して、早急に保護増殖計画を策定すべき。

図2.4.2. 希少種の現状①



ニセコケシゲンゴロウ

RL「環境省 VU・沖縄県 EN」 → 環境省 CR (EX状態か?)

本州（静岡県）と、八重山諸島（西表、黒島、与那国）で、散発的に記録されているが、与那国以外の記録はごく少なく、近年記録されていない。

→ 既知産地のうち、黒島は未調査だが水域が消失した可能性が高い。唯一の確実な産地だった与那国島で2011年の記録が最後と考えられ、本年度の数回の調査でも確認できなかった産地は、2014年の大規模干ばつが深刻な影響を与えた可能性が高い。本年度も確認情報がなく、すでに国内絶した可能性が高い。

図2.4.3. 希少種の現状②



タイワンタイコウチ

RL「環境省：なし、沖縄県 EN」 → 環境省 CR → 種の保存法指定種

八重山諸島（石垣、西表、与那国）では、かつては水田で普通に見られたが、近年は西表島のみで確認。調査結果を反映し、種の保存法指定種に指定。

→ 西表島のみ現存。近年の調査では、一か所のみ現存。他の近年まで生息した与那国島を含む既知産地では確認できず、絶滅寸前状態。

北野研の系統保存個体群を利用した、野生復帰の試行のための環境創出や環境再生を経て、再導入試験を実施中。

図2.4.4. 希少種の現状③



マダラアシミズカマキリ

RL「環境省 NT、沖縄県：なし」 → 絶滅の危機度が高まっている EN相当

八重山諸島（石垣、西表、与那国）では、かつては池沼に普通に見られたが、近年激減。

→ 本年度、とくに注目して調査を行った。過去産地が点在した西表島でも、3か所の現存しか確認できず、一か所は絶滅したと思われる。与那国島でも産地が知られていたが急減し、本年度も確認は一か所のみ。石垣島でも産地のほとんどで絶滅した模様で、現認は2か所のみであった。急速に減少している種の一つで、池単位で見ても、現存産は国内で0か所を切っているレッドリストへのランクアップと保全策が必須。

図2.4.5. 希少種の現状④



**コウトウコガシラミズムシ**

RL「環境省NT・沖縄県:一」→危機的！CR相当、EXかも

奄美群島から八重山諸島にまで広く分布していたが激減し、過去の産地では近年の確認例がない。大幅なランクアップか？

→ 混同されている近縁の種(通称ニセコガシラミズムシ)は、本年度調査でわずかに確認出来たが、それも数か所にすぎない。

本種は、本年度も確認できなかった小型種であるため、さらに精度をあげた調査が必要だが、絶滅寸前の危機的状況であることは明確。

図2.4.6. 希少種の現状⑤



**オキナワスジゲンゴロウ**

RL「環境省:VU・沖縄県:II類」→EN相当

今回の調査範囲では、奄美群島から八重山諸島まで点々と分布。沖縄本島周辺には記録がない。少なくとも、沖永良部では絶滅、奄美でも激減、徳之島はこの数年記録がない。石垣、西表でも近年激減している。島絶滅が進行中で状況が急激に悪化。

図2.4.7. 希少種の現状⑥



**ツマキレオオミズスマシ**

RL「環境省:VU・沖縄県:II類」→EN相当

今回の調査範囲では、奄美群島から八重山諸島まで点々と分布しているが、近年激減した。調査期間の確実な確認は、沖縄本島か所、伊平野島か所、西表島か所、与那国島数か所と激減。個体群として安定しているのは、与那国のみ。

図2.4.8. 希少種の現状⑦

・各産地について、過去の記録が存在するものは、産地カルテを整理し、経年変化の様相も記録した。

表2.4.1. 徳之島天城町の池の産地カルテの事例

天城町	2007.03.08	2008年3月8	2009.03.22	2012.06.2	2013.01.05	2013.11.27	2014.02.23	2014.9.11	2014.12.22	2016.12.1	2018.3.20
	北野	北野	北野	北野・苅部	北野	北野	北野	苅部	北野	北野	苅部
フチ	○4	○3	○1	0	X	X	X	X	X	X	X
ヒメフチ	○7	○1	○7	○5	○2	○2	○1	X	X	○2	X
オキスジ	○2		○	X	X	X	X	X	X	X	X
トビイロゲンゴロウ	○4	○10	○11	○2		○6	○10	○(トラップ)1		○3	X
コガタノゲンゴロウ	○6	○5	○6	○1		○10	○3	○(トラップ)1	○2	○4	○1
ウスイロシマゲンゴロウ	○2		○				○1	X	X	X	X
チビコツブゲンゴロウ			○								++
マメゲンゴロウ	○1										
ツヤコツブ			○								
コマルケシゲンゴロウ			○								
ヒメゲンゴロウ									1		
コガタガムシ	○15	○10	○18							○2	X
コクロヒラタガムシ							○8				○8
チビマルガムシ									○		
ルイスヒラタガムシ									○		
ヒメガムシ										○	
シナコガシラミズムシ				○			○10		○	○	○1
ヒメコガシラミズムシ				○					○	X	X
マルミズムシ									○		
マダラアシミスカマキリ											
タイワンタイコウチ											
タガメ	○1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
コマツモ類							○				
アマミアメンボ									○		
ヒメセシミアメンボ									○		

・サブテーマ1との連携で分子系統解析を進めたところ、オオイチモンジシマゲンゴロウ種群の実態が明らかになり、八重山の個体群と本種の個体群が別種であること、さらに沖縄本島やんぼる地域の個体群が未記載種であることを明らかにできた。これらの新知見は、現在論文作成中で、当該地域の水生昆虫の新たな固有種の発見という生物地理学的にも注目される事例となるとともに、オオイチモンジシマゲンゴロウが環境省レッドリスト掲載種であることから、種が分かれることに伴う評価も変更を加える予定である。

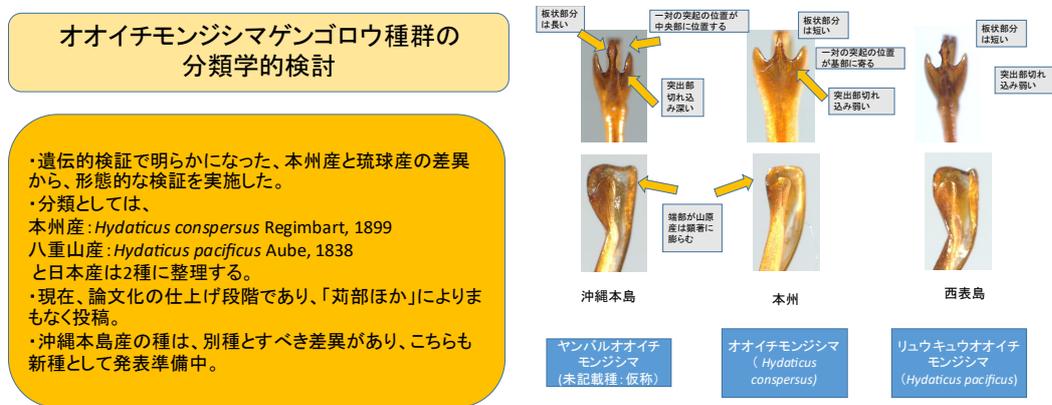


図2. 4. 9. オオイチモンジシマゲンゴロウの分類学的再検討

## 2) 水田での現況調査と過去からの環境推移の把握

過去には、南西諸島でも水生昆虫の主要な生息域であった水田面積は近年顕著に減少していることは、国土地理院地形図の経年比較や現地の現況調査でも明らかになったので、水田の耕作面積データを収集し、その減少の様相を把握した。当該地域では、水田が存在する島は、限定されているが、こうした島々の中で奄美大島や西表島で水田調査を実施し、水生昆虫相を把握した。

## 結果

水田の面積は、一例として減少が顕著な奄美諸島の例を図に示す。実際に島々を調査していても水田を見ることはどの島でも稀になっているが、たとえば奄美大島では現存するのは龍郷町の一カ所のみとなっており、水田耕地面積の記録が残っている100年前と比較すると97%の減少となっている。

島から完全に水田が消滅したところもあり、喜界島、徳之島、沖永良部島などかつてはそれぞれ数百haの水田が存在した島である。

減少は、比較的近年まで水田が残っていた八重山諸島でも見られ、この中では与那国島ではこの10年ほどで水田はほぼ消滅し、筆者の聞き取りによると2021年の耕作面積はわずか2haになったという。



図2. 4. 10. 与那国島 樽舞地区での水田放棄の様

表2.4.2. 奄美群島の水田面積の変遷

奄美群島の水田面積の変遷			
	1920年 町反 (ほぼha)	2010年 (ha)	2015年 (ha)
奄美大島			
龍郷町	268.4	9	8
奄美市	207	1	1
喜界島	120.5	0	0
徳之島			
天城町	798.9	0	0
徳之島町		0	0
沖永良部島			
和泊町	251.7	0	0
知名町	403.3	0	0
与論島	128.6	4	3
上記総計	2178.4	14	12

### 3) 生息地への農薬の流入と残存状況と水生昆虫相との関係に関する状況の把握

上記水田調査で、現在の水田にはほとんど水生昆虫が見られないことが把握できたため、近隣に農地が存在する池沼と農薬影響が少ない（ほとんどない）立地の水田の昆虫相比較と、実際に農薬が検出されるかどうかを検証した。

#### 結果

大東、奄美、石垣、西表での採水とファウナ調査を実施し、調査地ではほぼすべての水域で農薬検出があった。水生昆虫相が崩壊している地域では、大東では多剤検出が、石垣では高濃度のフィプロニルとその代謝物が検出され、希少種の現存水域では検出がごく微量であった。

予想したとおり、図のように慣行農法を継続している農地では、多くの農薬（今回は、現在主流となっているネオニコチノイド系農薬を調査）が検出され、また確認された水生昆虫はごく少なかった。一方、ごく一部に存在する無農薬水田では、農薬の検出はなく、過去の水田環境を彷彿させる多種多数の水生昆虫相が維持されていることを明らかにできた。現在このような無農薬水田は増加傾向にあるが、水田は水を共有するため上部に慣行農法の水田が位置すると、無農薬水田の意味が損なわれることも注意が必要である。今回紹介した無農薬水田は谷戸の最上部に位置し、山水が直接流入する環境であることも、多様性の維持に寄与したものと推察される。

水田では多種の農薬検出があり水生昆虫はほぼ皆無、無農薬水田では非検出、中大型種を含む多くの種が確認されている。

原剤の数十倍の毒性という報告もある。土壤中に長期残留？

	ジノテフラン	ニテンプラム	チアトキサム	イミダクロプリド	クロチアニジン	アセタミプリド	チアクロプリド	デスニトロイミダクロプリド	フィプロニル	フィプロニルスルホン	フィプロニルデスルフィニル	フィプロニルスルフィド	ng/l
沖縄県、西表島、水田	N.D.	N.D.	N.D.	271.8	3.6	11.4	3.0	15.0	0.7	2.0	2.3	1.5	チビミズムシ属の1種 +
沖縄県、西表島、無農薬田んぼ	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	ヒメガムシ++++、ヒメセマルガムシ++++、コガタガム1ex、ツブ・サザナミツブ++++、オキナワスジ1ex、コガタゲン1ex、ヤゴ++++

図2.4.11. 農薬の検出状況

結論として現在では、水田は農薬影響を強く受けており、かつてのような水生昆虫の良い生息場所ではなくなっているが、劣化しているとはいえ、現況は「水域そのものの喪失」で、島の水生昆虫は、生息の可能性すら奪われている。つまりかつて各島に存在した低湿地は開墾され水田に姿を変えたが、水田は毎年環境がリセットされ、水深が浅く水温が高温に保たれ、自然水域と異なり魚類などの捕食者が少ないという特徴もあり、水生昆虫の大部分の種にとっては比較的近年までは水生昆虫の生息適地として機能してきた。1970年代に各地で顕在化した農薬禍により、水田は好適な生息地ではなくなったが、農薬濃度が低い時期には、水域として機能を保ってきたが、近年のサトウキビ畑への転換は、水生昆虫の生息地としての機能を完全に喪失させるもので、影響は極めて大きい。

#### 4) 野外における簡易な農薬の影響評価法の実施（人工池の設置）

調査の進展により、南西諸島の水生昆虫の実態が把握進む中で、現地の危機的な水環境が把握できた。このためとくに農薬影響を排除する目的で、簡易な人工池（400リットル程度の硬質プラスチック容器を利用）の設置を行い、効果を検証した。この手法は、小笠原など他の地域で筆者が固有トンボ類の保全で有効性を確認しているものである。

#### 結果

本研究では、西表島浦内川流域の放棄水田（放棄後40年以上が経過）での設置が実施できた。当初目的の農薬影響を排除するためには、今後農薬影響を受けている農地と同じ地域で雨水供給による比較が重要になる。

今回の試行は、南西諸島では初めての人工池設置だったと思われ、冬季の設置であったが、3か月の経過ですでにこれまで同地域で記録のなかったオキナワスジゲンゴロウの飛来と産卵による幼虫の発生まで確認でき、容器の有効性が実証できた。さらにこの地域は長年の放棄で解放水面は失われている地域でもあり、既知産地からは3キロ以上離れていることから、この種が長距離飛翔していることが推測

された。

このような人工容器は、万一外来種が侵入しても容易に排除でき、容器内の水生植生の環境管理も容易である。人工池を一つのユニットとして考え、図のように隣接設置すると水生昆虫にとっては一つの水域として認識される。農薬影響だけではなく様々な利点があるので、絶滅危惧種生息地脇に設置して水域としての「保険」と機能も持たせることができる。



図2.4.12. 人工池の状況

#### 5) 劣化した水辺環境の再生・創出

水辺環境の劣化は、様々な形で現れるが、今回は、南方に位置するため植生遷移の進行が著しいことから、池の開放水面の確保が必須となる。里山管理のような「定期的な環境かく乱による維持管理」を実施した。

また、調査の進展で農地周辺の池沼では農薬影響が、里地に存在する池沼では、侵略的外来種の影響を緩和することも困難であることから、上記影響がない立地を事前スクリーニングで選定し、重機による保全池の掘削を実施し。成果を把握した。

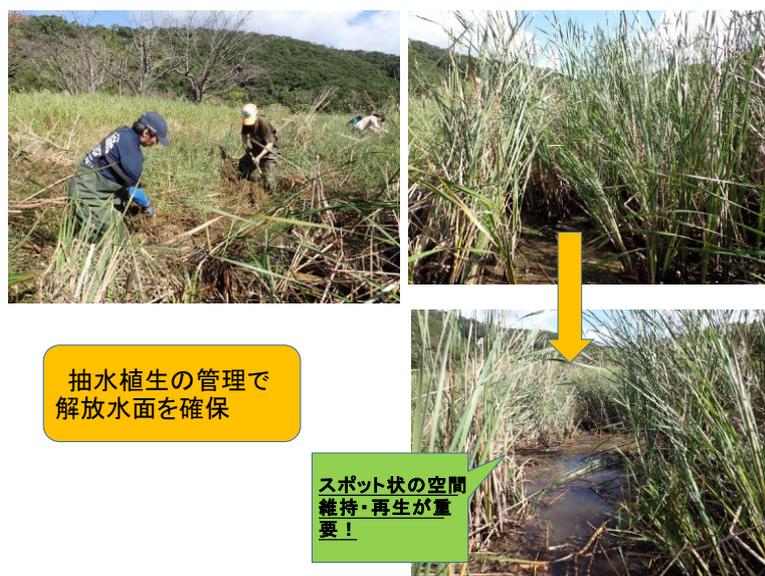


図2.4.13. 劣化した水辺環境の再生作業

## 結果

### ・植生管理による絶滅危惧種生息地の保全

図のような抽水植生の発達した池沼のスポット的な解放水域を利用する種は、放置しておくとも水質の悪化などがなくても繁殖ができなために衰退する。そこで人が入り込んでの植生管理の継続が重要になる。内地では種の保存法指定種でもあるベッコウトンボがこのような環境を選択し、環境管理が実施されず植生遷移で絶滅した産地が複数知られている、

今回は奄美大島大和村のハネナガチョウトンボの国内唯一の残存生息地において、人力による植生管理試験を実施した。成虫時期の地域の方のモニタリングにより（新型コロナ感染拡大のために筆者が訪問できないことが予測されるので、地域の自然研究者を募り、調査手法をオンラインで伝授することで実施していただいた）、ハネナガチョウトンボはこのような維持管理された空間に飛来し、交尾産卵も確認されることが確認できた。同水域は池も複数存在するが、そのほとんどは抽水植生が密生状態になり、本種の飛来がまったく見られなくなっており、管理主体の大和村、奄美環境事務所と連携しての管理試験を実施していく。

### ・環境リスクの少ない地域での重機を利用した保全池の創出効果

水域の外来種駆除や環境管理による再生を考える時、微量の化学物質は、人間の五感では感知できず、「見た目」ではその有無はわからない。絶滅危惧種は水質汚染に弱いとされることから、再生事業予定地では、事前の水域の農薬汚染状況のスクリーニングが効果的と考えられる。

農薬汚染から逃れる点でも、外来種から逃れる点でも、現在では、これらが蔓延してしまった農地周辺に存在する劣化した生息地で環境再生に注力するよりは、これらのリスクの少ない場所で環境を新たに創出する方が、安全かつ効果的と考えて試行を行った。

試験は西表島の二か所で行った。40年以上前に耕作放棄され、農薬影響のない地域で近隣に外来魚もいない場所に新たに池掘削（地元NP0との協働）。重機を使用し15×20m 程度の池を2つ、付随して10×5m程度の池2つを新規造成した。

造成1か月ですでに大型種の飛来定着が見られ、その後は個体数が急激に増加し、造成1か月後の5頭から9か月後は195頭、1年後は、169頭と安定して多数が見られる（冬季の個体数が多いのは、とくに移動能力に優れるオキナワスジゲンゴロウが越冬のために集合した結果と考えられる）。

このように、立地の環境リスクを事前スクリーニングして創出する池は、有効に機能することが期待できる。また、今回実際に重機（ミニコンボ）のレンタル料、オペレータの人件費など、保全池創出のために要した費用も算出したが、約4万円/日程度であり、費用対効果の観点からも効率のよい保全手法の一つと考えてよい。



図2.4.14. 重機による保全池掘削



造成後9か月で南西諸島屈指の大型種多産地に成長。人為的な導入はしておらず、全て自然飛来。  
\* 外来魚はここまで未侵入

図2.4.15. 掘削後の保全池の様子。一年で植生が繁茂。

表2.4.3. 2021年3月14日池造成、約1か月後、9か月後、一年後の中大型種の定着状況

種名	4月23日	12月7日	3月14日
オキナワスジゲンゴロウ	1	47	15
トビイロゲンゴロウ	4	93	70
コガタノゲンゴロウ	-	15	19
ヒメフチトリゲンゴロウ	-	2	2
コガタガムシ	-	38	63

6) 上記で得られたデータに基づく水生昆虫類の種多様性・個体群・分布の変動に因果的影響を与える要因の推定。

## 結果

現況調査時に生息環境の観察、記録を行い、減少要因の解明を行った。奄美・琉球の水生昆虫の減少要因は、これまで解明されてこなかったが、本研究によって、1) 湿地環境の消滅（池沼の埋め立てや護岸（ゴムシートによる全面護岸はとくに影響が大きい）、水田放棄）、2) ネオニコチノイド系農薬による水域の汚染、3) 南西諸島でも近年頻発する干ばつによる池沼の干上がり、4) ティラピアやソードテイルなどの外来魚、ホテイアオイや熱帯スイレン、ボタンウキクサなどの外来水草による影響などが主要因であろうことを明らかにした。

今後、絶滅危惧種の保全現場では、上記の要因をチェックして、生息阻害要因を解明し、その悪影響を解消する政策を積極的に実施することで、有効な保全手段を構築することができよう。

・絶滅危惧種の減少要因の探索で、判明した減少要因は、以下。  
 ・201年の八重山での大規模干ばつ影響は顕著。水生昆虫の記録の多かった与那国島では、島内からメフチトリゲンゴロウ、台湾タイコウチ、ニセコケンゲンゴロなどが姿を消していった。  
 15年間の平均雨量2331mmのところQ14年は301mmという極端な干ばつであった。

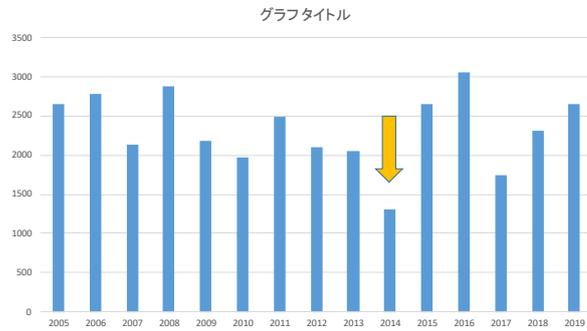


図2. 4. 16. 肥後安因：八里山地方の干ばつ



図2. 4. 17. 干ばつの影響(上：与那国島、下：西表島)

7) 保全対象種(種の保存法、レッドリストのランクアップなど)の選定と保全対応の提言

本研究で明らかになった水生昆虫の危機的現況をもとに、環境省レッドリストの改訂や種の保存法の新たな指定を実施し、地方環境事務所への植生管理手法や外来種駆除技術の共有を行う。

既述の通り実施してきた。

## 5. 研究目標の達成状況

サブテーマ2の目標のうち、徹底した現地調査による希少種の分布や生息の現状、個体数減少の把握。希少種以外の減少の著しい種の検出に関しては、調査地の全域で、急速に生息状況の劣化が進行していたことが明らかにできた。とくに、すでに生息状況が悪化している種の更なる減少、近年まで比較的健全だった種の急激な減少が確認された（図2.4.1.～8.、表2.4.1.など）。

希少種生息地の生物環境の評価と好適生息条件の抽出と保全対策への応用に関しては、急激な減少の主たる要因として、1) 湿地環境の消滅（池沼の埋め立てや護岸、水田放棄）（図2.4.10、表2.4.2.）、2) ネオニコチノイド系農薬による水域の汚染（図2.4.11.; 表5.4.5.）、3) 南西諸島でも近年頻発する干ばつによる池沼の干上がり（図2.4.16., 17.）、4) ティラピアやソードテイルなどの外来魚、ホテイアオイや熱帯スイレン、ボタンウキクサなどの外来水草による影響などが深刻であることを明らかにした。また、減少要因に関する知見を活かした保全対策として、植生管理による絶滅危惧種生息地の保全試験（奄美大島：ハネナガチョウトンボ）、トロ箱を利用した農薬フリーの人工池の設置（西表島）、掘削による池の整備（西表島）を実施し、希少種の定着や個体数の増加を確認できた。

サブテーマ1の成果を加味した精度の高い科学的データの集積と、その結果に基づく国内希少野生動植物種の新規指定種や候補種の選定、RLランクの変更の提言に関しては、まず、また、現地調査と環境DNA解析を併用することで、科学的な根拠に基づいて、フチトリゲンゴロウやタイワンタイコウチなどの希少種の地域絶滅を高い確度で判断できた。さらに分子系統解析の結果からオオイチモンジマゲンゴロウ種群の実態が明らかになり、新たな固有種の発見につながった。

得られた結果に基づいて、リュウキュウヒメミズスマシとタイワンタイコウチの2種が国内希少野生動植物種へ新規指定されたほか、多くの種のレッドリストランクの改定も実施された。さらに、オオイチモンジマゲンゴロウ種群のRLランクの変更に加え、大型種や人気種を中心に特定第二種国内希少野生動植物種への指定を環境省に推薦し、すでに指定に向けた検討に入っている（図2.4.2.～8.）。

新型コロナウイルスの感染状況が悪化する中で、現地調査を完了することができなかった島が残るなどの障害はあったが、上記の目標を十分に達成できた。とくに水生昆虫の絶滅危惧度の把握、減少要因の解明は顕著に進捗し、環境省レッドリストの改訂がすでに実現した。絶滅危惧種についての実践的な保全手法の開発も遂行でき、具体的な環境行政の保全プロジェクトとして実施できるところまで保全技術を確認することもできたことは、目標を上回る成果と考える。

## 6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

## Ⅱ－3 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術の開発

東海大学教養学部人間環境学科

北野 忠

### [要旨]

本研究では奄美・琉球の希少水生昆虫に関する生息域外保全技術を開発するとともに、野生個体群への補充や再導入への利用として飼育下での繁殖個体を用いた野生復帰の効果を検証することを目標とした。生息域外保全技術の開発においては、国内では南西諸島にのみ分布し、かつ大型種であるという点から、水生コウチュウのフチトリゲンゴロウと水生カメムシのタイワンタイコウチをモデル種とし、まず、卵から成虫までの成長過程および、雌の産卵数を明らかにした。そのほか、フチトリゲンゴロウにおいては幼虫期の好適な餌生物としてヤゴが重要であることと、産卵に好適な水温は25℃以上であるということも明らかにしている。また、幼虫期に用いる水替えが不要の飼育装置を作製し、簡易的な飼育を可能とした。さらには、他機関へも譲渡することで危険分散にも努めた。タイワンタイコウチにおいては、幼虫期の好適な水温について調べ、28℃が好適であることを明らかにしている。

これら2種においては、単に飼育技術を開発するだけでなく、それぞれ100個体を超える個体を繁殖させることに成功している。さらには成長過程や飼育方法をまとめた飼育マニュアルを作成した。これは、他機関や後任への飼育技術の正確な伝達に有効である。

生息域外保全で得られたこれら2種の繁殖個体に関しては、野生復帰のための放虫にも用いた。コロナ禍によって放虫の時期が遅くなり、その効果までは明らかにすることはできなかったが、これまで国内でもほとんど事例のない水生昆虫の野生復帰を実施できたことは、今後の水生昆虫の保全活動において大きな意義をもつと考えている。

以上のことをまとめると、希少水生昆虫の生息域外保全においては、対象種の「成長過程」を明らかにするとともに、「効率的かつ効果的な飼育技術や装置の開発」が重要であり、さらには「マニュアル化」や「他機関への危険分散」も飼育技術の伝達や飼育下での絶滅の危険性の回避に有効といえる、ただし、単に飼育下で個体数を増やすだけではなく、最終的には増やした生きものを生息地に戻す野生復帰の取り組みが重要であり、今後は積極的な放虫とその効果の検証が必要といえる。

なお、奄美・琉球において絶滅の危機に瀕した水生昆虫はこの2種に限ったことではない。サブテマリーダーである北野はこれら2種以外でも生息域外保全のための飼育技術開発に携わっている。本報告では、その中で論文化したコブオニガムシとツマキレオオミズスマシについても紹介した。

### 1. 研究開発目的

奄美・琉球(南西諸島)における貴重な生物多様性の急速な減少は大きな問題となっており、中でも水生昆虫類は最も危機的な状況にある。絶滅危惧種の絶滅を回避するために、本研究では奄美・琉球の希少水生昆虫に関する生息域外保全技術を開発するとともに、野生個体群への補充や再導入への利用として飼育下での繁殖個体を用いた野生復帰の効果を検証する。

### 2. 研究目標

希少水生昆虫類の生息域外保全技術の開発と飼育下での残留農薬の影響の検証を実施する。前者に関しては、フチトリゲンゴロウおよびタイワンタイコウチの生息域外保全技術の確立と飼育規模の拡大、その技術を基に多数の個体数を確保したうえで候補地に放虫し、野生復帰の効果を検討することが挙げられる。そのほか、技術の共有化のために飼育マニュアルの作成も目標の一つである。

### 3. 研究開発内容

奄美・琉球(南西諸島)における貴重な生物多様性の急速な減少は大きな問題となっており、中でも水生昆虫類は最も危機的な状況にある。絶滅危惧種の絶滅を回避するには、生息環境の維持・復元や外来生物の侵入防止・低密度管理等の対処が必要であるが、現状としては多くの地域では対策は不十分で、良好な生息環境は消失し、外来生物は分布を拡大するばかりである。現状として、地域ごと、場合

によっては種ごとの絶滅が確実に進行しているなか、絶滅を回避する最後の手段として生息域外保全（注：人間による飼育・成育下での人工的な手法によって種を絶滅から防ぐ方法）技術の開発が求められる。

また、絶滅を回避できること以外にも、飼育時に成長過程や行動を詳細に観察できるほか、実験的手法で生態学的な知見を明らかにすることも生息域外保全で得られる意義の1つといえる。それらは単に対象種の生物学的知見となるだけではなく、効率的かつ簡易的な飼育方法の確立にもつながり、結果的には生息域外保全にフィードバックすることができる<sup>1)</sup>。

本研究では、国内では南西諸島にのみ分布し、かつ大型種であるという点から、水生コウチュウのフチトリゲンゴロウと水生カメムシのタイワンタイコウチをモデル種として主な研究対象種とした。また、その他の種において取り組んできた事例もあり、それらについても紹介する。

このほか、サブテマ2および5と連携した形で、残留農薬が水生昆虫に与える影響に関して飼育実験による検証も実施したのでその結果についても触れる。

### ①フチトリゲンゴロウ（図3. 3. 1）の生息域外保全技術の開発

かつてはトカラ列島宝島以南の複数の島で生息が確認されていたが2010年以降には限られた地点はごくわずかとなり、個体数も少ないことから<sup>2)</sup>、2011年には種の保存法における国内希少野生動植物種に登録された<sup>3)</sup>。ただし、その後も生息状況は改善されず、現在はほぼ野生絶滅の状態にある。サブテマリーダーである北野の研究室では、2007年より飼育下での繁殖に取り組み始め、2012年より現在に至るまで2島の個体群を由来とした生息域外保全を継続してきた。本助成を受けた3年間では、以下の項目に関して域外保全活動を実施した。

- ・他機関との協働
- ・系統保存技術の開発

卵から成虫に至るまでの成長過程を明らかにした。そのほか雌1個体あたりの産卵数や、産卵と水温の関係、餌に対する選好性が強いと考えられる幼虫期の好適な餌生物についても調べた。このほか、幼虫期における水替え不要の飼育装置を作製した。

- ・マニュアル化

成長過程や飼育方法を詳細にまとめた飼育マニュアルを作成した（別添資料参照）。

- ・野生個体群への補充や再導入への利用

南西諸島某島（希少種情報のため詳細は伏せる）にて、2021年9～10月に成虫19個体・幼虫59個体を放虫した。その後、数回の追跡調査を実施した。



図3. 3. 1. フチトリゲンゴロウ

### ②タイワンタイコウチ（図3. 3. 2）の生息域外保全技術の開発

国内では八重山諸島に分布する大型の水生カメムシである。2010年以降激減し、いずれの地域（島）でも絶滅の危機がきわめて高い状況となっていることから<sup>4)</sup>、2021年には国内希少野生動植物種に登録された<sup>3)</sup>。サブテマリーダーである北野の研究室では、2016年より飼育下での繁殖に取り組み始め、2018年より現在に至るまで西表島の個体を由来として生息域外保全を継続してきた。本助成を受けた3年間では、以下の項目に関して域外保全活動を実施した。

- ・系統保存技術の開発

卵から成虫に至るまでの成長過程を明らかにした。そのほか雌1個体あたりの産卵数や、本種の幼虫



図3. 3. 2. タイワンタイコウチ

を32・28・24・20℃としたインキュベーター内で飼育し、幼虫期に要する日数や生残を調べた。

- ・マニュアル化

成長過程や飼育方法を詳細にまとめた飼育マニュアルを作成した（別添資料参照）。

- ・野生個体群への補充や再導入への利用

西表島の5か所の池にて、2021年4・9・10月に成虫計140個体、幼虫計120個体を放虫した。

### ③奄美・琉球の里地に生息するその他の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術の開発

フチトリゲンゴロウおよびタイワンタイコウチ以外にも、複数種の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術に関わる研究を実施してきた。ここでは論文化に至った2種について紹介する。

- ・コブオニガムシ

体長約4mmのオニガムシ科の一種であり、国内では西表島の1か所の池のみで確認されている。野外調査と飼育から本種の生息域外保全につながる生態的知見を明らかにした。

- ・ツマキレオオミズスマシ

体長7.8-8.4 mmのミズスマシ科の一種であり、国内ではトカラ列島中之島以南の南西諸島に分布する。かつては普通種であったが1990年代以降に確認例が減少していることから、環境省のレッドリストでは準絶滅危惧として掲載されている。飼育から本種の生息域外保全につながる卵から成虫までの成長過程を明らかにした。

### ④飼育下での残留農薬の影響の検証

対象とする農薬をフィプロニルとし、「溶液 10 $\mu$ g/l・1 $\mu$ g/l・0.1 $\mu$ g/l・水道水（+アセトン）・水道水」とした5条件で、ヒメフチトリゲンゴロウおよびトビイロゲンゴロウ6個体ずつを収容し、24・48時間後の生存を調べた。

## 4. 結果及び考察

### ①フチトリゲンゴロウの生息域外保全技術の開発

- ・他機関との協働

2019年からは環境省の許可を得たうえで伊丹市昆虫館、観音崎自然博物館、アクアマリンいなわしろカワセミ水族館に譲渡した。いずれの館においても、熱意があり飼育技術に長けたスタッフが在籍しており、繁殖に成功している。したがって、飼育個体群の危険分散には成功したと言える。

- ・系統保存技術の開発

まず、卵から成虫に至るまでの成長過程を明らかにした。その結果、本種の卵は孵化までに14日を要すること、幼虫に関してはふ化直後で体長約30mmであり2度の脱皮を経て蛹化のために上陸するまでには約25日を要するとともに体長約90mmにまで達することを明らかにした。さらに、蛹化のための上陸から蛹室の脱出までの日数は早いもので35日であったが、個体によっては2か月以上かかったものもあった。これらより、フチトリゲンゴロウは卵から成虫になるまで早く2ヶ月半を要することを明らかとした。

このほか、雌1個体あたりの産卵数および産卵と水温の関係、幼虫期の好適な餌生物についても調べた。8個体の雌について産卵数を調べたところ、少ない個体で28個、多い個体で80個であり、個体によって産卵数が大きく異なることが明らかとなった。したがって、少数のメス個体を元に域外保全を実践した場合、産卵数が少ない個体では、十分な卵数を得られない可能性がある。そのため、安定的に系統保存を行うためには複数の親個体を用いた繁殖が望ましいと考えられた。またこの8個体の雌において水温と産卵数の関係を調べたところ、水温上昇期である20℃から25℃の時期は1日の平均産卵数が1.8個であったが、水温25℃から31℃の高温期は1日の平均産卵数が4.4個と多かった。その後、水温25℃から20℃の低下期では1日の平均産卵数が1.5個となり、水温が20℃以下の低水温期では平均産卵数が0.7個と極めて少なかった。したがって本種の産卵は温度との関係があり、水温を25℃以上で管理すると多くの卵を得られると考えられた（図3.4.1）。

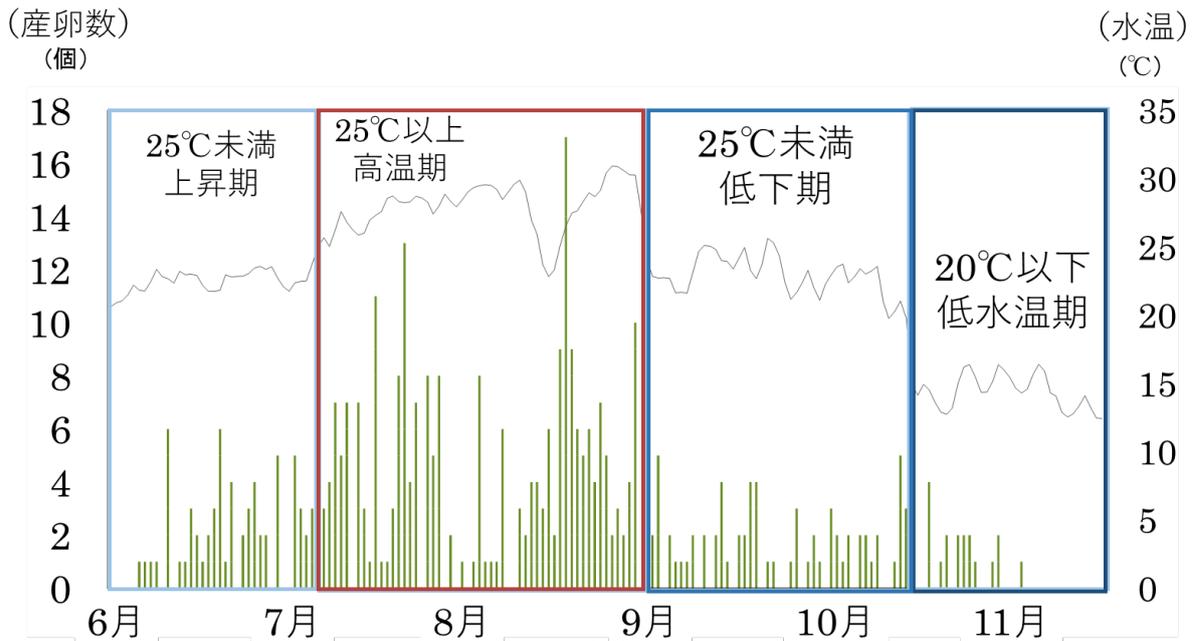


図3. 4. 1. 8ペアのフチトリゲンゴロウを屋外で飼育した際に確認できた産卵数と水温

幼虫期の好適な餌生物を明らかにする実験では、餌として、カエル類幼生（オタマジャクシ）、メダカ、トンボ類幼虫（ヤゴ）、エビのいずれかを単一で充分量与えた場合の生残率と幼虫期の日数、羽化後の成虫の体長を各条件で10個体ずつ調べた。その結果、生残率は高い順にヤゴ区100%、オタマ区70%、エビ区40%、メダカ区30%となった。また幼虫期の日数は短い順にヤゴ区26-30日、オタマ区25-33日、エビ区33-35日、メダカ区で48-72日であり、成虫の体長は大きい順にヤゴ区とオタマ区で38-41mm、エビ区37-40mm、メダカ区34-35mmであった。このように、与えた餌によって生残・成長に差がみられ、特にヤゴで良い結果が得られた（図3. 4. 2）。したがって本種の幼虫期の餌としてはこれら4種の中ではヤゴを与えるのが良いといえる。

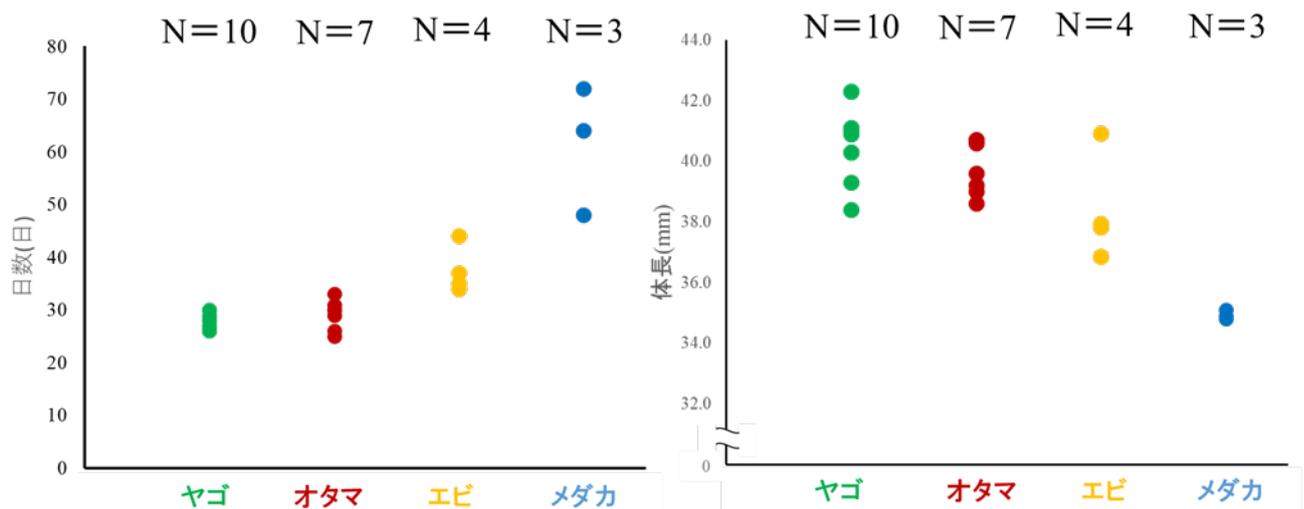


図3. 4. 2. フチトリゲンゴロウの幼虫に単一の餌を与えた場合の幼虫期の日数（左）と成虫時の体長（右）

幼虫期の日数が短く、成虫時の体長が大きいことから、本種の幼虫期の餌としてヤゴが好適であることが明らかとなった。

このほか、幼虫期における水替え不要の飼育装置を作製した（図3. 4. 3）。この装置によって、密

閉容器を飼育容器として用いていた過去の飼育時よりも幼虫期の死亡数を抑えることができ、かつ水替えが不要なため簡易的に飼育することが可能となった。



図3. 4. 3. ゲンゴロウ幼虫用の飼育装置  
ろ過装置を用いることで換水の手間が省けるほか、  
ヒーターとクーラーの設置により温度管理が可能

それらの知見や装置を基に、年によって個体数の増減はあるものの毎年 100 個体以上（多い年には 300 個体ほど）の新成虫を得ることに成功している。

#### ・マニュアル化

成長過程や飼育方法を詳細にまとめた飼育マニュアルを作成した（図 3. 4. 4. ）。これは他機関、および後任への正確な飼育技術の伝達において有効である。



図3. 4. 4. 本研究で作成したフチトリゲンゴロウの飼育マニュアル（抜粋）

・野生個体群への補充や再導入への利用

2021年9月14日に成虫19個体と幼虫50個体、10月7-10日に幼虫9個体を放虫した。10月29日の追跡調査では成虫を1個体確認できたのみで、2021年1月8日の調査では全く確認できなかった。1月の調査時には冬季で水温が低下していたためにトラップに入らなかったことも考えられるが、いずれにしても現地での放虫個体による繁殖や、放虫した幼虫の現地での羽化は確認できていない。放虫による野生復帰の効果に関しては今後のさらなる追跡調査および追加の放虫が必要といえる。

●タイワンタイコウチの生息域外保全技術の開発

・系統保存技術の開発

まず、卵から成虫に至るまでの成長過程を明らかにした。その結果、本種の卵は孵化までに主に11-12日を要すること、幼虫に関してはふ化直後で体長約4.6mmであり5度の脱皮を経て成虫になるまでには38-46日を要するとともに体長（呼吸管を除く）は33-35mmとなった（図3. 4. 5：表3. 4. 1）。



図3. 4. 5. タイワンタイコウチにおける同一個体の1齢から成虫までの成長過程

このほか、雌1個体あたりの産卵数および幼虫期の飼育に好適な水温についても調べた。4個体の雌を用いて観察したところ、1回の産卵で1-53個の卵を産みつけ、長期間、数回産卵をすることを明らかとした。今回の観察では、産卵回数が多い個体で43回、少ない個体では8回であり、総産卵数が多い個体で798個、少ない個体で138個であった。このように、個体によって大きく異なるものの、本種は1個体の雌が多数の卵を産むことが明らかとなった。

また、本種の幼虫を32・28・24・20℃としたインキュベーター内で飼育し、幼虫期に要する日数や生残を調べたところ、最も高い水温とした32℃区と2番目に温度の高い28℃区での幼虫期に要する日数がそれぞれ28-33日、28-32日とほぼ同様であった。しかし死亡率については32℃区では81%、28℃区では64%と28℃区で低かった。また24℃区では幼虫期に要する日数が43-47日と長く死亡率は74%と28℃区よりも高かった。一方、最も温度の低い20℃区ではすべての個体が1齢期で死亡した（図3. 4. 6）。したがって、本種の幼虫の飼育には、今回の実験の結果としては28℃が最も好適であると結論づけられた。

表3. 4. 1. タイワンタイコウチにおける幼虫期の日数

個体番号	成育期間 (日)					合計日数	雌雄
	1齢幼虫	2齢幼虫	3齢幼虫	4齢幼虫	5齢幼虫 (翅芽の黒化)		
1	7	7	8	9	14(2)	45	♂
2	5	7	12	7	14(1)	45	♀
3	6	8	9	8	14(2)	45	♂
4	6	8	9	8	15(2)	46	♂
5	6	10	8	8	14(1)	46	♂
6	6	8	11	7	13(1)	45	♂
7	5	6	9	10	14(2)	44	♀
8	6	7	10	8	14(2)	45	♀
9	7	6	8	7	13(2)	41	♀
10	7	6	9	8	14(2)	44	♀
11	7	5	7	6	13(1)	38	♂
12	7	5	8	7	15(2)	42	♀
13	7	5	7	8	15(2)	42	♀
14	7	5	7	7	15(2)	41	♀
15	7	6	7	7	13(2)	40	♂
16	6	5	8	11	14(2)	44	♀
17	5	6	7	9	16(1)	43	♂
18	6	7	6	8	16(1)	43	♂
最小	5	5	6	6	13(1)	38	-
最大	7	10	12	11	16(1)	46	-
平均	6.3	6.5	8.3	8.0	14.2(1.7)	43.3	-

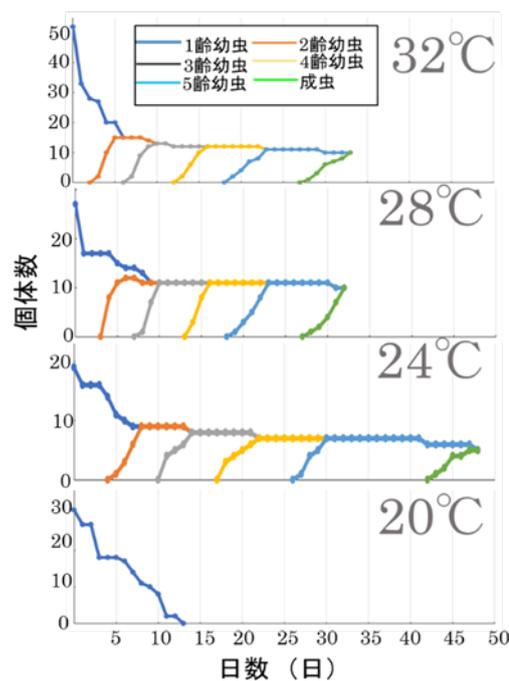


図3. 4. 6. 異なる温度で飼育した際のタイワンタイコウチ幼虫の脱皮と生残の関係

## ・マニュアル化

成長過程や飼育方法を詳細にまとめた飼育マニュアルを作成した（図3. 4. 7.）。これは他機関、および後任への正確な飼育技術の伝達において有効である。

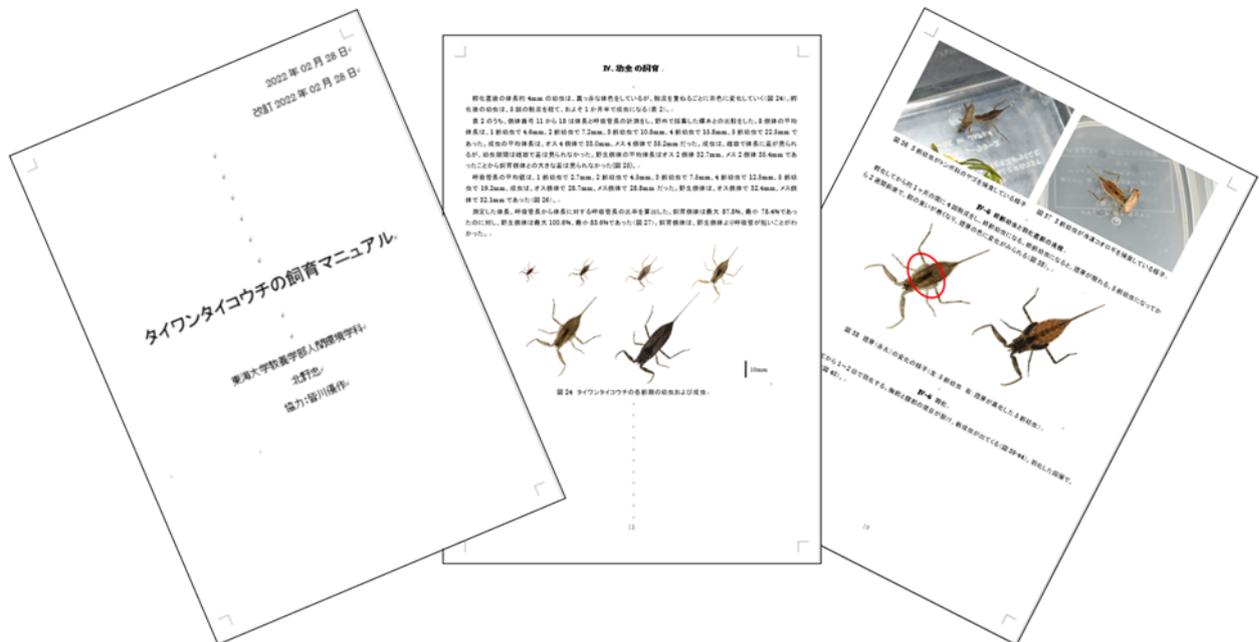


図3. 4. 7. 本研究で作成したタイワンタイコウチの飼育マニュアル（抜粋）

## ・野生個体群への補充や再導入への利用

西表島の5か所の池にて、2021年4・9・10月に成虫計140個体、幼虫計120個体を放虫した。その後の追跡調査では、9月に放虫した120個体の幼虫のうち11個体が成虫となったことが観察された。また、10月に50個体放虫した場所で2021年1月に32個体確認できたが、現地での野生復帰個体による繁殖は確認できなかった。そのほかの3か所の池では放虫後の追跡調査で確認できなかったうえ、すべての池で放虫個体の繁殖に基づく定着は確認できなかった。しかし、飼育個体の幼虫が野生下で成虫にまで成長できたこと、また放虫個体が約3ヶ月間も多数生存していたことは、本種の絶滅回避のための野生復帰に向けた重要な知見であり、大きな成果と言える。ただし、放虫による野生復帰の効果に関しては今後のさらなる追跡調査および追加の放虫が必要である。

## ●奄美・琉球の里地に生息するその他の希少水生昆虫類に関する生息域外保全技術の開発

### ・コブオニガムシ<sup>5)</sup>

科レベルで日本から新規発見されたコブオニガムシについて野外と飼育下で生活史を解明した。野外では3月と8、9月に抱卵したメスを確認したことから、年2化以上の生活環であると考えられたほか、池が干あがった際には成虫が湿った落ち葉中で過ごすことを観察した。また飼育下において、本種の幼虫は腹部背面の突起に木の破片等の有機物を付着させること、蛹化時には背面に木片等の有機物を背負った状態で上陸し、それをそのまま蛹室の基質とすることを明らかにした。

### ・ツマキレオオミズスマシ<sup>6)</sup>

本種は卵から成虫になるまで約1か月かかることを明らかにするとともに、各期の成長過程を観察した。

これらは本種の生息域外保全の際の基礎知見となることが期待される。

#### ●飼育下での残留農薬の影響の検証

対象とする農薬をフィプロニルとし、「溶液 10  $\mu$ g/l・1  $\mu$ g/l・0.1  $\mu$ g/l・水道水 (+アセトン)・水道水」とした5条件で、ヒメフチトリゲンゴロウおよびトビイロゲンゴロウ6個体ずつを収容し、24・48時間後の生存を調べた。しかし今回の実験では、すべての条件で死亡は確認できず、行動異常も観察されなかった。残留農薬の影響に関しては、農薬の種類や濃度および組み合わせや、暴露の日数、対象とする水生昆虫の種・個体数・成長段階(幼虫・成虫)等を変更するなど、さらなる追加実験が必要といえる。

### 5. 研究目標の達成状況

サブテーマ3の目標のうち、希少水生昆虫類の生息域外保全技術の開発に関しては、フチトリゲンゴロウおよびタイワンタイコウチの生息域外保全技術の確立と飼育規模の拡大、その技術を基に多数の個体数を確保したうえで候補地に放虫し、野生復帰の効果を検討するほか、技術の共有化のために飼育マニュアルの作成を目標とした。このうち、「各希少種の系統保存技術の開発」に関しては、両種について卵から成虫までの成長過程、産卵数、幼虫飼育の餌や水温に関する好適ことも明らかにした。おおむね達成できたと考えている(図3. 4. 1.~3. 図3. 4. 5.. 6.; 表3. 4. 1.)。また「飼育規模の拡大」は複数の昆虫館との協働を実現させることができたし、「マニュアル化」も実施した(図3. 4. 4., 7.)。これらの成果は、当該2種の保全に大きく寄与したことはもちろんのこと、奄美・琉球に限らず国内に数多く存在する希少水生昆虫類の生息域外保全の際のモデルとなるものと考えている。

一方、「候補地に放虫し、野生復帰の効果を検討する」という目標に関しては、コロナ禍という事情により予定が大幅に遅れてしまい、実施自体はできたものの、追跡調査による野生復帰の効果を明らかにするには至らなかった。ただし、水生昆虫において飼育個体の野生復帰の事例は極めて少ないことから、本研究において実施事例をあげられたことは、今後必要となってくる各種の野生復帰の際の先行事例になりえるものであり極めて重要な知見と考えている。また今後も、追跡調査および追加の野生復帰については本助成が終了後も実施し、その効果を明らかにしていきたい。

残る研究目標である「残留農薬の影響の検証」に関しては、2種のゲンゴロウを用いて実施したものの、コロナ禍で十分な実験を実施できず、野外での水生昆虫に対する農薬の影響を明らかにするには至らなかった。全体としてはクラスターの発生で、大学構内への立ち入りが著しく制限されたため、域外保全個体の飼育の継続を最優先せざるを得ない状況ではあったが、研究全体として目標を上回る成果を出せたものと考えている。

### 6. 引用文献

- 1) 北野忠、昆虫と自然：56, 10, 14-17, (2021)絶滅危惧水生昆虫の生息域外保全の現状と課題.
- 2) 環境省自然環境局野生生物課 希少種保全推進室 編：レッドデータブック2014 - 日本の絶滅のおそれのある野生生物 - 5 昆虫類、ぎょうせい、26 (2015) 「フチトリゲンゴロウ(執筆担当：苅部治紀・北野忠・中島淳・丸山宗利)」
- 3) 国内希少野生動植物種一覧 <https://www.env.go.jp/nature/kisho/domestic/list.html>
- 4) 環境省自然環境局野生生物課 希少種保全推進室 編：環境省レッドリスト2020 補遺資料、33 (2020) 「タイワンタイコウチ(執筆担当：林正美)」  
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/113684.pdf>
- 5) Watanabe R. and Kitano T.: Aquatic Insects, 42, 3-4, 230-238 (2021) Ecological notes on the filter-feeding water scavenger beetle, *Spercheus stangli* Schwarz and Barber, 1917 (Coleoptera: Spercheidae), on the Iriomote Island, Japan.
- 6) 北野忠、石井幹也：さやばねニューシリーズ, 45, 49-54 (2022) 飼育条件下における西表島産ツマキレオオミズスマシの卵, 幼虫および蛹に関する生物学的知見.

## II-4 奄美・琉球の里地棲の希少水生昆虫類に対する外来種の影響評価とその対策手法の開発

＜サブテーマリーダー＞

琉球大学 教育学部 理科教育専修

富永 篤

＜研究協力者＞

琉球大学 教育学部

中村 泰之

### 〔要旨〕

本研究では奄美・琉球の希少水生昆虫に対する外来種の影響評価とその対策手法の検討を行った。まず、外来種の分布状況を現地調査とヒアリングにより行い、影響評価としては外来両生類3種と外来魚のティラピア類の食性解析を行い、水生昆虫の被食状況を調査した。その結果、水生昆虫に対して影響の大きな種は、ウシガエルとティラピア類であることが分かった。そこで、この2種を中心として駆除手法の検討を行った。ウシガエルについてはカゴ罟とみつけ捕りにより、局所個体群を極めて低密度にすることに成功し、また2021年の繁殖を抑え込むことに成功した。ティラピア類については、カゴ罟、刺網、投網、地獄網（小型の定置網）による駆除を行った結果、調査地のティラピア類は、投網と地獄網の捕獲効率が高いことが分かった。これらの捕獲により、調査地のティラピアの密度は、一度急減したが、生き残った稚魚の成長により、半年後には個体数としては元に近い状況まで急速に回復してしまうことがわかり、根絶に向けた取り組みが今後の課題になった。また、水生昆虫に対する影響はそれほど大きくないが、これまでの行政による駆除では水生昆虫にも悪影響を及ぼすと考えられた手法が採用された経緯のある外来種のシロアゴガエルについても、水生昆虫への影響の少ない駆除手法の検討を行った。繁殖期に周囲の森林と繁殖場所の水場を行き来する特性を利用し、そのルートに高さ1.5mほどのネットフェンスを設置し、フェンスの下にカゴ罟を置いたところ、シロアゴガエルが捕獲できることが分かった。また、外来植物のオオフサモについても駆除手法の検討を行った。ボートなどを用いた11回\*3-4人\*4時間余りの駆除により、300㎡まで広がったオオフサモ群落のほとんどを除去することができた。これらの駆除では、ウシガエルについては駆除前と駆除後で明らかな水生昆虫の増加が確認でき、ウシガエルが潜在的に水生昆虫に大きな負の影響を与えている一方で、ウシガエルを駆除できれば、顕著に水生昆虫も回復することなどが明らかになった。今後は、ウシガエル、ティラピア、シロアゴガエル、オオフサモの駆除手法について、行政機関と連携しながら、行政主体の駆除手法として実施できるように調整したい。

### 1. 研究開発目的

最近、危機的な状況に置かれている奄美・琉球の希少水生昆虫の要因の一つとして、外来種の影響の可能性が考えられた。サブテーマ4では、希少水生昆虫の生息域内情報の収集・蓄積のため、希少種の生息地やその周辺での生物環境の把握を進めることとした。その一環ですでに定着している外来種の分布状況とその影響評価と、近年侵入した西表島のシロアゴガエルや石垣島のアメリカザリガニの現在の生息状況の把握を行うこととした。さらに影響の大きな外来種、最近侵入した外来種の水生昆虫に影響の少ない効果的な駆除手法を検討・開発したうえで、行政に提言することを本サブテーマの研究開発目的とした。

### 2. 研究目標

希少種への外来種の影響評価のとりまとめと潜在的リスクの予測、および水生昆虫に影響が小さく効果的な外来種対策手法の検討と提言を実施する。後者については、塩素剤の投入などの水生生物への影響の大きな防除手法の代替手法として、かご罟や刺し網などを用いた低密度管理や根絶が可能か検討する。

### 3. 研究開発内容

本研究では、以下の項目について実施した。

- ① 希少水生昆虫の生息地・不在地における外来種（ウシガエル、シロアゴガエル、オオヒキガエル、ティラピア等外来魚、アメリカザリガニ等）の生息状況
- ② 外来種の水生昆虫に対する影響評価
- ③ 効果的かつ水生昆虫への影響の少ない外来種の駆除法の開発

1の生息状況調査については、ウシガエル、シロアゴガエル、アメリカザリガニについて、現地調査と専門家へのヒアリングを行った。

2の水生昆虫に対す外来種の影響評価については、まず、水生昆虫への影響としての被食状況を調べるため、ウシガエル、シロアゴガエル、オオヒキガエル、ティラピア類の食性解析を行った。カエル類については、2019年7～8月に大宜味村の希少水生昆虫の生息地を含む水域で、シロアゴガエルとウシガエルの生息状況調査を行った。また外来両生類3種による水生昆虫の捕食状況の調査のため、沖縄島と石垣島で調査をおこなった。シロアゴガエルとウシガエルの食性調査では、沖縄県大宜味村内にある希少水生昆虫の生息地を含む人工池や水場6ヶ所で、2019年7～11月に計20回採集を行った。石垣島では希少水生昆虫の生息する池周辺で、2019年7月と10月、および2021年3月にオオヒキガエルを採集した。採集個体を剖検して胃内容物を取り出し、得られた個々の餌生物を同定した。また、原産地のシロアゴガエル類の食性調査もおこなった。ティラピアについては、石垣島の水生昆虫の豊富な池で、4、7月はオキアミを、10月はキビナゴを餌にした釣りで採集した。胃内容物からDNAを抽出し、95個体分のサンプルをDNAメタバーコーディングに供した。8プライマーセット（mtDNAのCO1領域2つ、16SrRNA領域5つ、12SrRNA領域1つ）を用いた1stPCR、2ndPCRでのインデックス配列の付加、PCR産物精製を行い、それらサンプルをMiSeqで解析し、生データのクオリティ確認、クオリティの低いテール部分除去、ペアエンド配列のアセンブル、Nを含む配列の除去、プライマー配列の除去、配列長80-500bpでのフィルタリング、UCLUSTを用いた相同性の高い塩基配列のクラスタリングを行い配列データを得た。この塩基配列データを用い、DNAデータベースのデータをもとに作成したローカルデータベースに対してBLAST検索を行い、胃内容物同定を行った。

3の水生昆虫に影響の小さい外来種の駆除方法の検討については、食性解析の結果、ウシガエルとティラピア類が水生昆虫を多く捕食していることが明らかになったため、まずこの2種の駆除方法の検討を行った。大宜味村における主要なウシガエル繁殖地と目された池で、駆除実験を行った。小笠原諸島の弟島におけるウシガエル駆除で使用されたカゴ罟を用い、沖縄での有効性や課題について検討した。また、より労力を要しない駆除方法として、池の周囲に簡易なネットフェンスを張って成体の侵入の阻止を試みた。ウシガエルについてはサブテーマ2の研究者の協力により、駆除前と駆除後の生息地の水生昆虫相を比較することにより、駆除による効果（駆除実験によるウシガエルの影響評価）を行った。

ティラピア類については、本プロジェクトのすべてのサブテーマの共同の取り組みとして、駆除手法の検討を行った。カゴ罟、刺網、地獄網、投網、釣りなどの捕獲手法の中で効率的な捕獲手法を模索し、繰り返しの捕獲により、調査する池のティラピアの個体数を減らせるか検討した。

さらに2015年に起きた西表島におけるシロアゴガエルの侵入とその駆除に際し、幼生（オタマジャクシ）の駆除のため塩素剤が池に投入され、水生昆虫への影響が懸念された。本研究では、効果的かつ水生昆虫への影響の少ないシロアゴガエル駆除法の開発を行った。予備的に、幼生のわな捕獲を試みた。そして広い湿地で繁殖するシロアゴガエルの捕獲は困難だが、メスは産卵のためにそこにやってくることで、そしてオスの一部のねぐらは周囲の林（胃内容物より森林性昆虫類を発見）であることより、周囲の林から湿地にやってくるカエルを効率的に捕獲する方法を検討した。実験は、大宜味村の水田（花卉を栽培）で、所有者の許可を得て実施した。

また、これらに加えて、2021年から、大宜味村の池で急速に増加していたオオフサモの駆除手法の検討も行った。駆除は、ボートまたは陸地からクマデなどを用いて行い、今後の資料として駆除努力量

として、駆除の実施者数と駆除日数、一日あたりの駆除時間を記録し、またこれらに要した予算も計算した。また、オオフサモについても影響評価をするために駆除前に現地の水生昆虫相をサブテーマ2と3の研究者の協力により実施した。駆除後の水生昆虫相の評価は今後行いたいと考えている。

#### 4. 結果及び考察

##### 1. 外来種の生息状況の情報収集

ウシガエルは沖縄本島では、沖縄島中部（沖縄市、うるま市、恩納村）、本部半島周辺（名護市・本部町）、沖縄県北部（大宜味村）に隔離分布しているほか、久米島、伊平屋島、瀬底島、伊是名島に生息する情報があること、一方で過去に記録のあったいくつかの島（渡嘉敷島など）ではすでに消滅したらしいことが分かった。アメリカザリガニは沖縄本島では広く局所的分布しており、中でも沖縄島北部の安波ダムや福地ダムでは完全に定着していること、北部ダムをつなげる導水管を通して、他のダムにも広がる危険性があること、小規模な井戸や湧き水にまで侵入していることが分かった。石垣島のアメリカザリガニは2019年時点で過去の定着先の水場の水が抜かれており、完全に消滅したかに思われたが、2021年のすべてのサブテーマの合同調査で、侵入先の水が流入していた河川で幼体が発見され、いまだに石垣島に残存していることが分かった。さらにこの河川はダム湖へ流入しており、ダム湖での繁殖が懸念される。シロアゴガエルは沖縄県のほとんどの島に侵入し、鹿児島県の与論島でも最近、定着した。西表島に侵入した個体群は環境省や地元の住民の駆除活動により、ほぼ消滅したと考えられた。

##### 2. 食生調査の結果

###### (1) シロアゴガエルの胃内容物分析

シロアゴガエルは畑の水溜め用ドラム缶など、点在するごく小規模な水場が繁殖地となっており、その数も多かった。丘陵地ではミカン畑のドラム缶やタンク、人工池をおもな繁殖場所として利用する小集団だった。低地では水田やイグサ畑に大規模な繁殖集団が形成されていた例もあった。

2019～2021年にシロアゴガエル244個体（オス190、メス54）を採集し、86個体から胃内容物を得た。餌生物244個体より56種を同定した。餌の61.4%は昆虫で、24.2%を他の節足動物が占め、腹足類（14.0%）や脊椎動物（0.5%、オキナワキノボリトカゲ1幼体）も含まれた。ほとんどのカエルが水場で採集されたにもかかわらず、胃内容物から水生昆虫は発見されなかった。餌のうち最多はバッタ目（29.8%）で、クモ形類（20.0%）が続いた。バッタ目は体積でも餌全体で最大となる51.6%を占めた。各種のうちとびぬけて多かったのはマダラコオロギ（37個体、全体の27.0%）であった。なお、水生昆虫の捕食については1例（リュウキュウセスジゲンゴロウ）を発見しただけであった。餌種のうち、沖縄県ないし環境省のレッドリストにおける掲載種は、オキナワキノボリトカゲだけであった。

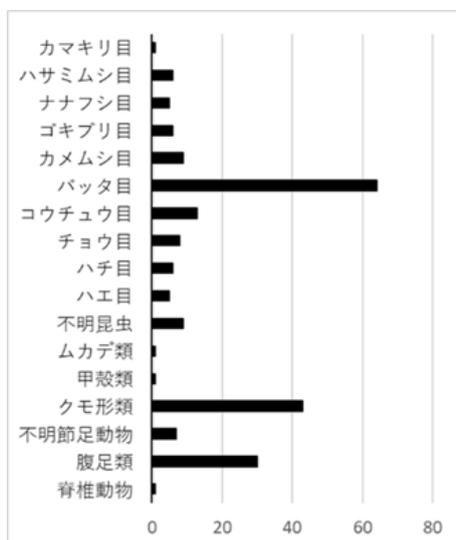


図4.4.1. 大宜味村におけるシロアゴガエルの餌生物の分類群別の組成。横軸は餌生物の個体数。

## (2) ウシガエルの胃内容物分析

大宜味村内の比較的面積の大きな池13ヶ所（丘陵地10，低地3）のうち、5ヶ所（丘陵地4，低地1）でウシガエルの生息を確認した。ウシガエル89個体（成体9・亜成体6・幼体74）を採集し、そのうち73個体から胃内容物が得られ、そこには餌生物257個体（少なくとも67種を含む）が含まれた。餌の52.3%は昆虫が占め、他の節足動物が22.3%、腹足類が16.8%、脊椎動物6.3%（ウシガエルを含むカエル類4種13個体とシリケンイモリ3個体）、そしてミミズ類が2.3%含まれた。餌種のうち、沖縄県ないし環境省のレッドリストの掲載種はトビイロゲンゴロウ・コガタノゲンゴロウ・ヒメユリサワガニ・シリケンイモリの4種であった。

個体ベースで、餌生物の29.6%が水生昆虫（広義）であった。最多はハエ目のミズアブ科不明種（おそらく同一種）の幼虫で29個体、次いでヤゴを含むトンボ目（少なくとも8種）が28個体、カメムシ目（少なくとも9種）が14個体、甲虫目のトビイロゲンゴロウが3個体、コガタノゲンゴロウとコクロヒラタガムシが各1個体であった。カエルのサイズクラス別の比較では、成体や亜成体（頭胴長80mm以上）では水生昆虫の捕食は少なかったのに対し、頭胴長が80mm未満の幼体では水生昆虫の摂食率は半数超（53.3%）に達し、水生カメムシ目・イトトンボ類・甲虫目の捕食は幼体のみで確認された。

ウシガエルによる水生昆虫の捕食は、日本本土や小笠原諸島などで知られていたが、奄美・沖縄においては初めての確認例である。本結果で注目されるのは、本種の幼体による小型水生昆虫の捕食が顕著なことである。ウシガエルの幼体は個体数も多く、日中でも池の中で積極的に捕食しているようであった。実際に、ムスジイトトンボは10個体中8個体が雌雄ペアで発見されており、これらは日中に産卵ないし交尾行動をしている際に食べられたと考えられる。ウシガエルが生息するだけでなく、繁殖を行っている場合は、とくに小型の水生昆虫に対し、日中か夜間かを問わず、高い捕食圧が加えられていることが想定される。

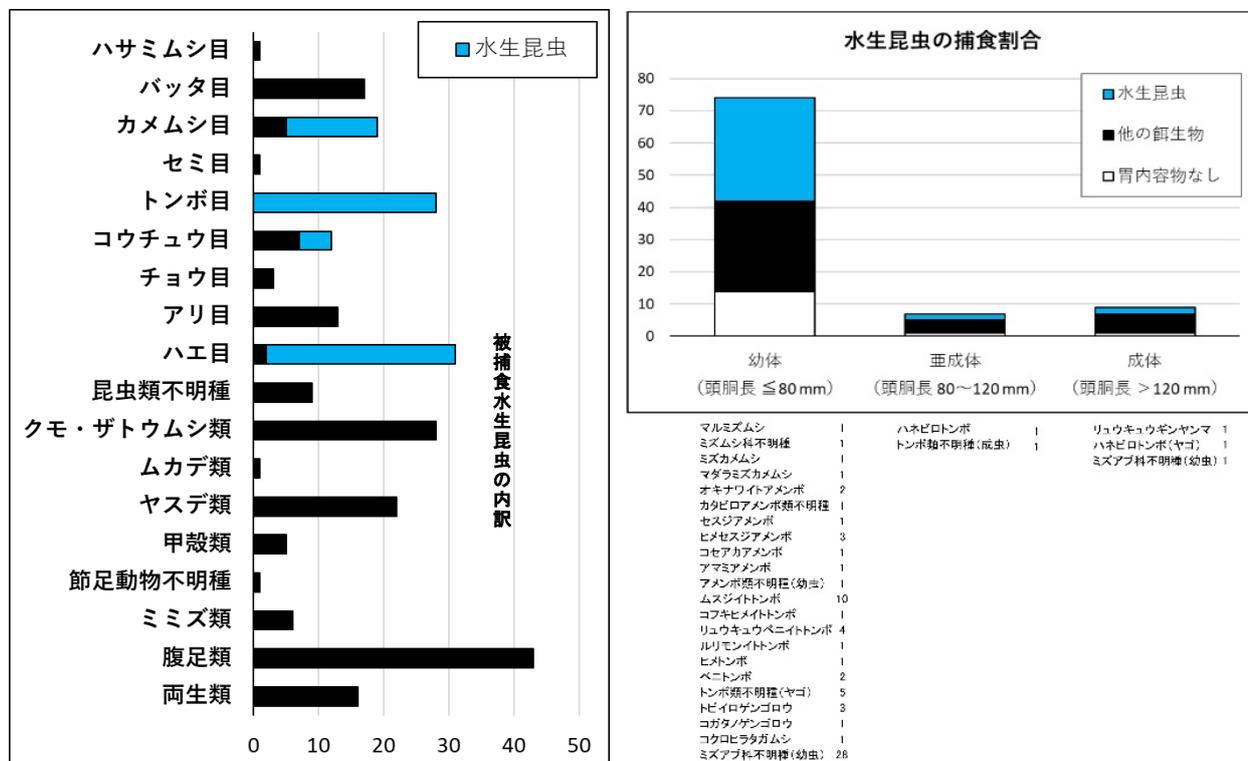


図4.4.2. 大宜味村におけるウシガエルの餌生物の分類群別の組成（左）とカエルのサイズクラス別の水生昆虫の捕食状況（右）。左図横軸は餌生物の個体数で、右図縦軸はカエルの個体数。

## (3) オオヒキガエルの胃内容物分析

オオヒキガエル計60個体（オス21、メス27、幼体12）を採集した。そのうち59個体から餌生物1294個体が得られ、そこには少なくとも90種が含まれた。餌生物総数の67.5%が昆虫で、とくにアリ類が43.4%と多くを占め、コシビロダンゴムシ類（14.8%）と甲虫類（13.1%）が次いだ（図4.4.3）。また、餌生物中に水生昆虫は含まれなかった。ただし、石垣島の本種の胃内容物よりコガタノゲンゴロウが検出された事例があり、灯火に飛来した水生昆虫が捕食されることがあると考えられる。街灯などに集まるオオヒキガエルの胃内容物を調査すれば、餌生物中に水生昆虫が出現するかもしれない。また、沖縄県や環境省のレッドリスト掲載種であるミネイサワガニが確認された他、ヤエヤマヤマガニの可能性のある歩脚も発見された。石垣島のオオヒキガエルが絶滅危惧種のサワガニ類を捕食していることが、今回の調査で明らかになった。

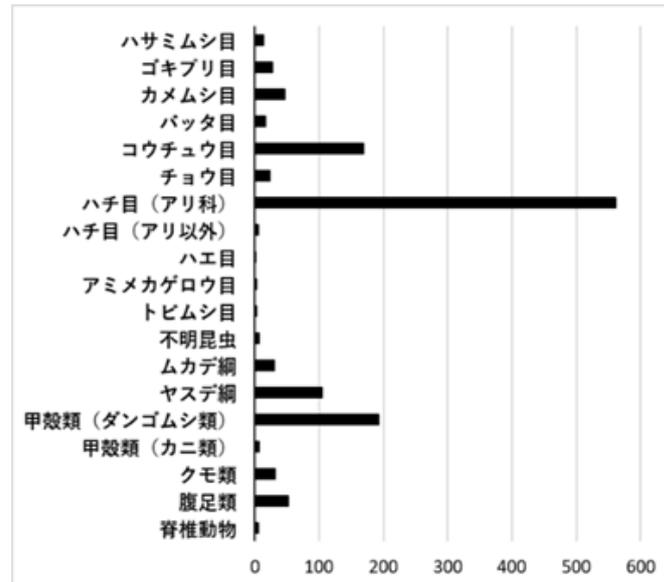


図4.4.3. 石垣島におけるオオヒキガエルの餌生物の分類群別の組成。横軸は餌生物の個体数。

#### (4) ティラピア類の胃内容物のメタバーコーディング分析

ティラピアの胃内容物のメタバーコーディングの結果、1100056リードのblast検索の結果が得られた。そのうち993960リードは、ティラピアや餌のキビナゴなど条鰭亜綱で、39350リードはほぼすべてがオキアミ類などの軟甲綱であった。さらにヒトを含む哺乳類（3251リード）など胃内容物由来ではないものを除くと、63495リードが残り、そのうち最もリード数の多かったのは昆虫綱（37900リード）だった。その他クモ形綱、海綿動物門などが多く検出された。

昆虫綱の中での最多は、ヘビトンボ科（11946リード）で、続いてユスリカ科（5077リード）、カゲロウ目（4493リード）であった（図4.4.4.）。このことからティラピア類は多くの水生昆虫を餌として利用していることが明らかになった。リード数は少ないもののタイコウチ科（92リード）、ガムシ科（81リード）、マツモムシ科（12リード）、ミズスマシ科（4リード）などの水生昆虫も検出された。得られたタイコウチ科の配列をサブテーマ1のデータとの比較した結果、石垣産マダラアシミズカマキリと100%一致することがわかり、沖縄県レッドリストに掲載されている水生昆虫をティラピアが捕食していることが明らかとなった。

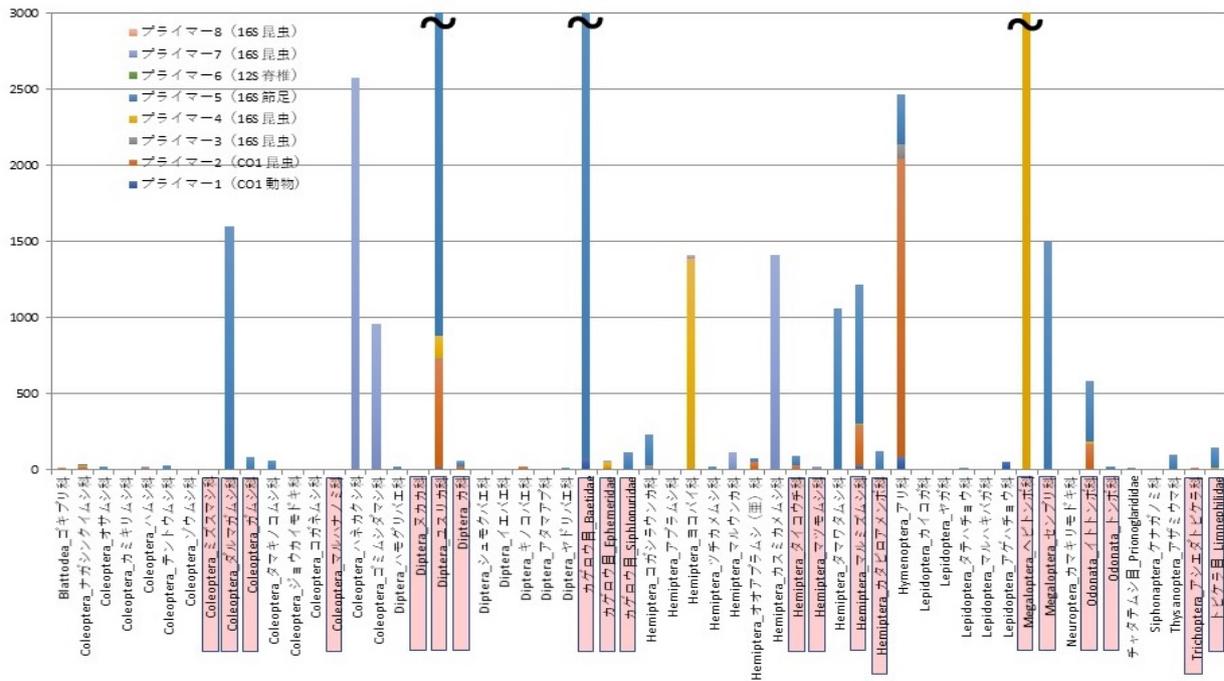


図4.4.4. ティラピアの胃内容物から検出された昆虫綱DNA。縦軸はDNAのリード数。

#### (5) 外来種の原産地での食性調査

カンボジアにおける調査において、シロアゴガエルないしその近縁種2個体を採集した。そのうち1匹は胃内容物として種不明のヤモリ類2匹、アリ類とササラダニ類それぞれ1匹、そして寄生虫と思われる線虫多数を保持していた。

## 2. 捕獲実験

### (1) ウシガエル

大宜味村所有地の池で、新型コロナウイルスの流行を理由とする来村自粛解除後の2020年6月よりカゴ罠を設置した。4月から開始予定であったが、6月までにウシガエルの繁殖が行われ、カゴ罠設置の時点で池にはすでに幼生が多数いる状態であった。当初は捕獲できない状態が続いたが、7月に荻部さんの指導を受け、カゴ罠の設置方法を沖合へと変更して、捕獲効率を上げることに成功した。また、カゴ罠の数が少なすぎると捕獲されないことも分かった。こうした改善の結果、同8月下旬までに、この池にいた全成体を駆除することができた。2021年には2月下旬から成体の侵入が相次いだり、8月までに9個体を捕獲し、その後成体の姿は見られなくなっている。またこうした駆除の結果、2021年におけるウシガエルの繁殖の阻止に成功した。2022年も引き続きウシガエルの繁殖を阻止するため、フェンスの設置を発案し、大宜味村に説明して許可を得た。柵は2022年2月に設置し、ほぼ毎週行った調査ではフェンスの状態を点検し、また移動を阻止されている在来種がいないかをモニタリングした。本事業終了後も、フェンスについては、ウシガエルの繁殖期が終わる8月まで設置を続け、その間は定期的にフェンスの状態を確認する予定である。

その他、カゴ罠では2020年に当年幼生1456匹と上陸幼体137匹、2021年には越冬幼生490匹と上陸幼体65匹を捕獲して排除した。とくに2021年には幼生の排除につとめたものの、上陸幼体が多数出現した。幼生は罠で捕りきれぬものではなさそうで、このカエルの生残率がかなり低いであろうことを考慮すると、おもな努力はまず成体の排除に振り向けるべきである。

また、2021年8月以降、この池では当年生まれとみられる幼体が多数発見されている。その出どころは、南に600m離れた池であると考えられた。水路の接続は無く、標高も調査地の方が80m高いにもかかわらず、これくらいの距離だと幼体は多数移動して来ることが確認された。ウシガエルの外来種として

の強さは、強い繁殖力に加え、幼体および成体の高い移動・分散能力にあると考えられた。一か所でウシガエルを駆除したとしても、よそから新たな個体が入り込む場所では、駆除をしつづけなければならない状況になる。本種の地域的根絶のためには、こうした強さを封印する手立てを講じる必要がある。

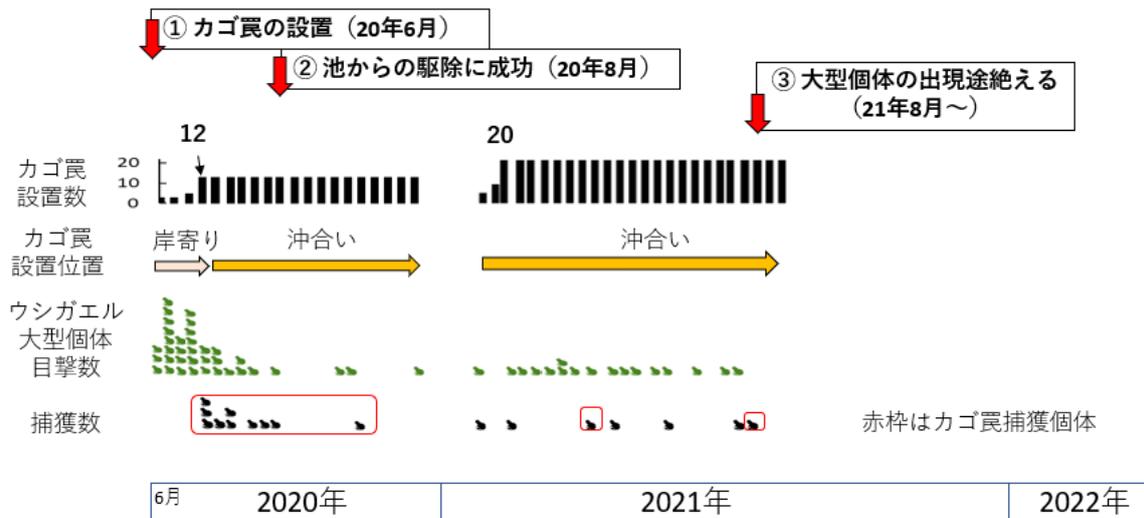


図4.4.5. ウシガエル駆除実験の経過

#### ウシガエルの駆除による効果の検証1：ヒメフチトリゲンゴロウの標識再捕獲実験

2020年6月～10月と2021年3～8月まで行ったウシガエルのカゴ罠捕獲では、混獲されるヒメフチトリゲンゴロウについて、標識を付けて個体の動態を調査した。

捕獲努力量の相違（罠数は2020年は12個、2021年は20個）を考慮しても、個体数の大幅な増加が確認された。

#### ウシガエルの駆除による効果の検証2：水生甲虫類のモニタリング

ウシガエルの駆除実験開始直後の2020年7月（第一回）、2021年3月（第二回）、2021年11月（第三回）に調査を行って、水生甲虫類の変化を調べた。

ヒメフチトリゲンゴロウを含むこれらの水生甲虫類に見られた変化は、池のウシガエルを駆除したことの結果と考えられる。なお、このうちトビイロゲンゴロウとコガタノゲンゴロウについては、池のウシガエルに捕食されていることを発見（共に成虫）しており、ウシガエル（とくに大型個体）の生息個体数減少による捕食圧の緩和が直接的原因と考えられる。

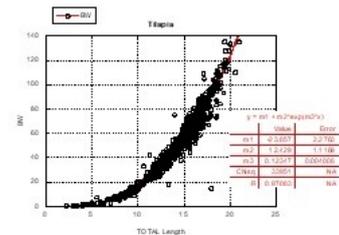
#### (2) ティラピア類の捕獲手法検討

ティラピアについても全サブテーマの共同の取り組みとして駆除手法を検討した。石垣市の希少水生昆虫が多く生息する池で、釣り、地獄網（定置網）への追い込み、投網、カゴ罠、刺し網による捕獲を試みた。その結果、特に投網と地獄網の効率が一番良いことが分かった。投網については、技術をもった人がいれば、罠設置に関する労力は少ないという利点がある。地獄網については、技術がなくとも効率的に捕獲できるが、設置にかかる労力と追い込みのための労力が大きかった。2020年の9月と10月にそれぞれ2日間と3日間の集中捕獲を行い、それぞれ493個体、347個体を駆除することができた。一

日当たりの平均捕獲数は9月が246個体、10月が115個体となり、池内のティラピアの生息密度を低下させることができた。2021年度は、2020年度効率の良かった投網を用いた捕獲を行った。5月23日に調査池の水位が低下した際に一斉捕獲を行い、総計179個体（1日当たりの平均捕獲数179個体）、総重量推定10.6kgのティラピアを駆除し、池の大型個体はほぼ駆除できた。しかし、生き残った当歳の稚魚が成長を続け、12月末に投網などでの捕獲を行った結果、個体数で412個体（総重量7.8kg：1日当たりの平均捕獲数412個体）が捕獲された。継続的な駆除により、大型個体が減り、池のティラピアは小型化しつつあるが、本種は一年で成熟するようで、2022年の4月には小型の成熟個体が残存している状態となっている。今後、低密度管理や根絶を目指すうえでは、繁殖を抑え込むことが重要で、課題が明らかになった。

## 各異でのティラピア捕獲結果

2020.9.23-24.				
網・トラップ種類	個体数	全長平均(cm)	平均重さ(g)	総重量(g)
釣り	62	14.0	48.9	3031.8
地獄網	192	13.8	48.1	9235.2
投網	228	13.9	49.9	11377.2
刺し網	11	12.8	41.9	460.9
8口トラップ	0			
あなご籠	0			
総計	493	13.8	48.9	24107.7
2020.10.24-26.				
網・トラップ種類	個体数	全長平均(cm)	平均重さ(g)	総重量(g)
地獄網	159	13.1	45.2	7186.8
投網	183	14.4	49.1	8985.3
刺し網+浮き死	5	16.6	65.8	329
総計	347	13.8	47.6	16501.1
2021.5.23				
網・トラップ種類	個体数	全長平均(cm)	平均重さ(g)	総重量(g)
投網	73	15.3	58.3	4255.9
刺し網	99	15.4	59.4	5880.6
掬い捕り	7	-		
総計	179	15.4	59.4	10632.6
2021.12.27				
網・トラップ種類	個体数	全長平均(cm)	平均重さ(g)	総重量(g)
投網	412	10.1	19.2	7849
総計	412	10.1	19.2	7849



全長、または体重のみのデータの場合は、データから推定

- 一日当たりの平均捕獲数  
20年 9月246個体  
→20年10月115個体  
→21年 5月179個体  
→21年12月412個体
- 捕獲により、密度は一旦低下したが、稚魚が成長して個体数は復活。
- 生息個体のサイズや体重は捕獲の効果で小型化



図4.4.6. ティラピア駆除実験の経過

### (3) シロアゴガエルの捕獲手法検討

幼生の誘引捕獲の実験として、シロアゴガエルの幼生が多数生息する池において、ペットボトルトラップによる幼生の捕獲を試みた（2021年6月）。近縁種の幼生の食性データからみて適当と思われる冷凍ホウレンソウや草食性観賞魚の配合餌・カメの配合餌・海苔・クロレラ・スピルリナ錠剤・パン等を入れて実験したものの、偶発的に入り込んだと思われる1個体以外は捕獲されなかった。そのため、幼生をこうした餌で誘引して捕獲することは、難しいと考えられた。

ネットフェンスによる捕獲実験は、2021年10月に計6回、日没から3時間程度行った。ネットフェンス本体は2mm目のポリエチレン製防風ネット（幅2m、長さ50m）を使用し（4mmではカエルが指を網目に入れて登ることを予備実験で確認している）、高さ150cm程度で、上部に15cmの乗り越え防止のための折り返しを設けた。ネットの裾はもぐりこみ防止のために手前側に広げてピンで固定した。支柱は園芸用ポール（長さ180cm、太さ1.1cm）を約2mおきに立て、プラスチック製パッカーや結束バンドでネットを固定した。フェンスのみを設置した試験（第1・2回）では、それぞれオス3メス1、オス6メス2がフェ

ンスの下で立ち往生しているところを捕獲された。カゴ罠4個をフェンス下の20mおきに設置した試験（第3・4回）では、それぞれオス3とオス3メス1が捕獲され、そのうち全個体（第3回）あるいは雌雄各1個体（第4回）がカゴ罠で捕獲された。第5・6回試験は同月下旬となり、気温の低下でカエルが動かず、捕獲も無かった。これらの結果より、フェンスによる進路の遮断に加えてカゴ罠を設置することにより、カエルを効率的に捕獲できることがわかった。メスがほぼ毎回捕獲されたことは重要で、捕獲効率という面では、食性調査の際の手捕りの結果（3回に一回程度の割合で捕獲）よりも高い。こうしたフェンスは、とくに産卵にやってくるメスに対して、選択的かつ有効な捕獲装置となる可能性がある。支柱のポールが細すぎて網にたわみが生じ、そこからオスのカエルが登っていたが、より丈夫なハウスパイプ等を利用すればこの問題は克服できると思われた。

**試験①** 2021年10月7日 18:20～20:00

捕獲：オス3、メス1

**試験②** 同10月8日 18:10～22:00

捕獲：オス6、メス2

**試験③** 同10月14日 18:10～22:00 カゴ罠設置

捕獲：オス3（全個体をカゴ罠で捕獲）

**試験④** 同10月15日 18:30～22:10 カゴ罠設置

捕獲：オス3、メス1（オス1、メス1をカゴ罠で捕獲）

**試験⑤** 同10月22日 18:10～20:30 カゴ罠設置

捕獲：0

**試験⑥** 同10月28日 18:00～21:00 カゴ罠設置

捕獲：0

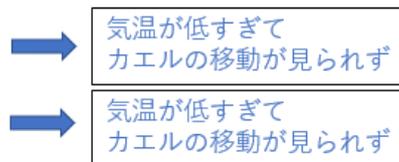


図4.4.7. シロアゴガエル捕獲実験の経過

#### （4）オオフサモの駆除手法検討

2021年の11月からは沖縄島の大宜味村にある希少水生昆虫生息する池のオオフサモの駆除実験も行った。この池のオオフサモは、10年ほど前に侵入し、当時は畳1枚ほどの小さな群落であったが、年々面積を拡大し、駆除前には池の10分の1ほどの300m<sup>2</sup>にまで群落が拡大していた。まず、駆除前の水生昆虫相をサブテーマ2、3の研究者に協力で調べたうえで、陸とボートでの駆除を行った。作業員3～4名\*4時間\*11日の労力（人件費、消耗品費、交通費すべてで60万円ほどのコスト）をかけて、純群落の駆除、残存茎や芽生えの駆除を続けた結果、当初300m<sup>2</sup>まで広がっていた群落をほぼ一掃できた。駆除に伴い池の水面の面積が拡大して、駆除終盤にはオオミズスマシなどが頻繁に観察されるようになった。また、衰退していたクロモの群落が急速に復活した。2022年4月末に確認したところ、すでにとり残したオオフサモの芽生えがあらこちらで見られる状況で、今後も継続的な除去作業が必要である。今後、残存オオフサモの駆除と水生昆虫相の事前事後比較を行い、オオフサモの影響評価を行う予定である。



図4.4.8. オオフサモ駆除実験の経過

## 5. 研究目標の達成状況

サブテーマ4の目標のうち、希少種への外来種の影響評価のとりまとめと潜在的リスクの予測に関しては、まず、ウシガエル、シロアゴガエル、アメリカザリガニについて、現地調査と専門家へのヒアリングによる生息状況調査を実施した。特筆すべき結果として、2019年時点で完全に根絶したかに思われていた石垣島のアメリカザリガニについて、2021年のサブ1～5の合同調査で、最初の侵入先と繋がる河川で幼体が発見され、いまだに石垣島に残存していることが分かった。また、ウシガエル、シロアゴガエル、オオヒキガエル、ティラピア類の胃内容に基づく食性解析を行った結果、ウシガエルは特に大型ゲンゴロウ類、ティラピアはマダラアシミズカマキリ、ヤエヤマハラブチガエルなどの希少種を含む多くの水生昆虫に大きな影響を与えていることを明らかにした（図4.4.1.～4.）。水生昆虫に影響が小さく効果的な外来種対策手法の検討と提言に関しては、従来から行政による駆除では塩素剤の投入などの水生生物への影響の大きな防除手法が取られていたシロアゴガエルと、本調査によって希少種を含む水生昆虫に最も大きな影響を与えていることが明らかとなったウシガエルとティラピアに対する効果的かつ水生昆虫に影響の少ない駆除法を検討した。その結果、シロアゴガエルにはネットフェンスとカゴ罟による捕獲の併用、ウシガエルにはカゴ罟、ティラピアは投網と地獄網による捕獲がそれぞれ有効であることが明らかにできた（図4.4.5.～7.）。また、外来水草のオオフサモの駆除に関してもボートと陸側からの熊手による駆除が効果的であることがわかった（図4.4.8.）。これらの駆除手法はいずれも有効かつ捕獲的低予算で実施可能な方法であり、駆除の実施後には顕著に水生昆虫も回復することも明らかになった。今後は、ウシガエル、ティラピア、シロアゴガエル、オオフサモの駆除手法について、行政機関と連携しながら、行政主体の駆除手法として実施できるように調整したい。

以上のように、サブテーマ3については、個々の目標はおおむね達成できており、かつ複数の種についてそれらを実施できたことから、研究開始当初の予定よりも、達成状況は高く、全体として目標を上回る成果があったと判断している。

## 6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

## Ⅱ－５ 奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の開発

日本工営株式会社 沖縄支店

富坂峰人

### [要旨]

奄美・琉球地域の農地では、稲作からサトウキビ作（畑地）への転換が進み、水生昆虫類の生息環境であった農地内の水辺が減少してきている。一般的に畑地内には水辺は整備されないが、奄美・琉球地域の農地の場合は、赤土等流出防止のため排水路の流末に沈砂池が設けられており、そこが数少ない水が溜まる場となっている。よって、早期実現可能性のある具体的な水生昆虫類保全対策として、この沈砂池をビオトープとして活用する方法について検討した。また、畑地化されなかった水田も、近年は放棄・休耕するケースが増加してきていることから、再び灌水することでビオトープとして活用する方法を検討した。更に、本研究で試行した各ビオトープにおいて観察会等を行い、これらビオトープについて地元住民等のニーズがあることを確認した。以上の成果を技術紹介資料としてまとめ、水生昆虫類保全対策の緊急性に鑑み、地元農水行政関係機関と連携して、農地の多面的機能維持・向上に取り組む関連団体に配布・周知した。

### 1. 研究開発目的

奄美・琉球地域の里地棲希少水生昆虫類の減少には、水田等の生息地の減少に加えて、多発する干ばつや農薬使用等による生息環境の劣化等が影響していると想定され、対策として生息環境の確保が重要になると考えられる。ただし、マクロな社会経済活動に起因する気候変動や農薬使用に対する緩和策には時間を要する。したがって、本研究開発では、現況への適応策として、生息環境である水辺環境をいかに早く創出・復旧するかを念頭に、地元関係者の理解を得やすく、農地周辺において実施できる具体的な対策に関する技術開発を行うことを目的とした。

### 2. 研究目標

地域に密着した希少水生昆虫類の生息域内保全・生息地再生技術として、赤土対策沈砂池や休耕田をビオトープとして活用する手法を開発する。試験施工と経過観察及び残留農薬分析を通して、効果や適用条件、コストを検証・整理し、技術資料を作成し、試験地での観察会を通して、環境教育・自然観光資源としての持続的利用方法について提案する。最終的に、奄美琉球地域の持続的な農業・農地と共生する保全技術として、赤土対策制度・多面的機能関連制度との連携を提案し、地元関係者と連携した実績形成を目指す。

### 3. 研究開発内容

#### (1) 沈砂池のビオトープ活用手法の開発

農地に設置された沈砂池は、降雨時の赤土濁水を取り込み、土粒子を池内で沈降・除去する施設であり、赤土堆積が進むにつれ、対策効果が低下する。したがって、定期的に堆積した赤土を除去し、池容量を回復することが必須である。このことは、沈砂池が適切に運用される場合、解放水面の増減や人為的な攪乱はあるものの、恒久的に水辺が維持されることを示している。

しかし、堆積した泥状の赤土の除去方法や処分コストが課題となり、適切に運用されている沈砂池はまだ少ない。よって、本研究では、高含水比の泥土を中性固化する固化材を用い、地元関係者により容易かつ短時間で、堆積泥土を改良・除去する手法を開発・適用することとし、石垣島をフィールドとして既設沈砂池を選定し、水生昆虫類の調査及び試験施工を実施した。また、改良・除去した堆積泥土を耕土としてリサイクルすることが、サトウキビ栽培や赤土対策面のメリットがあることを関連研究との連携により検証した。

## (2) 休耕田のビオトープ活用手法の開発

水田は、営農だけでなく農地の多面的機能の多くを担う中心的施設であり、特に、奄美・琉球地域では場所によっては高い歴史・文化的価値を有している。したがって、休耕田のビオトープ化は、休耕により失われた農地の多面的機能の復旧・維持にも大いに貢献すると考えられる。なお、休耕していても基本的に利水構造は残されており、補修すれば給水可能になる田は比較的多い。また、水田としての基本構造を特に変えない限り、水田への復旧も可能である。

よって、本研究では、地元関係者の理解と整備・維持に係るコスト及び作業の担い手の確保が休耕田ビオトープを社会実装するための主要な課題と考え、与那国島をフィールドにして休耕田ビオトープを実際に整備し、水生昆虫類の観察を行う事で検証した。

## (3) 農薬（殺虫剤）影響の検討

奄美・琉球地域の農業には農薬使用が必要だが、想定される水生昆虫類の減少要因の一つと考えられるため、上記の沈砂池及び休耕田の活用に農薬（殺虫剤）が影響する可能性についても検討する必要がある。

そこで、研究アドバイザーの意見も踏まえ、奄美・琉球地域の主要作物で作付面積が広いサトウキビ作で多用されている殺虫剤（コメツキ類幼虫用のベイト剤）の主要成分であり、稲作用の農薬にも含まれているフィプロニル関連を中心とした殺虫剤成分等について、試行した沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープ周辺で調査した。また、希少水生昆虫類の現産池・絶滅池の代表地点の状況についても調べた。

なお、農薬分析には厳密な精度管理が求められることから、分析作業は、国立環境研究所の既往研究プロジェクト等で多くの実績を有しており、研究アドバイザーから推奨された分析会社に委託して実施した。

## (4) 地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の実装

沈砂池及び休耕田のビオトープ活用に関する関係者の理解促進及び自然学習や自然観光面の価値の検討のため、試行したビオトープにおいて地元住民が参加する水生昆虫類の観察会を行い、本研究の主旨を説明し、沈砂池及び休耕田のビオトープ活用に係る参加者の意見を収集した。

また、沈砂池及び休耕田のビオトープ活用は、稲作から畑作への転換による多面的機能の低下が課題となっている奄美・琉球地域の農政施策との親和性が高いと想定されたため、研究成果の紹介資料等を作成し、地元行政機関・農業関連団体を通して、農地の多面的機能の維持向上活動を行う地元組織に配布・周知した。

## 4. 結果及び考察

本サブテーマでは、早期の実装を目指すため、具体的な対策工の試験施工を中心に研究開発を進めた。試験施工は、地元関係者（沖縄県農林水産部、石垣市土地改良区、与那国町役場、地元農家・地主・業者等）に研究主旨等を事前に説明し、施工内容等について十分に調整しながら実施した。

### (1) 沈砂池のビオトープ活用手法の開発

試験施工は、石垣島の比較的市街地近くに位置する新川地区第2沈砂池と、石垣市第7地区7号沈砂池で実施した。両沈砂池とも流域の大半は農地（主にサトウキビ）で、流域上流部には山林があり、牛舎や宅地、墓地等が存在している。なお、新川地区第2沈砂池は、牛舎のすぐ横に位置する沈砂池であり、土砂の堆積がかなり進み、更に堆積した土砂の上に植生が繁茂して、沈砂池中央部にわずかな水面（水深約10cm）しかない状況であった。石垣市第7地区7号沈砂池は、直上にパイン畑がある大型沈砂池で、元々小さな水流がある場所に立地しており、常時流入水（約2.2m<sup>3</sup>/h）があり湛水面積が広い状況であった。

試験施工の結果、新川地区第2沈砂池では広い水面が復旧した（写真1参照）。調査の結果、施工前もゲンゴロウ科やガムシ科を中心に43種（内、希少種4種、幼虫9種）が確認されたが、施工約8か月経過後では48種（内、希少種4種、幼虫9種）とより多い種数が確認され、その中には石垣島では初記載になると想定される種もいた（現在投稿中）。石垣市第7地区7号沈砂池では、元々堆砂面のほぼ100%が

水面であったため試験施工による湛水面積の改善は特になかったが、施工前29種（内、希少種4種、幼虫5種）に対し、施工約13ヵ月後に42種（内、希少種2種、幼虫5種）の水生昆虫類が確認された。我々が過去に別途石垣市米篩東（ヤーモレ）地区1-2号沈砂池で実施した同様な試験施工でも、施工前に48種（内、希少種7種）、施工約6ヵ月後に52種（内、希少種4種）の水生昆虫類が確認されており、このような結果から、水生昆虫類が農地内の沈砂池を生息環境として利用しており、堆積泥土を排除し沈砂池機能を維持することは、長期的に水生昆虫類に生息環境を提供することになると考えられた。



図5.4.1. 新川地区第2沈砂池の状況

表5.4.1 試験施工前後の水生昆虫類調査結果

試験施工：新川地区第2沈砂池

区分	調査日	種数	うち希少種
施工前	R1. 10. 15	4目15科43種	4種
施工後	R2. 6. 30	4目15科48種	4種

試験施工：石垣市第7地区7号沈砂池

区分	調査日	種数	うち希少種
施工前	R3. 1. 20	5目17科29種	4種
施工後	R2. 6. 30	7目18科42種	2種

注：希少種は以下の資料の記載種を基に判断した。

環境省RL：「環境省レッドリスト2020」（2020年3月 環境省自然環境局 野生生物課希少種保全推進室）

沖縄県RDB：「改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物第3版（動物編）－レッドデータおきなわ－」（2017年3月、沖縄県環境部自然保護課編）

農地からの赤土流出が社会課題となっている奄美・琉球地域の農地では、農業農村整備事業（水質保全対策事業）により様々な赤土対策がなされてきている。この中で、台風など豪雨時においても対策効果が期待できる沈砂池は重要な役割を担っている。しかし、沈砂池は堆積泥土の定期的な除去が赤土対策効果を発揮・維持する上で必要不可欠であるにも関わらず、泥土状で施工・処分コストがかかること、有機物等も多く処分場で受け入れ拒否されるケースがあるなど、適切に運用されているとは言い難い。このような状況は、赤土対策面だけでなく、沈砂池を水生昆虫類の生息環境として活用する上でも大きな課題となる。

そこで、本研究では、水生昆虫類が利用する湛水状態の沈砂池に堆積した赤土等は、泥土状で物理性は悪いものの腐植等が多いなど化学性は良いことに着目し、堆積泥土を有用な耕土や植栽土に改良することで、沈砂池を土づくりに資する有用土の供給場とし、同時にビオトープとして活用することを考えた。

ビオトープとして利用しやすい、地下水位が高い又は湧水流入等により湛水しやすい沈砂池には、細粒かつダンプに積載できない高含水比の泥土が堆積している。通常の土木工事では、仮置きやモルタル混合等により強度を出して搬出・処分又は工事内利用するが、農地内ではこのような手法は適用困難なである。よって、本研究では、有害物質を含まない高含水比泥土用の中性改良材（資材名：イーファップ）を用い、地元で容易に調達できる汎用重機等を用いて攪拌・固化し、有用土として再利用することを検討した。

検討は、元々サトウキビ圃場に沈砂池の浚渫土を客土している農家が存在し、堆積泥土の客土利用への地元の理解が得やすいと考えられた石垣島において、上記のとおり令和元年10月、令和3年3月の2回試験施工を行い実施した。なお、試験施工に先立ち堆積泥土中の土壤環境基準物質や残留除草剤の分析をしたが、これらの有害物質等は確認されてなかった。施工は、基本的にバックホウ1台と搬出用ダンプ1台の1パーティで行い、汎用のコンクリートブロックで設置した仮設ピットへの堆積泥土の投入・均し作業→固化材を投入しながらのバケット攪拌作業→ダンプ積載及び泥寄せなど次回の準備作業、を

1サイクルとし、作業員の目視及び触診により改良状況を確認しながら、それぞれ約150m<sup>3</sup>の堆積泥土を改良・搬出した。その結果、イーファップ、汎用重機、沈砂池内の任意の場所に設置できる簡易な仮設ピットの組み合わせにより、地元の中小規模の工事業者でも、沈砂池の構造に対応しつつ十分施工できることが確認できた。なお、1回目の試験施工結果を踏まえ、2回目はピット構造等を改良し、汎用コンクリートブロック2段積みによる更に簡易な仮設ピット（容量約8.0m<sup>3</sup>）により、1サイクル約15分で改良可能であることを確認した。

これらの試験施工データと石垣島内の沈砂池データをもとに、標準的な工事条件（対象泥土350m<sup>3</sup>/基等）を設定し、土木工事積算システム（Gaia）を用いて令和3年度時点の工事費を算定した。その結果、本手法の直接工事単価は9,600円/m<sup>3</sup>となり、沈砂池脇で高含水比の堆積泥土を仮置き・曝気できるなど好条件で通常通り浚渫処分できる場合の単価16,500円/m<sup>3</sup>よりも安価であった。なお、諸経費込みだと本手法は18,700円/m<sup>3</sup>となり、諸経費率が低い残土処分工事の19,300円/m<sup>3</sup>との差が縮まったが、現実には設定したような好条件で有機物を含む高含水比の泥土を浚渫・産廃処分できる事はほとんど無く、更に入札手続きを経る事を考えると、諸経費率が高い分、実際には本手法の方がより安価になると想定された。

表5.4.2. 本手法の工事費と浚渫処分する場合の工事費の比較例



図5.4.2. ピット構造の改良

項目	①本手法（泥土改良工） （堆積泥土1m <sup>3</sup> 当り固量化剤3.65kg <sup>※1</sup> ）	産廃処分場での処分工 （処分費：16,500円/m <sup>3</sup> ）	
		②運搬処分（ダンプ） <sup>※3</sup>	③運搬処分（バキューム車）
直接工事費（350m <sup>3</sup> 想定）	3,367,323	5,776,944	7,840,000
1m <sup>3</sup> 当たり	9,600	16,500	22,400
間接工事費	1,913,000	591,000	1,333,000
共通仮設費計	523,000	161,000	363,000
運搬費～営繕費等	523,000	161,000	363,000
純工事費	3,890,323	5,937,944	8,203,000
現場管理費	1,390,000	430,000	970,000
工事原価	5,280,323	6,367,944	9,173,000
一般管理費等	1,250,000	380,000	870,000
工事価格	6,530,323	6,747,944	10,043,000
改め	6,530,000	6,740,000	10,040,000
1m <sup>3</sup> 当たり	18,700	19,300	28,700
備考	改良土は耐食性が向上しており、降雨時特にも赤土は発生しない。滲出水も透明であり、仮置き時にも別途濁水対策は不要。	赤土対策を兼ねた隣地のピット（凹地）に仮置き、すぐ299m <sup>3</sup> （含水比80%：第4種建設発生土相当）に減容すると仮定。	濁水ごと吸引・運搬するので、基本的には濁水対策不要。

注1：泥中の土0.73t/m<sup>3</sup>（含水比100%）、改良剤投入5kg/t（土）とし、0.73×5=3.65kg/m<sup>3</sup>とした。  
 注2：攪拌用のピットは、沈砂池内構造物又はコンクリートブロックで簡易に設置できるものとした。  
 注3：運搬処分時の赤土対策費は既存文献が示す仮設沈砂池整備に係る最低単価（1,000円/m<sup>3</sup>）とした。  
 注4：各費用は、適用年度、適用箇所、対象土の性状や社会経済状況等により変動する。

また、本手法の営農面のメリットを検証するため、改良した沈砂池堆積土を圃場に客土し、サトウキビの生育状況について調べた。1回目試験施工による改良土を客土した圃場においてサトウキビの生育状況を調べた結果、一般的な客土や元々の耕土と比べて平均分けつ数が増えることが確認された（新規客土69本/5m、改良土客土88本/5m、営農継続箇所81本/5m）。なお、2回目試験施工による改良土を、赤土対策に関する関連研究の試験圃場に提供して調べたところ、サトウキビ生育について同様な傾向が確認され、更に観測および室内試験等による解析の結果、赤土流出量も低減すると考えられた（令和4年度に土木学会で発表予定）。

#### (2) 休耕田のビオトープ活用手法の開発

試験施工は、近年の休耕田増による影響が大きいと考えられる与那国島で行うこととし、島内の谷地形内に位置する3つの連続する休耕田（計5,293m<sup>2</sup>）で実施した。これらの圃場は、平成10年ごろに整備されたが、数年に1度の草刈りは実施されていたものの現在は営農されていない。近隣農地は休耕またはサトウキビ畑となっており、近くに営農中の水田はない。休耕田内には植生が繁茂していたが、横の用水路からの滲出水や谷奥の奥水田脇にある湧水の一部が流入し、開放水面はほとんどないものの、植生の下部は湿地状態になっていた。なお、3圃場の内、谷の入り口側に位置する水田については、畑地化が検討された過去があり、植え付けはされなかったが畑地土壌を客土した履歴があるとのことであっ

た。

試験整備に先立ち、生息している水生昆虫類について令和元年11月末に調査を行った結果、ゲンゴロウ科やガムシ科、トンボ科を中心に3目13科44種の水生昆虫類が確認された。なお、希少種も8種確認され、現状においても休耕地が希少水生昆虫類に利用されていることが確認できた。

整備作業（耕起・雑草除去、畦や水路等の補修等）は、地元の農業関係者に協力を依頼し、12月～3月上旬にかけて仕事や農作業等の空き時間に実施して頂いた。整備コストは、重機のリース代や燃料代、その他経費等を含め約70円/㎡であった。

整備期間が長かったため、およそ8割方程度整備が進んだ令和2年2月初旬に、整備途中の休耕地ビオトープを利用して生息している水生昆虫類の調査を実施した。その結果、9種の希少種を含む3目16科55種の水生昆虫類が確認された。調査時期が異なるため一概に比較はできないが、整備途中でも整備前より種数が増えており、解放水面を利用する種も確認されたことから、地元農家等の都合に合わせた粗放的な作業でも、ビオトープとしての効果は整備中から適宜発揮されると考えられる。なお、調査を継続した結果、整備後2年経過すると雑草が繁茂して水面が少なくなり、確認される種数も漸減する傾向が見られた。したがって、1回/年程度の頻度で雑草のすき込みなど管理作業を行う事が望ましいと考えられた。

事前：令和元年11月



事後：令和2年4月



奥水田

中水田

前水田

図5.4.3. 休耕地ビオトープの試行状況

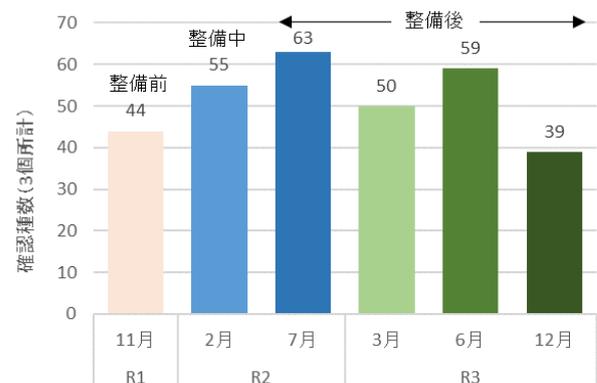


図5.4.4. 確認種数の経時変化

### (3) 農薬（殺虫剤）影響の検討

沈砂池ビオトープに関しては、1回目の試験施工時に、フィプロニル剤が施用されるサトウキビ畑の畝と畝間の耕土、また、沈砂池の上流・中央・下流の表層10cmを採取して分析した。なお、採取可能だったことから、沈砂池中央部で、鉛直方向に表層1cm、中層20-21cm、底層40-41cmの堆積泥土の分析を行った。2回目の試験施工時は、サトウキビ畑に加え流域内にパイン畑も確認されたため、それらの畝と畝間の耕土についても分析した。また、フィプロニル関連成分に加え、クロチアニジン、ジノテフラン、ダイアジノン、スミチオンについても分析した。

#### 1) 沈砂池

1回目試験施工時の調査では、フィプロニルは概ね9月頃に施用されており、施用したサトウキビ圃場の畝では $1,930 \mu\text{g}/\text{kg}$ であったが、畝間では畝の0.003%の濃度に低下し、沈砂池内では畝間と同程度であった。なお、沈砂池内では上流から下流にかけて漸減する傾向が見られたが、これは砂分、強熱減量（有機物）の漸減傾向と同様であった。これらの結果から、フィプロニルは砂程度の粒径の植物破砕片又は細粒化したバイト剤片の形で流入・堆積している可能性が考えられた。他の分解生成物も同様な傾向だったが、フィプロニル-スルホンについては、沈砂池内でフィプロニルよりも高濃度であり、残留性が高いとする既往知見と整合していた。また鉛直方向の濃度傾向が各成分で揃っており、堆積泥土中の濃度は赤土が流入する侵食イベントに影響されていることが推察された。1回目に比べて施用から時間が経過している影響があると思われるが、2回目の試験施工沈砂池でも概ね同様な傾向が確認された。2回目の試験施工時は、濃度は低いもののクロチアニジンが沈砂池堆積泥土と滞留水から、ジノテフランが滞留水から検出された。パイン畑ではフィプロニル関連を含めて殺虫剤成分が確認されていないことから、これらはサトウキビ畑に起因している可能性が考えられる。なお、牛用の駆虫剤の成分であるイベルメクチン等は両沈砂池とも検出されなかった。

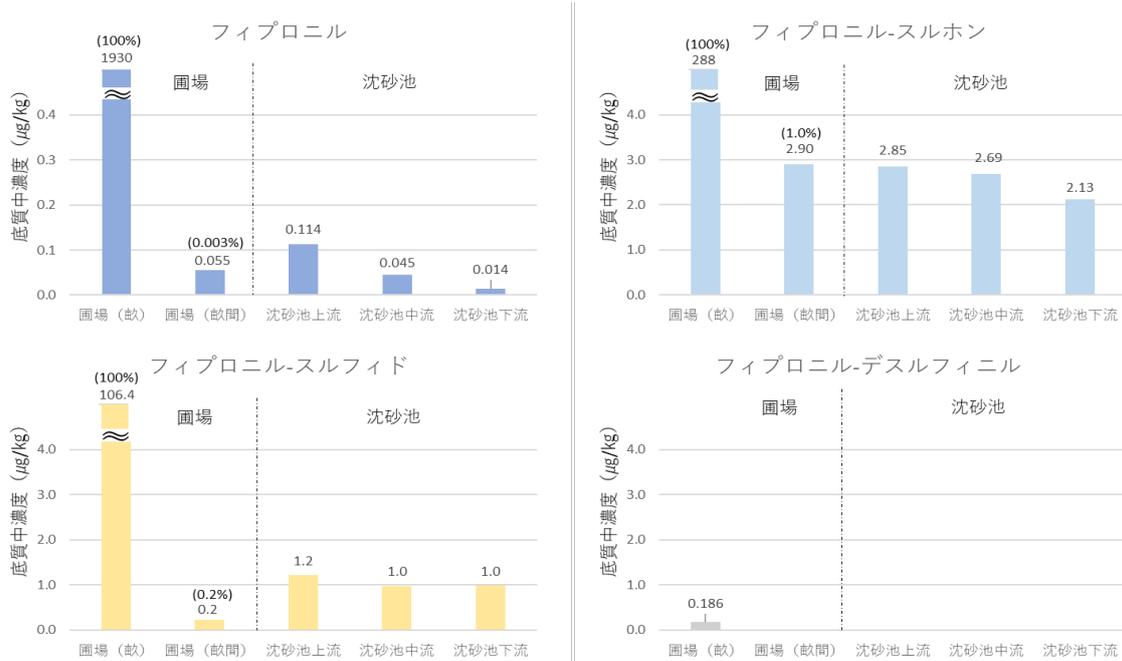


図5. 4. 5. 沈砂池ビオトープ試験施工箇所（1回目）におけるフィプロニル関連成分の分析結果

表5. 4. 3. 沈砂池ビオトープ試験施工箇所（2回目）における殺虫剤成分分析結果

区分	位置	対象	フィプロニル	フィプロニル-スルホン	フィプロニル-スルフイド	フィプロニル-テスルフィニル	クロチアニジン	ジノテフラン	ダイアジノン	スミチオン (ウエトロチオン)
流域圃場 キビ畑	畝	耕土 μg/kg	0.519	1.961	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	畝間		0.088	0.498	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
流域圃場 パイン畑	畝		<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	畝間		<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
沈砂池	上流	底泥 μg/kg	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	中流		0.041	1.366	0.840	<0.1	0.018	<0.01	<0.01	<1
	下流		0.037	1.347	0.760	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	中央	滞留水 μg/L	<0.001	<0.05	<0.05	<0.05	0.003	0.015	<0.001	<0.1

2) 休耕田

休耕田ビオトープの試行箇所についても沈砂池と同様な成分について分析した。その結果、下表に示すとおり、現在は施用されていないにも関わらず、低濃度ではあるが前水田の底泥中からフィプロニルが、また残留性が高いとされるフィプロニル-スルホンが全ての地点の底泥から検出された。

滞留水からわずかだがクロチアニジンが検出されており、用水が流入する順番（用水路（上流）→奥水田→中水田、用水路（下流）→前水田）と、フィプロニル-スルホンの濃度の状況が整合することから、これらは降雨時に上流のサトウキビ畑等から土砂と共に流出し、用水を介して流入した可能性が考えられた。また、前述のとおり前水田は以前に畑地化のため客土がなされており、これが影響した可能性も考えられた。

表5. 4. 4. 休耕田ビオトープ試験施工箇所における殺虫剤成分分析結果

区分	位置	対象	フィプロニル	フィプロニル-スルホン	フィプロニル-スルフイド	フィプロニル-テスルフィニル	クロチアニジン	ジノテフラン	ダイアジノン	スミチオン (ウエトロチオン)
休耕田	奥	底泥 μg/kg	<0.01	0.182	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	中		<0.01	0.121	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	前		0.114	0.136	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
	前	滞留水 μg/L	<0.001	<0.05	-	-	0.001	<0.001	<0.001	<0.1

### 3) 希少水生昆虫類の現産池・絶滅池

殺虫剤成分の影響に関する情報を得るため、希少水生昆虫類の現産池・絶滅池における殺虫剤成分の状況についても調査した。調査は2種の希少水生昆虫類を対象に、令和3年12月に実施した。なお、ここでは希少種保全の観点から、種名はA,Bと表記する。これら希少昆虫類の選定、現産池・絶滅池の情報及び場所選定は、他のサブテーマ担当者等と相談のうえで設定した。

調査結果は下表に示すとおりである。希少種A,Bとも現産池では全ての殺虫剤成分が検出されなかったが、絶滅池でもほとんどの成分が検出されなかった。ただし、希少種Aについては絶滅池の底泥からわずかにフィプロニルが検出されたことから、より高濃度な状況が過去に生じていた可能性がある、希少種Bについては絶滅池でも殺虫剤成分は検出されなかったが、現産池と比べると絶滅池の濁りが強く、殺虫剤成分以外の要因で忌避され、再び戻ることが無い状況になった可能性が考えられた。

表5.4.5. 希少水生昆虫類の現産池・絶滅池における殺虫剤成分分析結果

区分	位置	対象	フィプロニル	フィプロニル -スルホン	フィプロニル -スルフイド	フィプロニル -チルスフェニル	クロチアニジン	ジノテフラン	ダイアジノン	スミチオン (ロエトロチオン)
希少種 A	現産池	底泥 μg/kg	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
		滞留水 μg/L	<0.001	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.1
	絶滅池	底泥 μg/kg	0.020	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
		滞留水 μg/L	<0.001	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.1
希少種 B	現産池	底泥 μg/kg	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
		滞留水 μg/L	<0.001	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.1
	絶滅池	底泥 μg/kg	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<1
		滞留水 μg/L	<0.001	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.1

### 4) 殺虫剤成分によるリスクの低減

現在の奄美・琉球地域の農業において殺虫剤を使わない営農を行うことは極めて難しい。殺虫剤成分の影響を避けるためには、農地とは独立しており殺虫剤成分の流入リスクのない現産池のような環境の水辺を整備し、そのみを利用してもらうのが一番良い。しかし、そのような水辺を整備しても、水生昆虫類は飛翔・移動することから、移動先で殺虫剤成分が高濃度状態になった水辺に遭遇すると死滅してしまう。なお、現在奄美・琉球地域ではミバエ対策のために山林域等で殺虫剤を浸潤したTEX板が空中散布されている等の状況があり、農地外であっても殺虫剤成分の流入リスクのない水辺を整備できる場所は限られている。

慢性的な影響はまだ不明だが、前述のとおり調査した沈砂池及び休耕田を現時点で利用していることから、現状程度の殺虫剤成分の濃度はすぐに水生昆虫類の生息に影響する訳ではない。したがって、移動能力の高い水生昆虫類が高濃度の殺虫剤成分に遭遇・死滅するリスクを低減するには、リスクゼロの水辺だけでなく、利用可能な状態の水辺の総数を増やしてリスク分散することが重要かつ急務であると考えられる。上流側での施用状況によっては殺虫剤成分が高濃度で流入する可能性があることに注意が必要だが、新たな用地取得が不要で既往の奄美・琉球地域の農業施策とも合致する沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープは、殺虫剤成分による絶滅リスクを低減する上で現実的な農地内対策となると考えられる。

#### (4) 地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の実装

##### 1) 観察会の実施

実装可能性を確認すると共に環境教育の場や自然観光資源としての活用の可能性を探るため、地元住

民が参加する観察会を実施し、沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープそれぞれについて意見・感想を集めた。

沈砂池における水生昆虫類の観察会は、本研究と同様な手法で堆積泥土の改良・除去が実施され、その後水生昆虫類の生息を確認している石垣市米篩東（ヤーモレ）地区1-2号沈砂池において、令和元年8月29日に実施した。参加者は計26名（子供・学生11名、大人15名）であった。観察会では、奄美琉球地域における水生昆虫類の状況と赤土流出問題、対策施設である沈砂池の役割と沈砂池の適切な運用が水生昆虫類の保全にも役立つ可能性を説明した上で、実際に沈砂池内で採取を行い、専門家による解説の下、採取した生き物を観察した。参加者には、感想と本研究の主旨について意見をもらったが、好意的な意見がほとんどであり、沈砂池ビオトープは、希少水生昆虫類の保全に加え、持続可能な農業・社会に関する学習の場としても活用できると考えられた。また、沈砂池での昆虫観察を有償で行うとした場合の支払い可能額について参加者に聞いたところ、観察会参加費としては最大2,500円/人、ガイドによる任意の案内の場合では最大3,000円/人との回答があった。したがって、沈砂池ビオトープは、環境学習型の観光資源としての活用可能性もあると考えられた。なお、マスコミの取材があり、当日夕方のNHKのニュースや翌日の地元新聞2紙（1面に掲載）等により、本研究の主旨や観察会の様子が一般の方々に広く紹介された。

休耕田における観察会は、与那国島の休耕田ビオトープ試行地において、地元の他のビオトープに係る観察会と共催する形式で令和3年12月4日に実施した。参加者は計34名（子供・学生22名、大人12名）であった。観察においては、沈砂池と同様に、奄美琉球地域における水生昆虫類の状況と休耕田ビオトープに期待される役割について説明した上で、実際に休耕田ビオトープ内で採取を行い、専門家による解説の下、採取した生き物を観察した。泥だらけになった参加者が多かったため、直接聞く形を中心にアンケートしたところ「非常に楽しかった」、「是非次回も参加したい」といった意見・感想が多く寄せられた。また、この様な環境を維持するための参加費として500～1000円/人を払っても良いとの意見が多く、休耕田ビオトープについても環境学習型の観光資源としての活用可能性があると考えられた。

表5.4.6. 沈砂池ビオトープにおける水生昆虫類観察会参加者の意見等

意見聴取項目	意見概要	コメント
本イベントの主旨についての意見	教育・学習の場としての意義	<ul style="list-style-type: none"> <li>子供たちが興味をもって体験学習に取り組む事が出来れば、今までは別の考え方も出来て、良いものだなと思いました。</li> <li>赤土をためる沈砂池は、農業へのメリットもあれば、教育の場として活用できるのはとても意義があるイベントだと思います</li> <li>子供たちの教育の場としてとても良いと思います。</li> <li>近年、子供の虫や農業に対する関心が低くなっていく中で、体験学習による教育を行うことは関心を高めることにつながるので良い。</li> <li>沈砂池の役割と活用について調べ、発見があった。学校教育などでも取り上げ、多くの子らに触れあう機会を。</li> <li>意義ある取り組み。</li> </ul>
	自然観察の機会	<ul style="list-style-type: none"> <li>普段目にするものがない、身近な自然に触れる機会としては素晴らしいこと。</li> <li>自然環境がなくなる中、沈砂池が水生昆虫にとって大切な生息地になることが分かった。</li> <li>沈砂池に生息している生物や生態について学べる良い機会になると思います。</li> <li>一般の方（農業従事されていない方）は、なかなか沈砂池について知る機会がないと思いますし、いろいろな生物が住んでいることも知れていい企画だと思います。</li> <li>陸上の昆虫とちがひ、水生昆虫に触れる機会が少ないので、良い機会だと思います。</li> <li>またやってみたら、うれしいです。</li> </ul>
参加した感想	観察・発見の喜び	<ul style="list-style-type: none"> <li>普段、タモを持って池に入る機械などありませんので、楽しかったです。</li> <li>久しぶりにヤゴ等の水生昆虫が見れました。</li> <li>一緒になって楽しんでしまいました。</li> <li>採る場所によって、とれる生物がちがひ楽しかった。</li> <li>見たことのない虫がたくさん採れたのでおもしろかったです。</li> <li>とても楽しかった。小さな石垣島でもこんなにたくさんの量が居るなんておどろいた。</li> <li>子供たちがとても楽しそうに採集していたので、参加してよかったと思いました。</li> </ul>
	学習の場としての意義	<ul style="list-style-type: none"> <li>子供達も目を輝かせて虫を取っているのを見ると教育において生物と触れ合う機会は大切だと思います。</li> <li>種類は少なかったが、多くの虫を捕え、学べる良い場あると感じた。</li> </ul>
	観察会運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>専門の先生方がいるので、ちょっとした質問をすれば詳しく解説してもらえるのは、とても貴重で有意義な体験でした。</li> <li>スタッフの方のサポートも親切でわかりやすかったです。</li> </ul>
	活動の展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業やサングコ保全など大きな枠で展開できるといいと思う。</li> </ul>
	採集への期待	<ul style="list-style-type: none"> <li>もっといろんな種類が取れる時期にできたらいいですね。</li> <li>前回より種が少ないですね。</li> </ul>
	他	<ul style="list-style-type: none"> <li>思った以上に、思い思いに動けることがよかった。</li> </ul>

## 2) 技術紹介資料の作成（別添資料参照）

希少水生昆虫類の保全のためには、関係者の協力を得て農地内に水生昆虫類が利用できる水辺を早急に増やすことが重要と考えられたことから、研究成果を基に、関係者に分かり易く沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープを紹介する資料を作成して地元行政の農水分野関係者に紹介・説明したところ、沖縄

県土地改良事業団体連合会（水土里ネットおきなわ）の関係者に協力して頂けることになり、多面的機能支払交付金を基に農地の多面的機能の維持・向上に取り組んでいる54の活動組織に、技術紹介資料を配布・周知して頂いた。配布にあたっては、沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープに興味を持ったあるいは取り組みたい組織から本研究チームにコンタクトを取れるようにしており、既に複数の組織から興味ありとの連絡が来ている。また、沖縄県土地改良事業団体連合会とも次年度にモデル事業の実施について検討を進めることになった。



表紙 内容 事例集  
図5.4.6. 沈砂池ビオトープ・休耕田ビオトープに係る技術紹介資料（抜粋）

3) まとめ

奄美・琉球地域の農地は、稲作からサトウキビ等の畑作への転換を進めてきたこと、更に気候変動の影響や近年の農家の高齢化や離農等により水田環境が激減したことで、農地に期待される多面的機能が低下しており、大きな課題となっている。奄美・琉球地域の農業と共生する形で生存してきた水生昆虫類が危機的な状況にあることも、このような流れの中で生じてきていると考えられる。

この様な認識の下、サブテーマ5では、地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術として、生息域である農地内の赤土対策沈砂池及び休耕田を希少水生昆虫類が利用するビオトープとして活用するための手法の開発を目標に研究開発を実施し、地元の農業関係者を中心にその重要性や成果・技術資料等を紹介した。その結果、早々に本研究成果に興味を持つ地元団体が出てきたこと、また、モデル事業等の検討の兆しが出てきたことは、対策の緊急性を考えると大変ありがたい。

奄美・琉球地域は世界遺産に登録された希少で豊かな自然環境を有する地域である。水生昆虫類もその一部を構成する重要な要素であり、そこに生きる農家や関係者もそうである。沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープは赤土対策や多面的機能に係る既往の行政施策とも親和性が高く、奄美・琉球地域における持続可能な農業農村の担い手を育成することにも繋がると考えており、現場実装に向けて今後も取り組みを進めたい。

5. 研究目標の達成状況

サブテーマ5の目標は、大きく、以下の3つである。①地域に密着した希少水生昆虫類の生息域内保全・生息地再生技術として、赤土対策沈砂池や休耕田をビオトープとして活用する手法を開発する。②試験施工と経過観察及び残留農薬分析を通して、効果や適用条件、コストを検証・整理し、技術資料を作成し、試験地での観察会を通して、環境教育・自然観光資源としての持続的利用方法について提案する。③最終的に、奄美琉球地域の持続的な農業・農地と共生する保全技術として、赤土対策制度・多

面的機能関連制度との連携を提案し、地元関係者と連携した実績形成を目指す。

このうち①の赤土対策沈砂池ビオトープとして活用する手法を開発については、高含水比の泥土を中性固化する固化材を用い、地元関係者により容易かつ短時間で、堆積泥土を改良・除去する手法を開発・適用することとし、石垣島をフィールドとして既設沈砂池を選定し、水生昆虫類の調査及び試験施工を実施した(図5.4.1.)。また、改良・除去した堆積泥土を耕土としてリサイクルすることが、サトウキビ栽培や赤土対策面のメリットがあることを関連研究との連携により検証した(図5.4.2.)。休耕田ビオトープの開発については、与那国島をフィールドにして休耕田ビオトープを実際に整備し、水生昆虫類の観察を行う事で検証した(図5.4.3., 4.)。

また、②については、沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープについて、他のサブテーマとも連携して、現地調査、試験施工、残留農薬分析等を実施し(図5.4.5.; 表5.4.3.~5.)、希少種を含む水生昆虫類が各ビオトープを利用することを確認すると共に、整備時の留意事項やコスト(表5.4.2.)を検証・整理した。また、沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープそれぞれについて観察会を実施し、地元住民等の環境教育・自然観光資源としてのニーズを確認すると共に、マスコミや関係者が参加する講演会等でPRした(図0.5.3., 表5.4.6.)。最終的に、沈砂池ビオトープ、休耕田ビオトープの整備方法や効果、留意事項や環境教育・自然観光資源としての活用等について記載した技術紹介資料等を取りまとめた(図5.4.6.)。

更に③については、地元行政機関等と調整し、土地改良事業団体連合会(水土里ネット)を通して、上記技術紹介資料を農地の多面的機能の維持向上に取り組む地元の54団体に配布・周知すると共に、土地改良事業団体連合会におけるモデル事業の実施について調整を開始した。

以上のように、新型コロナウイルスの影響により研究活動は制限されたが、関係者との連携と創意工夫により、設定した研究目標について、目標どおりの成果をあげたと考える。

## 6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

### Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

#### (1) 誌上発表

##### <査読付き論文>

##### 【サブテーマ1】

- 1) N. Ito and K. Araya: *Elytra, New Series*, (11, 2): 337-340. (2021), Description of the female of *Epuraea (Epuraea) superlata* Kirejtshuk, 2005 (Nitidulidae, Epuraeinae), with new distributional records from Japan.

##### 【サブテーマ2】

- 1) 北野 忠、神田雅治、井上太之、苜部治紀：西表島研究，(2018)，78-80 (2019) 西表島における2010年代後半のコフキオオメトンボの記録。
- 2) 苜部治紀、林 正美、北野 忠：Tombo, (61), 55-56 (2019), 与那国島からコフキシヨウジョウトンボを初確認。
- 3) H. Karube, S. Sano and T. Phanara: Tombo, (62), 38-52.70-72 (2020) New record of *Chlorogomphus arooni* Asahina, 1981 (Odonata: Chlorogomphidae) from Cambodia.
- 4) 苜部治紀、加賀玲子：Tombo, (62), 136 (2020) 大東諸島からスナアカネを初確認。
- 5) 杉山美樹、苜部治紀、関東準之助：Rostria, (65) 49-50 (2020), 八重山諸島（西表島）からタガメの再確認。

##### 【サブテーマ3】

- 1) 北野 忠・神田雅治・井上太之・苜部治紀，西表島研究，(2018)：78-80. (2019)，西表島における2010年代後半のコフキオオメトンボの記録。
- 2) 苜部治紀、林 正美、北野 忠：Tombo, (61), 55-56 (2019,) 与那国島からコフキシヨウジョウトンボを初確認。
- 3) T. Kitano, Y. Tahira and H. Kohno: *Elytra, Tokyo, New Series*, (9, 2), 291-295 (2019) Discovery of the Family Spercheidae (Coleoptera, Hydrophiloidea) from Japan, with Redescription of *Spercheus stangli* Schwarz et Barber, 1917.
- 4) M. Hayashi, J. Nakajima, K. Ishida, T. Kitano and H. Yoshitomi: Japanese Journal of Systematic Entomology, (26, 2) 191-200 (2020) Species Diversity of Aquatic Hemiptera and Coleoptera in Japan.
- 5) R. Watanabe and T. Kitano: Aquatic Insects, (42) 3-4, 230-238 (2021) Ecological notes on the filter-feeding water scavenger beetle, *Spercheus stangli* Schwarz and Barber, 1917 (Coleoptera: Spercheidae), on the Iriomote Island, Japan.
- 6) 北野 忠、石井幹也：さやばねニューシリーズ，(45)，49-54 (2022) 飼育条件下における西表島産ツマキレオオミズマシの卵，幼虫および蛹に関する生物学的知見。

##### 【サブテーマ4】

- 1) Y. Nakamura and A. Tominaga: Current Herpetology, (40, 1) 40-53 (2021) Diet of the American bullfrog *Lithobates catesbeianus* naturalized on Okinawajima, Ryukyu Archipelago, Japan. <https://doi.org/10.5358/hsj.40.40>
- 2) S. Nishijima, H. Shiroma, R. Kamimura, A. Hentona, H. Nakamura, K. Uchiwa, Y. Nakamura, A. Tominaga: A. Herpetology Notes, (15) 139-142 (2022) Predation by *Lithobates catesbeianus* on *Goniurosaurus kuroiwaean* and *Achalinus werner* on Okinawajima Island, Ryukyu Archipelago, Japan. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/70259>

<査読付論文に準ずる成果発表>

【サブテーマ1】

- 1) 杉本美華、荒谷邦雄：昆虫園研究，(21)37-40（2020），与那国における水生昆虫類保全の試み。
- 2) 荒谷邦雄：昆虫と自然（56,10）2-5（2021），奄美・琉球における里地棲希少水生昆虫類保全の課題。〔特集号：奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全〕
- 3) 荒谷邦雄：昆虫と自然（56,10）6-10（2021），奄美・琉球の希少水生昆虫類保全への遺伝情報の応用。〔特集号：奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全〕

【サブテーマ2】

- 1) 荻部治紀：昆虫と自然，(742) 2-3（2020），危機が迫る絶滅危惧トンボ類の保全。
- 2) 荻部治紀：昆虫と自然，(742) 18-21（2020），ハネナガチョウトンボの現状と保全。
- 3) 荻部治紀：昆虫と自然，(56,10) 10-13（2021），奄美・琉球の里地里山の希少水生昆虫類の現状と保全への挑戦。〔特集号：奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全〕

【サブテーマ3】

- 1) 北野忠：昆虫と自然，(56,10) 14-17（2021），「絶滅危惧水生昆虫の生息域外保全の現状と課題」〔特集号：奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全〕

【サブテーマ4】

- 1) 富永 篤、中村 泰之：昆虫と自然，(56,10) 18-21（2021），奄美・琉球の水生昆虫に対する外来両生類の影響と対策。〔特集号：奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全〕

【サブテーマ5】

- 1) 富坂峰人、城野裕介：昆虫と自然，(56,10) 22-25（2021），奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の開発〔特集号：奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類の保全〕

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

- 1) 北野 忠、富坂峰人、荒谷邦雄：月刊むし，(2022) 「石垣島で採集されたホソコツブゲンゴウ」（掲載決定）

【サブテーマ2】

- 1) 荻部治紀：自然科学のとびら，(26,2) 10-11（2020）「カンボジアの水生昆虫調査」

【サブテーマ3】

- 1) 中島 淳、林 成多、石田和男、北野 忠、吉富博之：ネイチャーガイド日本の水生昆虫、文一総合出版、351pp.（2020）
- 2) 北野 忠、富坂峰人、荒谷邦雄：月刊むし，(2022) 「石垣島で採集されたホソコツブゲンゴウ」（掲載決定）

【サブテーマ4】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ5】

- 1) 富坂峰人、城野裕介：国立公園3月号（2022）「奄美琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する生息域内保全・生息地再生技術の開発」
- 2) 北野 忠、富坂峰人、荒谷邦雄：月刊むし、（2022）「石垣島で採集されたホソコツブゲンゴウ」（掲載決定）。

## （2）口頭発表（学会等）

### 【サブテーマ1】

- 1) 荒谷邦雄、苅部治紀、北野 忠、富永 篤、富坂峰人：日本昆虫学会第79回大会（2019）「危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発」
- 2) 杉本美華、荒谷邦雄：令和元年度全国昆虫施設連絡協議会（2019）「与那国における水生昆虫保全の試み」
- 3) 荒谷邦雄：日本甲虫学会第11回大会（2021）「琉球列島の希少水生昆虫類保全への遺伝情報の応用」
- 4) 荒谷邦雄：第69回日本生態学会大会（2022）「琉球列島の希少水生昆虫類保全への遺伝情報の応用」第69回日本生態学会大会シンポジウム「守れるか？危機に瀕する琉球列島の水生昆虫の現状と保全」（オンライン開催）
- 5) 上野弘人、北川耕咲、東 悠斗、荒谷邦雄・松林 圭：第69回日本生態学会大会（2022）「甲虫における「海流分散」の可能性」第69回日本生態学会大会小集会「海水耐性と遺伝的分化の関係から見えてきたこと」（オンライン開催）

### 【サブテーマ2】

- 1) 荒谷邦雄、苅部治紀、北野 忠、富永 篤、富坂峰人：日本昆虫学会第79回大会（2019）「危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発」
- 2) 苅部治紀、亀田 豊：日本生態学会岡山大会（2021）「水田だけではない 明らかになった絶滅危惧水生昆虫へのネオニコチノイド系農薬の影響」
- 3) 苅部治紀、亀田 豊、加賀玲子、藤田恵美子：日本トンボ学会大会口頭発表（2021）「絶滅が危惧されるトンボ類生息地におけるネオニコチノイド系農薬の影響」
- 4) 苅部治紀、亀田 豊、加賀玲子、藤田恵美子：本甲虫学会大会口頭発表（2021）「ネオニコチノイド系農薬が希少水生昆虫に与える影響について」
- 5) 苅部治紀：第69回日本生態学会大会（2022）「奄美・琉球列島の水生昆虫の危機的現状と再生の試行」シンポジウム「守れるか？危機に瀕する琉球列島の水生昆虫の現状と保全」

### 【サブテーマ3】

- 1) 荒谷邦雄、苅部治紀、北野 忠、富永 篤、富坂峰人：日本昆虫学会第79回大会（2019）「危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発」
- 2) 菅原青空、北野忠、山本誉士：沖縄生物学会第58回大会（2021）「絶滅危惧昆虫フチトリゲンゴロウとヒメフチトリゲンゴロウの幼虫期における好適な餌生物の検討」
- 3) 北野 忠：日本生態学会第69回全国大会（2022）「守れるか？危機に瀕する琉球列島の水生昆虫の現状と保全」シンポジウム「奄美・琉球の希少水生昆虫の生息域外保全の現状と課題」

### 【サブテーマ4】

- 1) 荒谷邦雄、苅部治紀、北野 忠、富永 篤、富坂峰人：日本昆虫学会第79回大会（2019）「危

機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発」

- 2) 中村泰之、富永篤：九州両生爬虫類研究会第11回 福岡大会（2020）「沖縄島におけるシロアゴガエルの食性」
- 3) 富永 篤、岡本康汰、陶善達、和智仲是、佐藤行人、荒谷邦雄、 富坂峰人、 城野裕介：日本動物学会 第91回大会（2020）「胃内容物のメタバーコーディング解析による外来種ティラピア類の食性解析」
- 4) 富永 篤、中村泰之：日本爬虫両棲類学会 第59回大会（2020）「沖縄島に生息するウシガエルの食性」
- 5) 中村泰之、富永 篤：日本爬虫両棲類学会 第59回大会（2020）「沖縄島北部における外来種シロアゴガエルの食性」
- 6) 中村泰之、苅部治紀、加賀玲子、富永 篤：沖縄生物学会第58回大会（2021）「大宜味村におけるウシガエルの食性と、かご罫を用いた駆除実験」沖（オンライン大会）
- 7) 中村泰之、苅部治紀、加賀玲子、 富永 篤：日本爬虫両棲類学会 第60回大会（2021）「沖縄島におけるウシガエルの駆除実験」（オンライン大会）
- 8) 富永 篤：日本生態学会第69回全国大会（2022）「奄美・琉球の外来脊椎動物が水生昆虫に与える影響とその対策」シンポジウム 「守れるか？危機に瀕する琉球列島の水生昆虫の現状と保全」

#### 【サブテーマ5】

- 1) 荒谷邦雄、苅部治紀、北野 忠、富永 篤、富坂峰人：日本昆虫学会第79回大会（2019）「危機的状況にある奄美・琉球の里地棲希少水生昆虫類に関する実効的な保全・生息地再生技術の開発」
- 2) 大澤和敏、富坂峰人、干川明：農業農村工学会第40回農地保全研究集会（2019）「沖縄における赤土流出防止に向けた取り組み」
- 3) 荒谷邦雄、苅部治紀、北野忠、富永篤、富坂峰人：沖縄県文化環境部 令和3年度赤土等流出防止交流集会（2021）「水生昆虫類保全を考慮した赤土対策沈砂池の管理・運用について」
- 4) 富坂峰人：日本生態学会第69回全国大会（2022）「奄美・琉球諸島における地域に密着した生息域内保全・生息地再生技術の開発」シンポジウム 「守れるか？危機に瀕する琉球列島の水生昆虫の現状と保全」
- 5) 金敷奈穂、大澤和敏、富坂峰人：土木学会（2022）令和4年度全国大会第77回年次学術講演会「土壌固化材を添加した沈砂池堆積土の農地還元に伴う土壌受食性の変化」発表決定

### （3）「国民との科学・技術対話」の実施

#### 【サブテーマ1】

- 1) 観察会5月のやさしい自然教室「水生昆虫を見てみよう」（2019年5月26日 京都科学読み物研究会 参加者約50名）
- 2) 浜松市立有玉小学校における課外授業「こん虫たちのふしぎ」（2019年7月5日 児童数約200名）
- 3) 浜松市立内野小学校における課外授業「こん虫たちのふしぎ」（2019年7月5日 浜松市立内野小学校 児童数約200名）
- 4) 観察会「里地に生息する水生昆虫類の保全を考えよう！沈砂池での虫とり体験イベント」（2019年8月29日 石垣市 参加者約20名）
- 5) 一般公開シンポジウム「昆虫研究に携わる者として大量絶滅の時代とどう向き合うべきか？」（第10回日本甲虫学会・第22回日本昆虫中分類学会・第3回九州・沖縄昆虫研究会・2019年度日本鱗翅学会九州支部会合同大会 公開シンポジウム「環境保全と昆虫研究の関わり」2019年、九

- 州大学、観客約 150 名) にて講演
- 6) 観察会「ビオトープ昆虫学習会」(2019 年 11 月 3 日与那国町参加者約 20 名)
  - 7) 一般公開シンポジウム「海を渡る虫たち ～小さな冒険者の脅威の分散力～」(九州大学 浅海底フロンティア研究センター シンポジウム「与那国島から始まる日本列島」、2020 年 1 月 10 日九州大学、観客約 200 名) にて講演
  - 8) 講話会「宮古島を始めとする琉球列島の昆虫相について」(2021年11月19日、宮古島市陸上自衛隊駐屯地、参加者約80名)
  - 9) 観察会「ビオトープ昆虫学習会」(2021 年 12 月 4 日、与那国町、参加者約 30 名)

### 【サブテーマ 2】

- 1) 一般公開シンポジウム「明らかになってきた希少水生昆虫生息地におけるネオニコチノイド系農薬の汚染実態」(2019年度日本トンボ学会大会 シンポジウム「沈黙の春再来！ー深刻化するネオニコチノイド系農薬の環境影響ー」、2019年11月17日、神奈川県立生命の星・地球博物館、観客約200名) にて講演
- 2) 一般公開シンポジウム「やればできる？ 絶滅危惧昆虫の域内保全」(第10 回日本甲虫学会・第22回日本昆虫中分類学会・第3回九州・沖縄昆虫研究会・2019年度日本鱗翅学会九州支部会合同大会 公開シンポジウム「環境保全と昆虫研究の関わり」2019年、九州大学、観客約150名) にて講演
- 3) 第2回矢作川流域圏懇談会公開講座「アカトンボが危ない！いま、水の中で何が起きているのか？」(2021年11月27日、観客約70名) にて講演

### 【サブテーマ 3】

- 1) 一般公開シンポジウム「希少水生昆虫の生息域外保全」(第10 回日本甲虫学会・第22回日本昆虫中分類学会・第3回九州・沖縄昆虫研究会・2019年度日本鱗翅学会九州支部会合同大会 公開シンポジウム「環境保全と昆虫研究の関わり」2019年、九州大学、観客約150名) にて講演
- 2) 観察会「ビオトープ昆虫学習会」(2021年12月4日、与那国町、参加者約30名)
- 3) 水生昆虫談話会例会第476回例会「飼育下で得られた絶滅危惧水生昆虫フチトリゲンゴロウの生物学的基礎知見」にて講演
- 4) 水生昆虫談話会例会第476回例会「研究室において生息域外保全に用いている装置や道具の紹介」(主催：水生昆虫談話会、2022年1月15日、参加者約50名) にて成果紹介

### 【サブテーマ 4】

- 1) 琉球大学附属図書館 企画展示「奄美・沖縄の世界自然遺産登録とSDGs」での研究活動「琉球列島の外来両生類の影響調査とその対策」のパネル作成協力。(2021年7月26日(月)～8月31日 琉球大学附属図書館2階 ラーニング・コモンズエリア)
- 2) 2021年琉球大学環境報告書での環境に関する研究紹介の執筆、琉球大学
- 3) 観察会「ビオトープ昆虫学習会」(2021年12月4日、与那国町、参加者約30名)

### 【サブテーマ 5】

- 1) 一般公開シンポジウム「インフラ整備時の環境保全に係る最近の取組事例など」(第10 回日本甲虫学会・第22回日本昆虫中分類学会・第3回九州・沖縄昆虫研究会・2019年度日本鱗翅学会九州支部会合同大会 公開シンポジウム「環境保全と昆虫研究の関わり」2019年、九州大学、観客約150名) にて講演
- 2) 観察会「里地に生息する水生昆虫類の保全を考えよう！沈砂池での虫とり体験イベント」(2019年8月29日 石垣市 参加者約20名)
- 3) 観察会「ビオトープ昆虫学習会」(2019年11月3日与那国町参加者約20名)

- 4) 集中講義九州大学共創学部レクチャーシリーズ「自然と共生する社会資本整備を目指して～環境コンサル業務の紹介&話題提供～」(2019年12月1日 九州大学 受講者20名)
- 5) 観察会「ビオトープ昆虫学習会」(2021年12月4日、与那国町、参加者約30名)

#### (4) マスコミ等への公表・報道等

##### 【サブテーマ1】

- 1) 八重山毎日新聞(令和元年8月30日、八重山版、1頁、「沈砂池で水生昆虫採集 さまざまな生物の生息確認」)
- 2) 八重山日報(令和元年8月30日、八重山版、1頁、「沈砂池で水生昆虫採集 九大・荒谷教授ら研究チーム 赤土除去で水辺維持と改良土」)
- 3) NHK ニュース おきなわHOTeye(令和元年8月30日、沈砂池での水生昆虫類観察会の成果について5分ほど放送)

##### 【サブテーマ2】

- 1) 八重山毎日新聞(令和元年8月30日、八重山版、1頁、「沈砂池で水生昆虫採集 さまざまな生物の生息確認」)
- 2) 八重山日報(令和元年8月30日、八重山版、1頁、「沈砂池で水生昆虫採集 九大・荒谷教授ら研究チーム 赤土除去で水辺維持と改良土」)
- 3) NHK ニュース おきなわHOTeye(令和元年8月30日、沈砂池での水生昆虫類観察会の成果について5分ほど放送)

##### 【サブテーマ3】

- 1) 東海大学新聞(2020年5月1日 ゲンゴロウの保全に取り組む 希少種飼育の意義と課題 教養学部人間環境学科自然環境課程 北野 忠 教授)
- 2) 望星7月号(2020年7月1日、58-67頁、「ゲンゴロウを通し、自然との向き合い方を考える」)

##### 【サブテーマ4】

特に記載すべき事項はない。

##### 【サブテーマ5】

- 1) 八重山毎日新聞(令和元年8月30日、八重山版、1頁、「沈砂池で水生昆虫採集 さまざまな生物の生息確認」)
- 2) 八重山日報(令和元年8月30日、八重山版、1頁、「沈砂池で水生昆虫採集 九大・荒谷教授ら研究チーム 赤土除去で水辺維持と改良土」)
- 3) NHKニュース おきなわHOTeye(令和元年8月30日、沈砂池での水生昆虫類観察会の成果について5分ほど放送)
- 4) 日刊建設工業新聞(2020年4月15日3面 日本工営/赤土利用の新固化材で沖縄の環境保全に貢献/処理コストを低減)

#### (5) 本研究費の研究成果による受賞

##### 【サブテーマ1～5】

特に記載すべき事項はない。

## IV. 英文Abstract

Development of a method to understand the current distribution and abundance of endangered aquatic insects living in Satochi (Rural Settlements) in the Ryukyu Archipelago based on environmental DNA and formulation of their conservation units

Principal Investigator:Kunio ARAYA

Institution: Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University

744, Motooka, Nishi-ku, Fukuoka-City 819-0395 JAPAN

TEL/FAX: +81-92-802-5647

E-mail: araya@scs.kyushu-u.ac.jp

[Abstract]

Key Words: Ryukyu Archipelago, Satochi (Rural Settlements), Aquatic Insects, Endangered species, DNA library, Environmental DNA, ESU (Evolutionary Significant Unit)

In this research, a library of mitochondrial DNA data on rare aquatic insects in the Ryukyu Archipelago was constructed, and the genetic information obtained was used for their taxonomic revision and formulation of conservation management units, as well as for food habits analysis of alien species and for considering reinforcement to wild populations and reintroduction. We also developed a primer set for species-specific environmental DNA detection based on the DNA library, collected basic data on the relationship between population size and DNA copy number, as well as the relationship between water quality and DNA degradation rate, and established optimal sample collection methods. Using environmental DNA, we estimated the current distribution and abundance of endangered species and, based on scientific evidence, supported the regional extinction of the national endangered species of wild fauna and flora in Japan such as the diving beetle, *Cybister limbatus*, and the aquatic bug, *Laccotrephes grossus*, with a high degree of certainty. We also tried to develop a non-invasive DNA collection method using environmental DNA and a method for detecting intraspecific variation.

## IV. 英文Abstract

Accumulate of distribution and in-situ information on the endangered aquatic insects living in Satochi (Rural Settlements) in the Ryukyu Archipelago, with apply for conservation actions.

Principal Investigator: HARUKI Karube

Institution: Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 499 Iryuda, Odawara,  
250-0031 JAPAN

Tel: 81-465-21-15151 / Fax: 81-465-23-8846

E-mail: paruki@nh.kanagawa-museum.jp

[Abstract]

Key Words: Reason for the reduction of water insects in the Amami-Ryukyu region, Neonichochinoid, Neonicotinoide-based agrochemical, Invasive alien species, New face of endangered species, Creation of using heavy equipment.

- 1) Current situation of water insects in the Ryukyu archipelago are quickly changing worse, especially on the endangered species shows serious decline and rather common species recently shows rapid declines.
- 2) Paddy field in this area, now some of islands are completely missing it and remaining islands also sharply declining.
- 3) Neonicotinoide-based agrochemical commonly appeared on the usual paddy field and with very few species and numbers of water insects, contrarily, non-agrochemical paddy field with rich fauna and a numbers of water insects still survived.
- 4) Artificial plastic ponds effective for conservation for water insects in the Ryukyu archipelago too.
- 5) Water flora control method on the habitat of critical endangered odonatan species in Amami-Ohshima island, that effective for keep habitat of their reproduction; Creation of conservation ponds are very effective, when before pond making, it is important that make screening for the situation of agrochemical and invasive alien species.
- 6) During study for the endangered water insects, we study environmental factor at the same time, it is clear that main reason of declination are a) disappearance of environment of swampy area, b) Impacts of Neonicotinoide-based agrochemical, c) severe drought (recent occur frequently), d) Invasive alien fishes and water plants.

We should use these knowledges and making conservational plan for the endangered species.

## IV. 英文Abstract

Development of ex-situ conservation methods for endangered aquatic insects living in Satochi (Rural Settlements) in the Ryukyu Archipelago, Japan

Principal Investigator: Tadashi KITANO

Institution: School of Humanities and Culture, Tokai University, 4-1-1

Kitakaname, Hiratsuka-City, Kanagawa, 259-1292, JAPAN

Tel: +81-463-63-4428

E-mail: gengoroh@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

[Abstract]

Key Words: ex-situ conservation method, Aquatic insects, Ryukyu

In this study, we developed ex-situ conservation techniques for endangered aquatic insects of the Ryukyu Archipelago, and examined the effects of population restoration using captive bred individuals as a reinforcement to wild populations or for use in reintroduction. For the development of ex-situ conservation techniques, we used two model species, the diving beetle, *Cybister limbatus*, and the aquatic bug, *Laccotrephes grossus*, because they are large species and are distributed only in the the Ryukyu Archipelago in Japan. We determined their growth process from egg to adult and the number of eggs laid by females. We also found that the most important prey for the larval stage of *Cybister limbatus* is dragonfly nymph, and that the optimal water temperature for spawning is 25° C or higher. In addition, a rearing apparatus that does not require water changes for the larval stage was created, enabling simple rearing. For *Laccotrephes grossus*, the optimal water temperature for the larval stage was investigated, and 28° C was found to be optimal.

## IV. 英文Abstract

Assessment of the Impact of invasive alien species on endangered aquatic insects living in Satochi (Rural Settlements) in the Ryukyu Archipelago and Development of Countermeasure Methods

Principal Investigator: Atsushi TOMINAGA

Institution: Department of Natural Sciences  
Faculty of Education  
University of the Ryukyus  
1, Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan  
Tel (Fax): +81 98-895-8357  
E-mail: tominaga@edu.u-ryukyu.ac.jp

[Abstract]

Key Words: Amphibians; Aquatic insects; Invasive species; Predation, Ryukyu

The diet of the nonnative American Bullfrog *Lithobates catesbeianus* occurring in Ogimi Village of Okinawajima, Ryukyu Archipelago, is investigated. Seventy two of 89 frogs (nine adults, five subadults, and 58 juveniles) captured had food items in its stomach. We identified a total of 64 taxa from 253 food items. Our analyses show that (1) the diet consists mainly of terrestrial prey, (2) mollusks and vertebrates are the essential prey groups for adults and subadults, and (3) odonates, mollusks, and arachnids are the main prey for juveniles. Such dietary habits are quite different from those of several conspecific nonnative populations in mainland Japan and other regions. Part of this is most likely related to the absence of the frog's favorite prey, nonnative American crayfish *Procambarus clarkii*, in the study area. We also confirm the predation of a poisonous newt *Cynops ensicauda popei* (Salamandridae) and several aquatic insects by this frog and present some implications for these results.

## IV. 英文Abstract

Development of community-based in-situ conservation and habitat restoration methods for endangered aquatic insects living in Satochi (Rural Settlements) in the Ryukyu Archipelago

Principal Investigator: Mineto TOMOSAKA

Institution: Okinawa Branch, Office, NIPPON KOEI

Tsubokawa 3-5-1, Naha City, Okinawa, Japan

Tel: +81-98-832-0161/Fax: +81-98-832-0162

E-mail: a4441@n-koei.co.jp

[Abstract]

Key Words: in-situ conservation, habitat restoration, Aquatic insects, Ryukyu

In this study, the following contents were implemented: 1) Development of methods to utilize sedimentation ponds as biotopes for rare aquatic insects, which are unique to the Amami and Ryukyu Regions; 2) Development of methods to utilize fallow rice fields as biotopes; 3) Examination of pesticide (insecticide) effects; 4) Implementation of community-based in-habitat conservation and habitat restoration techniques, and in particular, publicizing the potential for maintaining and improving the multifunctionality of agricultural land through the use of biotopes for sedimentation ponds and fallow rice paddies.