様式Ｃ－１９

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年　4 月　10 日現在

機関番号：１３３０１
研究種目：若手研究（Ａ）
研究期間：　2010～2012
課題番号：22681005
研究課題名（和文）　黄砂バイオエアロゾルの遺伝学的識別法を用いた耐塩微生物の越境輸送と環境影響の解明
研究課題名（英文）　Phylogenetic analysis of halotolerant bacteria transported by KOSA dust events.
研究代表者
牧　輝弥（MAKI TERUYA）
金沢大学・物質化学系・准教授
研究者番号：70345601

研究成果の概要（和文）：黄砂とともに風送される微生物群（黄砂バイオエアロゾル）を、黄砂発生地（タクラマカン砂漠）および飛来地（珠洲、立山等）の高度 1000m-3000m で採取した。分離培養法および遺伝学的分析手法を駆使して、黄砂バイオエアロゾルに優占する種を突き止め、優占種が飛来地に沈着するとともに、ヒト健康影響および生態系の動態に関わっている可能性を明からにした。ただし、優占種以外の微生物種（非優占種）には、数百種が含まれることが分かり、その生態学的および生理学的特徴は推測に留まる。

研究成果の概要(英文):Microbial communities transported by Kosa dust events were directly collected at high altitudes by sophisticated sampling techniques using a balloon and an aircraft, over the China desert area and the Noto Peninsula in Japan. The air samples mainly contained the genera *Bacillus* and *Staphylococcus* that were thought to disperse to downwind ecosystems and influence human society. Minor microbial communities were composed of over hundreds species and their roles in ecosystems have to be investigated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2010 年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2011 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2012 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
総　計	9,900,000	2,970,000	12,870,000

研究分野：複合新領域
科研費の分科・細目：環境学，環境影響評価・環境政策
キーワード：生態系影響評価，黄砂

１．研究開始当初の背景

黄砂鉱物粒子と挙動をともにするカビや細菌（黄砂バイオエアロゾル）が、生態系（動植物や微生物）および人健康へ与える影響について強い関心が寄せられ、大気中の微生物を対象とした研究が国内外で盛んになってきた。現在、少数の研究グループが疫学的調査、動物実験および野外調査をすすめ、黄砂に付着する微生物が気管支炎を引き起こす危険性を示した。バイオエアロゾル研究は、特にヨーロッパおよびアメリカで盛んであり、アフリカ大陸由来の砂塵によって微生物が水平に数百 km から数千 km の空間を浮遊し拡散するプロセスが解明されつつある。しかし、アジアでは、病院や家屋内に浮遊する微生物に関して空気浄化技術を講じる研究が主流であり、自然大気に浮遊する細菌群については、大気エアロゾルの捕集に高度な技術を要するため、核心的な報告例は少なかった。

申請の前段階では，申請者は、黄砂サンプリング調査において、中国敦煌（発生源）および珠洲（飛来地）の上空（高度 1000m）か

ら黄砂バイオエアロゾルを入手し、耐塩細菌の馴化培養法によって、大気微生物（*Bacillus* 属の種）を分離していた。「耐塩細菌を標的とした黄砂バイオエアロゾルの分析手法」は、極めて画期的であり、大気微生物の生態調査研究に役立ち、国際的な研究成果を発表しつつあった。

さらに，黄砂粒子に付着する特定の細菌粒子（*Bacillus* 属の種）を蛍光顕微鏡観察によって検出する技術(FISH 法)を確立し、環境中への細菌の拡散状態を探る前段階にもあった。しかし、分離されていない細菌種やカビ、ウイルスなどの長距離輸送が、顕微鏡観察によって判明していた。そこで、観測サイトを増やし、新たな調査手法（航空機，船舶や積雪）で採取した黄砂試料を用いて、より多種多様の大気微生物群を対象にした検出技術開発を行うため、本研究を遂行した。

２．研究の目的

（１）複数の観測サイトで大気観測を実施し、上空を漂う黄砂鉱物粒子を直接採取する。

（２）採取した黄砂試料を、「耐塩微生物を標的としたバイオエアロゾル分析手法」を用いて解析し、大気微生物を分離し、同定する。

（３）分離株の機能遺伝子（病原性および代謝機能性）を解析し、長距離輸送を実証するとともに、生体影響を検証する。

（４）長距離輸送される微生物種の遺伝子識別系(FISH 法)を構築し、微生物の自然環境への分布状態を解明する。

(５)海洋試水への黄砂添加する船上船舶実験を行い、微生物生態系への影響を検討する。

３．研究の方法

（１）バイオエアロゾルの捕集調査

中国敦煌市，および能登半島珠洲市、熊本県天草市において，エアポンプを搭載した係留気球を上空 600 m から 1000m にまで上げ，孔径 0.2 μm のポリカーボネート製フィルター上にエアロゾルを吸引捕集した(大気量 700L-1400Ｌ)（図 1)。一方，珠洲市あるいは金沢市上空から日本海沖合にかけて，エアポンプを搭載した航空機およびヘリコプターを飛行させ，高度 2000mから 4000mにおいてエアロゾルをフィルター上に吸引捕集した（大気量 1400Ｌ)。

富山県立山・室堂平（36.6 °N，137.6°E，2450 m：毎年４月）において，積雪表面から地表表面まで深さ６ｍ程度の雪壁面を整形し，秋から春まで降り積もった雪の壁面から，「黄砂粒子が含まれる積雪試料」を採取した。

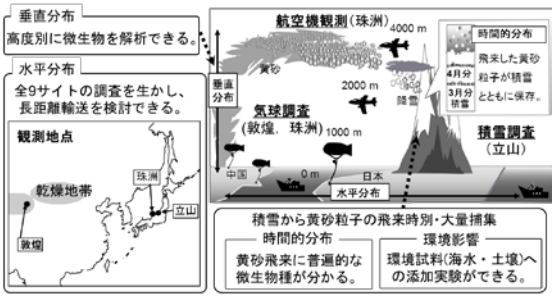


図１　長距離輸送細菌の捕集にむけた観測調査

（２）耐塩微生物を標的とした分離培養

大気粒子試料を液体培地に懸濁し、寒天平板法および希釈培養法よって細菌および菌類の分離と計数を行った。懸濁液を、NaCl を高濃度で含む液体培地で集積培養し、耐塩微生物を選択的に分離した。分離株の 16S rDNA および 18S rDNA 核酸塩基配列（それぞれ細菌およびカビに普遍的に存在）を遺伝系統分類学的（PCR-DGGE 法･クローニング法）に解析し、種を同定した。細菌株の保存性の低い遺伝子配列(*gyrB* および *LecN* 遺伝子)を解析し、株レベルで配列を比較し、長距離輸送を詳細に検証した。

培養できない微生物群を解析するため、エアロゾル試料から抽出したゲノム DNA を鋳型に 16S r DNA を PCR 増幅させ、クローン解析によって細菌種組成を系統分類解析した。

（３）分離株を用いた生体への影響評価

病原性遺伝子（毒生産遺伝子検出：TaKaRa *B. cereus* (CRS gene) PCR Detection Kit）を検出し、解析し、生体影響を検討した。マウスアッセイを用いて免疫系への影響を評価した。また、醗酵微生物の近縁種が多く分離されたため、醗酵食品（納豆）を製造し、ヒトの食生活との関わりを検討した。

（４）輸送種の遺伝学的識別手法の確立

分離株およびエアロゾル懸濁液から得られた rDNA 塩基配列をもとに、黄砂バイオエアロゾルに特異的な核酸プローブを作成した。核酸プローブを用いて、蛍光顕微鏡下で環境試料中から特定細菌群を識別できる検出系（FISH 法）を構築し、高高度における輸送細菌群の分布を調査した。

（５）微生物生態系への影響評価

船舶を利用した海洋調査において、採取した海水サンプルに黄砂鉱物粒子を添加し、船舶中で培養実験を行った。試料中の微生物種組成、栄養塩および微量元素の動態を、分析化学的（吸光度測定、発光分析）と分子生物学的（クローニング法）を用いて評価し、大気から海面へ沈着する微生物種を検討した。

４．研究成果

（１）バイオエアロゾルの捕集調査

中国敦煌での係留気球を用いたバイオエアロゾル捕集調査を、2010 年から 2012 年の

毎年 9 月に合計 10 回実施した。珠洲および金沢では、航空機および気球を用いた捕集調査を、2010 年から 2013 年の 3 月-5 月にかけて計 15 回行った。北京、ソウルおよび天草では地上でのエアロゾル試料採取調査を行った。立山での積雪調査は、毎年 4 月の山開きにあわせて計 3 回実施した。

（２）耐塩微生物を標的とした分離培養

大気中の微生物の生存を確認するため，フィルター上の粒子を懸濁させた 0.9%NaCl および積雪試料の融解液を Trypticase soy broth(TS)液体培地に接種し，集積培養した。その結果，微生物の成長が確認されたため，高度数百ｍから数千ｍの大気中で微生物が生存することが明らかになった。

エアロゾルの懸濁液あるいは集積培養を TS 寒天培地に塗沫し，細菌株を分離したところ，全 77 株が得られた。敦煌市上空 800ｍから 34 株（敦煌株）が分離され，珠洲市上空 800ｍおよび 3000ｍから 22 株（珠洲株）が分離され，立山積雪層から 21 株（立山株）が分離された。分離細菌株の 16S DNA 核酸塩基配列情報を用いて，細菌種組成を解析したところ，調査地点にかかわらず，細菌株の大部分は *Firmicutes* 門に属し，残りは *Acinetobacter* 門あるいは *Proteobacteria* 門に属した(図２)。

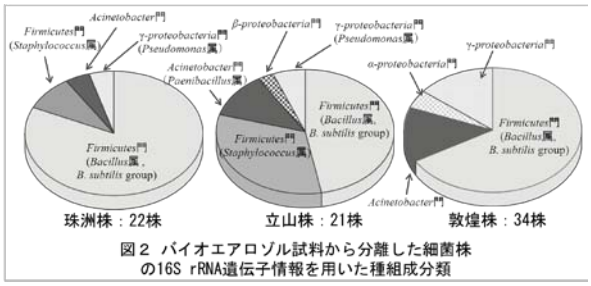


図２ バイオエアロゾル試料から分離した細菌株の16S rRNA遺伝子情報を用いた種組成分類

Firmicutes 門の *Bacillus subtilis* グループに属する細菌 31 株について，地域分布の指標となる DNA gyrase (*gyrB*) 遺伝子の核酸塩基配列を解析したところ，立山、金沢及び敦煌で分離された *B. subtilis* 株は、既知細菌の中でも非常に近縁のクラスターを形成した（図 3)。従って、黄砂発生地および飛来地の黄砂鉱物粒子上の細菌は、株レベルで近縁であり、*B. subtilis* が、黄砂による長距離輸送細菌種である可能性は極めて高い。

一方、エアロゾル試料から直接抽出したゲノム DNA をクローン解析したところ、黄砂が飛来した高高度の試料では、80%のクローンが *B. subtillis* と近縁あるいは同種となり、Firmicutes 門に属した。これに対し、非黄砂時には、クローンの 60%が Proteobacteria 門に属した。従って、黄砂の飛来によって、大気中の細菌種組成が変動することが判った。また、次世代シーケンサーを用いて多量の遺伝子配列（10000 リード）を解析したところ，黄砂飛来時の試料では、*B. subtilis* 以外の残り 20%のクローンに多種多様な細菌種が含まれ、今後、非優占種の環境 健康影響などの評価が求められる。

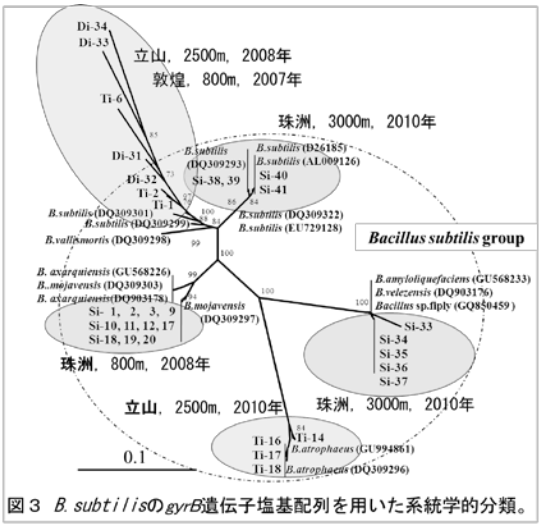


図３ *B. subtilis*の*gyrB*遺伝子塩基配列を用いた系統学的分類。

（３）分離細菌の生理生体への影響評価

B. subtilis は，日和見感染細菌であるが，納豆菌としても知られている。そこで，納豆の製造手法に従い，*B. subtilis* の細菌株を用いて大豆の醗酵能力を検証したところ，大豆は粘性を示し，納豆のにおいを醸し出した(図 4)。また、使用した株ごとに、粘り成分であるポリグルタミン酸の含有量が異なり、味も違った。大陸由来の大気中微生物が食材に混入し，納豆などの伝統醗酵食品の製造に関与してきたとも推測できる。

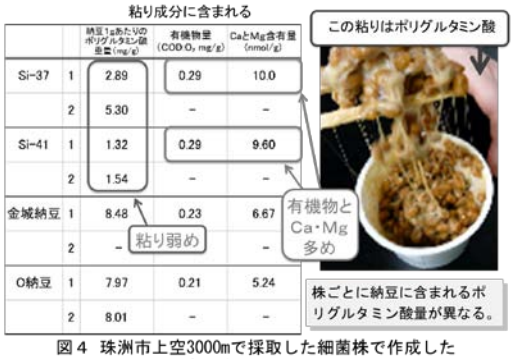


図４ 珠洲市上空3000mで採取した細菌株で作成した納豆のポリグルタミン酸の含有量

高高度の大気中から分離培養した数種類の微生物（担子のう菌，グラム陰性細菌）をマウスの呼吸器系に暴露すると、従来のアレルギー反応が 10 倍に高まることが分かった。また、アレルギーを増悪させる微生物群は、黄砂が発生すると 10 倍から 100 倍の細胞密度に増大し，2011 年 5 月のように黄砂が長期化すると，その高い濃度を数日間維持する。一方、毒性物質を合成する遺伝子（セレウリド合成遺伝子）は検出されず、毒生産する細菌は風送されなかったか，細胞密度が低かったと言える。

（４）輸送種の遺伝学的識別手法の確立

B. subtili を特異的に標識する蛍光核酸プ

ローブを、黄砂鉱物粒子（珠洲上空 3000mから採取）にハイブリダイズさせたところ、落射型蛍光顕微鏡下で、鉱物粒子上の大部分の細菌細胞が蛍光標識されたのが確認された(図 5)。これより、立山積雪中から採取した黄砂鉱物粒子上には、*B. subtilis* の細胞が優占していたと見なせる。

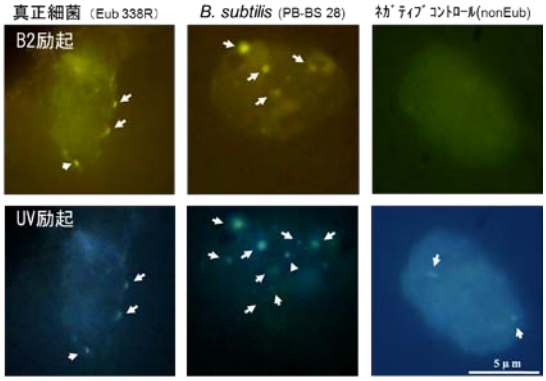


図５ FISH法を用いた蛍光顕微鏡写真（珠洲上空3000m試料）

本検出手法を使って、黄砂飛来時の珠洲市上空 3000m で採取したエアロゾル試料から *B. subtilis* の細胞を検出し、計数した。その結果、10^5cells/m^3 のオーダーで *B. subtilis* が浮遊し、鉱物粒子上の 80%が本種であることが判明した。また、定量 PCR での測定でも概ね同様の結果が得られ、黄砂飛来時の上空には *B. subtilis* が優占すると見なせ、クローニングの結果と一致した。

（５）微生物生態系への影響評価

立山積雪層から採取した鉱物粒子及び融解水を、北西太平洋にある遠州灘及び熊野灘で採取した海洋試水に添加し、2011 年から 2012 年の間に 4 度の船上実験を実施した。採水地点には、一定量の溶存反応性リンが常に存在する一方、硝酸窒素の濃度は低く低栄養海域であった。特に、2012 年 5 月の海洋調査では、海水中には極めて低濃度の硝酸窒素しか含まれていなかった。そのため、硝酸窒素を含む黄砂試料を海水試水に添加すると、試水中の硝酸窒素が増加し、大型の植物プランクトン（珪藻）の増殖が促された。従って、硝酸窒素が枯渇した海域において、黄砂の沈着が窒素の供給源となり得る。

黄砂試料を海水に添加すると、細菌数が顕著に増大した。細菌は、黄砂に含まれる有機物（黄色物質）を消費して増殖したか、黄砂に付着した細菌そのものが海水に入り込み増殖したと考えられる。増加した細菌の種組成を検討したところ、*Alphaproteobacteria* および *Cyanobacteria* 門のように海洋に生息する細菌種が検出された。一方、*Firmicutes* 門のように、鉱物粒子に付着する微生物群も検出された。従って、黄砂の沈着が、海洋の微生物のバイオマスを増やし、その種組成を変動させると推察できる。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 15 件）

1) T. Maki（他 6 名，1 番目），Assessment of composition and origin of airborne bacteria in the free troposphere over Japan, *Atmos. Environ.*(2012)in press, 10.1016/ j.atmosenv.2013.3.29,査読有

2) T. Maki（他 4 名，1 番目），NaCl-amendment assay targeting airborne bacteria in tropospheric bioaerosols transported by westerly wind over Noto Peninsula, *Aerobiologia*（2013）in press, 10.1007/ s10453-012 -9284-9,査読有

3) 牧 輝弥（他 7 名，1 番目），立山積雪層に保存される黄砂バイオエアロゾルの集積培養と系統分類学的解析，エアロゾル研究，26 巻 4 号 332-340（2011），査読有

4) F. Kobayashi, T. Maki, Y. Nakamura, Biodegradation of phenol in seawater using marine bacteria Isolated from the intestinal contents of marine creatures. *International Biodeterioration & Biodegradation*. (2011) 69, 113-118. 10.1016/j.ibiod.2011.06.008. ,査読有

5) F. Kobayashi, S. Morosawa, T. Maki（他 6 名，3 番目），Atmospheric bioaerosol, Bacillus sp., at an altitude of 3,500m over the Noto Peninsula: Direct sampling via aircraft. *Asian J. Atmos. Environ.* (2011) 5, 164-171. http://dx.doi.org/10.5572/ajae.2011.5.3.164,査読有

6) T. Maki（他 6 名，1 番目），Effects of Asian dust (KOSA) deposition event on bacterial and microalgal communities in the Pacific Ocean. *Asian J. Atmos. Environ.* (2011) 5, 157-163. http://dx.doi.org/10.5572/ajae.2011.5.3.157,査読有

7) T. Maki（他 7 名，1 番目），Characterization of halotolerant and oligotrophic bacterial communities in Asian desert dust (KOSA) bioaerosol accumulated in layers of snow on Mount Tateyama, Central Japan, *Aerobiologia* (2011) 27, 277-290. 10.1007/s10453-011-9196-0,査読有

8) T. Maki, W. Hirota, H. Motojima, H. Hasegawa, M. A. Rahman, Influence of aggregated particles on biodegradation activities for dimethylarsinic acid (DMA) in Lake Kahokugata, *Chemosphere* 83 (2011) 1486-1492. 10.1016/j.chemosphere.2011. 01.059, 査読有

9) T. Maki（他 10 名，1 番目），Phylogenetic analysis of atmospheric halotolerant

bacterial communities at high altitude in an Asian dust (KOSA) arrival region, Suzu City, *Sci. Total Environment* (2010) 408, 4556-4562. 10.1016/j.scitotenv.2010.04.002, 査読有

10) T. Maki (他 6 名, 1 番目), PCR-DGGE analytical technique of bacterial community in the Lake Kahokugata water spiked with dimetylarsenic acid. *J. Ecotechnol. Res.* (2010) 15, 91-95,査読有

11) T. Maki (他 8 名, 1 番目), PCR-DGGE analysis of Asian dust (KOSA) bioaerosol recorded in snow cover at Mount Tateyama, Central Japan. *J. Ecotechnol. Res.* (2010) 15, 97-101,査読有

12) 柿川真紀子, 岩坂泰信, 小林史尚, 牧輝弥, バイオエアロゾルのメタゲノム解析, エアロゾル研究 (2010) 25, 29-34,査読有

13) 小林史尚, 小谷口久美子, 柿川真紀子, 牧輝弥 (他 5 名, 4 番目), 能登半島珠洲市上空における黄砂バイオエアロゾルの直接採集および分離培養・同定, エアロゾル研究 (2010) 25, 23-28,査読有

14) 牧輝弥 (他 9 名, 1 番目),黄砂バイオエアロゾルに含まれる耐塩細菌群の種組成解析, エアロゾル研究 (2010) 25, 35-42,査読有

15) 牧輝弥, 黄砂バイオエアロゾルに含まれる核酸塩基配列を用いた微生物の長距離輸送の検証, 海洋化学研究 (2010) 23, 70-74,査読無

〔学会発表〕(計 28 件)

1) 牧輝弥, 沙漠で生まれる空の微生物, 第 24 回日本沙漠学会学術大会, 2013 年 5 月 25 日, 広島大学 (広島県), 招待講演

2) 牧輝弥, 福島里英, 小林史尚, 岩坂泰信, 黄砂によって変動する大気バイオエアロゾル, 第６回 環日本海域の環境シンポジウム, 2013 年 3 月 3 日, 北国会館 (石川県)

3) T. Maki, M. Kakikawa, F. Kobayashi, M. Yamada, A. Matsuki, Y. Iwasaka : Assessment of composition and origin of airborne bacteria in the free troposphere over Japan, 第７回大気バイオエアロゾルシンポジューム, 2013 年 2 月 1 日, 滋賀県立大 (滋賀県)

4) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 山田丸, 松木篤, 岩坂泰信：黄砂によって変動する大気バイオエアロゾル, 第７回大気バイオエアロゾルシンポジューム, 2013 年 1 月 31 日, 滋賀県立大 (滋賀県)

5) 牧輝弥, 青木一真, 小林史尚, 柿川真紀子, 松木篤, 岩坂泰信：黄砂バイオエアロゾルがもたらす発酵食品~「そらなっとう」から「やまなっとう」にむけて, 立山研究会 2012, 2012.12.18, 富山大学 (富山県)

6) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 松木篤, 岩坂泰信：能登半島上空へと長距離輸送される大気バイオエアロゾル ～北極域および中国乾燥地帯～, 第 35 回極域気水圏シンポジウム, 2012 年 11 月 28 日, 極地研究所 (東京都)

7) 松永智樹・牧輝弥・石川輝・齋藤佑樹・堀内周・青木一真・長谷川浩・岩坂泰信：太平洋に沈着した黄砂鉱物粒子が及ぼす海洋微生物生態系への生化学的影響の解明, 日本分析化学会第 61 年会, 2012 年 9 月 17 日, 金沢大学 (石川県)

8) T. Maki, A. Iahikawa, F. Kobayashi, M. Kakikawa, K. Aoki, A. Matsuki, H. Hasegawa, Y. Iwasaka: Effects of Asian dust (KOSA) deposition event on microbial compositions in the Pacific Ocean, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) General Assembly, 2012.8.16, Resorts World Convention Centre, (Singapore)

9) 牧輝弥：そらなっとう発売中;空の微生物を食べよう！, ニコニコ技術部金沢支部, 2012 年 7 月 22 日, 芸術村 (石川県)

10) T. Maki: Phylogenetic analysis of bacterial communities included in free tropospheric bioaerosol over East Asia, Workshop on the persistent toxic substances (PTS) and persistent organic pollutants (POPs) ecological issues in the NOWPAP region, 2012.4.23, Kanazawa Excel Hotel Tokyu (Japan), 招待講演

11) 牧輝弥, 能登半島上空に風送される大気バイオエアロゾル～西からの旅人と北からの旅人～第３回能登総合シンポジウム The 3rd Symposium of Integrated Studies on NOTO Peninsula, 2012.3.16, 商工会議所 (石川県)

12) 牧輝弥, 黄砂が運ぶ微生物群と伝統発酵食品業の関わりあい ～いしるは中国からの贈り物～北陸銀行若手研究者助成金研究成果報告会, 2012 年 2 月 29 日、金沢大学 (石川県)

13) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 青木一真, 松木篤, 山田丸, 岩坂泰信, 黄砂によって長距離輸送される優占細菌種とその納豆発酵機能の解明, 第６回大気 バイオエアロゾルシンポジューム, 2011 年 12 月 9 日、国立極地研究所 (東京都)

14) T. Maki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, A. Matsuki, M. Yamada, Y. Iwasaka, Japanese fermented food produced by long-range transported bacteria in Asian dust (KOSA) bioaerosols, Working conference

for Sino-Japan S&T cooperation project, 2011.11.27, Bo'ao Hotel (China), 招待講演
15) 牧輝弥・小林史尚・柿川真紀子・松木篤・山田丸・岩坂泰信：黄砂バイオエアロゾルに含まれる微生物群種組成の特徴とその食文化への影響, CIGR（国際農業工学会）国際シンポジウム 2011, 日本農業工学会第 27 回シンポジウム・日本学術会議公開シンポジウム「地球環境・気候変動と農業環境工学」, 日本農業工学会・日本, 学術会議主催, 2011 年 9 月 21 日, タワーホテル船堀（東京都）, 招待講演
16) T. Maki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Atsushi, Y. Iwasaka : Phylogenetic analysis of long-range transported bacteria isolated from Asian dust (KOSA) bioaerosols, 2011 International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly (IUGG), 2011.6.28, Melbourne Convention & Exhibition Centre (Australia)
17) 牧輝弥：黄砂バイオエアロゾルに含まれる細菌種組成,黄砂現象の環境・健康影響−微生物および化学物質の長距離移動, 総合地球環境学研究所中国環境問題研究拠点、地球研プロジェクト「病原生物と人間の相互作用環」, 2011 年 4 月 15 日, 総合地球環境学研究所（京都府）
18) 牧輝弥, 小林史尚, 諸澤真治, 柿川真紀子、松木篤、岩坂泰信：能登半島上空 3000m を漂うバイオエアロゾルの細菌種組成の解析, 第 2 回能登総合シンポジウム, 2011 年 1 月 21 日, 金沢大学（石川県）
19) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 松木篤, 山田丸, 岩坂泰信：サイエンスカフェ 空中浮遊性微生物を食べる, 第 2 回能登総合シンポジウム, 2011 年 1 月 21 日, ラポルトすず（石川県）
20) T. Maki, F. Kobayashi, K. Aoki, M. Kakikawa, M. Kobayashi, H. Hasegawa, Y. Iwasaka : Phylogenetic analysis of the atmospheric bacterial communities at an Asian dust (KOSA) arrival region and a source region, Pacifichem 2010, Hawaii, 2010.12.19 (USA)
21) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 松木篤, 山田丸, 岩坂泰信：第一回環境フォーラム 空中浮遊性微生物を見る目、2010 年 12 月 8 日、三井物産北陸支部（富山県）
22) T. Maki, A. Iahikawa, F. Kobayashi, M. Kakikawa, K. Aoki, H. Hasegawa, Y. Iwasaka : Effects of a KOSA deposition event on microbial abundance and structures in marine ecosystems, The 4th International Symposium on environment of Rim of the Japan/East Sea, 2010.10.19 SeogwipoKAL Hotel (Korea), 招待講演
23) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 青木一真, 松木篤, 岩坂泰信：蛍光標識核酸プローブを用いた黄砂バイオエアロゾルの遺伝学的識別手法の確立, 日本気象学会 2010 年度秋季大会, 2010 年 10 月 27 日, 京都テルサ（京都府）
24) 牧輝弥, 城戸耕介, 石川輝, 小林史尚, 柿川真紀子, 青木一真, 長谷川浩, 岩坂泰信：黄砂鉱物粒子が及ぼす海洋微生物生態系への影響の外洋船上実験を用いた解明, 平成 22 年度日本水産学会秋季大会, 2010 年 9 月 24 日, 京都大学（京都府）
25) 牧輝弥, 小林史尚, 諸澤真治, 柿川真紀子, 長谷川浩, 岩坂泰信：航空機サンプリングにおいて捕集した大気微生物の核酸塩基配列の解析とその総観規模的移送の評価, 日本分析化学会第 59 年会, 2010 年 9 月 15 日, 東北大学（宮城県）
26) 牧輝弥, 小林史尚, 松木篤, 當房豊, 柿川真紀子, 鈴木振二, 長谷川浩, 岩坂泰信：能登半島上空で採取したバイオエアロゾル細菌種組成の黄砂発生時と非発生時の比較, 日本エアロゾル学会, 2010 年 8 月 3 日, 名古屋大学（愛知県）
27) T. Maki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, S. Susuki, K. Aoki, Y. Tobo, H. Hasegawa, Y. Iwasaka : Phylogenetic analysis of atmospheric bacterial isolates obtained from Asian dust (KOSA) bioaerosols, The 8th International Symposium on Advanced Environmental Japan Monitoring, 2010.7.1, Royton Sapporo Hotel (Japan)
28) T. Maki : Epifluorescence observation technique for microbial particles included in Asian dust (KOSA) bioaerosols, International Symposium on Aerosol and Radiation Studies, 2010.4.26, Zibo Hotel (China), 招待講演

〔その他〕
研究者情報
http://ridb.kanazawa-u.ac.jp/public/detail.php?kaken=70345601
ペンスポ
http://www.hoshizaki.co.jp/penguin_island/penspo2/contents02/
日経サイエンス　黄砂が運ぶ微生物
http://www.nikkei-science.com/201305_040.html

６．研究組織
(1)研究代表者
牧　輝弥（MAKI TERUYA）
金沢大学・物質化学系・准教授
研究者番号：70345601