

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03956

研究課題名(和文) 魚類成長 - 回遊モデルを用いたカタクチイワシの生活史戦略の解明

研究課題名(英文) Elucidation of life strategy of Japanese anchovy using a growth-migration model

研究代表者

伊藤 進一 (Ito, Shin-ichi)

東京大学・大気海洋研究所・教授

研究者番号：00371790

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,000,000円

研究成果の概要(和文)：スタミナトンネル水槽(閉鎖型循環水槽)を用いて、瀬戸内海系群および太平洋系群のカタクチイワシの遊泳に伴う呼吸代謝量を直接測定し、呼吸代謝の水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性を精査した。その結果、瀬戸内海系群、北太平洋系群の両者において呼吸代謝の水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性を求めることに成功した。カタクチイワシ属は取り扱いが難しく、これらの特性をすべて求めた例は他になく、貴重なデータを取得できた。また、断片的に求められている海外の他海域のカタクチイワシ属の呼吸代謝特性と比較すると、沿岸域に生息する瀬戸内海系群だけが特異的な呼吸代謝特性を持っていることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

カタクチイワシ属の呼吸代謝に関する飼育実験は難しくこれまで限定的にであったが、水温、体重、遊泳速度依存性をカタクチイワシの2つの系群で求めた意義は大きい。また、同じ種内で系群間に呼吸代謝特性の差があることが明白となった点、生態学的に貴重な知見である。さらに、呼吸代謝特性の差が、系群間で異なる生息海域、回遊海域を選択する理由の一つである可能性を示した点、資源管理の面からも有用な情報と考えられる。

研究成果の概要(英文)：The respiratory metabolism of the Seto Inland Sea and Pacific stocks of Japanese anchovy was directly measured using a stamina tunnel tank (closed circulatory tank), and the dependence of respiratory metabolism on water temperature, body weight, and swimming speed was elucidated. As a result, we succeeded in determining the dependence of respiratory metabolism on water temperature, body weight, and swimming speed in both the Seto Inland Sea and Pacific stocks. Since anchovies are difficult to handle, there is no other example all those characteristics have been determined and it is the first time to determine the characteristics. In addition, it is revealed that only the Seto Inland Sea stock, inhabiting the coastal zone, has unique respiratory metabolic characteristics comparing with the respiratory metabolic characteristics of anchovies from other areas in the world.

研究分野：水産海洋学

キーワード：水産動物 生態 行動 水圏環境 生物環境 生活史

1. 研究開始当初の背景

(1) 地球表面積の約 7 割を覆っている海洋が果たす生態系サービスの一つに食料供給があり、近年 50 年間の世界人口の増加率が 1.6%であるのに対し、年間一人当たりの水産物の消費量は 3.2%で増加しており(FAO, 2014)、水産物がますます人類にとって重要な食料となっている。一方で、地球温暖化が進行し、多くの海洋生物に影響が及びつつある。食料保障の面からも重要水産資源の特性を明らかにし、地球温暖化等の環境変化に対する応答を予測しつつ、持続可能な管理をしていくことが重要とされている(伊藤ほか, 2018; Hollowed et al., 2013; Ito et al., 2010)。カタクチイワシ属は、世界の温帯・熱帯の様々な海域に生息しており、重要な漁業資源として利用されているが、気候変動に対応して大規模な変動を示すことが知られており(Chavez et al., 2007; Yatsu et al., 2013)。カタクチイワシ属の生物特性を明らかにし、その生活史戦略を考察し、今後起こり得る地球環境変化への応答を予測するための基礎的な知見を得ることが重要と考えられている。

(2) 日本のカタクチイワシを含め、カタクチイワシ属は、比較的沿岸域を主体に産卵し、沿岸域や湾内などに留まるものと、大規模な摂餌回遊を行うものとに分かれ、大規模な摂餌回遊をするものは産卵期には再び産卵場へと産卵回遊する。しかし、同じカタクチイワシ属になぜこのように異なる回遊様式を持つものが存在するのかわからないままであった。

(3) 生物エネルギーモデルを用いた研究で、摂餌によるエネルギー吸収と呼吸代謝を伴うエネルギー消費がカタクチイワシ属の成長を主に決定していることが示されている(Politikos et al., 2011)。呼吸代謝は、主に体重、水温、遊泳速度に依存することが知られており、これらの依存性が異なることによって、最も効率的に成長できる環境条件が異なることが推測される。

2. 研究の目的

カタクチイワシは「呼吸代謝に関する水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性が異なる個体が存在するために、異なる生息海域、回遊海域を選択している」、そして、カタクチイワシ属は「種によって呼吸代謝に関する水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性が異なるために、それぞれの種の生息海域、回遊経路の特徴が異なっている」という仮説を検証し、世界各地に生息するカタクチイワシ属の生活史戦略を回遊に伴うエネルギーバランスの側面から解明することを目的とした。

3. 研究の方法

日本のカタクチイワシについては、産卵や成長に関する飼育実験が多くなされている一方で、遊泳に伴う呼吸代謝とその水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性などに関する知見は皆無に等しい。このため、本研究では、カタクチイワシの遊泳に伴う呼吸代謝とその水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性をスタミナトンネル水槽(閉鎖型循環水槽)を用いて直接測定した。スタミナトンネル水槽では、海水が満たされ密封された水槽内で海水を一定速度で循環させ、その中をカタクチイワシが遊泳し、遊泳に伴う酸素消費量を海水の溶存酸素量の減少から測定した。この飼育実験を異なる水温および体重のカタクチイワシで実施することにより、カタクチイワシの遊泳に伴う呼吸代謝とその水温、体重、遊泳速度依存性を調べた。

さらに、上記のカタクチイワシの呼吸代謝に関する飼育実験を、瀬戸内海系群、太平洋系群を対象に実施し、呼吸代謝の水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性の系群間での差異を調べた。そして、世界の他の海域のカタクチイワシ属において断片的に測定されている呼吸代謝特性と比較することで、日本のカタクチイワシの特性を精査した。

4. 研究成果

(1) カタクチイワシの呼吸代謝測定実験系の確立

カタクチイワシの遊泳に伴う呼吸代謝とその水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性をスタミナトンネル水槽(閉鎖型循環水槽)を用いて直接測定する実験系を確立するため、5Lのスタミナトンネル水槽を購入し、システムの立ち上げを行った。2018年6~7月に、唐津市水産業活性化支援センターにてカタクチイワシを用いた呼吸代謝実験を実施したところ、カタクチイワシは、水槽などへの接触によって鱗が剥がれやすく、また周囲の環境変化に敏感に応答するため、水槽内での実験によるストレスが大きいことが判明した。この問題に対し、2018年11~12月に瀬戸内海区水産研究所伯方島庁舎にて行った実験から、スタミナ水槽に複数匹のカタクチイワシを入れることでストレスを下げた状態を実現することに成功し、呼吸代謝データを取得するための実験系が確立した。実験成功率は5割以下であるが、世界で初めて、カタクチイワシ属の呼吸代謝に関する水温依存性、体重依存性、遊泳速度依存性のすべてを測定できる実験系を確立した。

(2) 瀬戸内海系群の呼吸代謝特性

2018年11~12月および2019年11~12月に瀬戸内海区水産研究所伯方島庁舎にて行った実験から、瀬戸内海系群の呼吸代謝特性を求めた。2018年11~12月は体重5.8 - 15.6gの9組(大型

群)を、2019年11~12月は体重1.3 - 4.5g(小型群)の26組を対象に、20 水温区および16 水温区で実施した。

水温依存性は、大型群と小型群のどちらもほぼ同じ特性を示し、Q10値(水温が10 上昇した場合に呼吸代謝量が何倍になるかという指標)が3.3と求まった。体重依存性は、指数関数的な依存性を示し、遊泳速度依存性はU10値(遊泳速度が10cm/s上昇した)場合に呼吸代謝量が何倍になるかという指標)が1.72(大型)および1.88(小型)と求まった。

(3) 太平洋系群の呼吸代謝特性

2019年8~9月に大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センターにて行った実験から、太平洋系群の呼吸代謝特性を求めた。体重2.3 - 5.0gの20組を対象に、20 水温区および16 水温区で実施した。

水温依存性はQ10値=2.6と求まった。体重依存性は、指数関数的な依存性を示し、遊泳速度依存性はU10値=1.76と求まった。

(4) 他海域のカタクチイワシ属の呼吸代謝特性との比較

ペルー海域のカタクチイワシ属の実験結果から水温依存性 Q10=2.6と推定され、ベンゲラ海域のカタクチイワシ属の実験結果からU10=1.74と推定された。

これらの推定値と日本のカタクチイワシの呼吸代謝特性を比較すると、太平洋系群は他の海域の外洋性のカタクチイワシ属と似た性質を示すことがわかった。一方、瀬戸内海系群は、遊泳速度依存性は他のカタクチイワシ属と似た性質を示すのに対し、水温依存性が高く、体重依存性が極めて低く、基礎酸素消費量が高いという特異的な特性を示すことが示された。

<引用文献>

FAO, 2014, The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome, 223 pp.

伊藤進一・船本鉄一郎・志田修・上村泰洋・高橋素光・白井厚太郎・樋口富彦・小松幸生・横井孝暁・坂本達也・郭晨穎・石村豊穂, 2018, 気候変動が水産資源の変動に与える影響を理解する上での問題点と今後の展望. 海の研究, 27, 59-73.

Hollowed A. B., M. Barange, R. Beamish, K. Brander, K. Cochrane, K. Drinkwater, M. Foreman, J. Hare, J. Holt, S. Ito, S. Kim, J. King, H. Loeng, B. MacKenzie, F. Mueter, T. Okey, M. A. Peck, V. Radchenko, J. Rice, M. Schirripa, A. Yatsu, and Y. Yamanaka, 2013, Projected impacts of climate change on marine fish and fisheries, ICES J. Mar. Sci., 70, 1023-1037.

Ito S., K. A. Rose, A. J. Miller, K. Drinkwater, K. M. Brander, J. E. Overland, S. Sundby, E. Curchitser, J. W. Hurrell and Y. Yamanaka, 2010, Ocean ecosystem responses to future global change scenarios: A way forward, In: M. Barange, J.G. Field, R.H. Harris, E. Hofmann, R. I. Perry, F. Werner (Eds) Global Change and Marine Ecosystems. Oxford University Press., 287-322, pp440.

Chavez F. P., J. Ryan, S. E. Lluch-Cota and M. Niquen, 2003, From anchovies to sardine and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. Science, 299, 217-221.

Yatsu A., S. Chiba, Y. Yamanaka, S. Ito, Y. Shimizu, M. Kaeriyama, and Y. Watanabe, 2013, Climate forcing and the Kuroshio/Oyashio ecosystem, ICES J. Mar. Sci., 70, 922-933.

Politikos D. V., G. Triantafyllou, G. Petihakis, K. Tsiaras, S. Somarakis, S. Ito, B. A. Megrey, 2011, Application of a bioenergetics growth model for European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) linked with a lower trophic level ecosystem model, Hydrobiologia, 670, 141-163.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Ito Shin-ichi, Tsujino Hiroyuki, Miyazawa Yasumasa, Hirose Naoki, Komatsu Kosei, Yoshie Naoki	4. 巻 54
2. 論文標題 Regional high-resolution ocean models in the western North Pacific and its marginal seas	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PICES Scientific Report	6. 最初と最後の頁 44 ~ 55
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Holsman Kirstin, Hollowed Anne, Ito Shin-ichi, Bograd Steven, Hazen Elliot, King Jackie, Mueter Franz, Perry Ian	4. 巻 T627
2. 論文標題 Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: North Pacific and Pacific Arctic marine fisherie	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper	6. 最初と最後の頁 113 ~ 138
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Sakaguchi Keiichi, Yoneda Michio, Sakai Noriyoshi, Nakashima Kanako, Kitano Hajime, Matsuyama Michio	4. 巻 9
2. 論文標題 Comprehensive Experimental System for a Promising Model Organism Candidate for Marine Teleosts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41468-8	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 Suzuki Kei K., Yasuda Tohya, Kurota Hiroyuki, Yoda Mari, Hayashi Akira, Muko Soyoka, Takahashi Motomitsu	4. 巻 142
2. 論文標題 Spatiotemporal variations in the distribution of round herring eggs in the East China and Japan Seas during 1997?2013	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Sea Research	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.seares.2018.09.003	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 Hollowed Anne B, Barange Manuel, Garcon Veronique, Ito Shin-ichi, Link Jason S, Arico Salvatore, Batchelder Harold, Brown Robin, Griffis Roger, Wawrzynski Wojciech	4. 巻 76
2. 論文標題 Recent advances in understanding the effects of climate change on the world's oceans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ICES Journal of Marine Science	6. 最初と最後の頁 1215 ~ 1220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/icesjms/fsz084	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 該当する

1. 著者名 Higuchi Tomihiko, Ito Shin-ichi, Ishimura Toyoho, Kamimura Yasuhiro, Shirai Kotaro, Shindo Hana, Nishida Kozue, Komatsu Kosei	4. 巻 169-170
2. 論文標題 Otolith oxygen isotope analysis and temperature history in early life stages of the chub mackerel <i>Scomber japonicus</i> in the Kuroshio-Oyashio transition region	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography	6. 最初と最後の頁 104660 ~ 104660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dsr2.2019.104660	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 該当する

1. 著者名 Guo Chenying, Ito Shin-ichi, Wegner Nicholas C., Frank Laura N., Dorval Emmanis, Dickson Kathryn A., Klinger Dane H.	4. 巻 29
2. 論文標題 Metabolic measurements and parameter estimations for bioenergetics modelling of Pacific Chub Mackerel <i>Scomber japonicus</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Oceanography	6. 最初と最後の頁 215 ~ 226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/fog.12465	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 該当する

1. 著者名 Yu Haiqing, Yu Huaming, Ito Shin-ichi, Tian Yongjun, Wang Hui, Liu Yang, Xing Qinwang, Bakun Andrew, Kelly Ryan M.	4. 巻 212
2. 論文標題 Potential environmental drivers of Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) recruitment in the Yellow Sea	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Marine Systems	6. 最初と最後の頁 103431 ~ 103431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmarsys.2020.103431	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 Yati Emi, Minobe Shoshiro, Mantua Nathan, Ito Shin-ichi, Di Lorenzo Emanuele	4. 巻 7
2. 論文標題 Marine Ecosystem Variations Over the North Pacific and Their Linkage to Large-Scale Climate Variability and Change	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	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) 10.3389/fmars.2020.578165	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 該当する

1. 著者名 Guo Chenying, Ito Shin-ichi, Yoneda Michio, Kitano Hajime, Kaneko Hitoshi, Enomoto Megumi, Aono Tomoya, Nakamura Masahiro, Kitagawa Takashi, Wegner Nicholas C., Dorval Emmanis	4. 巻 8
2. 論文標題 Fish Specialize Their Metabolic Performance to Maximize Bioenergetic Efficiency in Their Local Environment: Conspecific Comparison Between Two Stocks of Pacific Chub Mackerel (<i>Scomber japonicus</i>)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	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) 10.3389/fmars.2021.613965	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 該当する

1. 著者名 Xing Qinwang, Yu Haiqing, Ito Shin-ichi, Ma Shuyang, Yu Huaming, Wang Hui, Tian Yongjun, Sun Peng, Liu Yang, Li Jianchao, Ye Zhenjiang	4. 巻 122
2. 論文標題 Using a larval growth index to detect the environment-recruitment relationships and its linkage with basin-scale climate variability: A case study for Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) in the Yellow Sea	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 107301 ~ 107301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2020.107301	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 該当する

1. 著者名 Fujita Tatsunori, Yamamoto Masayuki, Kono Naoaki, Tomiyama Takeshi, Sugimatsu Koichi, Yoneda Michio	4. 巻 -
2. 論文標題 Temporal variations in hatch date and early survival of Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) in response to environmental factors in the central Seto Inland Sea, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fisheries Oceanography	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) 10.1111/fog.12535	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 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Shin-ichi Ito, Takashi Setou, Toru Hasegawa, Satoshi Kitajima, Akinori Takasuka, Naoki Yoshie, Takeshi Okunishi, Motomitsu Takahashi, Micho Yoneda, Yuuhei Amano, Hiroki Kojiguchi, Chenying Guo
2. 発表標題 A challenge to evaluate effect of climate change on Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) in the East China Sea IV
3. 学会等名 JpGU-2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Ito, Takashi Setou, Toru Hasegawa, Satoshi Kitajima, Akinori Takasuka, Naoki Yoshie, Takeshi Okunishi, Motomitsu Takahashi, Micho Yoneda, Yuuhei Amano and Chenying Guo
2. 発表標題 Effects of climate change on growth and distribution of Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) larvae in the East China Sea
3. 学会等名 International Symposium "The Effects of Climate Change on the World's Oceans" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂口圭史・米田道夫・酒井則良・北野載・松山倫也
2. 発表標題 九州大学 - 佐賀県唐津市共同研究事業：新水産資源創出研究プロジェクト - 新奇モデル生物カタクチイワシの樹立 - を振り返って(1)
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂口圭史・甲斐公士・太田耕平・松山倫也
2. 発表標題 九州大学 - 佐賀県唐津市共同研究事業：新水産資源創出研究プロジェクトを振り返って(2) - 新奇モデル生物カタクチイワシの現状と展望 -
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Ito, Takashi Setou, Micho Yoneda, Motomitsu Takahashi, Michiya Matsuyama, Chenying Guo, Takashi Kitagawa
2. 発表標題 Sensitivity analyses of growth and migration of Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) in the East China Sea using a fish growth-migration model
3. 学会等名 JpGU-2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤進一・米田道夫・中村政裕・松山倫也・北野載・郭晨穎・金子仁・北川貴士・高橋素光・橋岡豪人・松村義正
2. 発表標題 カタクチイワシの温暖化影響評価に向けて
3. 学会等名 日本海洋学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Ito
2. 発表標題 Offshore ecological hotspot formation in the western North Pacific
3. 学会等名 Special lecture in Ocean University of China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Ito, Chenying Guo, Megumi Enomoto, Tomoya Aono, Micho Yoneda, Michiya Matsuyama, Takashi Kitagawa, Motomitsu Takahashi
2. 発表標題 Comparative study on respiration of Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) around Japan
3. 学会等名 JpGU-2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

カタクテイワシDarwinプロジェクト
http://lmr.aori.u-tokyo.ac.jp/feog/ito/index_kaken_A_18H03956.html

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	松山 倫也 (Matsuyama Michiya) (00183955)	九州大学・農学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	橋岡 豪人 (Hashioka Taketo) (00463092)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(地球表層システム研究センター)・研究員 (82706)	
研究分担者	米田 道夫 (Yoneda Michio) (30450787)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・瀬戸内海区水産研究所・主任研究員 (82708)	
研究分担者	北川 貴士 (Kitagawa Takashi) (50431804)	東京大学・大気海洋研究所・准教授 (12601)	
研究分担者	高橋 素光 (Takahashi Motomitsu) (80526989)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・西海区水産研究所・グループ長 (82708)	

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
研究協力者	松村 義正 (Matsumura Yoshimawa) (70631399)	東京大学・大気海洋研究所・助教 (12601)	

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		
米国	University of South Carolina	The University of Maryland	Rutgers University