

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02276

研究課題名(和文) 褐藻由来フコキサンチンの代謝疾患予防機構における免疫細胞の機能制御の解明

研究課題名(英文) Functional regulation of immune cells in the metabolic disease prevention mechanism by brown seaweed fucoxanthin

研究代表者

細川 雅史 (Hosokawa, Masashi)

北海道大学・水産科学研究院・教授

研究者番号：10241374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：フコキサンチンは、肥満マウスの白色脂肪組織(WAT)や非アルコール性脂肪肝炎誘導マウスの肝臓において、マクロファージやT細胞サブセットに影響を及ぼした。その際、フコキサンチン代謝物のフコキサンチノール等が肝臓のミトコンドリアに移行することを確認し、オルガネラの機能調節が示唆された。さらに、フコキサンチンは高脂肪食を投与した高齢マウスに対し、体重増加およびWATの増大を抑制するとともに、WATや肝臓におけるマクロファージマーカーのmRNA発現低下、CD4+ヘルパーT細胞およびCD8+キラーT細胞数の変動がみられた。これらの結果は、フコキサンチンの免疫細胞群の調節機能を示唆するものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で見いだされたフコキサンチンの免疫細胞調節は、海洋性カロテノイドによる自然および獲得免疫に対する機能調節を期待させるものであり、健康機能を有する「イムノカロテノイド」創出への期待が持たれる。特に、超高齢化の時代を迎え加齢性疾患の予防が大きな課題となっている今日において、フコキサンチンが高脂肪食投与の高齢マウスに対して体重増加およびWATの増大抑制効果を示すとともに、マクロファージやT細胞サブセットに対する調節機能を示唆した成果は、新たな機能性食品の開発につながる意義深い成果である。

研究成果の概要(英文)：Fucoxanthin contained in brown seaweeds was shown to affect macrophages and T cell subsets in white adipose tissue (WAT) of obese mice and liver of non-alcoholic steatohepatitis-induced mice. It was also confirmed that fucoxanthinol, an in vivo metabolite of fucoxanthin, accumulated in the mitochondria of the liver, suggesting that it regulates organelle function. Furthermore, fucoxanthin suppressed weight gain and WAT increase in aging mice fed high-fat diet, decreased mRNA expression of F4/80 macrophage marker in WAT and liver, and changed the number of CD4+ helper T cells and CD8+ killer T cells. These results suggest that fucoxanthin has a regulatory function on immune cell groups, and there is interest in its relationship with the mechanism of preventing aged-related metabolic diseases.

研究分野：水産食品化学、分子栄養学

キーワード：フコキサンチン イムノカロテノイド マクロファージ T細胞 加齢肥満予防 抗炎症作用 褐藻

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

免疫細胞は、細菌やウイルス感染に対する防御作用に加え、生体における恒常性維持に大きく貢献している。そのため、免疫細胞による代謝調節の破綻は、組織における慢性炎症を誘導し、肥満に起因するメタボリックシンドロームや非アルコール性脂肪肝 (NASH) などの様々な代謝疾患の発症につながる。近年の社会ストレスの増加や食の欧米化がそれらの発症と密接に関わっており、効果的な予防法が強く望まれている。

免疫細胞による代謝調節の特徴として、様々なサイトカインを介した細胞間ネットワークがあげられる。例えば、白色脂肪組織 (WAT) では浸潤したマクロファージと実質細胞である脂肪細胞の相互作用に起因した慢性炎症が誘導され、インスリン抵抗性が惹起される。さらに、マクロファージに加え、T細胞をはじめとした獲得免疫系細胞が組織での慢性炎症やエネルギー代謝制御に重要な役割をはたしていることが報告されている。高齢化の時代を迎えた今日では、老齢肥満とそれに起因する代謝疾患の増加が社会問題となっており、「免疫老化」に例えられる免疫機能の低下と代謝疾患発症との関連が懸念されている。よって、多様な免疫細胞に対する機能制御や免疫ネットワーク調節による新たな視点からの予防法の開発が注目される。

申請者は、褐藻に特徴的なフコキサンチンが肥満予防や血糖値改善効果を示すこと、また最近の研究では非アルコール性脂肪性肝疾患 (NAFLD) /NASH に対する予防効果を報告した。これらは脂肪組織や肝臓、骨格筋組織での慢性炎症に起因する代謝疾患であることから、フコキサンチンの新たな予防機構として免疫細胞の機能調節を推測した。これまでに、フコキサンチンによる WAT へのマクロファージの浸潤抑制や抗炎症作用を若齢マウスを用いて部分的に明らかにしてきたが、多様な免疫細胞群 (サブセット) への影響は未解明である。

このような背景の中、本研究ではフコキサンチンの代謝疾患予防に関わる作用機構として免疫細胞に対する機能制御を明らかにし、優れた健康機能性を示すことは意義深い。特に、多様な免疫細胞に対する食品成分の機能調節を総合的に検討した研究は少なく、代謝疾患への影響を解明することによって分子栄養学分野における海洋性カロテノイドの新たな機能研究を展開させるものである。

2. 研究の目的

本研究では、褐藻に特徴的なフコキサンチンの代謝疾患予防機構として、免疫細胞に対する炎症制御やエネルギー代謝調節機能を明らかにすることを目的とする。申請者らがこれまで見出してきたフコキサンチンの抗肥満効果や NAFLD/NASH 予防効果における新たな機序を解明する独自性の高い内容であり、免疫細胞の機能制御を基盤とした様々な生活習慣病予防への応用展開に関わる基礎知見の集積を目指す。特に、マクロファージに加え、獲得免疫系細胞である多様な T細胞サブセットへの影響に関して検討する点は、新たな検討内容である。さらに、高齢マウスに対する肥満予防や免疫細胞の機能調節を検証することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) フコキサンチンを投与した糖尿病/肥満マウスの白色脂肪組織における免疫細胞調節

糖尿病/肥満モデル KK-*A^y* (4週齢雄) を1週間予備飼育の後、フコキサンチンを0.2%含有する飼料を3週間投与し、これまでの報告と同様に体重増加の抑制に加え、WATの増大抑制および血糖値の低下作用を確認した。さらに、採取したWAT中に浸潤した免疫細胞マーカーを定量PCR法およびフローサイトメーターを用いて解析した。

(2) フコキサンチンを投与した NAFLD/NASH 誘導マウスの肝臓における免疫細胞および脂肪酸代謝調節

C57BL/6J マウス (5週齢雄) を1週間予備飼育した後、コリン欠乏/メチオニン減量高脂肪食に0.2%フコキサンチンを加え4週間経口投与し、NAFLD/NASHを誘導した。その後、採取した肝臓から total RNA を抽出し、トランスクリプトーム解析を行った。

(3) フコキサンチンの生体内代謝物の解析とオルガネラ移行・蓄積

C57BL/6J マウス (5週齢雄) を1週間予備飼育した後、0.2%フコキサンチン含有飼料を1週間経口投与した後、安楽死処置を行い、肝臓およびWATを採取した。それらの組織からカロテノイドを抽出し、HPLCおよびLC-MSを用いて代謝物解析を行った。

(4) フコキサンチンによる高齢マウスの WAT 増大抑制と免疫細胞の浸潤抑制およびサブセットへの影響

C57BL/6J マウス (75週齢雄) を5-10日間予備飼育した後、高脂肪食 (30%脂質含有) に0.2%フコキサンチンを添加した飼料を投与し、6週間実験飼育を行った。その後、WATおよび肝臓を採取し、組織中の免疫細胞について解析を行った。

4. 研究成果

(1) フコキサンチンを投与した糖尿病/肥満マウスの白色脂肪組織における免疫細胞調節

フコキサンチンを投与した肥満マウスの脂肪組織では、これまで報告しているように活性化マクロファージマーカーのF4/80およびM1マクロファージマーカーのCD11cのmRNA発現量の低下が確認された。さらに、M1マーカー(CD11c)/M2マーカー(Arg1)比が低下したことから、フコキサンチンがマクロファージのWATへの浸潤を抑制するとともに極性調節にも関わり、炎症型のM1マクロファージに対して抗炎症型のM2マクロファージの比率を高めることで慢性炎症の抑制に寄与することが確認された。一方、フローサイトメーターによりT細胞マーカーを解析した結果、鼠経WAT中のT細胞数に大きな差がみられないのに対し、CD8+キラーT細胞、CD4+ヘルパーT細胞、CD4+Foxp3+制御性T細胞数の割合がコントロール群とフコキサンチン投与群で異なっており、T細胞サブセットへの影響が示唆された。また、フコキサンチンによるT細胞サブセット割合への影響は、鼠経WATと精巣周囲WATで異なっていた。フコキサンチンによるWAT増大抑制効果や血糖値改善効果の発現におけるT細胞サブセットとの関わりについて、今後の検討が期待される。

(2) フコキサンチンを投与した NAFLD/NASH 誘導マウスの肝臓における免疫細胞および脂肪酸代謝調節

フコキサンチンを投与した NAFLD/NASH 誘導マウスの肝臓におけるトランスクリプトーム解析および定量PCR分析の結果、コントロール群と比較して、フコキサンチン投与群ではTh1、Th2、Th17細胞マーカーのmRNA発現に変動がみられ、ヘルパーT細胞サブセットの割合変化とNAFLD/NASH予防との関連性が示唆された。さらに、KEGGエンリッチメント解析により、Th1およびTh2の分化制御に関わるIFN γ 、IL-12を介した情報伝達経路関連因子のmRNA発現調節に加え、コレステロール代謝系や脂肪酸メディエーター産生に関わるアラキドン酸代謝系、エネルギー代謝系の活性化を示すmRNAの発現変化が観察され、免疫細胞のみならず肝臓の実質細胞との相互作用を含めた解析が重要であることが示された。また、フコキサンチン投与群では、NAFLD/NASH誘導群と比較して肝臓のミトコンドリアDNAの減少が抑制されていた。よって、フコキサンチンによるミトコンドリアの機能維持・調節作用が示唆された。

(3) フコキサンチンの生体内代謝物の解析とオルガネラ移行・蓄積

フコキサンチン投与マウスの肝臓およびWATを用いた代謝物解析において、新たにフコキサンチノールおよびアマロウシアキサンチンAの脂肪酸エステルを新規代謝物として同定した。これらを含めたフコキサンチン代謝物は、細胞内オルガネラのミトコンドリアやマイクロソーム画分に移行・蓄積する一方で、細胞質画分では検出されなかった。また、フコキサンチン代謝物のフコキサンチノールを培地に添加して培養した肝細胞およびマクロファージ株でも、ミトコンドリア画分におけるフコキサンチノールの蓄積が確認された。すなわち、フコキサンチンは生体内に吸収された後、その代謝物が細胞膜を通過し、オルガネラに移行、蓄積することが明らかとなった。これまでに、フコキサンチンがNAFLD/NASH誘導マウスの肝臓においてIL-1 β のmRNA発現を抑制することを見出しており、インフラマソーム制御に関わる新たな作用機構が示唆された。

(4) フコキサンチンによる高齢マウスの WAT 増大抑制と免疫細胞の浸潤抑制およびサブセットへの影響

高齢マウスに高脂肪食を投与したコントロール群では体重増加が認められたが、フコキサンチンの投与により増加抑制がみられ、WAT重量も低値を示した。さらに、鼠径部WATにおいて、脂肪酸を熱へと変換するミトコンドリアタンパク質のUCP1 mRNA発現が増加傾向にあることを確認した。これまでの研究において、フコキサンチンを投与した若齢マウスにおいて抗肥満効果を見出すとともに、WATにおけるUCP1の発現誘導を報告してきた。本研究では、高脂肪食投与の高齢マウスに対する体重増加とWATの増大に対する抑制効果を見出し、老齢肥満予防への有用性が示唆された。

さらに、WATおよび肝臓におけるマクロファージマーカーのF4/80およびCD11cのmRNA発現量が、11週齢のマウスと比較して高齢マウスで高値を示したのに対し、フコキサンチン投与による発現量低下がみられた。また、WATにおけるCD4⁺ヘルパーT細胞およびCD8⁺キラーT細胞サブセットの割合に変化がみられ、フコキサンチンによる免疫細胞群の調節機能が推察された。今後、フコキサンチンによる老齢肥満予防効果と免疫細胞機能との関連性について、より詳細な検討が期待される。

以上、本研究では、これまでフコキサンチンによる抗肥満作用やNAFLD/NASH予防機能を報告してきたマウスモデル系において、WATや肝臓におけるマクロファージやT細胞サブセットに影響を及ぼし、非感染性疾患の予防機構に関連する可能性を示した。また、フコキサンチンの生体内代謝物であるフコキサンチノール等が細胞内のミトコンドリアに移行、蓄積することを初めて確認し、肝臓組織を構成する肝細胞やマクロファージの機能調節との関連が示唆された。さらに本研究では、超高齢化の時代を迎え、大きな課題となっている加齢性代謝疾患に関わる老齢肥満に対し、フコキサンチンの有効性を高齢マウスによる実験によって見出した。本研究成果は、褐藻由来フコキサンチンの有用性や新たな機能性食品の開発につながるものであり、免疫細胞の機能調節に関連した新たな知見といえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Tsukada Anju, Okamatsu-Ogura Yuko, Futagawa Emi, Habu Yuki, Takahashi Natsumi, Kato-Suzuki Mira, Kato Yuko, Ishizuka Satoshi, Sonoyama Kei, Kimura Kazuhiro	4. 巻 26
2. 論文標題 White adipose tissue undergoes browning during preweaning period in association with microbiota formation in mice	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 107239 ~ 107239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2023.107239	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 Takatani Naoki, Sakimura Kana, Nagata Kodai, Beppu Fumiaki, Yamano Yumiko, Maoka Takashi, Hosokawa Masashi	4. 巻 410
2. 論文標題 Identification and Tissue Distribution of Fucoxanthinol and Amarouciaxanthin A Fatty Acid Esters in Fucoxanthin-fed Mice	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Food Chemistry	6. 最初と最後の頁 135318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodchem.2022.135318	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 Nagata Kodai, Takatani Naoki, Beppu Fumiaki, Abe Aya, Tominaga Etsuko, Fukuhara Tomohisa, Ozeki Makoto, Hosokawa Masashi	4. 巻 20
2. 論文標題 Monocaprin Enhances Bioavailability of Fucoxanthin in Diabetic/Obese KK-Ay Mice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Drugs	6. 最初と最後の頁 446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/md20070446	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 Takatani Naoki, Beppu Fumiaki, Yamano Yumiko, Maoka Takashi, Miyashita Kazuo, Hosokawa Masashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Preparation of Apoastaxanthinals and Evaluation of Their Anti-inflammatory Action against Lipopolysaccharide-Stimulated Macrophages and Adipocytes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 22341 ~ 22350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.2c01164	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 Saito Masayuki, Okamatsu-Ogura Yuko	4. 巻 41
2. 論文標題 Thermogenic Brown Fat in Humans: Implications in Energy Homeostasis, Obesity and Metabolic Disorders	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The World Journal of Men's Health	6. 最初と最後の頁 489 ~ 503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5534/wjmh.220224	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 Hosokawa Masashi	4. 巻 1261
2. 論文標題 Health-Promoting Functions of the Marine Carotenoid Fucoxanthin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Experimental Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 273 ~ 284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-7360-6_25	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 Mae Junnosuke, Nagaya Kazuki, Okamatsu-Ogura Yuko, Tsubota Ayumi, Matsuoka Shinya, Nio-Kobayashi Junko, Kimura Kazuhiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Adipocytes and Stromal Cells Regulate Brown Adipogenesis Through Secretory Factors During the Postnatal White-to-Brown Conversion of Adipose Tissue in Syrian Hamsters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Cell and Developmental Biology	6. 最初と最後の頁 698692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fcell.2021.698692	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 岡松 優子	4. 巻 93
2. 論文標題 食と栄養による脂肪組織の機能制御	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生化学	6. 最初と最後の頁 24 ~ 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14952/SEIKAGAKU.2021.930024	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 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 高谷直己、向村 奏、別府史章、細川雅史
2. 発表標題 海洋性カロテノイドastaxanthinの生体内代謝物の同定と組織分布
3. 学会等名 令和5年度日本水産学会大会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoki Takatani, Kana Sakimura, Fumiaki Beppu, Yumiko Yamano, Takashi Maoka, Masashi Hosokawa
2. 発表標題 Identification and tissue distribution of fucoxanthin-derived novel metabolites
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Carotenoids
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 池田詩歩、高谷直己、別府史章、細川雅史
2. 発表標題 フコキサンチンの非アルコール性脂肪性肝炎モデルマウスに対する予防機構
3. 学会等名 第61回日本油化学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 七戸優斗、高谷直己、別府史章、細川雅史
2. 発表標題 Fucoxanthinおよびその代謝物による樹状細胞の炎症制御作用
3. 学会等名 第61回日本油化学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masashi Hosokawa
2. 発表標題 Health promoting functions of the marine carotenoid fucoxanthin
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Biocatalysis and Agricultural Biotechnology (Plenary Lecture) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高谷 直己、別府 史章、山野 由美子、眞岡 孝至、細川 雅史
2. 発表標題 アスタキサンチン由来アポカロテノイドの調製と生理活性評価
3. 学会等名 第35回カロテノイド研究談話会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡松優子
2. 発表標題 シリアンハムスターにおける出生後の白色から褐色への脂肪組織リモデリング
3. 学会等名 第27回アディポサイエンス・シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Anju Tsukada, Mira Kato-Suzuki, Yuko Okamatsu-Ogura, Kazuhiro Kimura
2. 発表標題 Administration of antibiotics during lactation suppresses beige adipocyte induction in preweaning mice
3. 学会等名 Sapporo Summer Symposium for One Health, 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高谷直己、向村 奏、永田航大、田谷大輔、別府史章、細川雅史
2. 発表標題 海洋性カロテノイド fucoxanthinの新規生体内代謝物の同定と組織分布解析
3. 学会等名 第76回日本栄養・食糧学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川雅史
2. 発表標題 「農林水産・水・栄養・食・健康・環境」の繋がりにおける海藻の活用
3. 学会等名 日本食品保蔵科学会第71回（北海道恵庭）大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高谷直己、向村 奏、別府史章、山野由美子、眞岡孝至、細川雅史
2. 発表標題 フコキサンチン由来新規生体内代謝物の同定と組織分布解析
3. 学会等名 第34回カロテノイド研究談話会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miyafusa Hiroki, Takatani Naoki, Beppu Fumiaki, Yamano Yumiko, Hosokawa Masashi
2. 発表標題 Activation of Nuclear Factor Erythroid 2-Related Factor 2 (Nrf2) in Macrophages Treated with Apocarotenoids
3. 学会等名 The 2nd World Congress on Oleo Science, WCOS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚田杏樹、岡松優子、鈴木美羅、二川瑛実、加藤祐子、土生優妃、高橋菜摘、石塚敏、園山慶、木村和弘
2. 発表標題 マウス乳仔期の抗生剤暴露は腸内細菌叢形成とページュ脂肪細胞の出現を抑制する
3. 学会等名 第43回日本肥満学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木美羅、岡松優子、塚田杏樹、二川瑛実、木村和弘
2. 発表標題 母体のビタミンA欠乏は仔のページュ脂肪細胞の出現を抑制する
3. 学会等名 第43回日本肥満学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川雅史、木下康宣
2. 発表標題 紅藻ダルスの脂溶性成分特性
3. 学会等名 令和4年度海藻活用研究会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高谷直己・向村奏・別府史章・細川雅史
2. 発表標題 海洋性カロテノイドastaxanthinの生体内代謝物の同定と組織分布
3. 学会等名 令和5年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 細川雅史
2. 発表標題 褐藻中に含まれるフコキサンチンの 抗炎症作用と疾病予防効果
3. 学会等名 令和3年度海藻活用研究会定期シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡松優子
2. 発表標題 Cold adaptation and adipose tissue remodeling
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高市真一、眞岡孝至、新藤一敏、藤井律子、出羽毅久、近藤政晴、川崎信治、豊島拓樹、作道隆、川田紘次郎、伊藤晋作、吉澤晋、蓮沼誠久、石原大地、長島綾、梅野太輔、竹村美保、古林真衣子、本田真己、井上拓郎、加藤雅也、馬剛、張嵐翠、尾花明、細川雅史、高谷直己、真鍋祐樹、菅原達也、前多隼人、内藤裕二、西田康宏、桑原大知、平澤和明	4. 発行年 2024年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 275
3. 書名 「カロテノイドの科学 基礎，研究の新展開，生理活性～」	

〔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	岡松 優子 (Okamatsu Yuko) (90527178)	北海道大学・獣医学研究院・教授 (10101)	

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	高谷 直己 (Takatani Naoki) (40801501)	北海道大学・水産科学研究院・助教 (10101)	

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