

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03149

研究課題名(和文) 多様性と共通性の視点で生命現象を捉える理科教材の開発と実践

研究課題名(英文) Development and practice of science teaching materials to understand life phenomena from the perspective of diversity and commonality

研究代表者

杉尾 幸司 (Sugio, Koji)

琉球大学・教育学研究科・教授

研究者番号：20433089

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、亜熱帯地域と温帯地域に生息する身近な生物の比較を通して「生物の多様性(地域性)と共通性」を実感できる教材を開発し、授業実践による有効性の検証を行う事を目的に実施した。これまで、亜熱帯地域の身近な自然環境に対応した理科教材の研究開発が、十分に行われてこなかった理由の一つに、教材開発の基礎となる対象生物に関する情報の不足があげられる。そのため、本研究では、対象となる生物の基礎的な生態調査とその結果を活用した教材開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

亜熱帯地域の身近な自然環境に対応した理科教材のためには、分類・生態分野の研究者と理科教育分野の研究者が協力して、対象となる生物の基礎的な生態調査とその結果を活用した教材開発を、継続的に行っていく必要がある。本研究は、理科教育と生物学の専門家が協力して、理科教育の視点から生態調査・教材開発を行う独創的な取り組みであり、小学校から高等学校の授業において包括的に活用可能な教材の開発につながる、教育的価値の高い研究である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop teaching materials that enable students to experience "biological diversity (regional characteristics) and commonality" by comparing familiar organisms living in subtropical and temperate regions, and to verify their effectiveness through classroom practice. One of the reasons why there has been insufficient research and development of science teaching materials for the familiar natural environment of subtropical regions is the lack of information on the target organisms, which is the basis for the development of teaching materials. Therefore, in this study, we conducted a basic ecological survey of the target organisms and used the results to develop teaching materials.

研究分野：科学教育

キーワード：生物多様性 理科教材 亜熱帯 自然環境

### 1. 研究開始当初の背景

自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ることは、理科の現学習指導要領での重要項目であるため、身近な自然環境に生息する動植物を教材とした実験・観察は、小中高の理科教科書に数多く掲載されている。

たとえば、小学4年で学習する「季節変化に伴う生物の観察」では、四季の移り変わりに応じて変化するサクラやアゲハチョウなどの動植物の様子が教材として使われている。また、中学1年の4月に学習する生物の観察では、スギナやアブラナなどの春に見られる身近な植物が紹介されている。これらの生物は、身近な環境で良く目にする親しみのある生き物であるため、多くの教科書に採用されていると思われるが、その裏付けとなるのが、地球上の生物の分布をもとに世界を8つに区分した「生物地理区」である。日本の大部分の地域は「旧北区」に属しているため、地域による多少の違いはあるものの、北海道から九州まで共通の生物相を持っている。そのため、教科書に取り上げられている身近な生物は、どの地域でも教材として問題なく利用できる。

しかしながら、トカラ列島の小島以南の亜熱帯地域は、別の生物地理区である「東洋区」に属しており、鹿児島県の奄美諸島や沖縄県は、他府県とは異なる生物相を持っている。そのため、教科書に観察対象として紹介されている生物が「分布していなかったり」、分布している近縁種は「季節の活動パターンが異なっていたり」することが多く、教科書の記述にこだわると、実感の伴わない丸暗記の学習になってしまう。しかし、生物が生息環境に適応して進化してきた結果としてこれらの違いが生じている事を理解させる教材があれば、実感を伴った学習は十分に可能であると考えた。また、学習指導要領の「生命」領域では、「多様性と共通性」が生命現象を捉える視点として重要なキーワードとなっている。そのため、これまでの日本本土での知見に、亜熱帯地域での新たな調査結果を組み合わせ、異なる地域に生息する生物の「違いと共通性」について多面的な理解が可能となるように工夫した「生物の多様性と共通性」を実感できる教材を開発し、その有効性について検証することを着想した。

### 2. 研究の目的

これまで、亜熱帯地域の身近な自然環境に対応した理科教材の研究開発は、十分に行われてこなかった。その理由の一つに教材開発の基礎となる対象生物に関する情報の不足があげられる。沖縄県には、学術的に価値の高い種が数多く生息しているが、その種数の多さに比べて、それらの種を調査する研究者の数が少ないのが現状である。そのため、この地域の希少種でさえも、何も調べられないままに放置された状態にあることも珍しくなく、その生活史や生態に関する知見は決定的に不足している。また、ありふれた存在である身近な種については、絶滅が心配される希少種のように注目されず、さらに生態学的研究が進んでいない状況にある。

そのため、効果的な教材開発のためには、分類・生態分野の研究者と理科教育分野の研究者が協力して、対象となる生物の基礎的な生態調査とその結果を活用した教材開発を、継続的に行っていく必要がある。本研究は、これまでの日本本土での知見に、亜熱帯地域での新たな調査結果を組み合わせることによって、「生物の多様性と共通性」を実感できる教材を開発し、授業実践による有効性の検証を行うことを目的に、理科教育と生物学の専門家が協力して、理科教育の視点から生態調査・教材開発を行う取り組みとして実施した。

### 3. 研究の方法

動物の発生に関する教材研究では、リュウキュウカジカガエルを対象に行った。発生を観察するための受精卵を得るために、繁殖期の雌雄を飼育ケージに入れて、自然産卵を得た。そのほか、排卵後のメスを解剖して、同様に解剖したオスの精巢の懸濁液を媒精することで受精卵が得られるか検討した。得られた受精卵をもとに発生段階の作成を行った。また、高等学校などで実施可能なDNAに関する教材開発のため、琉球列島に生息するヒメアマガエル、ヌマガエルなどの遺伝的変異の調査を行った。そのうえで、リュウキュウカジカガエル、ヒメアマガエル、牛、豚、鶏の同一遺伝子を増幅可能なユニバーサルプライマーを検討した。得られた16SrRNA領域のDNA断片を制限酵素処理して、断片像から種判別可能な制限酵素を見つけ出した。これらの実験と共に、学校教育において短時間で、実践可能な実験内容にするために、DNA抽出の短時間化、PCR反応の短時間化、制限酵素処理の短時間化等を実現するために、使用する試薬を検討し、実験手順を見直して、おおよそ4時間程度で実施可能な内容になるように調整した。これらの教材をもとに、沖縄県下の公立高校で高校生相手の教育実践を行ったほか、一部の工程についての実習を生物担当教員の研修として実施した。

植物に関する教材研究では、沖縄島の古宇利島を調査地点に定め、フェノロジー（生物季節）を考慮して現地調査を実施した。島内をくまなく歩き、出現した植物を目視記録し、同定や分布の証拠のため適宜標本を採集した。同定された標本は全て琉球大学教育学部植物標本室（URO）に納められている。また、証拠標本や分布記録を補完するため、出現種の形態や生育状況についても生育地で可能な限り詳細に撮影し、このデジタルデータもUROに納めた。また、現地調査に加え、UROや琉球大学理学部標本室（RYU）ならびに国立科学博物館（TNS）収蔵されている古宇利島産標本の調査を実施した。これらの標本調査結果と画像記録に、目視記録も加えて、古宇利島の野生植物目録を作成した。さらに、フェノロジーを把握するため、開花しているもの、結実

しているもの、孢子嚢をもつもの、落葉中のものを中心に目視による記録を毎行なった。この目視記録に近隣の島嶼や本部半島などで行なった現地調査による記録や文献の記述を加え、花期、果期、孢子期など種ごとのフェノロジーを可能な限り推定し、沖縄県において植物を教科として利用する際に必要となるフェノロジー情報の集積を進めた。

#### 4. 研究成果

リュウキュウカジカガエルを対象に行った動物の発生に関する教材研究では、リュウキュウカジカガエルは他のアオガエル科の種と比べ、受精から変態までの発生速度が早く、特に受精から孵化までの発生が著しく早いこと、各発生段階の特徴においてはアイフィンガーガエルといくつかの共通した特徴を持つことが明らかになった(図1, 図2)。発生速度が早い理由としては、本種が流量の変動の激しい環境に生息しているため、卵や幼生の時期に豪雨などの影響で死亡するのを回避するために、このような特性が進化していると考えられる。また、各発生段階の特徴では、アイフィンガーガエルと共通の外形上の特徴を持つことが分かった。

リュウキュウカジカガエルやその近縁種は、沖縄県であればどの地域にも生息し、繁殖期にはオスやメスを採集することも簡単で、容易に卵を得ることができる。本種の初期発生時には、1時間余りの時間で、卵割の様子を観察することができ、沖縄県独自の教材として利用可能であることが示された。今後、学校教育の実践での活用を検討したい。

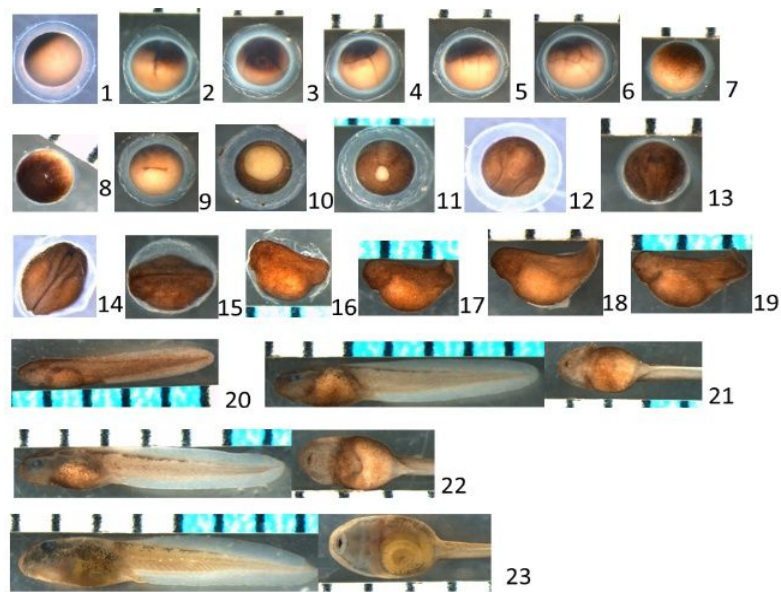


図1. リュウキュウカジカガエルの発生段階図の一部

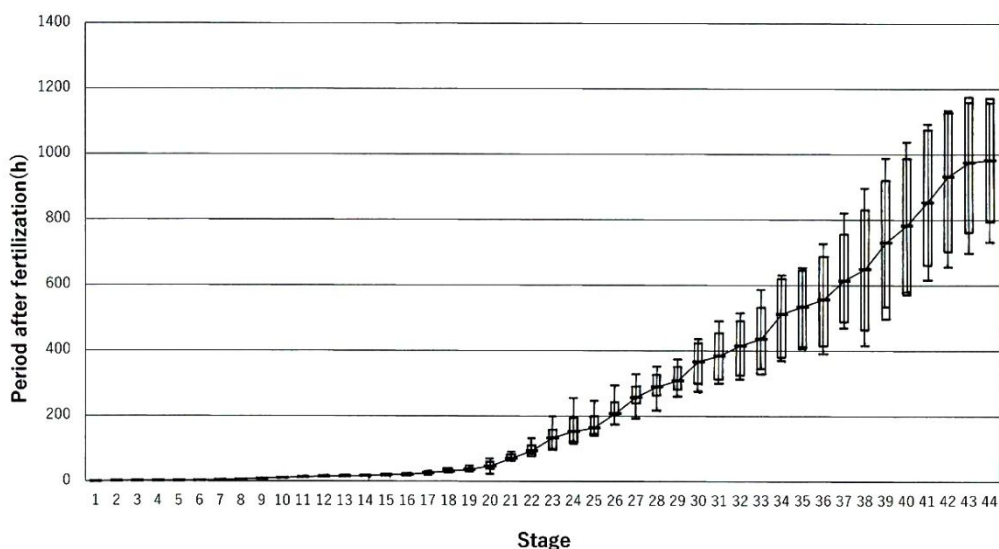


図2. リュウキュウカジカガエルの発生速度を示す図。縦軸が受精からの時間。横軸が発生段階を示す。



での生育の証拠となる標本が確認できたものが13科17属18種あった。現地調査および標本調査により古宇利島から見出された種は111科341属465種1亜種5変種2品種であった(表1)。

表1. 古宇利島に野生する維管束植物数

分類群	科	属	自生			帰化			逸出			総計						
			種	亜種	品種	種	亜種	品種	種	亜種	品種	種	亜種	品種				
シダ植物	10	12	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
種子植物	裸子植物	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		被子植物	99	328	295	1	4	2	109	0	1	0	41	0	0	0	445	1
合計	111	342	315	1	4	2	109	0	1	0	41	0	0	0	465	1	5	2

また、そのうち自生のものは315種1亜種4変種2品種で、帰化・逸出種は合わせて150種1変種であった。種内分類群も1種として数えた数を、沖縄島周辺小島嶼農地最近の調査記録がまとまっている7島と比較した(表2)。

古宇利島はこれらの島嶼の中では最も面積が大きく標高も高いが、出現する種数は面積が古宇利島に次ぐ瀬底島の方が多かった。瀬底島の方が種子の供給源になり得る沖縄島からの距離の近いことが影響しているのかもしれない(表2)。

表2. 古宇利島および沖縄島周辺小島嶼に野生する植物数の比較

島嶼名	面積(km <sup>2</sup> )	最高標高(m)	距離(km) <sup>1</sup>	種数 <sup>2</sup>			帰化率 (%) B/(A+B)	調査期間	文献
				自生(A)	帰化・逸出(B)	総種数(A+B)			
古宇利島	3.17	107	1.3	322	151	473	31.9	2013~20	本報告
瀬底島	2.99	76	0.6	334	155	489	31.7	2013~19	齊藤ら 2019 齊藤ら 2020
浜比嘉島	2.09	79	4.0	262	118	380	31.1	2010~14	立石ら 2014
津堅島	1.88	39	4.0	266	139	405	34.3	2011~13	天野ら 2013
伊計島	1.75	49	10.0	247	134	381	35.2	2012~15	立石ら 2016
久高島	1.37	17	6.0	219	99	318	31.1	2000~12	天野ら 2012 寺田・大屋 2012
藪地島	0.62	43	0.1	246	112	358	31.3	2010~17	佐藤ら 2017
水納島	0.47	12	6.0	173	85	258	32.9	2007~10	伊波ら 1996 立石ら 2011

<sup>1</sup> 沖縄島からの最短距離。 <sup>2</sup> 亜種以下の種内分類群も1種に数えた。

その他、教材の質的評価方法を確立するために、高校の探究活動等においても「一枚ポートフォリオ評価(OPPA)」を使用して生徒の認知レベルの変化について検証を進めた。「生物の分類」に関する授業実践では、生物を分類することの重要性について、実践前には「種類ごとにまとめるため」あるいは「生き物の種類を分ける」という認識が、実践後では「種を認識するため」、「比較して認識するため」というより深い理解に繋がっている事例も確認され、また、「分類とは、分けるものだと思っていたが、まとめることだと聞いて衝撃がはした」、「研究の際には、データや様々なものの類似を探してまとめ、種の認識をすることが同定するために大切だと理解できた」といった、自己の認知レベルの変化を報告する記述も見られるなど、本研究で使用した教材および実践が、生徒の概念変化の促進に有効であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakamura Yasuyuki, Tominaga Atsushi	4. 巻 40
2. 論文標題 Diet of the American Bullfrog <i>Lithobates catesbeianus</i> Naturalized on Okinawajima, Ryukyu Archipelago, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Current Herpetology	6. 最初と最後の頁 40-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5358/hsj.40.40	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tominaga, A., Matsui, M, Matsui, M.	4. 巻 59
2. 論文標題 Structure and movement of the hybrid zone between two divergent lineages of the Japanese newt <i>Cynops pyrrhogaster</i> (Amphibia: Urodela) in Central Japan.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research	6. 最初と最後の頁 1097-1112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Masafumi, Tominaga Atsushi	4. 巻 39
2. 論文標題 A New Species of <i>Buergeria</i> From the Southern Ryukyus and Northwestern Taiwan (Amphibia: Rhacophoridae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Herpetology	6. 最初と最後の頁 160 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5358/hsj.39.160	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsui Masafumi, Tominaga Atsushi	4. 巻 39
2. 論文標題 Distinct Species Status of a <i>Microhyla</i> from the Yaeyama Group of the Southern Ryukyus, Japan (Amphibia, Anura, Microhylidae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Herpetology	6. 最初と最後の頁 120 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5358/hsj.39.120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富永篤	4. 巻 4
2. 論文標題 アカハライモリの多様性と分化過程	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Caudata	6. 最初と最後の頁 2-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大越光太郎・天野正晴・佐藤寛之・立石庸一・杉山巳次・富永篤・齊藤由紀子	4. 巻 98
2. 論文標題 沖縄県の離島・へき地における自然教育のための基礎資料の充実XII: 今帰仁村古宇利島の植物相古宇利島の植物相	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 171-193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sugio Koji, Miyaguni Yasushi, Yoshimura Tsuyoshi	4. 巻 23
2. 論文標題 Colony structure and caste distribution in living trees of the Ryukyu drywood termite, <i>Neotermes sugioi</i> (Blattodea: Kalotermitidae) in Okinawa Island	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Asia-Pacific Entomology	6. 最初と最後の頁 853 ~ 862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aspen.2020.07.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮国泰史・東江あやか・福本晃造・杉尾幸司	4. 巻 98
2. 論文標題 「問われる立場」から「問う立場」への変化を促す授業づくり - 科学教育における「質問づくり」を取り入れたオンライン授業 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 47-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tominaga Atsushi、Matsui Masafumi、Shimoji Naoko、Khonsue Wichase、Wu Chi Shiun、Toda Mamoru、Eto Koshiro、Nishikawa Kanto、Ota Hidetoshi	4. 巻 48
2. 論文標題 Relict distribution of Microhyla (Amphibia: Microhylidae) in the Ryukyu Archipelago: High diversity in East Asia maintained by insularization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Zoologica Scripta	6. 最初と最後の頁 440 ~ 453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/zsc.12361	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 杉尾幸司・宮国泰史	4. 巻 4
2. 論文標題 探究的な学習課題としてのSDGs(持続可能な開発目標)に対する認識 - 高等学校での事例分析 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 琉球大学大学院教育学研究科高度教職実践専攻紀要	6. 最初と最後の頁 85-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 中村元紀・宮国泰史・藤井晴彦・杉尾幸司	4. 巻 96
2. 論文標題 幼稚園教諭にむけた自然体験活動に関するワークショップの実施報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 琉球大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 13-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 富永篤・中村泰之
2. 発表標題 沖縄島に生息するウシガエルの食性
3. 学会等名 日本爬虫両棲類学会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 中村泰之・富永篤
2. 発表標題 沖縄島北部における外来種シロアゴガエルの食性
3. 学会等名 日本爬虫両棲類学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾崎洸太郎・西川完途・松井正文・富永篤
2. 発表標題 イボイモリの頭骨における地理的変異
3. 学会等名 日本爬虫両棲類学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tominaga, A., Matsui, M., Khonsue, W., Wu, CS
2. 発表標題 Relict distribution of Microhyla in the Ryukyu Archipelago: High diversity in East-Asia maintained by insularization
3. 学会等名 Symposium "Biology of the Frog Family Microhylidae"9th World Congress of Herpetology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富永篤・城間大輝・山本結沙・栗田一輝・千木良芳範
2. 発表標題 野外におけるイボイモリの移動距離と成長
3. 学会等名 日本爬虫両棲類学会 第58回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富永篤・松井正文
2. 発表標題 琉球列島のヒメアマガエルの多様性と遺存的分布
3. 学会等名 日本動物学会 第90回 大阪大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富永篤・城間大輝・山本結沙・栗田一輝・千木良芳範
2. 発表標題 標識再捕獲法で得られたイボイモリの移動距離、行動圏に関する知見
3. 学会等名 沖縄生物学会第56回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 城間大輝・富永篤・山本結沙・栗田一輝・千木良芳範
2. 発表標題 イボイモリの変態後の成長について
3. 学会等名 沖縄生物学会第56回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒谷 邦雄・苅部 治紀・北野 忠・富永 篤・富坂 峰人
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本昆虫学会第79回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮国泰史, 福本晃造, 城間吉貴, 杉尾幸司, 古川 雅英
2. 発表標題 研究計画書の分析に基づく児童・生徒の研究概念の分類と発達経路
3. 学会等名 日本科学教育学会第43 回年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 富永篤 (分担)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 北九州魚部	5. 総ページ数 160
3. 書名 特盛山椒魚本	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	齊藤 由紀子 (Saito Yukiko)  (30626106)	琉球大学・教育学部・准教授  (18001)	
研究分担者	富永 篤 (Tominag Atsushi)  (60452968)	琉球大学・教育学部・准教授  (18001)	
研究分担者	福本 晃造 (Fukumoto Kozo)  (80549816)	琉球大学・教育学部・准教授  (18001)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------