

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H04474

研究課題名(和文)南極自由対流圏の大気バイオエアロゾル調査：アイスコア微生物の沈着メカニズム解明

研究課題名(英文)The research of atmospheric bioaerosols in free troposphere over the Antarctica: the investigations into the deposition mechanisms of microorganisms in Antarctic ice cores

研究代表者

小林 史尚 (Kobayashi, Fumihisa)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60293370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：アイスコア微生物の沈着メカニズムを解明するためには、南極自由対流圏の大気バイオエアロゾルに関する調査が重要かつ不可欠であるが、現在までほとんど実施されていない。代表者小林らが第60次南極地域観測隊(2018年11月～2019年3月)に参加し、南極大陸沿岸S17ポイント上空の大気バイオエアロゾルを独自に開発したサンプラーを搭載した無人機(カイトプレーン)を用いて採取し、次世代シーケンサーを用いたメタゲノム解析を行った。これらの結果のインパクトは、半球規模の微生物長距離輸送、極限微生物研究や南極生態系への大気の影響、先進的な南極観測や地球規模での微生物生態学、さらには「空の生態系解明」まで及ぶ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

先駆的な新規南極観測を実施するとともに南極大陸独自の未知の大気バイオエアロゾルを正確に採取できる。大気バイオエアロゾルの高度別実相調査結果から、上空を通りすぎる菌種・菌数、落下沈着する菌種・菌数などがわかり、南極域上空の大気バイオエアロゾル挙動が明らかになる。これまでの南極生態系知見などからの新たなアプローチを実施するだけでなく、アイスコア微生物の解明や半球規模での微生物長距離輸送など今後の南極生態系観測に関する革新的・新規な提案ができる。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate the deposition mechanisms of ice cores in the Antarctica, it is necessarily and important to research the atmospheric bioaerosols in free troposphere over the Antarctica. However, It is hardly carried out until the present. Principal Investigator, Kobayashi, and others carried out the sampling the atmospheric bioaerosols over the S17 point on the Antarctica using the unmanned aerial vehicle (UAV; Kite plane) loaded the novel developed bioaerosol sampler in 60th Japan Antarctic Research Expedition (JARE). We performed the meta genome analysis using the next-generation sequencer. The impact of results will effect on the study of the long distance transportation of microorganisms with hemisphere scale, extremophile, the influence of the atmosphere into the Antarctic ecosystems, the novel Antarctic observations, the gloval microbial ecology, and "the investigations of ecosystema in the sky".

研究分野：環境生物学

キーワード：大気バイオエアロゾル 南極 アイスコア微生物

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

南極アイスコア研究は、時間分解能が高く、昔の空気を含む環境シグナルを保存していることから、古気候古環境を知ることができる非常に重要な研究といえる。特に、南極アイスコア微生物研究は、生物進化学、生物系統地理学、生物環境適応学、極限微生物学など多くの分野に多大なる影響を及ぼす研究である。瀬川らは、南極アイスコア微生物を同定し、氷河期の生物多様性は少なくガンマプロテアバクテリア網が優先していたことを報告している(T. Segawa *et al.*, 2010)。しかし、南極アイスコア微生物がその時代の微生物相と本当に一致しているか、微生物の浮遊・沈着の際に生物種の選択(バイアス)がないか、ほとんどわかっていない。高高度の大気バイオエアロゾル(大気浮遊生物)のデータと、氷晶活性研究者である分担者東野(業績 8 等)の実証実験により沈着メカニズムが明らかとなり、古気候古環境の微生物相が明らかになる。申請代表者小林は、第 54 次日本南極地域観測隊夏隊に参加し、日本で初めて大気バイオエアロゾル観測を実施した。この第 54 次隊大気バイオエアロゾル観測で明らかとなった知見は、論文(研究業績 1 等)や国際学会 Polar Science シンポジウムなどで発表しており、世界各地の南極の生物や大気を研究している研究者から好評を得ている。国際的な南極における大気バイオエアロゾル研究が、急速に発展しており(Chan *et al.*, 2013)、日本がこの分野において世界をリードするためには、早急にさらなる現地調査が必要・不可欠である。

申請代表者小林が第 54 次日本南極地域観測隊夏隊に参加した時、協働作業した気水圏研究ミッションに、分担者東野がリーダーとして実施した無人航空機を用いた高高度エアロゾル調査があった。高度 1,000 m から始まり、最終的には 10,000 m (10 km) まで成功した。以前の 54 次南極観測隊では、大気バイオエアロゾル調査を係留気球を用いて行っていたが(東野隊員協働作業)、大気混合層内の高度 1,000 m がほぼ限界であり、さらなる大気バイオエアロゾル調査のためには、無人機の調査が必要であると考えていた。さらに、復路しらせ船内にて、分担者東野とエアロゾル分析用無人航空機を大気バイオエアロゾル用にするための相談を始めており、実現可能との結論に達している。本研究では、今後注目され、いまだ未知な南極における自由対流圏大気バイオエアロゾル観測、すなわち先進的な南極観測の実現として着想した。南極自由対流圏の大気バイオエアロゾルの実相調査は、南極における地上付近の大気バイオエアロゾルを直接採集・生物分析してきた経験をもつ、我々申請者研究グループ以外には実施できない。

最初に、無人航空機を用いた南極自由対流圏の大気バイオエアロゾル直接採集・生物分析である。これらの結果は、大気バイオエアロゾルの氷晶活性評価実験とともに、アイスコア微生物の分析結果(古気候古環境の微生物データ)に新たな知見を与えることとなる。また、南極特有の気流(極循環)では、南アメリカ、オーストラリアやアフリカ大陸から大気が集まってきていると言われており、半球規模での大気を通じた微生物の長距離輸送が明らかとなる。次に、無人航空機観測とともに同時に実施する地上付近の定点大気バイオエアロゾル観測やしらせ船上の南極海上大気バイオエアロゾル観測などの多角的観測によって、新たな南極生態系調査を実施する。極地の生態系は、地球温暖化の影響が先鋭的に現れるので、この結果は現在世界で大きな課題となっている地球温暖化問題への基礎データを与える。これらの発展させる事柄は、国内的にも国際的にも、また学術的にも社会的にも、注目される研究であることは間違いない。

2. 研究の目的

研究代表者小林は第 54 次南極地域観測隊に参加し、係留気球を用いた大気バイオエアロゾル(大気浮遊生物粒子)の直接採集・生物分析を行った。現在、研究成果をまとめているが、国際学会や学術論文などでその一部を発表し、高い評価を得ている。アイスコア微生物の沈着メカニズムを解明するためには、南極自由対流圏の大気バイオエアロゾルに関する調査が重要かつ不可欠であるが、現在まで全く実施されていない。分担者東野は、第 54 次南極観測隊において無人航空機を用いた高高度エアロゾル(大気浮遊粒子)調査を成功させた。この無人航空機をバイオエアロゾル用に改良し、南極自由対流圏バイオエアロゾル調査を実施する。本研究のアウトプットは、アイスコア微生物の沈着メカニズムを解明するばかりでなく、半球規模の微生物大陸間長距離輸送、極限微生物研究や南極生態系への大気の影響、先進的な南極観測や地球規模での微生物生態学、さらには「空の生態系解明」まで及ぶ。

3. 研究の方法

(1) 第 60 次日本南極地域観測隊

本科学研究費計画における初年度(2017 年度)に分担者林政彦教授(福岡大学)および伊村智教授(国立極地研究所)と綿密な打ち合わせの元に、研究代表者小林が第 60 次日本南極地域観測隊に夏隊員として参加することが決まった。この 2017 年度に南極大陸沿岸 S17 ポイントで行われる大気バイオエアロゾル観測の準備を行った。特に、無人機(カイトプレーン)を用いた上空の大気バイオエアロゾル採集を実施するために、独自にサンプラーを開発した。

(2) 南極大陸沿岸 S17 ポイントにおける氷床上連続大気バイオエアロゾル観測

南極大陸沿岸 S17 観測拠点(南緯 69.0°、東経 40.1°、海拔 600m)に設置したカブースにおいて、2018 年 12 月 28 日から 2019 年 1 月 23 日まで定点観測を行った。流量 90 L/min でフィルターは 24 時間に一回交換し、大気バイオエアロゾルサンプルを得た。また同時に微生物センサ(シャープ社製, BMC-300)を用いた自家蛍光による連続観測も実施した。図 1 は本観測に用いたカブース、図 2 は大気バイオエアロゾルを採取したインレットの写真を示す。

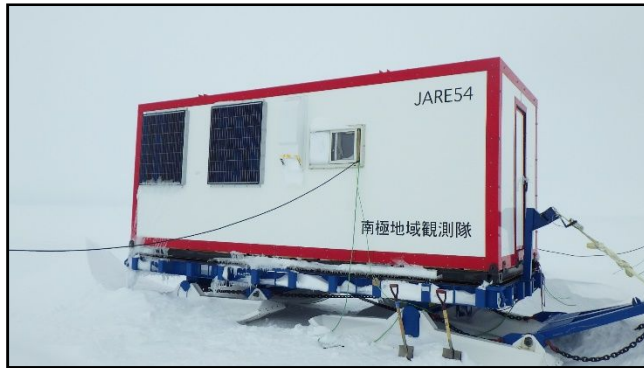


図1 連続大気バイオエアロゾル観測用カブス



図2 観測インレット

(3) 南極大陸沿岸 S17 ポイントにおけるカイトプレーンを用いた上空の大気バイオエアロゾル採集

上空でのサンプリングにはカイトプレーンを用いて海拔高度 1,000 m まで上昇し、約 1 h 同じ高度で八の字巡回し、サンプリングを行った。図 3 は、使用したカイトプレーンを示す。カイトプレーンの先頭部には、独自に開発した大気バイオエアロゾルサンプラーを搭載した。この装置は、遠隔操作でサンプラーの吸引シャッターを開けると同時にポンプを稼働することができ、あらかじめタイマーを 1 h に設定し、サンプリングが終了すると同時にシャッターを閉めポンプを止めることができる。このサンプラーを用いて目的高度、1,000 m の大気バイオエアロゾルだけを採取できた。吸引量は 9L/min でサンプリング時間は 1 月 10 日と同月 22 日に実施した。

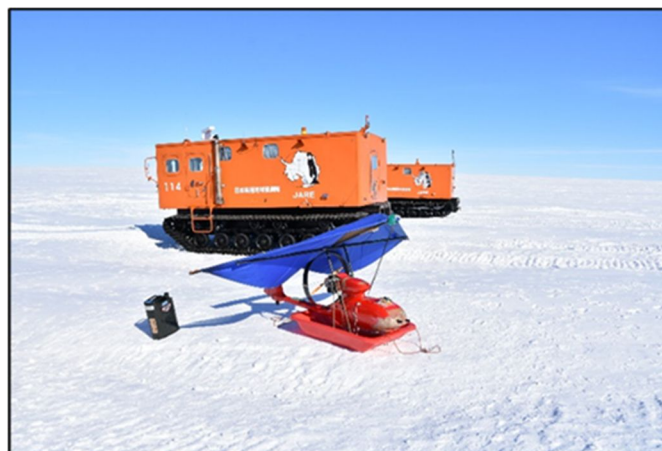


図3 カイトプレーンと操縦や高度測定などに用いた雪上車

(4) 生物分析

大気バイオエアロゾルを採集したメンブレンフィルターサンプルは、雑菌汚染しない操作で回収し、日本まで持ち帰ったのち、MiSeq の次世代シーケンサーを用いてメタゲノム解析を行った。また、微生物センサによるデータおよび NOAA による HYSPLIT Model (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) 後方流跡解析も検討した。

4. 研究成果

(1) 南極大陸沿岸 S17 ポイントにおける氷床上連続大気バイオエアロゾル観測

図 4 は、2018 年 12 月 27 日から 2019 年 1 月 22 日までの微生物センサを用いて測定した空気中の微生物濃度の経時変化を示す。南極氷床上の S17 ポイントにおける氷床大気バイオエアロゾル濃度は、日々変化することが計測され、特に、ブリザードが生じた時に増加することがわかった。これは、遅い風速の時、すなわち風が弱い時には舞い上がらず、大気中のバイオエアロゾル濃度が低い、強い風速、すなわちブリザードのような風が強い時には舞い上がって大気中をバイオエアロゾルが移動することがわかった。また、S17 ポイントに置いて DNA 濃度や種組成は日々変化することがわかったが、主として Flavobacteria 網が比率として高かったが、2019 年 1 月 11 日は特異的に DNA 濃度が増加し、Clostridia 網が種組成の比率として増加した。なお、この現象は微生物センサにおいては、ブリザードではない時に濃度が少し増加していた。この理由の詳細は不明であるが、後方流跡線解析結果から S17 ポイントの北東方向の南極大陸沿岸部上空を経由しているからその地域と何らかの関係がある可能性が考えられる。滑降風(カタバ風)の影響が直接的に観測できる地点であることから、今後、それらの気象状況が及ぼす大気バイオエアロゾルの DNA 濃度、種組成や自家蛍光強度の影響を検討する予定である。

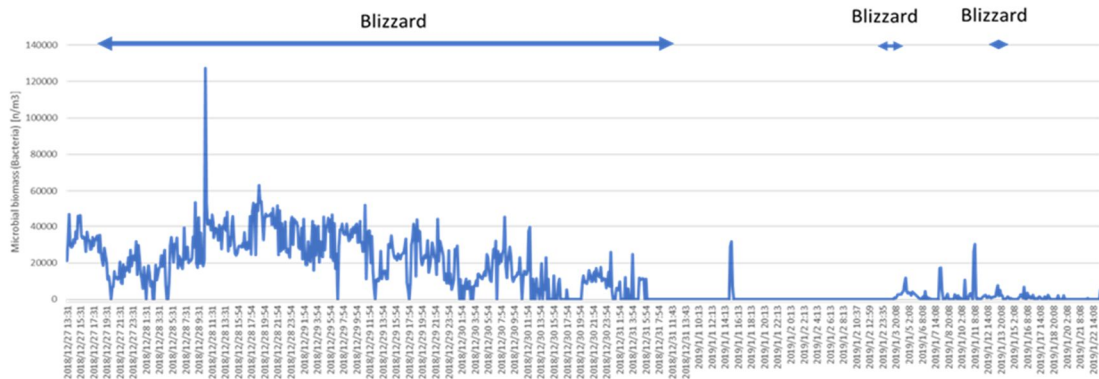


図4 微生物センサで測定した南極大陸沿岸 S17 ポイント氷床上大気バイオエアロゾル濃度の経時変化

(2) 南極大陸沿岸 S17 ポイントにおけるカイトプレーンを用いた上空の大気バイオエアロゾル採集

図5は、2019年1月10日及び1月22日にカイトプレーンを用いて行った高度1,000 mにおける大気バイオエアロゾルサンプリングによって得られた種組成を示す。これらの細菌は、高度1,000 mで採取されたので、大気混合層上部あるいは自由対流圏下部に浮遊していた細菌といえる。図5の結果から両日ともに *Flavobacteriia* 網および *Betaproteobacteria* 網が種組成の多くを占めることがわかった。これらの菌は海水中に多く含まれているので、海洋から舞い上がった細菌が輸送されたと思われる。後方流跡線解析結果と氷床上の気象データから、採取された細菌の大気は、1月10日において南極大陸内陸部から輸送されたことがわかった。また、図5の結果から、1月10日より22日の方が、DNA濃度は低く、種組成では *Clostridia* 網および *Deltaproteobacteria* 網が低かった。この理由は、1月10日の上空の大気が海洋を経由したからと考えられる。特に、*Clostridia* 網はS17から北の方角にあるラングホブデ袋浦等がアデリーペンギンのルッカリーがあり、その糞などから舞い上がっていることが報告されているので (Kobayashi *et al.*, 2016)、これらの地域から輸送されたと思われる。*Chloroplast* 網は、海藻などに含まれているため、海上を経由している1月10日上空の大気で検出されたと考えられる。DNA濃度が、1月10日より1月22日の方が減少した理由の一つは、1月22日の後方流跡線解析から南極大陸の内陸部から輸送されている空気であることが考えられる。

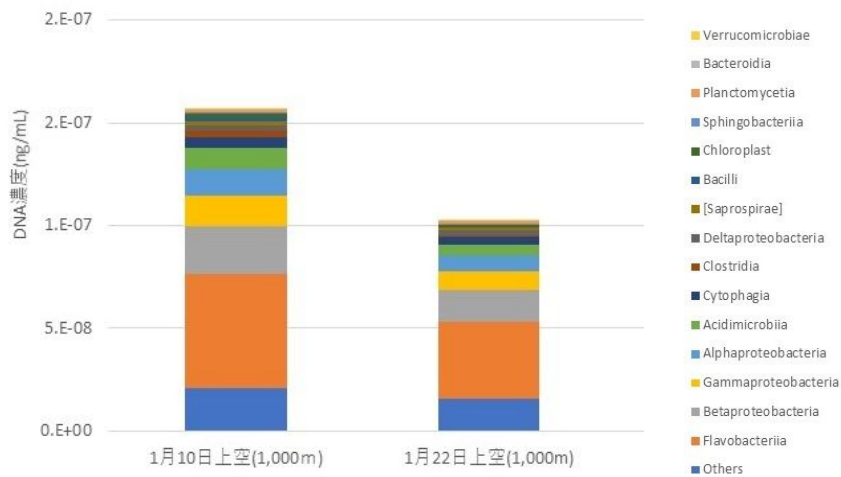


図5 南極大陸沿岸 S17 ポイント上空における大気バイオエアロゾルの DNA 濃度と種組成

本研究の結果から、南極大陸の上空や氷床上には、種々の大気バイオエアロゾルが浮遊していることがわかった。本研究の成果とさらなる研究によって、大気バイオエアロゾルの飛来源などが明らかになる等、大気を通じた微生物の長距離輸送のみならず、南極アイスコア微生物の進化、極限微生物研究、南極生態系への大気の影響、先進的な南極観測や地球規模での微生物生態学、さらには「空の生態系解明」にまで発展すると思われる。

< 引用文献 >

Chan Y, van Nostrand J, Zhou J, Pointing SB, Farrell RL (2013) Functional ecology of an Antarctic dry valley. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 110, 8990-8995.

Kobayashi F., Maki T., Kakikawa M., Noda T., Mitamura H., Takahashi A., Imura S., Iwasaka Y. (2016) Atmospheric bioaerosols originating from Adelle penguins (*Pygoscelis adeliae*): Ecological observations of airborne bacteria at hukuro Cove, Langhovde, Antarctica, polar Science, 10, 71-78.

Segawa T., Ushida K., Narita H., Kanda H., Kohshima S. (2010) Bacterial communities in two Antarctic ice cores analyzed by 16S rRNA gene sequencing analysis, Polar Science, 4, 215-227.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計36件（うち査読付論文 33件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 小林史尚	4. 巻 52
2. 論文標題 大気を通じて長距離・越境輸送される微生物 大気バイオエアロゾル -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第52回緑膿菌感染症研究会講演記録集	6. 最初と最後の頁 1-4
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 小林史尚	4. 巻 10
2. 論文標題 南極上空の微生物	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ロータリー週報卓話	6. 最初と最後の頁 1-3
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 Tobo, Y., Adachi, K., DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Hamilton, D. S., Mahowald, N. M., Nagatsuka, N., Ohata, S., Uetake, J., Kondo, Y. & Koike, M.	4. 巻 12
2. 論文標題 Glacially sourced dust as a potentially significant source of ice nucleating particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 253-258
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 該当する

1. 著者名 Hiranuma, N., Adachi, K., Bell, D. M., Belosi, F., Beydoun, H., Bhaduri, B., Bingemer, H., Budke, C., Clemen, H.-C., Conen, F., Cory, K. M., Curtius, J., DeMott, P. J., Eppers, Tobo, Y. et al.	4. 巻 19
2. 論文標題 A comprehensive characterization of ice nucleation by three different types of cellulose particles immersed in water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 4823-4849
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 該当する

1. 著者名 Misumi, R., Uji, Y., Tobo, Y., Miura, K., Uetake, J., Iwamoto, Y., Maesaka, T. & Iwanami, K.	4. 巻 96
2. 論文標題 Characteristics of droplet size distributions in low-level stratiform clouds observed from Tokyo Skytree	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Meteorological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 405-413
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 DeMott, P. J., Mason, R. H., McCluskey, C. S., Hill T. C. J., Perkins, R. J., Desyaterik, Y., Bertram, A. K., Trueblood, J. V., Grassian, V. H., Qiu, Y., Molinero, V., Tobo, Y., Sultana, C. M., Lee, C. & Prather, K. A.	4. 巻 20
2. 論文標題 Ice nucleation by particles containing long-chain fatty acids of relevance to freezing by sea spray aerosols	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environmental Science: Processes and Impacts	6. 最初と最後の頁 1559-1569
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 該当する

1. 著者名 Masumoto, S., Uchida, M., Tojo, M., Herrero, M., Mori, A.S. and Imura, S.	4. 巻 186
2. 論文標題 The effect of tar spot pathogen on host plant carbon balance and its possible consequences on a tundra ecosystem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oecologia	6. 最初と最後の頁 843-853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1007/s00442-017-4037-7	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 Masumoto, S., Tojo, M., Imura, S., Herrero, M. and Uchida, M.	4. 巻 41
2. 論文標題 Occurrence pattern of the parasitic fungus Rhytisma polare (Ascomycota) on the polar willow (Salix Polar) under limited water conditions in a high-Arctic semi-desert.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polar Biology	6. 最初と最後の頁 1105-1110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1007/s00300-018-2269-6	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 該当する

1. 著者名 Kosugi, M., Maruo, F., Inoue, T., Kurosawa, N., Kawamata, A., Koike, H., Kamei, Y., Kudoh, S. and Imura, S.	4. 巻 122
2. 論文標題 A comparative study of wavelength-dependent photoinactivation in photosystem II of drought-tolerant photosynthetic organisms in Antarctica and the potential risks of photoinhibition in the habitat	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 1263-1278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcy139	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 Nakazawa, F., Suyama, Y., Imura, S. and Motoyama, H	4. 巻 9
2. 論文標題 Species identification of Pinus pollen found in Belukha glacier, Russian Altai Mountains, using a whole-genome amplification method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 444-444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.3390/f9080444	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 Maruo, F. and Imura, S	4. 巻 121
2. 論文標題 The effect of snow cover on the phenology of the moss <i>Racomitrium lanuginosum</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Bryologist	6. 最初と最後の頁 148-157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1639/0007-2745-121.2.148	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 Takahashi, T., Tsurunaga, Y., Kudoh, S., Imura, S. and Yoshino, K	4. 巻 27
2. 論文標題 Statistical analysis based on meteorological data factors related to ozone hole generation in Antarctica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Electrical Materials Engineering	6. 最初と最後の頁 25-37
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 小林史尚	4. 巻 53
2. 論文標題 南極上空大気の中の微生物 第54次南極観測同行者報告	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 極地	6. 最初と最後の頁 61-64
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 T.Maki, K.Hara, A.Iwata, K.C.Lee, K.Kawai, K.Kai, F.Kobayashi, S.B.Pointing, S.Archer, H.Hasegawa, Y.Iwasaka	4. 巻 17
2. 論文標題 Variations of airborne bacterial communities at high altitudes in response dust events, over Asian-dust downwind area (Japan)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 11877-11897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.5194/acp-17-11877-2017	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 T.Shimada, Y.Kanno, T.Iwasaki	4. 巻 31
2. 論文標題 Low-level cool air over the mid-latitude oceans in summer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Climate	6. 最初と最後の頁 2075-2090
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1175/JCLI-D-17-0188.1	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 P.J.DeMott, T.C.J.Hill, M.D.Petters, A.K.Bertram, Y.Tobo et al.	4. 巻 17
2. 論文標題 Comparative measurements of ambient atmospheric concentrations of ice nucleating particles using multiple immersion freezing methods and a continuous flow diffusion chamber	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Atmospheric Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 11227-11245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/acp-17-11227-2017	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 M.Tsuji, M.Tsujimoto, S.Imura	4. 巻 58
2. 論文標題 Cystobasidium tubakii and Cystobasidium ongulense, new basidiomycetous yeast species isolated from East Ongul Island, East Antarctica	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mycoscience	6. 最初と最後の頁 103-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.myc.2016.11.002	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 M.Matsui, A.Kawamata, M.Kosugi, S.Imura, N.Kurosawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Diversity of proteolytic microbes isolated from Antarctic freshwater lakes and characteristics of their cold-active proteases	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 82-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1016/j.polar.2017.02.002	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 E.Verleyen, I.Tavernier, D.A.Hodgson, P.Whitehouse, S.Kudoh, S.Imura et al.	4. 巻 169
2. 論文標題 Ice sheet retreat and glacio-isostatic adjustment in Lützw-Holm Bay, East Antarctica	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Quaternary Science Review	6. 最初と最後の頁 85-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1016/j.quascirev.2017.06.003	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 該当する

1. 著者名 D.Shimada, A.C.Suzuki, M.Tsujimoto, M., S.Imura, K.Kakui	4. 巻 22
2. 論文標題 Oncholaimus langhovdensis sp. nov. (Nematoda: Enoplea: Oncholaimida), a New Species of Free-living Marine Nematode from Langhovde, Dronning Maud Land, East Antarctica	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Species Diversity	6. 最初と最後の頁 151-159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12782/sd.22_151	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.Masumoto, M.Uchida, M.Tojo, M.Herrero, A.S.Mori, S.Imura	4. 巻 186
2. 論文標題 The effect of tar spot pathogen on host plant carbon balance and its possible consequences on a tundra ecosystem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oecologia	6. 最初と最後の頁 843-853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1007/s00442-017-4037-7	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 S.Masumoto, M.Tojo, S.Imura, M.Herrero, M.Uchida	4. 巻 -
2. 論文標題 Occurrence pattern of the parasitic fungus <i>Rhytisma polare</i> (Ascomycota) on the polar willow (<i>Salix Polarix</i>) under limited water conditions in a high-Arctic semi-desert	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polar 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) 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 牧輝弥, 小林史尚, 岩坂泰信	4. 巻 -
2. 論文標題 長距離輸送される黄砂バイオエアロゾルの特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	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 -

1. 著者名 Wirasatriya, A., H. Kawamura, M. Helmi, D. N. Sugianto, T. Shimada, K. Hosoda, G. Handoyo, Y.	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermal structure of hot events and their possible role in maintaining the warm isothermal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ocean Dynamics, 2020	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 該当する

1. 著者名 Naruki Hiranuma, Kouji Adachi, David M. Bell,..Yutaka Tobo,...	4. 巻 19
2. 論文標題 A comprehensive characterization of ice nucleation by three different types of cellulose	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmos. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 4823-4849
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 該当する

1. 著者名 松木 篤, 岩田 歩, 張 代洲, 小島 知子, 山田 丸, 當房 豊	4. 巻 -
2. 論文標題 黄砂の混合状態を持つ気候学的重要性 個別粒子観察の見地から	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	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 -

1. 著者名 Yutaka Tobo, Kouji Adachi, Paul J. DeMott, Thomas C. J. Hill, Douglas S. Hamilton, Natalie M.	4. 巻 12
2. 論文標題 Glacially sourced dust as a potentially significant source of ice nucleating particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 253
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 該当する

1. 著者名 當房豊	4. 巻 41
2. 論文標題 混相雲内でのエアロゾルの氷晶核としての役割	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気化学研究	6. 最初と最後の頁 041A02
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 Uetake, J., Tobo, Y., Uji, Y., Hill, T. C. J., DeMott, P. J., Kreidenweis, S. M., Misumi, R	4. 巻 10
2. 論文標題 Seasonal changes of airborne bacterial communities over Tokyo and influence of local	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 1572
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 該当する

1. 著者名 Kudoh, S., Tanabe, Y., Hayashi, K., Kida, M., Fujitake, N., Uchida, M. and Imura, S	4. 巻 3
2. 論文標題 Meteorological data from ice-free areas in Yukidori Zawa, Langhovde and Kizahashi Hama,	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polar Data Journal	6. 最初と最後の頁 37-45
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 Kagoshima, H., Maslen, R., Kito, K., Imura, S., Niki, H. and Convey, P.	4. 巻 42
2. 論文標題 Integrated taxonomy combining morphological and molecular biological analyses of soil nematodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polar Biology	6. 最初と最後の頁 877-887
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 該当する

1. 著者名 Ikeda, A., Ohno, G., Otani, S., Watanabe, K. and Imura, S.	4. 巻 78
2. 論文標題 Disease and injury statistics of Japanese Antarctic Research Expeditions during the wintering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Circumpolar Health	6. 最初と最後の頁 1611327
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 Chaya, A., Kurosawa, N., Kawamata, A., Kosugi, M. and Imura, S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Community Structures of Bacteria, Archaea, and Eukaryotic Microbes in the Freshwater Glacier	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Diversity	6. 最初と最後の頁 105
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 Jimi, N., Taru, M. and Imura, S.	4. 巻 132
2. 論文標題 Life in the city: a new scavenger species of Ophryotrocha (Annelida, Dorvilleidae) from Odaiba,	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Biological Society of Washington	6. 最初と最後の頁 131-140
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 該当する

1. 著者名 Tsujiimoto, M., Kagoshima, H., Kanda, H., Watanabe, K., and Imura, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Reproductive performance of the Antarctic tardigrades <i>Acutuncus antarcticus</i> (Eutardigrada:	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Zoological Journal of the Linnean Society	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 -

1. 著者名 Jimi, N. and Imura, S.	4. 巻 16
2. 論文標題 First records of <i>Brada kudenovi</i> Salazar-Vallejo, 2017 (Annelida, Flabelligeridae) from Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Check List	6. 最初と最後の頁 207-210
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 該当する

〔学会発表〕 計35件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 南極上空の微生物
3. 学会等名 弘前ロータリー卓話会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 南極と自然エネルギー
3. 学会等名 白神自然学校インストラクター養成講座（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 60次における大気バイオエアロゾル観測と問題点
3. 学会等名 第21回南極エアロゾル研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 カイトプレーンによるバイオエアロゾルサンプリング計画
3. 学会等名 第8回無人機航空機の活用による極地観測の展開（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 空飛ぶ微生物
3. 学会等名 しらせ大学講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島田照久
2. 発表標題 陸奥湾の風況
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y., Adachi, K., DeMott, P. J., Hill, T. C. J., Hamilton, D. S., Mahowald, N. M., Nagatsuka, N., Ohata, S., Uetake, J., Kondo, Y., Koike, M., Mazzola, M. & Cappelletti, D
2. 発表標題 Recent progress and perspectives in ice nucleation studies at Ny-Årnes, Svalbard
3. 学会等名 Ny-Årnes Atmosphere Flagship open workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y., Moteki, N., Adachi, K., Ohata, S., Yoshida, A., Koike, M. & Kondo, Y.,
2. 発表標題 Evaluation of immersion freezing properties of dark-colored particles under mixed-phase cloud conditions
3. 学会等名 10th International Aerosol Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tobo, Y.
2. 発表標題 Potential influence of aerosols on ice nucleation in mixed-phase clouds
3. 学会等名 JpGU Meeting 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 大気を通じて長距離・越境される微生物 大気バイオエアロゾル
3. 学会等名 第52回緑膿菌感染症研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 南極上空大気バイオエアロゾルの生物分析による環境解析
3. 学会等名 環境科学会2017年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 係留気球を用いた南極上空の大気バイオエアロゾルの採集と生物分析
3. 学会等名 第69回日本生物工学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 黄砂バイオエアロゾルの紫外線耐性と紫外線量増加にともなう影響評価
3. 学会等名 オゾン層破壊が及ぼす地球環境の影響を考えるシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 60次における大気バイオエアロゾル観測計画案
3. 学会等名 第20回南極エアロゾル研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 F.Kobayashi
2. 発表標題 Future prospects and previous observation results for atmospheric bioaerosols over the Antarctica
3. 学会等名 8th Symposium on Polar Science（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 南極の空の微生物～第54次南極観測隊員として～
3. 学会等名 七戸理科クラブ（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 大きな風船を飛ばして上空の風を観測してみよう
3. 学会等名 七戸理科クラブ(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 JARE60カイトプレーンによるバイオエアロゾルサンプリング
3. 学会等名 第7回無人航空機の活用による極地観測の展開
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 島田照久
2. 発表標題 北日本周辺の洋上風況に対する地形性強風の影響
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y.Tobo, K.Murata
2. 発表標題 A novel and simple approach for measuring ice nucleating particles in the atmosphere
3. 学会等名 The 8th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 第60 次南極観測隊における大気バイオエアロゾル観測
3. 学会等名 第22回南極エアロゾル研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林史尚，高原亮樹，淺田元子，中村嘉利
2. 発表標題 台風（熱帯低気圧）の移動による大気バイオエアロゾル輸送
3. 学会等名 環境科学会2019年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林史尚
2. 発表標題 津軽半島における大気バイオエアロゾル観測：リンゴ感染症原因菌監視システムの構築
3. 学会等名 特設分野研究の研究代表者交流会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林史尚，原田大聖
2. 発表標題 60次におけるカイトプレーンを用いたS17上空の大気バイオエアロゾル観測
3. 学会等名 第9回無人航空機の活用による極地観測の展開（招待講演）
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 F.Kobayashi, Y.Kon, T.Harada
2 . 発表標題 Bioaerosol observation at S17 and Syowa station, Antarctica, with the 60th Japanese Antarctic Reserach ZEspedition (JARE)
3 . 学会等名 10th Symposium on Polar Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K.Hara, M.Yabuki, H.Kobayashi, S.Matoba, Y.Iizuka, N.Takenaka, S.Hattori, H.Takashima, F.Kobayashi, S.Ishino, N.Hirasawa,
2 . 発表標題 Antarctic Study on Tropospheric Aerosol and Snow Chemistry (ASTASC) in Jare Phase X
3 . 学会等名 10th Symposium on Polar Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M.Kuji, S.Hirose, N.Nakatsuji, M.Hori, N.Kurita, F.Kobayashi
2 . 発表標題 Characteristics of cloud fraction from whole-sky camera and ceilometer observations onboard R/V Shirase suring JARE60
3 . 学会等名 10th Symposium on Polar Science (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Inovasita Alifdini, Teruhisa Shimada, and Anindya Wirasatriya
2 . 発表標題 Climatology of surface winds in the Indonesian seas based on satellite observations and reanalysis data
3 . 学会等名 11th Conference on Weather, Climate, and the New Energy Economy, American Meteorological Society 100th Annual Meeting (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 島田照久
2. 発表標題 襟裳岬周辺の洋上風況
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tobo, Y., Uetake, J., Uji, Y., Iwamoto, Y., Mori, T., Miura, K., Misumi, R
2. 発表標題 Routine measurements of atmospheric ice nucleating particles on Tokyo Skytree: Preliminary results in 2016/2017
3. 学会等名 11th Asian Aerosol Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 大気中のダスト・微生物とその雲微物理への影響
3. 学会等名 ニールスン新基地を利用した研究の新展開に関する研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tobo, Y
2. 発表標題 High-latitude dust and its potential impact on atmospheric ice nucleation
3. 学会等名 3rd PACES Open Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 當房 豊, 植竹 淳, 松井 仁志, 宇治 靖, 岩本 洋子, 森 樹大, 三浦 和彦, 三隅 良平
2. 発表標題 黄砂飛来時における東京スカイツリーでの氷晶核の観測：2017年5月の事例
3. 学会等名 日本気象学会 2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tobo, Y., Uetake, J., Matsui, H., Uji, Y., Iwamoto, Y., Miura, K., Misumi, R.
2. 発表標題 Variation of atmospheric INP number concentrations during continuous monitoring on Tokyo Skytree in 2016/2017
3. 学会等名 3rd Atmospheric Ice Nucleation Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 當房 豊
2. 発表標題 北極域での雲凝結核・氷晶核の研究
3. 学会等名 2019年度 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Nakai, R., Imura, S. and Naganuma, T	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 43
3. 書名 The Ecological Role of Micro-organisms in the Antarctic Environment	

〔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	島田 照久 (Shimada Teruhisa) (30374896)	弘前大学・理工学研究科・准教授 (11101)	
研究分担者	東野 伸一郎 (Higashino Shinichiro) (40243901)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	林 政彦 (Hayashi Masahiko) (50228590)	福岡大学・理学部・教授 (37111)	
研究分担者	當房 豊 (Tobo Yutaka) (60572766)	国立極地研究所・研究教育系・助教 (62611)	
研究分担者	伊村 智 (Imura Satoshi) (90221788)	国立極地研究所・研究教育系・教授 (62611)	
連携研究者	岩坂 泰信 (Iwasaka Yasunobu) (20022709)	滋賀県立大学・理事会・理事 (24201)	
連携研究者	牧 輝弥 (Maki Teruya) (70345601)	金沢大学・物質化学系・准教授 (13301)	