

令和元年6月17日現在

機関番号：27501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02969

研究課題名(和文)大陸から越境輸送される有害な空中微生物の検出と実験研究による呼吸器系への影響評価

研究課題名(英文) Detection of harmful airborne microbes transported across the China continent and evaluation of respiratory system effects by experimental research

研究代表者

市瀬 孝道 (ICHINOSE, Takamichi)

大分県立看護科学大学・看護学部・教授

研究者番号：50124334

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：我々は黄砂とPM2.5発生時に能登半島でバイオエアロゾルを捕集し、またゴビ沙漠でも捕集した。バイオエアロゾルから微生物を分離・培養して遺伝子解析を行った結果、生体影響の可能性が高い真菌類が能登半島で16株、ゴビ沙漠で15株得られた。これらのうち8株についてマウスに単一、黄砂と併用曝露を行い喘息誘導の強さを比較した結果、単一曝露ではコニオサイリュウムが最も強く、フィアロセファラとクラドスポリウムがこれに続いた。併用曝露ではミリアンギウムが最も強く、コニオサイリュウムがこれに続いた。発生源はコニオサイリュウムとミリアンギウムは能登半島の森林、フィアロセファラとクラドスポリウムがゴビ沙漠であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

黄砂やPM2.5には細菌や真菌類が混在しているが、人のアレルギーに影響を及ぼす可能性のある真菌が能登半島や黄砂発生源のゴビ沙漠で各々15～16株見つかった。8株の真菌をマウスに単一と黄砂との併用曝露にて喘息誘導の強さを調べた結果、ゴビ沙漠由来の真菌よりも能登半島の森林由来の真菌2株に気管支喘息を強く誘導することが分かった。これらの結果から、日本の森林に由来する真菌を監視し発生を防ぐことによって喘息の予防に繋げることができるとも知れない。また、喘息に関わる真菌2株が見出されたことは医学的な学術意義が高い。今後は喘息誘導に関わる多くの微生物を試験しアジア全体のバイオハザードマップの作成を試みたい。

研究成果の概要(英文)：We collected bioaerosols in the Noto Peninsula during Asian dust and PM 2.5 events and also collected in the air of the Gobi Desert. Microorganisms were isolated and cultured from the collected bioaerosol and subjected to genetic analysis. The probable fungi of the biological effects were 16 strains in the Noto Peninsula and 15 strains in the Gobi deserts. Eight of these strains were subjected to single exposure to mice or combination exposure to mice with Asian sand dust. The strength of asthma induction was compared. Coniothyrium sp was the strongest in single exposure, followed by Phialocephalea sp and Cladosporium sp. In combination exposure to mice, Myriangium sp was the strongest, followed by Cladosporium sp. Coniothyrium sp and Myriangium sp were the Noto Peninsula forests origin, and Phialocephalea sp and Cladosporium sp were the Gobi deserts origin in the China continent.

研究分野：環境毒性学

キーワード：バイオエアロゾル 有害真菌 黄砂 由来と発生地 呼吸器影響 有害微生物種 粒子状物質

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

黄砂やPM2.5に付着して大陸から長距離輸送されるカビや細菌などのバイオエアロゾルによる健康影響に対する社会的・学術的な関心が高まっている。疫学調査で報告されている黄砂やPM2.5による花粉症や気管支喘息の悪化が、付着している微生物成分による可能性が極めて高い。本研究の分担者である牧らは、黄砂飛来時の大気中に細菌(LPS・PG)や真菌担子(β-グルカン)が増加することを見出した(牧ら, 2014)。しかし、どのような微生物種が花粉症や気管支喘息の悪化に関与しているのかは明らかではない。このような背景から、人や生態に有害な微生物種を明確にして、それらが何処から輸送されて来るのか、またどの微生物種が炎症誘導や呼吸器に対する影響が強いのか、バイオエアロゾルの健康影響評価を行う必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、高度数千メートルを浮遊するバイオエアロゾルを捕集・培養し、遺伝子解析によって発生地や健康に有害な微生物種を見つけ出す。また、培養細胞やマウスを用いた実験研究によって分離微生物株の炎症誘導や気管支喘息増悪度を比較し、5段階影響評価によって有害微生物種のランキング付けをする。

3. 研究の方法

(1). 黄砂バイオエアロゾルの捕集・遺伝子解析

①. バイオエアロゾルの捕集調査

黄砂やPM2.5が飛来した能登半島先端の珠洲市において、エアポンプを搭載した係留気球を上げ、高度1000mの大気粒子を孔径0.45μmのメンブランフィルター上に採取した。一方、能登半島全域にヘリコプターを飛行させ、高度1000m~3000mの大気粒子をフィルター上に吸引捕集した。さらに、黄砂発生源を浮遊する微生物と比較するため、発生源のゴビ沙漠(ツオクトーボー市)においても、係留気球を使った観測と地上3mの大気粒子を捕集する観測を施行した。採取した大気粒子試料をDAPI(DNA染色剤)によって染色した後、蛍光顕微鏡下で観察することで、試料中の微生物と鉱物粒子を確認し計数した。

②. 微生物の分離培養と遺伝子解析

フィルター上に捕集した大気粒子を、生理食塩水に懸濁させ、懸濁液を寒天平板法および希釈培養法(液体培地)に使用し、室温(20℃)で培養することで、試料に含まれる微生物を分離培養した。今回は、真菌類(カビやキノコ)用培地(Potato Dextrose 培地)及び細菌用培地(Trypticase Soy peptone 培地)を使用した。得られた分離株から抽出したゲノムDNAを鋳型として16S rRNA遺伝子(細菌の分類指標)および18S rRNA遺伝子及びITS領域(真菌の分類指標)をPCR増幅させ、各塩基配列を決定した後、遺伝子データベース(DDBJ)上の既知配列と比較し、系統分類学的に種を特定した。

(2). 培養細胞・マウスを用いた実験研究

黄砂バイオエアロゾルの微生物の中では特に真菌類がアレルギー炎症を誘導する微生物であることから、本研究では真菌類を中心としてマウスの気管支喘息モデルにてアレルギー炎症の強さを比較した。この研究では真菌類のマウス肺への単一曝露による気管支喘息誘導能(肺のアレルギー炎症誘導能)の比較と黄砂との併用曝露による気管支喘息増悪能(アレルギー炎症の悪化能)の比較を行った。

①. 石川県羽咋市で採取した真菌 *Lecythophora* sp. のマウス気管支喘息モデル実験

この実験は真菌の単一曝露と黄砂との併用曝露をマウスに行う際に気管支喘息を誘導・増悪することのできる真菌の投与量を決定するために行った実験である。真菌は2013年能登半島の羽咋市上空でヘリコプターによって採取した *Lecythophora* sp. を用いた。この真菌を1%ホルマリンで不活化して用いた。黄砂は国立環境研究所の標準黄砂を平均粒径が0.4μmとなるようにフィルターで精製し、更に黄砂付着有害物質を取除くために360℃30分で加熱した黄砂(H-ASD)をこの実験に用いた。マウスの気管内への投与量は2μgと8μgとした。黄砂との併用曝露は、真菌2μg+H-ASD 0.1mgと真菌8μg+H-ASD 0.1mgの混合液を作成し、これらを2週間間隔で計4回BALB/c系雄マウスに気管内投与して、真菌の気管支喘息誘導能と黄砂添加による増悪能を調べた。

②. 石川県羽咋市・珠洲市で採取した5種の真菌類の細胞培養実験

本実験では能登半島の珠洲市で係留気球を使って採取した *Bjercandela adusta*、前実験で使用した *Lecythophora* sp.、2015年に羽咋市上空でヘリコプターによって採取した *Coniothyrium fuckelii*、2017年に同市上空でヘリコプターにて採取した *Cladosporium cladosporioides* と *Phialocephala sphaeroides* の5種の真菌を用いた。これらの真菌は1%ホルマリンで不活化して用いた。5種の真菌と黄砂(H-ASD)は生理食塩水で懸濁した。培養細胞はBALB/c系雄マウス由来マクロファージ様細胞株(RAW264.7細胞)を使用した。真菌単一曝露群と、真菌+H-ASDの併用曝露群として、これらをRAW264.7細胞に添加し、3時間後に細胞を回収し、定量的RT-PCR法を用いて炎症性遺伝子発現量を解析した。

③. 石川県羽咋市・珠洲市で採取した5種の真菌類のマウス気管支喘息モデル実験

③-1. 単一曝露実験

本実験では前記の細胞培養実験で使用した5種の真菌を用い、BALB/c系雄マウスへの気管内投与量はそれぞれ2μgと6μgとした。これらの真菌を2週間おきに計4回、気管内投与した。

最終投与翌日に屠殺し、気管支肺胞洗浄液 (BALF) はサイトカイン・ケモカイン蛋白発現、血清は総 IgE 値と肺の病理学的観察によって真菌類のマウス肺への単一曝露による気管支喘息誘導能を比較した。

③-2. 黄砂との併用曝露実験

本実験では前記の単一曝露実験で使用した 5 種の真菌を用いた。真菌の気管内投与量は 2 μ g とし、これに加熱黄砂 (H-ASD) を加えた併用曝露群とした。これらの懸濁液を BALB/c 系雄マウスへ 2 週間おきに計 4 回、気管内投与した。最終投与翌日に屠殺し、気管支肺胞洗浄液 (BALF) はサイトカイン・ケモカイン蛋白発現、血清は総 IgE 値と肺の病理学的観察によって黄砂との併用曝露による気管支喘息増悪能を比較した。

④. 石川県羽咋市で採取した 4 種の真菌類のマウス気管支喘息モデル実験

④-1. 単一曝露実験

この実験には 2015 年に羽咋市上空でヘリコプターによって採取した *Aspergillus niger*、2017 年に同市上空で採取した *Alternaria alternat* と *Myriangiium duriaei*、前年度行った実験の比較のために *Coniothyrium fuckeli* を加えた 4 種について、BALB/c 系雄マウスにそれぞれ 2 μ g と 6 μ g を 2 週間おきに計 3 回、気管内投与して、マウス肺への単一曝露による真菌類の気管支喘息誘導能を比較した。

④-2. 黄砂との併用曝露実験

この実験では④-1. 単一曝露実験に使用した 4 種の真菌を用いた。これらの真菌 2 μ g、これに加熱黄砂 (H-ASD) を加えた併用曝露群とし、BALB/c 系雄マウスにこれらの懸濁液を 2 週間おきに計 3 回、気管内投与した。最終投与翌日に屠殺し黄砂との併用曝露による気管支喘息増悪能を比較した。

4. 研究成果

(1). 黄砂バイオエアロゾルの捕集・遺伝子解析

①. バイオエアロゾルの捕集調査

黄砂が飛来する能登半島 (珠洲市・羽咋市) において、ヘリコプターを合計 14 回飛行させ、高度 1000m~3000m の大気粒子をフィルター上に、30 分から 2 時間吸引捕集することに成功した。さらに、珠洲市では、係留気球を 8 回上げ、高度 1000m の大気粒子を採取した。大気粒子を蛍光顕微鏡下で観察したところ、微生物様の粒子が鉱物粒子に付着しているのが確認できた。微生物の細胞密度は、通常の能登半島上空では $10^4 \sim 10^5$ cells/m³ と低く、黄砂発生時には 10~100 倍に増大し (図 1)、黄砂飛来とともに微生物が風送されていることが確認された。

②. 微生物の分離培養と遺伝子解析

黄砂飛来地 (能登半島) および黄砂発生源 (ゴビ沙漠) で採取した大気粒子試料を使って分離培養した結果、細菌株はそれぞれ 3 株および 5 株が分離培養でき、いずれも Firmicutes 門の *Bacillus* 属に分類され、種のレベルでも一致した。従って、*Bacillus* 属の細菌が、黄砂とともに長距離輸送されてきた可能性は高い。しかし、これまで *Bacillus* 属の細菌を動物実験に使用してきたが、アレルギー等の生体影響は確認されておらず、今回は動物実験に使用するのを見送った。

そこで、生体影響の可能性が高い真菌類に着目したところ、能登半島およびゴビ沙漠の大気試料から真菌株が、それぞれ 16 株および 15 株が得られた。能登半島の 16 株の内、大分部 (14 株) は Ascomycota 門に属し、残り 2 株は Basidiomycota 門に属し、11 種に分類された。一方、ゴビ沙漠の 15 株全ては、Ascomycota 門に属し、13 種で構成された。真菌類は、細菌に較べ多様であり、黄砂飛来地と発生地ではともに Ascomycota 門の真菌が多く大気中を漂っていたと見なせる。Ascomycota 門には、カビが多く属し、キノコ類よりも高高度まで飛散しやすいと考えられる。特に、*Cladosporium* 属、および *Phialocephalea* 属、*Aspergillus* 属、*Alternaria* 属の真菌種は、黄砂発生源と飛来地において共通して分離培養された。微生物が大気中で生残するには、紫外線、気温、乾燥等の過酷な環境ストレスに耐性を持つ必要がある。*Aspergillus* 属の真菌は、分生子を形成し、耐乾性、紫外線耐性、酸塩基耐性、浸透圧ストレス耐性などさまざまな環境耐性を持ち合わせている。*Alternaria* 属の真菌は、代表的な空中浮遊菌の一種であり、乾燥ストレスに耐性がある厚壁胞子を形成する。こうした共通の真菌類が見つかった大気粒子を採取した観測時には、いずれも黄砂の飛来が、流跡線解析とライダー測定によって証明されている。従って、一部の真菌類は、黄砂とともに長距離輸送されやすいと推察できる。

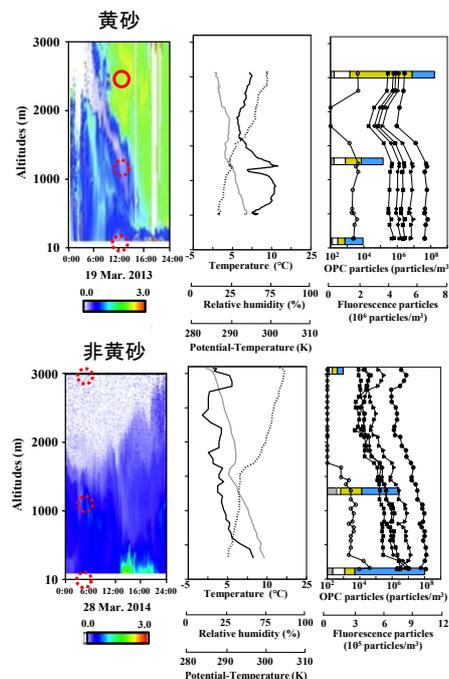


図 1 黄砂時と非黄砂時の比較: 左図: LIDAR 測定した偏光消滅度、中央: 気温、湿度、気圧の分布、右図: OPC測定値 (折れ線) と蛍光顕微鏡の計数値 (棒グラフ)

さらに、動物実験にむけて、健康被害や生体影響について報告のある真菌の種を選別した。分離した真菌株の内、9株は、*Lecythophora* sp. (13Hk319)、および *Bjercandela adusta* (BASZUS0801)、*Coniothyrium fuckelii* (15H2-1)、*Cladosporium cladosporioides* (17H4, 17H5-1)、*Phialocephalea sphaeroides* (15H5)、*Aspergillus niger* (15H2-2)、*Alternaria alternata* (17H4-3)、*Myriangium duriaei* (17H4-7)と近縁となり、いずれの種も農作物や人健康に被害のある菌種であった(図2)。特に、*Aspergillus niger* は日和見感染する菌として知られており、侵襲性アスペルギルス症では高い致死率を示す。*Alternaria alternata* はアレルゲンの原因になりやすい菌であり、アレルギー性鼻炎や気管支喘息の原因菌として知られており、また植物病原菌としても報告がある。先述の通り、*Cladosporium cladosporioides*、および *Phialocephalea sphaeroides*、*Aspergillus niger*、*Alternaria alternata* は、黄砂とともに飛来した可能性が高い。よって、黄砂とともに有害な真菌も付随して風送され、人や動植物に及ぼす生体影響が懸念される。一方、*Lecythophora* sp. および *Bjercandela adusta*、*Coniothyrium fuckelii*、*Myriangium duriaei* は、能登半島でのみ分離されたため、日本固有の生態系(森林)から飛散し、黄砂と混合したと見なせる。

(2). 培養細胞・マウスを用いた実験研究

①. 石川県羽咋市で採取した真菌 *Lecythophora* sp. のマウス気管支喘息モデル実験

真菌 *Lecythophora* sp. の2 μ gの単一気管内投与ではマウスの気管支喘息誘発能は極めて弱かった。しかし、8 μ gでは著しい気管支喘息病態(気道周囲の好酸球性炎症)を誘発した。一方、真菌2 μ gに黄砂を添加すると気管支喘息病態が著しく悪化した。したがって、真菌の単独投与は6 μ gが適当であり、黄砂との併用曝露では2 μ gが適当量であることが分かった。

②. 石川県羽咋市・珠洲市で採取した5種の真菌類の細胞培養実験

真菌の単一曝露ではほとんどの真菌で炎症性遺伝子発現を示さなかったが、いずれの真菌も黄砂との併用曝露によって、炎症性遺伝子発現が高まることがわかった。特に併用曝露では、*Phialocephalea sphaeroides* が他の真菌よりも炎症反応を強く誘導し、*Cladosporium cladosporioides* がこれに続いた。

③. 石川県羽咋市・珠洲市で採取した5種の真菌類のマウス気管支喘息モデル実験

③-1. 単一曝露実験

真菌の6 μ g投与は2 μ gよりも強く気管支喘息を誘導し、その誘導能は *Coniothyrium fuckelii* > *Phialocephalea sphaeroides* \cong *Cladosporium cladosporioides* > *Lecythophora* sp > *Bjercandela adusta* の順に高かった。このように単一曝露では *Coniothyrium fuckelii* が気管支喘息を最も強く誘導することが分かった。

③-2. 黄砂との併用曝露実験

前記の真菌2 μ g単一曝露よりも黄砂との併用曝露では気管支喘息病態は著しく悪化し、その増悪能は *Coniothyrium fuckelii* > *Phialocephalea sphaeroides* > *Cladosporium cladosporioides* > *Lecythophora* sp > *Bjercandela adusta* の順に高く、黄砂との併用曝露でも *Coniothyrium fuckelii* が気管支喘息を強く増悪することが分かった(図3)。

④. 石川県羽咋市で採取した4種の真菌類のマウス気管支喘息モデル実験

④-1. 単一曝露実験

単一の真菌6 μ g曝露は2 μ g曝露よりも強く気管支喘息を誘導し、その誘導能は *Coniothyrium fuckelii* > *Myriangium duriaei* > *Aspergillus niger* > *Alternaria alternata* の順に高かった。この単一曝露実験でも *Coniothyrium fuckelii* が気管支喘息を最も強く誘導する真菌であることが分かった。

④-2. 黄砂との併用曝露実験

前記の真菌2 μ g単一曝露よりも黄砂との併用曝露では気管支喘息病態は著しく悪化し、その増悪能は *Myriangium duriaei* > *Coniothyrium fuckelii* > *Alternaria alternata* > *Aspergillus niger* の順に高かった(図4)。黄砂との併用曝露では *Coniothyrium fuckelii* よりも更に気管支喘息を強く悪化させる真菌種 *Myriangium duriaei* を見出した。

表1に本実験で使用した8種類の真菌の単一曝露時と黄砂との併用曝露時における気管支喘息の強さの5段階評価と由来(発生地)を示した。

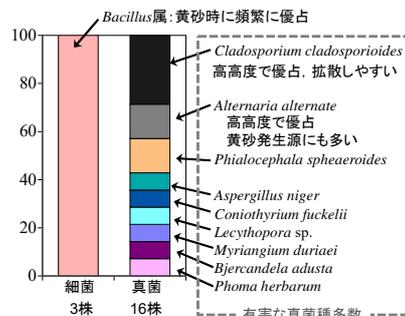


図2 能登半島上空で採取した微生物の内訳

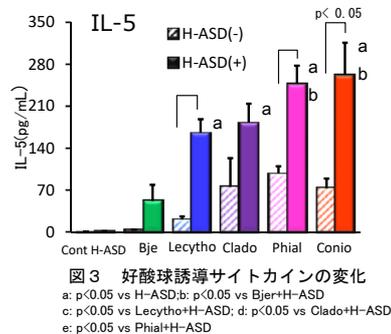


図3 好酸球誘導サイトカインの変化
a: $p < 0.05$ vs H-ASD(-); b: $p < 0.05$ vs Bje+H-ASD
c: $p < 0.05$ vs Lecytho+H-ASD; d: $p < 0.05$ vs Clado+H-ASD
e: $p < 0.05$ vs Phial+H-ASD

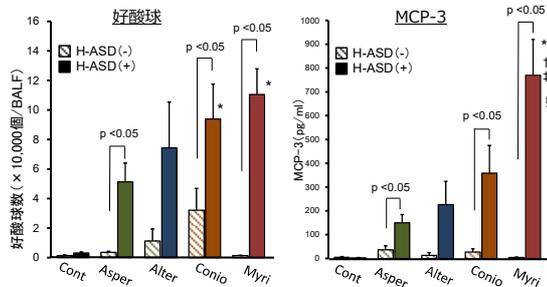


図4 肺洗浄中の好酸球数とその活性化サイトカイン
データは平均値±標準誤差 *: $p < 0.05$ vs Saline + H-ASD, †: $p < 0.05$ vs Asp + H-ASD
‡: $p < 0.05$ vs Alt + H-ASD, §: $p < 0.05$ vs Conio + H-ASD

表 1. 微生物の由来（発生地）及び単一曝露時と黄砂との併用曝露時の気管支喘息の強さ

真菌の種類	発生源	採取年・採取地	相同性	単一曝露	併用曝露
<i>Coniothyrium fuckelii</i>	能登半島	2015 羽咋市	99%	5 *	4
<i>Phialocephalea sphaeroides</i>	ゴビ沙漠 †	2015 羽咋市	91%	4	3.5
<i>Cladosporium cladosporioide</i>	ゴビ沙漠 †	2017 羽咋市	98%	4	3
<i>Myriangium duriaei</i>	能登半島	2017 羽咋市	98%	3	5 #
<i>Lecythophora sp</i>	能登半島	2013 珠洲市	97%	2.5	3
<i>Alternaria alternat</i>	ゴビ沙漠 †	2017 羽咋市	98%	2	3
<i>Aspergillus niger</i>	ゴビ沙漠 †	2015 羽咋市	86%	2	2
<i>Bjercandela adusta</i>	能登半島	2008 珠洲市	99%	1	1

* 単一曝露は *Coniothyrium fuckelii* の気管支喘息の強さを 5 とした時の各真菌の評価を示す。

併用曝露は *Myriangium duriaei* の気管支喘息の強さを 5 とした時の各真菌の評価を示す。

† モンゴル領南部のツォクトーボーと日本の採取地と共通して分離培養されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 8 件）

- ① K. Sadakane, T. Ichinose, M. Nishikawa. Effects of co-exposure of lipopolysaccharide and β -glucan (Zymosan A) in exacerbating murine allergic asthma associated with Asian sand dust. *J Appl Toxicol*. 査読有. 2019 Apr;39(4):672-684. doi: 10.1002/jat.3759. Epub 2018 Dec 12.
- ② M. He, T. Ichinose, S. Yoshida, M. Nishikawa, G. Sun, T. Shibamoto. Role of iron and oxidative stress in the exacerbation of allergic inflammation in murine lungs caused by urban particulate matter <2.5 μ m and desert dust. *J Appl Toxicol*. 2019 Jun;39(6):855-867. doi: 10.1002/jat.3773. Epub 2019 Jan 30.
- ③ Igarashi, Y, K. Kita, T. Maki, T. Kinase, N. Hayashi, K. Hosaka, K. Adachi, M. Kajino, M. Ishizuka,, T. Sekiyama, Y. Zaizen, C. Takenaka, K. Ninomiya, H. Okochi, and A. Sorimachi. Fungal spore involvement in resuspension of radiocesium in summer. *Scientific Reports*. 査読有. 2019. 9, 1954. doi.org/10.1038/s41598-018-37698-x.
- ④ S.D.J. Archer, K.C. Lee, T. Caruso, T. Maki, Charles K. Lee, S.C. Cary, D.A. Cowan, F.T. Maestre, S.B. Pointing. Airborne microbial transport limitation to isolated Antarctic soil habitats. *Nature Microbiology*. 査読有. 2019. doi.org/10.1038/s41564-019-0370-4.
- ⑤ T. Maki, K.C. Lee, K. Kawai, K. Onishi, C.S. Hong, Y. Kurosaki, M. Shinoda, K. Kai, Y. Iwasaka, S.D.J. Archer, D.C. Lacap-Bugler, H. Hasegawa and S.B. Pointing. Aeolian dispersal of bacteria associated with desert dust and anthropogenic particles over continental and oceanic surfaces. *Journal of Geophysical Research*. 査読有. 2019. https://doi.org/10.1029/2018JD029597.
- ⑥ 牧輝弥、市瀬孝道. 東アジアを越境輸送されるバイオエアロゾル:韓国龍仁と日本米子における大気浮遊細菌群の比較(Long-range transport of bioaerosols over East Asia: Airborne bacterial communities of continental and island regions). *クリーンテクノロジー*. 査読無. 2019. 29, 8-12.
- ⑦ T. Maki, S. Furumoto, Y. Asahi, K.C. Lee, K. Watanabe, K. Aoki, M. Murakami, T. Tajiri, H. Hasegawa, A. Mashio, Y. Iwasaka. Long-range transported bioaerosols captured in snow cover on Mount Tateyama, Japan: Impacts of Asian-dust events on airborne bacterial dynamics relating to ice-nucleation activities. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 査読有. 2018. 18, 8155-8171. doi.org/10.5194/acp-18-8155-2018.
- ⑧ T. Maki, K. Hara, A. Iwata, K.C. Lee, K. Kawai, K. Kai, F. Kobayashi, S.B. Pointing, S. Archer, H. Hasegawa, Y. Iwasaka. Variations of airborne bacterial communities at high altitudes in response dust events, over Asian-dust downwind area (Japan). *Atmospheric Chemistry and Physics*. 査読有. 2017. 17, 11877–11897. https://doi.org/10.5194/acp-17-11877-2017.

〔学会発表〕（計 11 件）

- ① 牧輝弥、北和之、石塚正秀、作田裕也、保坂健太郎、岩坂泰信、五十嵐康人. 森林内を浮遊するバイオエアロゾルの群集構造変化. 第 12 回大気バイオエアロゾルシンポジウム. 2019.
- ② T. Maki, S. Furumoto, Y. Asahi, K.C. Lee, K. Watanabe, K. Aoki, M. Murakami, T. Tajiri, and Y. Iwasaka. Long-range transported bioaerosols captured in snow cover on Mount Tateyama, Japan: Impacts of Asian-dust events on airborne bacterial dynamics relating to ice-nucleation activities. *AOGS Hawaii*. 2018.
- ③ 市瀬孝道、定金香里、牧輝弥. 黄砂時に単離された真菌類のマウス肺におけるアレルギー炎症の比較. 第 59 回大気環境学会年会. 2018.
- ④ 定金香里、市瀬孝道、牧輝弥. 黄砂から単離した真菌を加熱黄砂と複合曝露したときの肺アレルギー増悪影響について. 第 59 回大気環境学会年会. 2018.
- ⑤ 市瀬孝道、吉田成一、定金香里、吉田安宏、嵐谷奎一、伊藤智彦、鳥羽陽、He Miao. 黄砂と PM2.5 の呼吸器系への影響 -肺の炎症誘導とアレルギー炎症増悪作用. シンポジウム 越境粒子状物質の健康影響. 第 59 回大気環境学会年会. 2018.

- ⑥ 市瀬孝道. PM2.5 の炎症誘導因子. フォーラム 2F4『環境因子と生体反応』 第 41 回日本分子生物学会年会. 2018.
- ⑦ 牧輝弥、古本翔吾、青木一真、島田亙、渡辺幸一、岩坂泰信. 立山積雪に含まれるバイオエアロゾルの細菌群集構造解析：気候変化とヒト健康への影響. 立山研究会. 2018.
- ⑧ 牧輝弥、大西一成、洪天祥、黒崎泰典、Kevin C. Lee、河合慶、甲斐憲次、篠田雅人、S.B. Pointing、岩坂泰信. 東アジアを風送されるバイオエアロゾルの細菌群集構造の変化. エアロゾル学会. 2018.
- ⑨ 小林史尚. 60 次における大気バイオエアロゾル観測と問題点. 第 21 回南極エアロゾル研究会. 2018.
- ⑩ 牧輝弥、古本翔吾、朝日祐也、Kevin C. Lee、渡辺幸一、青木一真、村上正隆、田尻拓也、岩坂泰信. 立山積雪中に保存される黄砂バイオエアロゾル：微生物群集構造と氷核活性粒子との関係. 第 11 回大気バイオエアロゾルシンポジウム. 2018.
- ⑪ T. Maki, S. Furumoto, Y. Asahi, K.C. Lee, K. Watanabe, K. Aoki, M. Murakami, T. Tajiri, H. Hasegawa, A. Mashio, Y. Iwasaka. Long-range transported bacterial communities relating to ice-nucleic particles accumulated to snow cover on Mount Tateyama, Central Japan. International Symposium on Cryosphere and Biosphere (International Glaciological Society). Kyoto Prefectural University. 2017.

[図書] (計 1 件)

- ① T. Maki, (2019) The Long Range Transport of Bioaerosols over East Asia. In: K. Hayakawa, S. Nagao, Y. Inomata, M. Inoue, A. Matsuki Trans-Boundary Pollution in North-East Asia edited by, (pp. 75-108) Environmental Research Advances, NOVA science publishers, Pub. Date: 2018-September ISBN:978-1-53613-742-2

[その他]

学会賞等の受賞

- ① 牧輝弥. 平成 30 年 12 月 1 日, 乾燥地科学共同研究発表賞 受賞「砂漠上空に舞い上がるバイオエアロゾルの発生メカニズムとその長距離輸送の解明」鳥取大学乾燥地研究センター. メディア発表
- ① 牧輝弥. NHK E テレ「サイエンス ZERO」 「キノコが雨を降らす!? 空の微生物学者 気象のナゾに挑む」 (平成 30 年 9 月 2 日 23:30-24:00) .
- ② 牧輝弥. B S フジ「一滴の向こう側」 「第 100 回 微生物ハンター 空を飛ぶ」 (平成 30 年 5 月 26 日 22:00-22:30, 6 月 2 日 22:00-22:30) .
- ③ 牧輝弥. 「上空 3000 メートルの菌から生まれた納豆」 戦略経営者. 386, 4-5, 2018.
- ④ 市瀬孝道. ラジオ NIKKEI ドクターサロン「黄砂や PM2.5 の上下気道への影響」 (平成 30 年 11 月 27 日) .

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：牧 輝弥
 ローマ字氏名：MAKI, Teruya
 所属研究機関名：金沢大学
 部局名：物質化学系
 職名：准教授
 研究者番号 (8 桁)：70345601

研究分担者氏名：小林 史尚
 ローマ字氏名：KOBAYASHI, Fumihisa
 所属研究機関名：弘前大学
 部局名：理工学研究科
 職名：教授
 研究者番号 (8 桁)：60293370

研究分担者氏名：吉田 成一
 ローマ字氏名：YOSHIDA, Seiichi
 所属研究機関名：大分県立看護科学大学
 部局名：看護学部
 職名：准教授
 研究者番号 (8 桁)：40360060

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。