

RF-072 黄砂バイオエアロゾルの越境的健康被害調査のためのサンプリング・同定に関する研究

(3) メタゲノム法を用いた黄砂バイオエアロゾルの生物情報学的研究

金沢大学	環日本海域環境研究センター	柿川真紀子
理工研究域電子情報学系		山田洋一

〈研究協力者〉	中国科学院大気物理研究所	石 廣玉
	中国科学院大気物理研究所	陳 彬

平成19～20年度	合計予算額	2, 337千円
	(うち、平成20年度予算額)	932千円)
※上記の合計予算額金額には、間接経費539千円を含む		

[要旨] 黄砂は、地球環境に重要な寄与をする現象として多くの研究者によって、その影響評価が行われてきた。近年では、韓国や中国、台湾において黄砂の健康被害が社会的問題となっており、疫学的手法による研究等が盛んに行われている。黄砂時には喘息やアレルギー疾患の罹患率が増加するとの報告や、これら疾患を誘因あるいは悪化させるといわれる微生物由来成分の lipopolysaccharide (グラム陰性菌の外膜成分) や β -glucan (真菌の細胞壁成分) が黄砂粒子に付着しているとの報告があることから、黄砂バイオエアロゾルに含まれる微生物種を同定し、自然環境、生態系への影響を評価する必要がある。

本テーマは黄砂バイオエアロゾルの長距離輸送による微生物飛来の実相調査と微生物飛来による自然環境、健康への被害の可能性を検討することを最終目標とし、フィルターで採取した中国敦煌上空の黄砂バイオエアロゾルから直接DNA抽出し、rDNA解析により *Brevibacillus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Delftia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Rickenella fibula*, *Ceriporiopsis gilvescens* のDNAが黄砂エアロゾルとともに存在することが明らかとなった。

[キーワード] 黄砂、バイオエアロゾル、生物情報、DNAクローニング、rDNA解析

1. はじめに

黄砂は、地球環境に重要な寄与をする現象として多くの研究者によって、その影響評価が行われてきた。黄砂の地球環境への影響としては、(1)黄砂粒子が太陽光を散乱・吸収することで生じる放射強制力の変化、(2)黄砂に含有するアルカリ成分による酸性雨の中和作用、(3)砂漠化に伴う大気中への黄砂粒子供給量の増加、(4)急速に発展している中国都市部で排出された有害物質が黄砂とともに輸送される越境問題などが挙げられてきた。また黄砂粒子の長距離輸送や粒子の構成成分・変質について研究し、黄砂の硫黄化合物の含有量から長距離輸送中に硫黄を含むガス状物質(例えばSO₂等)が存在することや長距離輸送現象におけるタクラマカン砂漠の寄与等が明らかにされてきた¹⁻⁵⁾。

一方、バイオエアロゾルとは生物に由来する浮遊粒子状物質のことであり、その中には真菌や

細菌などの微生物、ウイルス、花粉、有機粉じんなどが含まれる。室内環境におけるバイオエアロゾルでは、集団感染となる結核菌やインフルエンザウイルスなどが労働衛生や医療の分野で問題にされている。生物系の研究者は、空気中に浮遊する微生物の存在を分離培養時の汚染源として認識し、食品加工業でも、有害微生物や食品汚染微生物の混入源として危惧している。その他、これまでホルムアルデヒドなどの揮発性有機化合物が原因とされてきた建物の構造や吸排気、空調状態に関係するシック・ビルディング・シンドロームや特定の建物で発生するビル関連疾患などにバイオエアロゾルの関与が明らかとなってきた^{6,7)}。

また、屋外の自然環境におけるバイオエアロゾルについては、身近な例にアレルギー疾患を引き起こすスギ花粉などがあるが、その他のバイオエアロゾルについては知見が少なく、これまで殆ど注目されていなかった。しかしながら、近年、空気中や大気上空のバイオエアロゾルへの関心が高まっている。花粉と同時期に飛来する黄砂は、浮遊物質（エアロゾル）として考えられてきたが、黄砂粒子には呼吸器疾患を誘因あるいは悪化させるといわれる生物由来成分 lipopolysaccharide（グラム陰性菌の外膜成分）や β -glucan（真菌の細胞壁成分）が付着しているとの報告があり、バイオエアロゾルとして考えられるようになってきた⁸⁾。実際、韓国や台湾では黄砂飛来時期に呼吸器疾患の罹患率が増加するとの報告がある⁹⁻¹⁴⁾。サハラ砂漠から舞い上がったダストは大西洋を渡り、アメリカ大陸やカリブ海に到達し、これらのダストイベント時には大気中の微生物量が増加するといわれ、米国では1980年以降、喘息やアレルギー疾患の罹患率が増加していると報告されている¹⁵⁾。

黄砂バイオエアロゾルの長距離輸送を明らかにするためには、黄砂の発生地域、輸送および降下地域におけるバイオエアロゾルについて、また輸送中におけるバイオエアロゾルの状況を調査しなければならない。しかしながら、国際的にみてもKelloggとGriffinがサハラ砂漠のエアロゾルとバイオエアロゾルについて報告しているのみで、黄砂バイオエアロゾルについての報告はほとんどない。

そこで本サブテーマでは、フィルターで採集した黄砂バイオエアロゾルから直接ゲノム抽出し、rDNAクローニングとシーケンスにより、黄砂バイオエアロゾルとともに存在する微生物種について生命情報学的に解析を行った。

2. 研究目的

本研究の目的は、黄砂バイオエアロゾルの長距離輸送による微生物飛来の実相調査と病原微生物飛来による健康被害の可能性について検討することである。本サブテーマでは、フィルターに採集した黄砂バイオエアロゾルから、直接ゲノム抽出し、rDNAクローニングとシーケンスにより、黄砂バイオエアロゾルに含まれる微生物種について生命情報学的に解析を行った。

3. 研究方法

本サブテーマは、サブテーマ2の分離培養法と異なり、フィルターに採集した黄砂バイオエアロゾルから分離過程を経ず、直接DNA抽出し、rDNAシーケンスにより黄砂バイオエアロゾルに含まれる微生物種について解析するものである。本方法の利点は、分離培養が環境微生物中の約1%しか分離同定できないのに対し、DNAを直接抽出するので培養できない微生物をも分析できる点である。フィルターに溶菌酵素を反応させ、DNAを抽出、精製し、このDNAを鋳型として16Sおよび18S

rDNAのユニバーサルプライマーを用いてPCR法により各rDNAを増幅した。このrDNAをクローニング後、DNA配列解析を行い、得られた各rDNA配列についてDNAデータベースで相同性検索し、帰属分類群の推定を行った。

4. 結果・考察

敦煌上空でバイオエアロゾルを採集したフィルターに直接、溶菌酵素を反応させ、DNAを抽出、精製した。このDNAを鋳型として16Sおよび18S rDNAのユニバーサルプライマーを用いてPCR法により各rDNAを増幅した。これらのDNAをクローニングし、シーケンスによりDNA配列を決定した。得られたDNA配列についてDNAデータベースで相同性検索し、帰属分類群の推定を行った。その結果を表3-1に示す。*Rickenella fibula*, *Ceriporiopsis gilvescens* など真菌類が3種、グラム陽性細菌が3種 (*Brevibacillus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Rhodococcus sp.*)、グラム陰性菌が4種 (*Delftia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium tumefaciens*) のDNAが黄砂バイオエアロゾルとともに存在することが明らかとなった。また、DNA配列情報よりこれまでDNAデータベースに登録されていない（培養法では検出されなかった）新種と考えられる微生物のDNAの存在も確認できた。

表 3 - 1 DNA解析による敦煌上空の黄砂サンプルに含まれる微生物同定結果

Isotates clones (Accession no.)	Closest microorganism in Gen Bank	% DNA identity (matched bases)
DHUP10 Uncultured fungus (AB451531)	Uncultured fungus (AM114819)	99.6% (1708/1714)
DHUP31 Uncultured fungus (AB451532)	Rickenella fibula (AY771599)	97.0% (1691/1743)
DHUP42 Uncultured fungus (AB451533)	Ceriporiopsis gilvescens (AY219403)	99.5% (1670/1679)
DHUP4 Uncultured Brevibacillus sp. (AB451535)	Brevibacillus sp. (AJ313027)	99.8% (1457/1460)
DHUP7 Uncultured Staphylococcus sp. (AB451536)	Uncultured Staphylococcus sp. (EU660426)	99.4% (1469/1478)
DHUP19 Uncultured Rhodococcus sp. (AB451537)	Rhodococcus sp. (DQ285075)	99.8% (1438/1441)
DHUP23 Uncultured Delftia sp. (AB451538)	Delftia sp. (EU880508)	100% (1455/1455)
DHUP34 Uncultured Pseudomonas sp. (AB451539)	Uncultured Pseudomonas sp. (DQ088809)	99.7% (1459/1463)
DHUP36 Uncultured Agrobacterium sp. (AB451540)	Agrobacterium tumefaciens (EU592041)	99.9% (1407/1408)
DHUP49 Uncultured Pseudomonas sp. (AB451541)	Pseudomonas sp. (AM411620)	99.8% (1458/1461)
DHUP66 Uncultured bacterium (AB451542)	Uncultured bacterium (AY958912)	99.7% (1459/1462)

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本サブテーマの結果から、中国敦煌上空には、*Rickenella fibula*, *Ceriporiopsis gilvescens* など真菌類3種、グラム陽性細菌3種 (*Brevibacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Rhodococcus* sp.)、グラム陰性菌4種 (*Delftia* sp., *Pseudomonas* sp., *Agrobacterium tumefaciens*) などの黄砂バイオエアロゾルのDNAが検出された。これまで黄砂バイオエアロゾル (黄砂と挙動をともにする生物粒子) は確認されていなかったが、本研究の係留気球と新規に開発されたバイオエアロゾルサンプラーを用いることにより、直接サンプリングが可能となり、メタゲノム法を用いた解析により、黄砂バイオエアロゾルの存在を確認し、次々と菌株を明らかにした。また、DNA配列情報よりこれまでDNAデータベースに登録されていない (培養法では検出されなかった) 新種と考えられる微生物のDNAの存在も確認でき、これらの微生物のもつ紫外線や乾燥などのストレス耐性に関わる新規遺伝子の発見も期待される。

(2) 地球環境政策への貢献

発見された菌株には、植物病原菌など農林水産業に影響を及ぼすものもあり、新たなアプローチで黄砂に関する環境政策や、黄砂予報の必要性を訴えることとなった。また、社会的にも感心が高く、新聞・テレビのメディアから取材を受けることとなった。

6. 引用文献

- 1) Y. Iwasaka, M. Yamato, R. Imasu, A. Ono: *Tellus*, ser. B 40, 494-503 (1988)
 “Transport of Asian dust (KOSA) particles; importance of weak KOSA events on the geochemical cycle of soil particles”
- 2) Y. Iwasaka, G.Y. Shi, M. Yamada, A. Matsuki, D. Trochkine, S.Y. Kim, D. Zhang, T. Nagatani, H. Nakata, Z. Shen, B. Chen: *J. Geophys. Res.* 108: ACE12-1-ACE12-10 (2003)
 “Importance of dust particles in the free troposphere over the Taklamakan Desert: Electron microscopic experiments of particles collected with a balloonborne particle impactor at Dunhuang, China”
- 3) 岩坂泰信: 紀伊国屋書店 (2006) “黄砂—その謎を追う”
- 4) A. Matsuki, Y. Iwasaka, K. Osada, K. Mtasunaga, M. Kido, Y. Inomata, D. Trochkine, C. Nishita, T. Nezuku, T. sakai, D. Zhang, S.A. Kwon: *J. geophys. Res.* 108, ACE31-1-ACE31-10 (2003)
 “Seasonal dependence of the longrange transport and vertical distribution of the free tropospheric aerosols over East Asia: on the basis of aircraft and lidar measurements and isentropic trajectory analysis”
- 5) M. Yamada, Y. Iwasaka, A. Matsuki, D. Trochkine, Y.S. Kim, D. Zhang, T. Nagatani, G.Y. Shi, M. Nagatani, H. Nakata, Z. Shen, B. Chen, G. Li: *Water Air Soil Pollut.*, 5, 231-250 (2005)
 “Feature of dust particles in the spring free troposphere over Dunhuang in Northwestern Chine: electron microscopic experiments on individual particles collected with

balloon-borne impactor”

- 6) R.J. laumbach, H.M. Kipen : Curr. Opin. Allergy Clin. Immun. 5, 135-139 (2005)
“Bioaerosols and sick building syndrome: particles, inflammation and allergy”
- 7) R. Bholah, A.H. Subratty: Int. J. Environ. Health Res. 12, 93-98 (2002)
“Indoor biological contaminations and symptoms of sick building syndrome in office buildings in Mauritius”
- 8) T. Ichinose, M. Nishikawa, H. Takano, N. Sera, K. Sadakane, I. Mori, R. Yanagisawa, T. Oda, H. Tamura, K. Hiyoshi, H. Quan, S. Tomura, T. Sakamoto: Environ. Toxicol. Pharmacol. 20, 48-56 (2005) “Pulmonary toxicity induced by intratracheal instillation of Asian yellow dust (Kosa) in mice”
- 9) C-C, Chan, K-J. Chuang, W-J. Chen, W-T. Chang, C-T. Lee, C-M. Peng : Environ. Res. 106, 393-400 (2008)
“Increasing cardiopulmonary emergency visits by long-range transported Asian dust storms in Taiwan”
- 10) Y-S. Chen, C-Y. Yang: J. Toxicol. Environ. Health Part A 68, 1457-1464 (2005)
“Effects of Asian dust storm events on daily hospital admissions for cardiovascular disease in Taipei, Taiwan”
- 11) Y-S. Chen, P-C. Sheen, E-R. Chen, Y-K. Liu, T-N. Wu, C-Y. Yang: Environ. Res. 95, 151-155 (2004)
“Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipei, Taiwan”
- 12) H. J. Kwon, S.H. Cho, Y. Chun, F. Lagarde, G. Pershagen: Environ. Res. 90, 1-5 (2002)
“Effects of Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea”
- 13) J.T. Lee, J.Y. Son, Y.S. Cho: Environ. Res. 105, 409-413 (2007)
“A comparison of mortality related to urban air particles between periods with Asian dust days and without Asian dust days in Seoul, Korea, 2000-2004”
- 14) J.W. Park, Y.H. Lim, S.Y. Kyung, C.H. An, S.P. Lee, S.H. Jeong, Y.-S. Ju: Respirology 10, 470-476 (2005)
“Effects of ambient particulate matter on peak expiratory flow rates and respiratory symptoms of asthmatics during Asian dust periods in Korea”
- 15) J. Peccia, D.K. Milton, T. Reponen, J. Hill: Environ. Sci. Tech., 42, 4631-4637 (2008)
“A role of environmental engineering and science in preventing bioaerosol-related disease”

7. 国際共同研究等の状況

本サブテーマでは、黄砂発生源の生物情報分析が必要であった。中国タクラマカン砂漠東端にあたる敦煌市の気象台上空における黄砂バイオエアロゾルサンプル（サブテーマ1が主に実施）の直接DNA（メタゲノム）解析を行った。この解析実施には中国の研究者の協力が必要不可欠であり、中国科学院大気物理研究所教授 石廣玉先生および中国科学院大気物理研究所 陳彬氏に多大なる尽力を賜った。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり) >

- 1) 小林史尚, 柿川真紀子, 山田丸, 陳彬, 石廣玉, 岩坂泰信: エアロゾル研究, 22, 218-227 (2007)
“黄砂発生源におけるバイオエアロゾル拡散に関する研究”: 2008年度日本エアロゾル学会論文賞受賞
- 2) N.-P. Hua, F. Kobayashi, Y. Iwasaka, G.-Y. Shi, T. Naganuma: *Aerobiologia*, 23, 291-298 (2007)
“Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan”
- 3) F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, B. Chen, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka: *Proceeding of the 5th Asian Aerosol Conference*, 333-334 (2007)
“Isolation and identification of bioaerosols in a KOSA source region, Dunguang”
- 4) M. Yamada, Y. Iwasaka, D. Zhang, A. Matsuki, D. Trochkin, G.-Y. Shi, M. Nagatani, Y.-S. Kim, H. Nakata, B. Chen, K. Hayakawa: *Proceeding of the 5th Asian Aerosol Conference*, 380-381 (2007)
“Existence of background dust in the free troposphere over an Asian dust source region”
- 5) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Toubou, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka: *Proceeding of the 2nd International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology*, 152 (2007)
“Composition of halophilic bacteria survived in bioaerosol”
- 6) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Toubou, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka: *Journal of Ecotechnology Research*, 13, 309-313 (2008)
“Ecophysiological analysis of halobacteria in bioaerosol”
- 7) G.-Y. Shi, F. Kobayashi, S. Toda, M. Yamada, M. Kakikawa, T. Maki, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, B. Chen, T. Naganuma, Y. Iwasaka: *Proceeding of 5th International Workshop on Sand/Duststorms and Associate Dustfall*, p.42 (2008)
“Direct sampling and identification of bioaerosols in the convective mixed layer over KOSA region, Dunhuang, using the separate culture”
- 8) M. Kakikawa, F. Kobayashi, T. Maki, M. Yamada, T. Higashi, B. Chen, G.-Y. Shi, C. Hong, Y. Tobo, Y. Iwasaka: *Proceeding of 5th International Workshop on Sand/Duststorms and Associate Dustfall*, p.11 (2008)
“Dustborne microorganisms in KOSA source region, Dunhuang”
- 9) M. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, B. Chen, G.-Y. Shi, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka: *Proceeding of 5th International Workshop on Sand/Duststorms and Associate Dustfall*, p.14 (2008)
“Halotolerant bacterial community survived in atmosphere of Asian dust (KOSA) source region, Dunguang City”

- 10) M. Yamada, T. Maki, F. Kobayashi, B. Chen, D. Zhang, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka : Proceeding of Asia Oceania Geosciences Society 2008, AS09-A011 (2008)
“Mineral particles in the boundary layer over a desert area of the northwest China: Number concentration and mixture state with microorganisms”
- 11) S. Toda, F. Kobayashi, M. Yamada, M. Kakikawa, T. Maki, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, B. Chen, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka : Proceeding of International Aerosol Symposium 2008, p.227-228 (2008)
“Isolation, Identification, and Direct sampling of Bioaerosols in the convective mixed layer over KOSA region, Dunhuang”
- 12) M. Yamada, Y. Iwasaka, D. Zhang, T. Miyazawa, F. Kobayashi, M. Kakikawa, K. Hayakawa : Proceeding of International Aerosol Symposium 2008, p.263-264 (2008)
“Development of a particle counter for bioaerosol measurement”
- 13) F. Kobayashi, S. Toda, M. Yamada, M. Kakikawa, T. Maki, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, B. Chen, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka : Proceeding of International Global Atmospheric Chemistry 10th International Conference, Th123 (2008)
“Bioaerosols in the convective mixed layer over KOSA region, Dunhuang”
- 14) M. Yamada, T. Maki, F. Kobayashi, B. Chen, M. Kakikawa, D. Zang, M. Nagatani, C. Hong, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka : Proceeding of International Global Atmospheric Chemistry 10th International Conference, Th114 (2008)
“Diffusion of bioaerosols linked with mineral particles in the boundary layer over a desert area of the northwest China”
- 15) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, B. Chen, G.-Y. Shi, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka : Air Quality Atmosphere and Health, 1, 81-89 (2008)
“Phylogenetic diversity and vertical distribution of a halobacterial community in the atmosphere of an Asian dust (KOSA) source region, Dunhuang City”
- 16) M. Kakikawa, F. Kobayashi, T. Maki, M. Yamada, T. Higashi, B. Chen, G. Shi, C. Hong, Y. Tobo, Y. Iwasaka : Air Quality Atmosphere and Health, 1, 195-202 (2008)
“Dustborne microorganisms in the atmosphere over Asian dust source region, Dunhuang”
- 17) Y. Iwasaka, G. Shi, M. Yamada, F. Kobayashi, M. Kakikawa, T. Maki, T. Naganuma, B. Chen, Y. Tobo, C. Hong : Air Quality Atmosphere and Health, 2, 29-38 (2009)
“Mixture of Kosa (Asian Dust) and bioaerosols detected in the atmosphere over the Kosa particles source regions with Balloon-borne measurements: Possibility of long-range transport”
- 18) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, A. Matsuki, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka : Journal of Ecotechnology Research
“Phylogenetic diversity and vertical distribution of a halobacterial community in the atmosphere of an Asian dust (KOSA) arrival region, Suzu City” (in press)

〈その他誌上発表（査読なし）〉

- 1) 小林史尚：銀行倶楽部，第507号，p. 2-4（2008）
巻頭コラム「黄砂とともに微生物がやって来る－黄砂バイオエアロゾル研究－」
- 2) 柿川真紀子，生物工学会誌，第87巻，p. 239（2009）
「バイオエアロゾルとは？」

(2) 口頭発表（学会）

- 1) F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, B. Chen, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka : The 5th Asian Aerosol Conference (2007)
“Isolation and identification of bioaerosols in a KOSA source region, Dunguang”
- 2) M. Yamada, Y. Iwasaka, D. Zhang, A. Matsuki, D. Trochkin, G.-Y. Shi, M. Nagatani, Y.-S. Kim, H. Nakata, B. Chen, K. Hayakawa : The 5th Asian Aerosol Conference (2007)
“Existence of background dust in the free troposphere over an Asian dust source region”
- 3) X.Y. Yang, M. Yamada, N. Tang, T. Kameda, A. Toriba, K. Hayakawa : The 5th Asian Aerosol Conference (2007)
“Long-range transport of fluoride from China to Japan”
- 4) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Toubou, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka : 2nd International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology (2007)
“Composition of halophilic bacteria survived in bioaerosol”
- 5) 小林史尚，山田丸：環日本海域の環境シンポジウム（2007）
“大気バイオエアロゾル学の展開”
- 6) 小林史尚：第二回大気バイオエアロゾルシンポジウム（2008）
“黄砂バイオエアロゾルプロジェクトと敦煌・金沢におけるサンプリング”
- 7) 山田丸：第二回大気バイオエアロゾルシンポジウム（2008）
“黄砂発生源上空のエアロゾル粒子の性状と大気鉛直構造”
- 8) 牧輝弥：第二回大気バイオエアロゾルシンポジウム（2008）
“黄砂バイオエアロゾルの混合状態と耐塩細菌に注目した解析”
- 9) 柿川真紀子：第二回大気バイオエアロゾルシンポジウム（2008）
“分離培養法による同定と直接ゲノム解析”
- 10) 東朋美：第二回大気バイオエアロゾルシンポジウム（2008）
“同定・解析結果からみた健康影響の可能性”
- 11) 牧輝弥，鈴木振二，小林史尚，柿川真紀子，山田丸，東朋美，長谷川浩，上田一正，岩坂泰信：第56年会日本分析化学会（2007）
“黄砂バイオエアロゾルの生態調査にむけた生理化学的分析手法の確立”
- 12) M. Yamada, D. Zhang, T. Miyazawa, K. Hayakawa, Y. Iwasaka : The 3rd International Workshop on Asian Dust and Ocean EcoSystem (ADOES) (2007)
“Mobile bioaerosol particle counter: Development and perspective”
- 13) M. Kakikawa, S. Hashimoto, M. Iwahara, S. Yamada : The Bioelectromagnetics Society 29th

- Annual Meeting (2007)
 “Effect of extremely low frequency magnetic fields on anticancer drug potency”
- 14) M. Kakikawa, Y. Oda, S. Sunata, N. Suzuki, K. Kitamura, A. Hattori, M. Iwasaka, S. Ueno, S. Yamada : The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting (2007)
 “Effects of extremely low frequency magnetic fields on osteoclasts and osteoblasts: Development of a new model system using fish scale”
- 15) M. Kakikawa, S. Maeda, R. Hosono, S. Yamada : The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting (2007)
 “Learning behaviors on the nematode *C. elegans* exposed to electromagnetic fields are greatly affected”
- 16) S. Yamada, C. Komkrit, C. Gooneratne, M. Kakikawa, M. Iwahara : The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting (2007)
 “Estimation of magnetite density by needle type giant magnetoresistance probe”
- 17) 小多雄太、柿川真紀子、鈴木信雄、山田外史、岩原正吉 : 平成19年度電気関係学会北陸支部連合大会 (2007)
 “骨形成におよぼす静磁場効果に関する研究”
- 18) 小多雄太、鈴木信雄、山田外史、柿川真紀子、北村敬一郎、服部淳彦 : 第31回日本応用磁気学会 (2007)
 “骨形成におよぼす交流磁界効果”
- 19) N. Suzuki, F. Kobayashi, M. Matada, S. Ito, Y. Oshima, A. Hattori : The Japan Society for Comparative Endocrinology (2007)
 “Effect of tributyltin of the calcium metabolism in teleosts and attempt to biodegrade by marine bacteria”
- 20) F. Kobayashi, M. Daidai, Y. Nakamura : 2nd International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology (2007)
 “Landfill leachate treatment using ozone oxidation and moss”
- 21) T. Shimada, T. Maki, W. Hirota, T. Kakimoto, H. Hasegawa, K. Ueda : 14th Asian Symposium on Ecotechnology (2007)
 “Bacterial community in the lake water spiked with Dimethylarsenic acid estimated by PCR- DGGE analysis : Saul, Korea”
- 22) T. Suzuki, T. Maki, K. Kido, A. Nakahara, T. Higashi, H. Hasegawa, K. Ueda, K. Saijoh : 14th Asian Symposium on Ecotechnology (2007)
 “Effect of iron stress on gene expression in harmful microalga *Prymnesium parvum* : Saul, Korea”
- 23) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Toubou, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka : 14th Asian Symposium on Ecotechnology (2007)
 ” Ecophysiological analysis of halophilic bacteria in bioaerosol : Saul, Korea”
- 24) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka : Biomicroworld 2007 (2007)
 “Ecophysiological Analysis of Halophilic Bacteria in Bioaerosol : Spain”

- 25) W. Hirota, T. Maki, T. Kakimoto, T. Shimada, H. Hasegawa, K. Ueda, *Biomicroworld* 2007 (2007)
“Seasonal dynamics of bacterial population degrading dimethylarsenic acid in Lake Kahokugata : Spain”
- 26) 牧輝弥 : こまつものづくり技術シーズ発表会 (2008)
“ヒ素無機化細菌を利用した有機ヒ素汚染土壌のファイトレメディエーション”
- 27) 牧輝弥、鈴木峰、城戸耕介、長谷川浩、上田一正 : 第3回日本進化原生生物学研究会 (2008)
“有害ハプト藻 *Prymnesium parvum* の鉄欠乏ストレスに関わる遺伝子群の探索”
- 28) M. Kakikawa, F. Kobayashi, T. Maki, M. Yamada, T. Higashi, B. Chen, G.-Y. Shi, C. Hong, Y. Tobo, Y. Iwasaka : The Fifth International Workshop on Sand and Dust Storms (2008)
“Dustborne microorganisms in KOSA source region, Dunhung”
- 29) G.-Y. Shi, F. Kobayashi, S. Toda, M. Yamada, M. Kakikawa, T. Maki, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, B. Chen, T. Naganuma, Y. Iwasaka : The Fifth International Workshop on Sand and Dust Storms (2008)
“Direct Sampling and Identification of Bioaerosols in the Convective Mixed Layer Over KOSA Region, Dunhuang, Using the Separate Culture”
- 30) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, Y. Iwasaka : The Fifth International Workshop on Sand and Dust Storms (2008)
“Halotolerant bacterial community survived in atmosphere of Asian dust (KOSA) source region, Dunhuang City”
- 31) Y. Iwasaka, G.-Y. Shi, M. Yamada, F. Kobayashi, M. Kakikawa, T. Maki, T. Naganuma, B. Chen : The Fifth International Workshop on Sand and Dust Storms (2008)
“Mixing state of micro-biota and KOSA particles: Balloon-borne measurements at Dungguang, China”
- 32) 牧輝弥、鈴木振二、青木一真、小林史尚、柿川真紀子、山田丸、東朋美、長谷川浩、上田一正、岩坂泰信 : 日本分析化学会第57年会 (2008)
“立山積雪断面に含まれる黄砂バイオエアロゾルからの細菌群の検出”
- 33) Susuki S., Maki T., Kobayashi F., Kakikawa M., Yamada M., Higashi T., Hong C., Toubou Y., Hasegawa H., Ueda K., Iwasaka Y. : 15th Asian Symposium on Ecotechnology (2008)
“The bacterial species composition of the bioaerosol in the Suzu City by PCR-DGGE methods”
- 34) 牧輝弥、鈴木振二、小林史尚、柿川真紀子、山田丸、東朋美、長谷川浩、上田一正、岩坂泰信 : 第24回日本微生物生態学会 (2008)
“珠洲市上空のバイオエアロゾルにおける耐塩細菌群の種組成解析”
- 35) M. Kakikawa, T. Fujihata, M. Iwahara, S. Yamada : Asian-Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (2008)
“Enhanced Potency of Anticancer Drug, Bieomycin by ELF Magnetic Fields,”
- 36) Y. Hirai, M. Kakikawa, S. Yamada, M. Iwahara : Asian-Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, (2008)
“Influence of ELF Magnetic Fields on Anticancer Drug Cisplatin Potency”

- 37) C.P.Gooneratne, S.Yamada, M.Iwahara, M.Kakikawa, Y.Matsumoto: Asian-Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (2008)
 “Novel GMR Sensor for Detection of Magnetic Nanoparticles Inside Minute Cavities,”
- 38) 藤井邦明, 松本有加, 柿川真紀子, 岩原正吉, 山田外史: 平成20年度電気関係学会北陸支部連合大会, A-44, (2008)
 “磁性微粒子モデルによる磁性流体の濃度と比透磁率の関係”
- 39) 松本有加, 藤井邦明, 柿川真紀子, 岩原正吉, 山田外史: 平成20年度電気関係学会北陸支部連合大会, A-45, (2008)
 “磁性流体の磁性微粒子の分散状態と透磁率”
- 40) 藤畑貴史, 柿川真紀子, 岩原正吉, 山田外史: 平成20年度電気関係学会北陸支部連合大会, A-46 (2008)
 “抗がん剤の作用における交流磁界の影響評価”
- 41) C.Gooneratne, S.Yamada, M.Iwahara, M.Kakikawa: 第32回日本応用磁気学会, 12pC-9 (2008)
 “GMR Sensor Application in Detecting and Estimating Magnetic Fluid Weight Density inside Various Size Tumors”
- 42) 柿川真紀子, 平井雄一郎, 岩原正吉, 山田外史: 第32回日本応用磁気学会 14a1PS-41 (2008)
 “抗がん剤シスプラチンの作用における交流磁界曝露影響”
- 43) 岩坂泰信, 小林史尚, 牧輝弥, 柿川真紀子, 山田丸: 第25回エアロゾル科学・技術研究討論会 A01 (2008)
 “黄砂バイオエアロゾルを考えるわけ”
- 44) 柿川真紀子, 小林史尚, 牧輝弥, 山田丸, 東朋美, 陳彬, 石廣玉, 當房豊, 洪天祥, 岩坂泰信: 第25回エアロゾル科学・技術研究討論会 A04 (2008)
 “黄砂発生源のエアロゾルに含まれる微生物”
- 45) 山田丸, 小林史尚, 牧輝弥, 柿川真紀子, 張代洲, 陳彬, 洪天祥, 當房豊, 長谷正博, 東朋美, 原和嵩, 石廣玉, 岩坂泰信: 第25回エアロゾル科学・技術研究討論会 A03 (2008)
 “気球を用いた対流圏バイオエアロゾルの拡散に関する研究”
- 46) 鈴木振二, 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 山田丸, 東朋美, 陳彬, 石廣玉, 當房豊, 洪天祥, 長谷川浩, 上田一正, 岩坂泰信: 第25回エアロゾル科学・技術研究討論会 A05 (2008)
 “黄砂粒子上に生残する耐塩細菌群の種組成解析”
- 47) S. Toda, F. Kobayashi, M. Yamada, M. Kakikawa, T. Maki, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, B. Chen, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka: International Aerosol Symposium 2008, 227-228 (2008)
 “Isolation, Identification, and Direct sampling of Bioaerosols in the convective mixed layer over KOSA region, Dunhuang”
- 48) M. Yamada, Y. Iwasaka, D. Zhang, T. Miyazawa, F. Kobayashi, M. Kakikawa, K. Hayakawa: International Aerosol Symposium 2008, 263-264 (2008)
 “Development of a particle counter for bioaerosol measurement”
- 49) 小林史尚, 牧輝弥, 柿川真紀子, 東朋美, 山田丸, 石廣玉, 岩坂泰信, 第49回年会大気環境学会 (2008)
 “敦煌気球観測で見られる微生物と黄砂”

- 50) 山田丸, 小林史尚, 牧輝弥, 柿川真紀子, 張代洲, 陳彬, 洪天祥, 當房豊, 長谷正博, 石廣玉, 岩坂泰信: 第49回年会大気環境学会 (2008)
“気球を用いた対流圏バイオエアロゾル観測: 粒子数濃度計測とバイオエアロゾル混合状態の解析”
- 51) F. Kobayashi, S. Toda, M. Yamada, M. Kakikawa T., Maki, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, B. Chen, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka: IGAC 10th International Conference (2008)
“Bioaerosols in the Convective Mixed Layer Over KOSA Region, Dunhuang”
- 52) M. Yamada, T. Maki, F. Kobayashi, B. Chen, M. Kakikawa, D. Zhang, M. Nagatani, C. Hong, G.-Y. Shi, Y. Iwasaka: IGAC 10th International Conference (2008)
“Diffusion of bioaerosols linked with mineral particles in the boundary layer over a desert area of the Northwest China,”
- 53) 小林史尚, 山田丸, 牧輝弥, 柿川真紀子, 山田洋一, 東朋美, 荻野千秋, Kim Yang-Hoon: 第三回大気バイオエアロゾルシンポジウム (2009)
“黄砂バイオエアロゾルの越境的健康被害調査のためのサンプリング・同定に関する研究”
- 54) 柿川真紀子, 小林史尚, 牧輝弥, 山田丸, 東朋美, 陳彬, 石廣玉, 當房豊, 洪天祥, 岩坂泰信: 第三回大気バイオエアロゾルシンポジウム (2009)
“敦煌で採集したバイオエアロゾルのメタゲノム解析”
- 55) 牧輝弥, 鈴木振二, 小林史尚, 柿川真紀子, 山田丸, 東朋美, 岩坂安信: 第三回大気バイオエアロゾルシンポジウム (2009)
“大気バイオエアロゾル中に生残する耐塩細菌群の種組成の解明”
- 56) 山田丸, 小林史尚, 岩坂泰信, 柿川真紀子, 牧輝弥, 張代洲, 長谷正博, 陳彬, 石廣玉: 第三回大気バイオエアロゾルシンポジウム (2009)
“敦煌における対流圏バイオエアロゾルの顕微鏡観察”

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

- 1) 第二回大気バイオエアロゾルシンポジウム (2008年1月12日、熊本県立大学、約50名)
- 2) 第三回大気バイオエアロゾルシンポジウム (2009年1月11日、仙台KKRホテル、約50名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 朝日新聞 (2008年6月20日、全国版一面、次頁参照)
- 2) 熊本日日新聞 (2009年4月25日、朝刊社会面)
- 3) 北國新聞 (2008年5月8日、石川版)
- 4) 北陸中日新聞 (2008年5月8日、石川版)
- 5) 朝日新聞 (2008年5月8日、石川版)
- 6) 読売新聞 (2008年5月8日、石川版)
- 7) 北陸中日新聞 (2009年4月29日、石川版)

- 8) 週刊文春（2009年3月12日号、文藝春秋社、p. 46-49、次頁参照）
- 9) テレビ朝日報道ステーション（2009年3月17日、黄砂バイオエアロゾルの採取と同定の成果について資料提供し、5分ほど紹介）
- 10) フジテレビサキヨミLive（2009年4月19日、黄砂バイオエアロゾルの採取、分析と健康影響の成果について10分ほど紹介）
- 11) NHKサイエンスゼロ（放送日未定2009年5月30日の予定、珠洲における黄砂バイオエアロゾルの採取、分析と健康影響などについて紹介）
- 12) NHKニュース石川版（2008年5月7日、珠洲での黄砂バイオエアロゾルサンプリングについて5分ほど紹介）
- 13) 北陸朝日放送ニュース石川版（2008年5月7日、珠洲での黄砂バイオエアロゾルサンプリングについて5分ほど紹介）

（6）その他

2008年度日本エアロゾル学会論文賞受賞（2008年8月21日，論文名「黄砂発生源におけるバイオエアロゾル拡散に関する研究」：8．研究成果の発表状況（1）誌上発表〈論文（査読あり）〉の1）に記載した論文、次頁参照）

