

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：27401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11625

研究課題名(和文) 貧酸素水の移流が貧酸素非発生域の底生動物群集に与える影響の解明

研究課題名(英文) Influence of transported hypoxic water on macrobenthic community on a sandy region

研究代表者

小森田 智大 (Komorita, Tomohiro)

熊本県立大学・環境共生学部・准教授

研究者番号：10554470

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)：有明海で貧酸素水が発生しない海域(非発生海域)において、貧酸素水の移流が底生動物群集に与える影響を評価した。その結果、非発生海域では、発生海域と比べて生物多様性が高く、貧酸素水の発生期間が4分の1程度であったものの、多様度が大きく低下する傾向が示された。優占種であるヒメカノコアサリは貧酸素水の発生海域の方が密度が安定していたことから、貧酸素水によって捕食者の活動が大きく制限していたと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

貧酸素水が移流することで貧酸素水が発生しない海域の底生動物群集の多様度を変動させることを示した。貧酸素水が発生しない海域の底生動物群集は貧酸素水に対する感受性が高いことを明らかにした。貧酸素海域の優占種であるヒメカノコアサリの個体群動態の結果から、貧酸素水の発生海域においては貧酸素水の非発生海域と比べて密度が安定する傾向が示された。これは、ヒメカノコアサリ自体が貧酸素水に対する耐性を有するとともに、ヒメカノコアサリの捕食者が貧酸素水の影響を受けて活動が低下した可能性を示す。このように本研究では、貧酸素水が底生動物の量を減らすだけでなく、群集構造を大きく変える可能性を指摘した。

研究成果の概要(英文)：We evaluated the effect of advection of hypoxic water on macro benthic community in the Ariake Bay, Japan, where hypoxic water does not occur. In the non-occurrence area, biodiversity was higher than in the occurrence area, and although the period of hypoxia was about one-fourth, the diversity tended to decrease significantly. Since the density of the dominant species, *Timoclea micra*, was more stable in the area where hypoxia occurred, it is considered that the activity of predators was greatly restricted by hypoxic water.

研究分野：海洋生態学

キーワード：貧酸素水 有明海 底生動物 ヒメカノコアサリ 二枚貝 内湾

1. 研究開始当初の背景

世界の 400 以上におよぶ内湾では同時多発的に貧酸素水が発生することで、死の海(デッドゾーン)が形成され、海域の生物多様性低下や食料生産量の低下などが大きな問題である(Diaz & Rosenberg 2008)。代表的な内湾域であるバルト海や中海(島根県)のように潮汐流が弱い海域では、有機物の蓄積場所が貧酸素水の発生場所となる。一方、干満差が大きい海域では非発生域にまで貧酸素水が影響する。例えば、国内最大級の干満差をもつ有明海奥部海域では、泥底で発生した貧酸素水が約 3 km 離れた非発生域へと移流し、底生動物群集の種組成を改変し、種多様性を低下させることが定性的に明らかとなってきた。

研究対象である有明海では、諫早湾および佐賀県西部海域において、夏期の 7 割以上の期間で貧酸素水が発生し、稀少種の絶滅が危ぶまれると同時に、タイラギなど漁獲対象の二枚貝もその姿を消した。タイラギについての象徴的な現象として、貧酸素水が発生するはずの無い、砂質の海底で謎の大量死「立ち枯れ斃死」がある。その原因については、河川水の流入に伴う低塩分下、餌不足、海底の細粒化、などが予想されているものの、未だ謎のままである。

2. 研究の目的

- (1) 諫早湾における貧酸素強度と群集の多様性の変化
- (2) 有明海において貧酸素強度が優占二枚貝、ヒメカノコアサリの個体群動態に与える影響

3. 研究の方法

(1) 調査地である諫早湾は、有明海の西岸に位置する内湾である (Fig. 1)。湾奥には全長約 7 km の潮受け堤防が存在している。諫早湾の調整池を除いた海域面積は約 65 km²、調整池の面積は約 20 km² である。本研究では、諫早湾内に 9 つの調査地点を格子状に設定した。また、貧酸素水の影響が少ない春季に行った調査で得られた底生動物群集の解析結果から、諫早湾を湾口の海域 A (Stn B2-3, B3-2, B3-3)、湾中央の海域 B (Stn B2-2, B3-1) および湾奥の海域 C (Stn B2-1, B1-1, B1-2, B1-3) に区分した (Fig. 1, 石松ら, 2017)。なお、海域 A は泥分および TOC が低いいため貧酸素水の移流域、海域 B, C は泥分および TOC が高いことから発生域と考えられる。海域毎の貧酸素強度の算出には、九州農政局が公表している DO の連続観測データを用いた。ここで、貧酸素水を 3 mg l⁻¹ 以下と定義し、全観測時間に対して貧酸素水が発生した時間の割合を貧酸素強度とした。

(2) 各月の調査は、有明海奥部海域に位置する 2 調査地点(地点 A, B)で実施した。海底直上の水質(水温、溶存酸素濃度: DO)の観測、底質表層における物理化学的特性(酸揮発性硫化物 (AVS)、クロロフィル a 含量)の調査を行った。ヒメカノコアサリに関しては、個体数密度、湿重量、殻長頻度分布、二次生産量および底質に残された貝殻の状態と量を調べた。

4. 研究成果

(1) 諫早湾における貧酸素強度と群集の多様性の変化 (参考: Ishimatsu et al. 2018)

Table 1 には、各海域において算出した貧酸素強度を示した。海域 B において 29.2 %の最高値、海域 A において 6.6 %の最低値を示した (Table 2)。

Table 1. Hypoxic intensity at each region (A-C).

	Hypoxic (h)	Hyperoxic (h)	Hypoxic intensity (%)
A	106	1499	6.6
B	407	1115	26.7
C	279	1708	14.0

本研究では、貧酸素水に対する底生動物群集の変動を示すパラメーターとして、貧酸素水の発生前、発生中、発生後における H' の標準偏差を計算した。この数値は、海域 B および海域 C において 0.5-0.6 の値を示したが、海域 A においては、1.0 と最も高い値を示した (Fig. 1)。

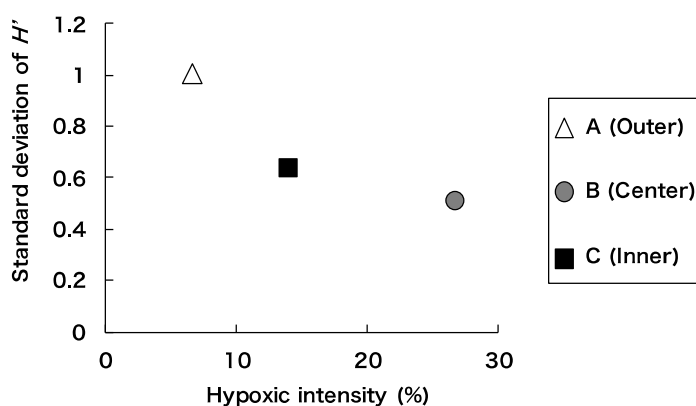


Fig. 1. Plot of hypoxic intensity and standard deviation of H' .

湾奥の海域 C は、貧酸素強度が高かったにも関わらず貧酸素水の発生前後で密度が変動した種が少なかった。これは、元々の種数が少ないことに加えて、特に海域 C において優占して出現した二枚貝類のシズクガイ (*Theora fragilis*) のように (石松ら, 2017), 有機物負荷や貧酸素水に対する耐性を持つ種の影響が反映されたためだと考えられる。このことから、潮受け堤防建設の影響が最も強いと推察される湾奥部の海域 C においては、季節的に発生する貧酸素水の強度が高いのに加えて、周季に渡って泥分が高く、調整池から

の有機物負荷が恒常的に発生する嫌気的な環境であるため、このような環境に適応できる種のみが生息する海域になったと考えられる。また、有機物負荷量が多い泥場においては、種多様性が低下することが知られている。このことから、湾奥部の海域 C の底生動物群集については周季に渡って多様性指数が低く、強度が高い貧酸素水に対して高い抵抗性を持つ種で多く構成されていることで貧酸素水に対して安定した群集となった可能性が示唆される。

有機物負荷よりも貧酸素水が底生動物群集に対して与える影響が大きいことが報告されている。このことに加えて、本研究の調査海域である諫早湾の湾奥部のように、泥分が高く、恒常的に有機物が負荷される貧酸素水の発生海域においては、底生動物群集に対する貧酸素水の影響が移流域と比べて相対的に小さくなることが示された。以上のことから、本研究域のように、潮汐流による移流が卓越する海域において貧酸素水の影響を評価する際には、発生域と移流域を分けて議論する必要がある。

(2) 有明海において貧酸素強度が優占二枚貝、ヒメカノコアサリの個体群動態に与える影響 (参考: Orita et al. in press)

海底の貧酸素化は 2013 年 7 月から 9 月にかけて生じ、各月の海底直上水の DO は地点 B (7 月: 3.1 mg L⁻¹, 8 月: 2.6 mg L⁻¹, 9 月: 3.8 mg L⁻¹) に比べ、地点 A (7 月: 2.6 mg L⁻¹, 8 月: 1.6 mg L⁻¹, 9 月: 3.3 mg L⁻¹) で低かった。また、同期間の底質の AVS は、地点 B (0.24 ± 0.16 mg g⁻¹) に比べ地点 A (0.76 ± 0.11 mg g⁻¹) で高く、地点 A の方がより底質の嫌気化が進行していた。ヒメカノコアサリの新規加入は 2013 年 8 月に確認された。両地点のコホートのサイズは、8 月には同程度であったのに対して、9 月には地点 A (殻長: 1.9 (1.4 - 2.3) mm, 平均 (範囲)) に比べ、地点 B (殻長: 2.5 (1.4 - 4.3) mm) でより大きく成長し、地点間のコホートのサイズに違いが生じた。その要因としては、より底質の嫌気化が進行していた地点 A では、貧酸素化に伴う閉殻期間が長く、摂餌活動が制限されていたことや、嫌気代謝によるエネルギーの制限などが考えられた。また、貧酸素イベントから回復した後の個体数密度は、地点 B の方が地点 A よりも多く減少した。この時の海底に残された貝殻の状態を調べたところ、地点 B の方では割れた状態の貝殻が多く見つかったことから、貧酸素回復後の捕食圧が違っていたことが考えられた。両地点とも秋から冬にかけては、ほとんど成長しなかったが、その後の春から夏にかけて急速に成長し (この期間の 2 次生産量、地点 A: 46.1 g DW m⁻²、地点 B: 19.2 g DW m⁻²)、初夏には性成熟に達し、2014 年 9 月には次の世代の新規加入が確認された。これらの結果から、ヒメカノコアサリの成長率と生残パターンは、海底の貧酸素化の度合いが異なるサイト間で異なることが明らかになった。ヒメカノコアサリのように低酸素耐性を有する二枚貝種の生物学的特性を理解するためには、局所的な地点レベルでの低酸素ストレスの空間的差異を考慮し評価することが必要であると考えられた。

参考文献

- Ishimatsu S, Komorita T, Orita R, Tsutsumi H (2018) Differences in the damage of hypoxia on macrobenthic communities between source and advection regions. *J Oceanogr* 74:607–617
- Orita, R, Komorita T, Ichinomiya M, Tsutsumi H. (2021) Population dynamics of a hypoxia-tolerant bivalve: a comparison between two sites in the inner part of Ariake Bay, Japan. *Plankton & Benthos Research* (in press).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ryo Orita, Tomohiro Komorita, Mutsuo Ichinomiya & Hiroaki Tsutsumi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Population dynamics of a hypoxia-tolerant bivalve: a comparison between two sites in the inner part of Ariake Bay, Japan. Plankton & Benthos Research	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 in press
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 Mishima Shinji, Kobayashi Satoshi, Yamada Katsumasa, Henmi Yasuhisa	4. 巻 16
2. 論文標題 The effects of photoperiod and temperature on embryonic diapause termination in the hermit crab <i>Pagurus nigrofascia</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 79 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.16.79	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 Yamakita Takehisa, Yamada Katsumasa, Yokooka Hiroyuki, Kanaya Gen	4. 巻 35
2. 論文標題 Traits database of tidal flat macrobenthos along the Northwest Pacific coast of Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 1062 ~ 1072
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1440-1703.12183	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 Yamada, K., K. Hashimoto, T. Sasaki, M. Kobayashi, Y. Henmi, M. Sekino	4. 巻 1
2. 論文標題 Morphological variations among distinct genotypes of the pen shell <i>Atrina pectinata</i> in Japan and Korea	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 proceedings of 2019 International Conference on climate change, disaster management and environmental sustainability	6. 最初と最後の頁 808-814
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kobayashi, S., K. Yamada, K. Yoshino, Y. Henmi	4. 巻 1
2. 論文標題 Longitudinal distribution patterns of brachyuran crab (Crustacea, Decapoda) community along tidal rivers flowing into the inner area of Ariake Bay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 International Conference on climate change, disaster management and environmental sustainability	6. 最初と最後の頁 523-532
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kobayashi Jun, Yoshimoto Miki, Yamada Katsumasa, Okamura Kazumaro, Sakurai Takeo	4. 巻 226
2. 論文標題 Comparison of trophic magnification factors of PCBs and PBDEs in Tokyo Bay based on nitrogen isotope ratios in bulk nitrogen and amino acids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 220 ~ 228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2019.03.133	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 H Takasu, T Komorita, T Okano, M Kuwahara, K Hoshimoto	4. 巻 75
2. 論文標題 Influence of water discharged from a reservoir on reclaimed land into Isahaya Bay (Kyushu, Japan) on the regeneration of NH ₄ ⁺ in the water column	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 299-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-018-0503-z	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 S Ishimatsu, T Komorita, R Orita, H Tsutsumi	4. 巻 74
2. 論文標題 Differences in the damage caused by hypoxia to the macrobenthic communities in source regions of hypoxic water and in regions with advected hypoxic water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 607-617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-018-0485-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 小森田智大・猪島頌太・堤裕昭	4. 巻 25
2. 論文標題 生産量より見積もったホトトギスガイによる基礎生産者への摂餌圧の定量的評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 105-110
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyamoto, Y., T. Nakano, K. Yamada, K. Hatakeyama, M. Hamaguchi	4. 巻 42
2. 論文標題 Combined effects of drift macroalgal bloom and warming on occurrence and intensity of diel-cycling hypoxia in a eutrophic coastal lagoon	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Estuaries and Coasts	6. 最初と最後の頁 494-503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12237-018-0484-6	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 Yoshino, K., K. Yamada, K. Kimura	4. 巻 74
2. 論文標題 Does suspended matters drained from Isahaya freshwater reservoir cause organic enrichment of northern Ariake Bay?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 619-628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10872-018-0486-9	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 Hashimoto, K., K. Yamada, K., A. Nagae, Y. Matsuyama	4. 巻 84
2. 論文標題 Lineage specific detection of the scaly form of the pen shell <i>Atrina</i> spp. by a loop-mediated isothermal amplification method. <i>Fishries Science</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 <i>Fishries Science</i>	6. 最初と最後の頁 837-848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-018-1231-4	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 山田勝雅, 倉田健悟	4. 巻 25
2. 論文標題 善か悪か? : 浅場域で増大するホトトギスガイ個体群の生態系への影響と研究の動向	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 55-63
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 山田勝雅, 宮本 康, 畠山恵介	4. 巻 25
2. 論文標題 中海におけるホトトギスガイのマットと大型海藻マットの空間形成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 81-92
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 14)北岡 匠, 山田勝雅, 逸見泰久	4. 巻 25
2. 論文標題 八代海球磨川河口干潟における底生動物相の時空間変化: ホトトギスガイのマット形成が群集構造に与える影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 81-92
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12件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 許斐 聖・田井 明・速水 祐一
2. 発表標題 諫早湾の現地観測データに基づく潮流変動特性について
3. 学会等名 令和2年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小森田智大・ダニエレ ニッツオリ・マルコ パルトリ・ピエールルイージ ピアローリ
2. 発表標題 水産有用二枚貝類の粒状排泄物に含まれる生元素含量の特徴：メタデータ解析によるアプローチ
3. 学会等名 日本ベントス学会日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T Komorita, D Nizzoli, P Viaroli
2. 発表標題 Characterization of the organic matter of biodeposits derived from marine aquaculture bivalves: a meta-analysis approach
3. 学会等名 The 4th Asian Marine Biology Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamada K., K. Hashimoto, T. Sasaki, M. Kobayashi, Y. Henmi, M. Sekino.
2. 発表標題 Morphological variations among distinct genotypes of the pen shell <i>Atrina pectinata</i> in Japan and Korea
3. 学会等名 CWMD International Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 折田亮・川村嘉応・田村匡・大村優奈・木村圭・加藤治・小林元太
2. 発表標題 新規なアゲマキガイ保護区の検証;干満差を利用した澁筋維持施設の活用
3. 学会等名 令和2年度 日本水産学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 折田亮
2. 発表標題 海の貧酸素化がベントス群集に与える影響;直接効果と間接効果
3. 学会等名 日本動物学会・九州沖縄植物学会・日本生態学会 合同佐賀例会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira TAI
2. 発表標題 Analysis of Resuspension Phenomenon Using Coupled Wave, Current and Sediment Transport Model in the Ariake Sea
3. 学会等名 st International Conference on Science, Technology and Agriculture Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田井明, 深野 翔太
2. 発表標題 波浪・潮流カップリング底質輸送シミュレーションによる有明海の再懸濁現象の再現
3. 学会等名 日本流体力学会年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamada K., T. Komorita, Y. Henmi
2. 発表標題 Community structure of benthic infauna at tidal flats ecosystem of Ariake Bay, Kyushu, Japan: focusing on turnover and nestedness components of diversity
3. 学会等名 AMBL90 - Biodiversity, Ecology and Evolution (国際学会)
4. 発表年 2018年~2019年

1. 発表者名 山田勝雅, 逸見泰久, 鈴木孝男, 吉野健児, 森 敬介, 石田 惣, 竹下文雄, 前川 匠, 多留聖典, 渡部哲也, 田中正敦, 松浦 弘, 比留間美帆, 青木美鈴, 小材隆文, 山北剛久
2. 発表標題 機能的多様性の空間変異パターン：荒尾干潟の底生生物群集を事例に
3. 学会等名 第66回日本生態学会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 山田勝雅, 小森田智大, 宮本 康, 石松将武, Wachirah Jaingam, 堤 裕昭, 逸見泰久
2. 発表標題 貧酸素水塊の移入に対するベントス群集の応答：群集形成パターンの評価
3. 学会等名 2018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 2018年～2019年

1. 発表者名 山田勝雅, 小森田智大, 竹中理佐, 相澤章仁, 諸熊孝典, 黒木善之, 内川純一
2. 発表標題 干潟漁場生態系の底生生物群集の集合規則：入れ子構造と種の内替わり
3. 学会等名 第65回日本生態学会
4. 発表年 2018年～2019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	田井 明 (Tai Akira) (20585921)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	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	山田 勝雅 (Yamada Katsumasa) (80569195)	熊本大学・くまもと水循環・減災研究教育センター・准教授 (17401)	
研究分担者	折田 亮 (Orita Ryo) (80800143)	佐賀大学・農学部・助教 (17201)	

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