

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：27401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12151

研究課題名（和文）黒潮の生産力を向上させる黒潮分岐流域の低次生産構造

研究課題名（英文）Production and structure of the lower trophic level in the branch current, promoting production of Kuroshio Ecosystems.

研究代表者

一宮 睦雄 (Ichinomiya, Mutsuo)

熊本県立大学・環境共生学部・教授

研究者番号：30601918

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：黒潮へ合流する黒潮分岐流は、沿岸域の豊富な栄養塩、プランクトン、仔魚を黒潮へ供給すると考えられる。申請者は、黒潮分岐流が流れる鹿児島湾周辺海域で海洋調査を行った。調査の結果、春季に湾口域で発生する植物プランクトンブルームを発見した。黒潮分岐流由来の暖流が湾内に流入すると、富栄養塩な湾内水が湾口で湧昇し、ブルームが発生することを明らかにした。これを起点に動物プランクトンおよびマアジ、サバ類仔魚の現存量が高くなっており、さらにこれらの群集が湾外へ輸送されていることを見出した。本研究成果により、黒潮の生産力を向上させる「黒潮分岐流による給餌効果」という新たなメカニズムを提案することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、黒潮分岐流黒潮の生産力を向上させる可能性を示すことができた。「による給餌効果」という新たなメカニズムを提案することができた。黒潮分岐流が植物プランクトンブルームを発生させるとともに、それらの湾外への輸送を示したことは海洋学分野に大きなインパクトを与えたといえる。本研究では水産重要種であるマアジ、サバ類の新たな産卵海域が発見された。鹿児島湾周辺海域は回遊性魚類の隠れたホットスポットであり、回遊メカニズムに新たな解釈を与える。黒潮は貧栄養で生物生産力が低い「海の砂漠」と認識されてきた。本研究の成果により、黒潮は生物生産力が高い「豊穡の海」であるという認識の大きな変革をもたらす。

研究成果の概要（英文）：The Kuroshio branch current could supply abundant nutrients, plankton, and larval fish in coastal areas to the Kuroshio region. We conducted oceanographic surveys in the surrounding areas of the Kagoshima Bay where the Kuroshio branch current flows. As a result, we found phytoplankton blooms that occur at the bay mouth in spring. This bloom occurred because nutrient rich coastal water upwelled at the bay mouth when a warm water mass originating from the Kuroshio branch current flows into the bay. This phytoplankton bloom sustained high biomass of zooplankton, larvae of Japanese jack mackerel and mackerels, and these plankton communities were transported out of the bay. Our results propose a new mechanism that the feeding effect of the Kuroshio branch current enhances the productivity of the Kuroshio ecosystem.

研究分野：生物海洋学

キーワード：黒潮分岐流 植物プランクトン 動物プランクトン 仔魚 黒潮

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本来貧栄養で植物プランクトン生産力が低いはずの黒潮流域で、回遊性魚類の多くが産卵をすることは、水産学上の大きな謎であった。近年、黒潮の速い流れが起こす渦が深層の栄養塩を表層へ供給するなど、黒潮の生産力を向上させるメカニズムの存在が明らかとなり、その解明に注目が集まっている。一方、黒潮には多くの分岐流があり、いくつかは沿岸域を通して黒潮本流へ合流する。分岐流は富栄養で植物プランクトン量の高い沿岸水を取り込むため、合流によって黒潮本流の生産力を高める要因になると考えられる。

申請者らは黒潮分岐流と鹿児島湾のフロント(境界)域を含む薩南海域で調査を行ってきた。その結果、春季にフロント域で植物プランクトンが大発生し、下流の大隅分岐流域で植物プランクトンが多くなることを見出した。さらに、マアジやサバ類の仔魚が多いことを発見した。黒潮分岐流域では沿岸から植物プランクトンが供給され、動物プランクトンや仔魚に良い餌環境が提供されているとの着想を得た。

2. 研究の目的

本研究では黒潮の生産力を向上させる「黒潮分岐流域における低次生産構造の解明」を目指す。黒潮分岐流の一つである大隅分岐流が定常的に存在し、多様な回遊性魚類仔魚の索餌海域となっている薩南海域をモデル海域として、以下3つの研究に取り組む。

(1) 黒潮分岐流ー沿岸フロントにおける植物プランクトンブルーム発生機構

フロント域の植物プランクトンブルーム発生要因を、物理・化学環境(水温・塩分・栄養塩・流速)の解析から栄養塩の供給機構を明らかにすることにより、解明する。

(2) 黒潮分岐流による沿岸起源の植物プランクトンの取り込み過程

フロント域で発生する植物プランクトンが黒潮分岐流へ取り込まれる過程を、沿岸、フロント、黒潮分岐流由来の水塊の分布状況から評価する。水塊区分は、環境DNAのメタバーコーディング解析で得られる植物プランクトン群集組成の類似度を用いて行う。

(3) 黒潮分岐流による植物プランクトンの輸送量と高次栄養段階への転送量

黒潮分岐流に取り込まれた植物プランクトンは、下流の大隅分岐流へ輸送されるとともに、輸送過程で動物プランクトンや仔魚に捕食されると予想される。そこで、ラグランジュ観測によって移流水塊中の植物・動物プランクトン、仔魚生物量の変化を調べ、黒潮本流への輸送量と高次栄養段階への転送量を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究計画では、薩南海域において鹿児島大学南星丸およびかごしま丸を用いて観測を行った。2019年にはコロナ禍で調査ができなかったため、過去に採集したサンプルを一部使用した。

(1) 黒潮分岐流ー沿岸フロントにおける植物プランクトンブルーム発生機構

- ・鹿児島湾内外で観測を行い、物理・化学要因と植物プランクトンサンプルを採集する。
- ・物理・化学要因と植物プランクトン量との関係を解析し、ブルーム発生要因を解明する。

(2) 黒潮分岐流による沿岸起源の植物プランクトンの取り込み過程

- ・環境DNAサンプルを採集し、DNA抽出及びシーケンスは外注する。メタバーコーディング解析によって植物プランクトン各種のリード数データを得、群集組成を明らかにする。
- ・PCソフトのPrimer 7を用いて測点間における植物プランクトン群集組成の類似度を算出し、沿岸ーフロントー黒潮分岐流の水塊区分を行う。

(3) 黒潮分岐流による植物プランクトンの輸送量と高次栄養段階への転送量

- ・大隅分岐流でラグランジュ観測を行い、植物・動物プランクトンおよび仔魚を採集する。顕微鏡を用いて各生物群の細胞密度、個体数密度および生物量を測定する。
- ・大隅分岐流の上流から下流までの植物プランクトン生物量の変化から輸送量を評価する。
- ・既往文献を用いて、各生物群の生物量を有機炭素量に変換する。有機炭素量の変化から輸送過程における植物プランクトンの動物プランクトン、仔魚への転送量を評価する。

4. 研究成果

(1) 黒潮分岐流ー沿岸フロントにおける植物プランクトンブルーム発生機構

鹿児島湾内・湾外のフロント域において、植物プランクトンと、環境(水温・塩分・栄養塩)データとの解析を行った。その結果、毎年春季に湾口域において植物プランクトンブルームが発生していることを見出した(図1)。

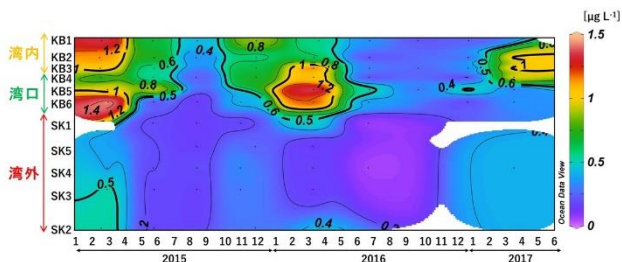


図1. 鹿児島湾周辺海域における植物プランクトン(Chl. a)量の季節変動

鹿児島湾には黒潮分岐流から分離した黒潮暖水舌が定期的に流入する。この暖水が湾内に表層から流入すると、栄養塩を多く含む湾内水が湾外へ流出する。その際、湾口域が浅くなっているため、湾内水が表層水と混合することによって栄養塩が供給され、植物プランクトンブルームが発生すると推察された。本成果によって、沿岸域と黒潮分岐流とのインタラクションによって植物プランクトンブルームが定期的に発生すること示した（引用文献①、②）。

(2) 黒潮分岐流による沿岸起源の植物プランクトンの取り込み過程

フロント域で発生する植物プランクトンが湾外を流れる黒潮分岐流へと取り込まれる過程を、沿岸、フロント、黒潮分岐流由来の水塊の分布状況から評価した。その結果、湾口域と類似した群集が湾外にも見られ（クラスター、C4）、沿岸由来の低塩分水とともに植物プランクトンも湾外へ輸送されていることが明らかとなった（図2）。すなわち、上述の湾口で発生した植物プランクトンの一部が湾外に流出し、黒潮へと合流する黒潮分岐流域の低次生産を高めていると考えられた。

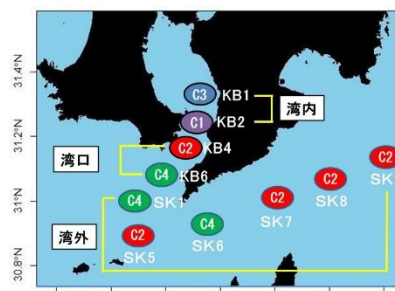


図2. 鹿児島湾周辺海域における植物プランクトン群集の水平分布

(3) 黒潮分岐流による植物プランクトンの輸送量と高次栄養段階への転送量

鹿児島湾口域で発生する植物プランクトン生産物が、動物プランクトンの捕食による高次栄養段階への転送量を評価した。その結果、多くの場合メソ動物プランクトン現存量が植物プランクトン現存量よりも高くなっていった。このことから、増殖した植物プランクトン由来の有機物が効率的にメソ動物プランクトンに輸送されていると推察された（引用文献③、④）。

鹿児島湾口域におけるメソ動物プランクトン現存量の季節変動を調査した結果、毎年春季にメソ動物プランクトン生物量がピークに達することを見出した（図3）。さらに、湾口域ではカタクチイワシ、マアジ、サバ類（マサバ、ゴマサバ）仔魚の現存量が高いことを見出した。これらのことは春季に湾口域で発生する植物プランクトンブルームが、メソ動物プランクトンやそれらを餌とする魚類仔魚の現存量に影響を与えていることを示唆している。

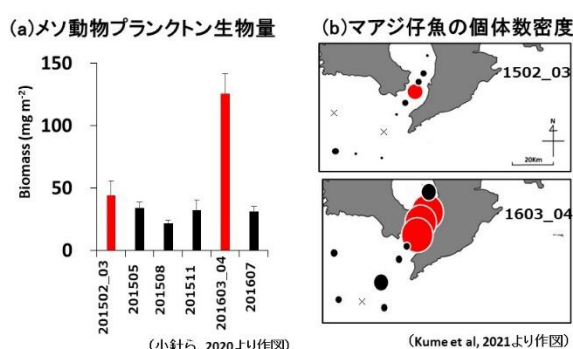


図3. 鹿児島湾湾口部における(a)メソ動物プランクトン生物量の季節変動および(b)マアジ仔魚の分布

以上の成果により、黒潮の生産力を向上させる「黒潮分岐流による給餌効果」という新たなメカニズムを提案することができた（図4）。

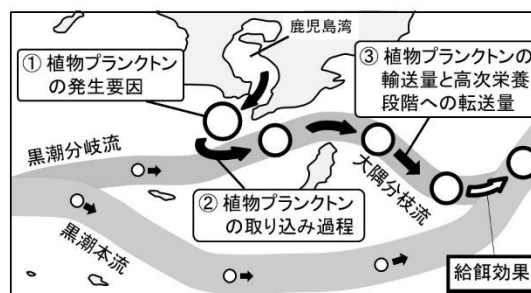


図4. 沿岸域から黒潮分岐流、本流へ供給される植物プランクトン

<引用文献>

- ① Komorita T, Kobari T, Kume G, Sawada D, Nagata T, Habano A, Arita Y, Makino F, Ichinomiya M (2021) Spring phytoplankton blooms in the Northern Satsunan region, Japan, stimulated by the intrusion of Kuroshio Branch water. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*: 259 <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107472>
- ② Ichinomiya, M, Nomiya T, Komorita T, Kobari T, Kume G, Habano A, Arita Y, Makino F (2022) Seasonal influence of intrusion from the Kuroshio Current on microplankton biomass and community structure in the northern Satsunan area, western Japan. *Journal of Marine Systems*: 234: 103767 doi.org/10.1016/j.jmarsys.2022.103767
- ③ 小針統, 山崎朱音, 遠藤有紀, 久米元, 小森田智大, 一宮睦雄, 幅野明正, 有田洋一, 牧野文洋 (2020) 北部薩南海域におけるメソ動物プランクトン群集の時空間変動. *海の研究* 29(6) 217-232. [Doi: 10.5928/kaiyou.29.6_217](https://doi.org/10.5928/kaiyou.29.6_217)
- ④ Kume G, Shigemura T, Okanishi M, Hirai J, Shiozaki K, Ichinomiya M, Komorita T, Habano A, Makino F, Kobari T (2021) Distribution, Feeding Habits, and Growth of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*, Larvae During a High-Stock Period in the Northern Satsunan Area, Southern Japan. *Front. Mar. Sci.*, 07 doi.org/10.3389/fmars.2021.725227

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ichinomiya Mutsuo, Nomiya Takehito, Komorita Tomohiro, Kobari Toru, Kume Gen, Habano Akimasa, Arita Yoichi, Makino Fumihiro	4. 巻 234
2. 論文標題 Seasonal influence of intrusion from the Kuroshio Current on microplankton biomass and community structure in the northern Satsunan area, western Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Marine Systems	6. 最初と最後の頁 103767 ~ 103767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmarsys.2022.103767	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 Kobari Toru, Shinyashiki Maharu, Saito Kanako, Kume Gen, Ichinomiya Mutsuo, Komorita Tomohiro, Miyamoto Hiroomi, Okazaki Yuji, Makino Fumihiro, Fukuda Ryuji, Hyodo Fujio, Noguchi-Aita Maki	4. 巻 210
2. 論文標題 Trophic sources and pathways of mesozooplankton and fish larvae in the Kuroshio and its neighboring waters based on stable isotope ratios of carbon and nitrogen	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress in Oceanography	6. 最初と最後の頁 102952 ~ 102952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pocean.2022.102952	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 Komorita Tomohiro, Kobari Toru, Kume Gen, Sawada Daiki, Nagata Takuya, Habano Akimasa, Arita Yoichi, Makino Fumihiro, Ichinomiya Mutsuo	4. 巻 259
2. 論文標題 Spring phytoplankton blooms in the Northern Satsunan region, Japan, stimulated by the intrusion of Kuroshio Branch water	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 107472 ~ 107472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2021.107472	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 Kume Gen, Shigemura Taichi, Okanishi Masahiro, Hirai Junya, Shiozaki Kazuhiro, Ichinomiya Mutsuo, Komorita Tomohiro, Habano Akimasa, Makino Fumihiro, Kobari Toru	4. 巻 8
2. 論文標題 Distribution, Feeding Habits, and Growth of Chub Mackerel, <i>Scomber japonicus</i> , Larvae During a High-Stock Period in the Northern Satsunan Area, Southern Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2021.725227	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 小針統, 山崎朱音, 遠藤有紀, 久米元, 小森田智大, 一宮睦雄, 幅野明正, 有田洋一, 牧野文洋	4. 巻 29
2. 論文標題 北部薩南海域におけるメソ動物プランクトン群集の時空間変動	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 海の研究	6. 最初と最後の頁 217-232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5928/kaiyou.29.6_217	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 Kume Gen, Kobari Toru, Hirai Junya, Kuroda Hiroumi, Takeda Tsutomu, Ichinomiya Mutsuo, Komorita Tomohiro, Aita-Noguchi Maki, Hyodo Fujio	4. 巻 168
2. 論文標題 Diet niche segregation of co-occurring larval stages of mesopelagic and commercially important fishes in the Osumi Strait assessed through morphological, DNA metabarcoding, and stable isotope analyses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-020-03810-x	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 眞子裕友, 小針統, 久米元, 兵藤不二夫, 相田真希, 一宮睦雄, 小森田智大, 河邊玲, 中村乙水, 米山和良, 土田洋之	4. 巻 -
2. 論文標題 北部薩南海域におけるジンベエザメの餌料源	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本プランクトン学会報	6. 最初と最後の頁 -
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 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 皆川暁慶, 小針統, 平井惇也, 神野智, 塩崎一弘, 一宮睦雄, 小森田智大, 久米元
2. 発表標題 薩南海域におけるウナギ目レプトセファルス幼生の食性
3. 学会等名 日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 盛満彩加, 久米元, 小玉将史, 一宮睦雄, 小森田智大, 福田隆二, 中村啓彦, 仁科文子, 小針統
2. 発表標題 黒潮域亜表層水の混合によって励起された植物プランクトンの増殖
3. 学会等名 日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomohiro Komorita, Mutsuo Ichinomiya, Toru Kobari, Gen Kume, Shin'ichro Kako, Akimasa Habano, Yoichi Arita, Fumihiro Makino
2. 発表標題 Temporal changes of microplankton community after the inflow of the Kuroshio branch current in the Northern Satsunan region, southern Japan during mixing period
3. 学会等名 PICES-2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroyuki Oba, Toru Kobari, Taichi Shigemura, Kazuhiro Shiozaki, Mutsuo Ichinomiya, Tomohiro Komorita, Gen Kume
2. 発表標題 Growth and food requirement of chub mackerel <i>Scomber japonicus</i> larvae in the northern Satsunan area, southern Japan
3. 学会等名 PICES-2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akinori Minagawa, Toru Kobari, Junya Hirai, Satoru Jinno, Kazuhiro Shiozaki, Mutsuo Ichinomiya, Tomohiro Komorita, Gen Kume
2. 発表標題 The food source of anguilliform leptocephali in the Satsunan area, southern Japan
3. 学会等名 PICES-2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Yusuke Manako, Toru Kobari, Mutsuo Ichinomiya, Tomohiro Komorita, Akimasa Habano, Takafumi Azuma, Gen Kume
2. 発表標題	Protein synthetases activity of fish larvae appearing in the Kuroshio and its neighboring waters.
3. 学会等名	PICES-2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Mutsuo Ichinomiya, Takehito Nomiya, Tomohiro Komorita, Toru Kobari, Gen Kume, Akimasa Habano, Yoichi Arita, Fumihiro Makino
2. 発表標題	Seasonal influence of intrusion from the Kuroshio Current on microplankton biomass and community structure in the northern Satsunan area, western Japan.
3. 学会等名	PICES-2022 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	中谷颯人, 一宮睦雄, 小森田智大, 東隆文, 牧野文洋, 小玉将史, 久米元, 小針統
2. 発表標題	薩南海域に來遊するブリ稚魚の餌料源
3. 学会等名	水産海洋学会 九州沖縄地区合同シンポジウム
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	谷口綾音, 一宮睦雄, 小森田智大, 東隆文, 牧野文洋, 久米元, 小針統
2. 発表標題	北部薩南海域の春期ブルームにおける動物プランクトンのエネルギー経路
3. 学会等名	水産海洋学会 九州沖縄地区合同シンポジウム
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 一宮睦雄・原田美咲・小森田智大・久米元・小針統・幅野明正・牧野文洋
2. 発表標題 春季の大隅分枝流域におけるマイクロプランクトン現存量
3. 学会等名 2021年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小森田智大・一宮睦雄・久米元・小針統
2. 発表標題 鹿児島湾における黒潮分岐流の流入が湾口部の春季ブルームに与える影響
3. 学会等名 2021年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Gen Kume, Taichi Shigemura, Masahiro Okanishi, Junya Hirai, Kazuhiro Shiozaki, Mutsuo Ichinomiya, Tomohiro Komorita, Akimasa Habano, Fumihiro Makino, Toru Kobari
2. 発表標題 Distribution, feeding habits, and growth of chub mackerel, <i>Scomber japonicus</i> , larvae during a high-stock period in the northern Satsunan area, southern Japan
3. 学会等名 PICES 2021 Annual Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 一宮睦雄, 野宮岳人, 小森田智大, 久米元, 小針統
2. 発表標題 鹿児島湾口域における春季ブルームの珪藻細胞密度と種組成
3. 学会等名 2020年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞子裕友, 小針統, 兵藤不二夫, 相田真希, 土田洋之, 一宮睦雄, 小森田智大, 久米元
2. 発表標題 北部薩南海域におけるジンベエザメの餌料源
3. 学会等名 2020年度日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	久米 元 (Kume Gen) (00554263)	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・准教授 (17701)	
研究分担者	小森田 智大 (Komorita Tomohiro) (10554470)	熊本県立大学・環境共生学部・准教授 (27401)	
研究分担者	小針 統 (Kobari Toru) (60336328)	鹿児島大学・農水産獣医学域水産学系・教授 (17701)	

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
---------	---------