

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19255017

研究課題名(和文) DNA鑑定による黄砂の付着病原菌の同定

研究課題名(英文) DNA Analysis of the Bacterial Pathogen in the Yellow Sand

研究代表者

真木 太一(MAKI TAICHI)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・客員教授

研究者番号：80314970

研究成果の概要(和文)：

中国敦煌・奈曼の開墾農地のダスト量・濃度には人間活動が大きく影響する。リアルタイムPCR解析DNA鑑定法により沖縄・福岡・つくば採集黄砂から口蹄疫ウイルス付着の可能性を確認した。黄砂の構成鉱物は塩類と二次生成物が主で硫酸塩の含水鉱物があり、最表面には人為起源の窒素が偏在し、石膏付着から中性のpHと高湿度の輸送気象環境が推測できた。2010年3月の宮崎県内口蹄疫の初発生は、中国甘粛省の豚口蹄疫の付着黄砂が伝播源と推測された。

研究成果の概要(英文)：

Dust or yellow sand of new developed agricultural field is affected by human activity at Dunhuang and Naiman in China. By DNA judgment method of real time PCR analysis, it was found that the probability of foot-and-mouth disease virus adhered on yellow sand sampled at Okinawa, Fukuoka and Tsukuba. The mineral of yellow sand is mainly composed by the salts and the second product. Hydrated mineral of sulphate was found and human originated N on a fine surface. The transport environment of yellow sand was shown that gypsum on yellow sand was produced under the conditions of nearly neutral pH and very high humidity. The first attack of foot-and-mouth disease of cattle found at Miyazaki in spring, 2010 is presumably originated by yellow sand transported from Gansu Province, China and the second spread is based on the local surface wind.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
2008年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2009年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2010年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
年度			
総計	28,900,000	8,670,000	37,570,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：黄砂、DNA鑑定、病原菌・ウイルス、アレルゲン、沙漠化、地球環境、中国、気象環境

1. 研究開始当初の背景

黄砂の発生は2000～2002年に3年間連続して急増し、飛来した。この黄砂発生連続した急増現象は極めて異常であり、この傾向

が続くと4年目はどのようなことになるかと危惧されたが、2003～2005年は平年並みか、多めの状態で概ね平年値に戻ったと推測されていた。

しかし、2006年4月再び中国で大量の黄砂が発生し、町中が数mmの黄砂に覆われたテレビの風景がまだ記憶に新しい。中国気象庁の情報によると、北京市内に降りた黄砂の総量は30万トン、黄砂が影響を及ぼす面積は30.4万km²となっている。

黄砂は中国だけではなく日本の多くの地域にも飛来しマスコミを騒がせた。従って、これは全く安心できる状況にはなく、今後とも黄砂の多発生の可能性が大であることは、いうまでもないことである。この中で同時期に、家畜の口蹄疫、豚コレラ、SARS、鳥インフルエンザなどが、中国、アジアを中心に発生して大問題となっている。この内、特に口蹄疫や豚コレラは中国からの黄砂や大気汚染物質等に付着して飛来することが疑われているが、全くの推測に終わっている。

しかし、この疫病の発生状況（春季、黄砂後に飛び地的に発生することが多い）を考慮し、日本国内の周辺からの伝染でないことが、種々の理由から推測される状況である。このため本課題では、中国と日本国内で、この病原菌やウイルスをDNA・RNA鑑定によって同定・解明しようとするものである。

また、黄砂がアレルギー源および環境汚染物質を同時に運んでいる可能性が非常に高く、黄砂の影響によって皮膚のただれ、鼻水、鼻つまり、目の痒みなどの症状が考えられていることから、黄砂自身がアレルギー源として働く可能性も排除できない。しかし、これらに関する科学的な根拠が全くなく、黄砂のアレルギー・環境汚染物質として評価を行う必要がある。従って、本研究は黄砂のアレルギー・環境汚染物質として地域別・経年別変化の生物影響評価を行うものとする。

黄砂輸送（時期、量、頻度、状況等々）については5年間にわたるプロジェクト研究が実施されたことで、Proc. of 4th ADEC Workshop - Aeolian Dust Experiment on Climate Impact - や黄砂（風送ダスト）問題と農林業等々、多くの論文（気象集誌）の成果が報告されている。このプロジェクト等から黄砂による疫病付着黄砂、大気汚染物質（SO_x、NO_x）が輸送されることが推測された。

そして、一方、大気汚染物質はかなり解明され、黄砂のアルカリ性に対して、汚染物質の酸性の中和は黄砂の数少ないメリットとして評価（西川、2003）されてはいるが、定性的な状況把握でまだまだ不十分であることは、いうまでもないことである。

このたび、土壌、黄砂、大気汚染等に付着する微生物・ウイルスを培養することなく、DNA・RNA鑑定によって評価する手法がバイオ技術関係で、すでに開発されているので、この手法を用いて微生物やウイルスの伝達経路などの解明が期待できる。

上記の方法を用いた黄砂への応用研究に

ついて実施事例の報告はなく、更なる応用研究により非常に優れた有益な評価法の構築が可能となると考えられることから、この研究手法を黄砂に付着する微生物やウイルスの同定に応用するものである。

この研究が成功する可能性はかなり高いと考えられるが、成功すれば、現在社会的に叫ばれている安心、安全な社会への推進に大きく寄与できるものと期待できる。従って、本手法を用いて、日本および中国で研究を実施することを計画している。

なお、中国での研究において、15年余りの長年に亘り実施してきた研究の実績と共同研究者の信頼によって、この新しい研究の推進が可能であると思われる。

また、生物学的解析を担当する筑波大学では、アレルギー関係の国際特許を有していること（国際公開番号：W0 2006/092908 A1：磯田博子、山田パリーダ、安部征雄、「フルボ酸を用いるI型アレルギー抑制およびI型アレルギーの発症抑制方法」）、インフルエンザウイルスを用いた研究実績を持つ研究員が本申請研究の研究分担者となっていること、当該研究者はウイルス感染抑制に関わる国際特許を有していること（国際公開番号：W0 2005/094851 A1（公開日 2005年10月）：今村亨、川野光子、鈴木理、「動物臓器から抽出した水溶性画分、その製造方法、逆転写反応阻害剤、逆転写酵素阻害剤、ウイルス増殖阻害剤及び医薬組成物」）ことから、気象観測データと黄砂飛来観測データにアレルギーおよびウイルス感染に関する情報を融合させるという本申請研究を着想するに至った。

黄砂表面付着物質からのアレルゲンおよびウイルスの同定に関わる研究は、国内外を問わず未だ行われておらず、まさに新規の試みである。

2. 研究の目的

黄砂の発生は2000～2002年に急増し、2006年4月にも中国で大量の黄砂が発生した。

黄砂は中国から韓国・日本を経て、遠く米国にも飛来している。

口蹄疫や豚コレラは中国からの黄砂や大気汚染物質等に付着して飛来することが推測されている。

本課題では、中国と日本国内で、この病原菌やウイルスをDNA・RNA鑑定によって同定・解明しようとするものである。

また、黄砂はアレルギー源および環境汚染物質を同時に輸送する可能性が高い。

黄砂の影響によって皮膚のただれ、鼻水、鼻つまり、目の痒みなどの症状が考えられ、黄砂自身がアレルギー源として働く可能性があり、黄砂のアレルギー・環境汚染物質として地域別・経年別変化の生物影響評価を行

う。

土壌、黄砂、大気汚染等に付着する微生物・ウイルスを培養することなく、DNA・RNA鑑定によって評価する手法がバイオ技術関係で、開発されているので、この方法を用いて微生物やウイルスの同定および、その伝達経路などを解明する準備を実施する。

3. 研究の方法

研究代表者（琉球大・筑波大：真木）は研究推進、現地調査、気象観測・解析までの全般について担当し、総括を行う。また、中国の現地気象観測が可能なように推進する。

研究分担者（農環研：杜）と研究分担者（九州大：脇水）研究チームは気象データ観測・収集を行うとともに、気象データを解析して黄砂時の気象特性を把握する。また、研究分担者（農環研：杜）は、中国内で気象観測・サンプル採集を行うとともに、中国との渉外の任務を担当する。さらに、研究分担者（農環研：杜）は、中国国内では黄砂および家畜の病気発生地域での情報を得るとともに、病原菌付着黄砂を収集して現地で解析・処理する方法を検討する。

日本国内では、研究代表者（琉球大・筑波大：真木）および研究分担者（農環研：杜、九州大：脇水）研究チームでは福岡市、沖縄県西原町、つくば市等で病原菌付着の可能性のある黄砂をサンプリングする。それらのサンプルは研究分担者（筑波大：安部・磯田・森尾・山田・川野）研究チームと研究分担者（国際農研：八田）研究チームに引き渡して物理・化学・生物的に分析・解析・同定を行う。

また、研究分担者（筑波大：磯田・森尾・山田・川野）研究チームはアレルゲン物質の解析から黄砂が空気中の花粉・スギアレルゲンや生活環境アレルゲン（真菌、低分子化学物質等）を運搬している可能性が高いため、日本の異なる地域から採集した黄砂サンプルについて、アレルゲン物質の有無、種類、発生源、運搬経路等を検討する。さらには、①遺伝子発現解析として黄砂サンプルからの全RNAの回収、②全RNAの逆転写反応、ライブラリーの構築、③黄砂サンプル内含有が予想される微生物、ウイルス等のプライマー配列選択等が実施できる準備を行う。

なお、研究代表者（筑波大：真木）と研究分担者（筑波大：森尾）はモンゴルから黄砂を持ち帰り、そして研究分担者（農環研：杜）は中国から黄砂を持ち帰り、物理・化学的解析を行うとともに、口蹄疫の病原菌の有無をDNA鑑定によって評価・解明する。

以上、黄砂付着病原菌、アレルゲン、鉱物質を同定する準備・解明を行うとともに、可能であれば中国・モンゴルの口蹄疫発生地域と日本での口蹄疫の発生源地域および、その

輸送経路との関連性の評価・同定の可能性を探る。

4. 研究成果

2007年度（1年目）：①中国では沙漠化が進み、黄砂が多く発生し植林等の防止対策は十分ではない状況が解明された中で、黄砂と口蹄疫ウイルスの関連性を解明する目的で遺伝子検出法を検討した結果、3つのプライマーセットを用いると口蹄疫ウイルスの検出・タイプ鑑定が可能となった。②細菌やウイルスが付着した黄砂粒子の鉱物組成や表面状況を把握する目的で敦煌の砂を解析した結果、1)細粒試料にはCaOが多く、粘土画分には相対的にAl₂O₃、Fe₂O₃、MgO、K₂Oと炭酸塩鉱物が多く、微粒石膏も含まれる。2)バルク試料には石英、アルマイト、カルサイト、ドロマイトよりなり、炭酸塩鉱物は含まない。3)粘土鉱物は雲母、クロライトを主とし、バーミキュライト、カオリナイト、スメクタイトを含み、粗粒の一次鉱物に粘土鉱物の付着と有機態Nの付着が確認された。

2008年度（2年目）：①中国・内蒙古奈曼の半固定砂丘域の新開墾農地でのダスト舞い上がり量とつくばでの黄砂採集量には高い相関があった。②2008年3月3～4日の黄砂中の鉱物種を同定と構成元素と最表面の元素解によると黄砂の構成鉱物は種々の塩類等、二次生成物が主であり、また含水鉱物は硫酸塩であり、重金属元素も微量含まれる。③黄砂粒子のバルク組成と最表面組成とは全く異なり、試料最表面にはCとOとNとが相対的に多く存在し、特に最表面にはNが偏在し複数の化学状態であった。④2008年3～5月沖縄、福岡、つくば採取の黄砂について、全RNAを抽出し、口蹄疫ウイルスのDNA断片プライマーを用いたリアルタイムPCR解析法で、黄砂付着口蹄疫ウイルスDNAの検出を試みた結果、H₂Oでは見られなかった特異的なDNAの増幅が検出され、3地点黄砂サンプルに口蹄疫ウイルス付着の可能性が示唆された。⑤黄砂とアレルギー症状の関連では、黄砂付着土壌カビ菌糸体を構成するβグルカンやグラム陰性菌内毒素等のアレルゲン物質、空気汚染化学物質硝酸・硫酸イオン、花粉アレルゲン物質の影響が推測される。

2009年度（3年目）：①中国・敦煌と内蒙古奈曼の半固定砂丘域の新開墾農地でのダスト舞い上がり量とダスト濃度の差異には人間活動（農業）の影響が大きかった。②2008年3月3～4日の黄砂中の鉱物種を同定と構成元素と最表面に存在する元素の特性評価より、黄砂の構成鉱物は種々の塩類、二次生成物が主であり、含水鉱物は硫酸塩で重金属元素も微量含まれる。③黄砂粒子のバルク組成と黄砂最表面組成とは大きく異なり、試料最表面にはCとOとNとが相対的に多く存在

し、最表面には人為活動である N が偏在し、複数の化学状態を確認した。④2008 年 3~5 月沖繩、福岡、つくば採取の黄砂について、全 RNA を抽出し、口蹄疫ウイルスの DNA 断片プライマーを用いたリアルタイム PCR 解析法で、黄砂付着口蹄疫ウイルス DNA の検出を試みた結果、H₂O では見られなかった特異的な DNA の増幅が検出され、日本各地から採取した黄砂サンプルに口蹄疫ウイルス付着の可能性を確認した。⑤2009 年の黄砂発生期の浮遊物質にアレルギー原因物質アレルゲン研究で、アレルギーモデル細胞を用いて採集浮遊物質抽出液の化学伝達物質 β -ヘキサミンダーゼの遊離に与える影響から黄砂アレルゲン物質の特性が解明された。

2010 年度 (4 年目) : ①日本に飛来した多くの黄砂試料の鉱物・化学組成、表面特性等を分析した。従来、明確に同定されていなかった窒素は、アンモニウム硫酸塩鉱物として同定された。黄砂の供給源地域は乾燥条件下であるが、黄砂には常に多くの二次鉱物が含まれており、水溶性鉱物も存在することから、上空における水の関与や再結晶作用が示唆される。解析から黄砂構成物質は低温~常温で pH<9、高い水の活量条件で生成し、飛来するものと考えられる。②2009 年~2010 年黄砂発生時に日本上空から採集した浮遊物質からアレルゲン物質の検出を試みた。I 型アレルギーモデル細胞であるラット好塩基球 (RBL-2H3) 細胞を用いて、採集浮遊物質抽出液の脱顆粒活性を調べた結果、採取サンプルにアレルゲン物質 LPS、Cry j 1 の含有が確認され、化学伝達物質 β -hexosaminidase の遊離とサイトカイン TNF- α の分泌を促すことが判明した。さらに、それぞれの水抽出液に細胞毒性が認められた。③宮崎県での 2010 年 3 月 26 日における水牛口蹄疫の初発生は、中国甘粛省の 3 月 14 日発生豚口蹄疫からの 3 月 16 日と 3 月 21 日の黄砂飛来病原菌による伝播であると推測された。宮崎県内での口蹄疫発生以降は、主として地上風による伝染蔓延である。④中国の敦煌と奈曼の新開墾地のダスト量と濃度には人間活動による影響が大きく、砂丘、ゴビ、農地、新开墾地の順に多かった。また、筑波での黄砂量との関連性が認められた。⑤2010 年の日本の黄砂日数は観測史上 4 位、黄砂延べ日数は史上 2 位であった。福岡での黄砂は 3 月 21 日と 5 月 20 日が非常に多く、月別では 5、12 月が平年の 3 倍であった。福岡では黄砂飛来日には、ほとんどの場合、高度 500~2000m で気温逆転層と西風が観測されていた。⑥中国・モンゴルから正式に持ち帰った黄砂に関して、口蹄疫病原菌については、引き続き解析中である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 31 件)

- 1) 真木太一, 黄砂の特性と農水畜産業への影響, 環境安全, 128, 2011, 3~7, 有
- 2) 磯田博子・山田パリーダ・森尾貴広: 黄砂によって輸送される病原性物質, 学術の動向, 16 (2), 2011, 60-64, 無
- 3) 真木太一・八田珠郎・杜 明遠・脇水健次, 宮崎での口蹄疫発生に及ぼす黄砂および風による蔓延の影響, 学術の動向, 2011(2), 2011, 65~70, 無
- 4) 山田パリーダ・磯田博子・安部征雄, 黄砂発生における微生物及びアレルゲン物質の輸送, 沙漠研究, 19, 2010, 515~524, 有
- 5) 山田パリーダ・森尾貴広・磯田博子: 黄砂によって輸送される病原性物質 -アレルゲンと口蹄疫ウイルス, 畜産の研究 64 (12), 2010, 1157-1162, 無
- 6) 真木太一・青木正敏・磯田博子・大政謙次・鈴木義則・早川誠而・宮崎毅・山形俊男, 黄砂・越境大気汚染物質の地球規模循環の解明とその影響対策, 日本学術会議農学委員会風送大気物質問題分科会報告, 1-30, 2010, 有
- 7) Taichi Maki, The Relation between Non-irrigated Planting at Sandy Land and Micrometeorological Alleviation in Ningxia, China. XVIIth World Congress of CIGR, CSBE100362, 2010, 1-8, 有
- 8) Minyuan Du, Tomoki Ushiyama and Taichi Maki, 2010: Observations and numerical simulations of windbreak effects on surface temperature. Latest Trends on Theoretical and Applied Mechanics, WSEAS Press, 2010, 48-52, 有
- 9) DU M., Hongwu CHEN, Jiaqiang LEI, Xinwen XU, Shengyu LI, Qing HE, Changes in atmospheric environmental conditions following the greening (tree planting) in the central part of the Taklimakan Desert. J. of Ecotechnology Research, 16(1), 19-22, 2010, 有
- 10) 真木太一・青木正敏・磯田博子, 黄砂の地球規模循環の解明とその影響対策, 沙漠研究, 20(1), 2010, 1~13, 有
- 11) 真木太一, 宮崎の家畜口蹄疫の発生とその原因の究明について, 畜産の研究, 64(7), 2010, 709~712, 無
- 12) 真木太一・青木正敏・磯田博子, 黄砂・大気汚染物質の長距離輸送による日本への影響と対策, 農業および園芸, 85(10), 2010, 977~982, 無
- 13) 真木太一・八田珠郎・杜 明遠・脇水健次, 宮崎での口蹄疫発生に及ぼす黄砂と風による蔓延への影響, 小特集:「口蹄疫発生の検証およびその行方と対策」, 畜産の研究,

- 64(12), 2010, 1163~117, 無
- 14) Fang SHI, Parida YAMADA, Junkyu HAN, Yukuo ABE, Tamao HATTA, Mingyuan DU, Taichi MAKI, Kenji WAKIMIZU, Hisashi YOSHIKOSHI, Hiroko ISODA, Detection of Foot and Mouth Disease Virus in Yellow Sands Collected in Japan by Real Time PCR Analysis, J. of Arid Land Studies, 19, 483-490, 2009, 有
- 15) DU M., Hongwu CHEN, Jiaqiang LEI, Xinwen XU, Shengyu LI, Qing HE, Observation of Effects of Tree Planting on Local Climate in the Central Part of the Taklimakan Desert, China, J. of Arid Land Studies, 19, 49-52, 2009, 有
- 16) DU M., Seiichiro YONEMURA, Hiroyuki DEN, Zhibao SHEN, Yanbo SHEN, Relationship between the Climate Change and Dust Storm Occurrence in China, 19, 149-152, 2009, 有 (以下省略)

[学会発表] (計54件)

- 1) 真木太一・磯田博子・森尾貴広・山田パリーダ・杜明遠・八田珠郎・脇水健次, 宮崎県で発生・蔓延した口蹄疫に及ぼす黄砂と風, 日本農業気象学会2011年全国大会, 2011年3月17日, 鹿児島大
- 2) 真木太一, 宮崎県で発生・蔓延した口蹄疫に及ぼす黄砂および風について, シンポジウム「宮崎県の口蹄疫発生から」, 2010年11月19日, 札幌共済ビル
- 3) 八田珠郎・根本清子・真木太一・磯田博子・山田パリーダ・脇水健次・杜明遠・篠原也寸志・越後拓也, 黄砂の鉱物特性, 日本粘土学会年会粘土科学討論会, 2010年9月8日, 名古屋大学, 名古屋大
- 4) 真木太一・八田珠郎・杜明遠・脇水健次, 黄砂の長距離輸送と宮崎県内での口蹄疫発生の気象的特性, 公開シンポジウム「口蹄疫発生の検証およびその行方と対策」, 日本学術会議風送大気物質問題分科会・日本沙漠学会, 2010年8月25日, 東大
- 5) 真木太一, 中国寧夏回族自治区銀川・靈武における沙漠・オアシスの地表面差による微気象変化, 日本沙漠学会21回学術大会, 2010年5月30日, 東京いであGEカレッジホール
- 6) 山田パリーダ・施芳・韓峻奎・安部征雄・八田珠郎・杜明遠・真木太一・吉越恆・脇水健次・磯田博子, リアルタイムPCR黄砂付着口蹄疫ウイルスの検出, 日本沙漠学会第20回大会, 2009年5月24日, エスカート生涯学習センター(牛久市)
- 7) Mingyuan DU, Seiichiro YONEMURA, Zhibao SHEN, Wanfu WANG, Yutaka YAMADA and Taichi MAKI, Observations of sand saltation and its relationship to dust flux at Dunhuang, China, International workshop on mineral

aerosol and its impacts on climate and environment, 2009年8月17日, Lanzhou, China
(以下省略)

[図書] (計15件)

- 1) 真木太一, 黄砂—地球規模の輸送—, 平成23年第84冊『理科年表』, 東京天文台編, 丸善株式会社, 環101, 2010, 1015
- 2) 杜明遠, 正文社, 新疆における砂塵嵐と日本の黄砂への影響, 2009, 55-68
- 3) 真木太一, 丸善, 風と防風, 沙漠の事典, 2009, 28
- 4) 真木太一, 丸善, 防砂, 沙漠の事典, 2009, 29
- 5) 真木太一, 丸善, 塵旋風(砂嵐)と竜巻, 沙漠の事典, 2009, 34
- 6) 山田パリーダ, 丸善, 越境汚染—黄砂, 沙漠の事典, 2009, 162
- 7) 杜明遠, 丸善, 沙漠の土—風食, 沙漠の事典, 2009, 208
- 8) 八田珠郎, 技報堂, 赤外分光分析による判定法、粘土ハンドブック3版, 2009, 386~394 (以下省略)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 細胞及び評価方法

発明者: 磯田博子・森尾貴広・ハン・ジュンギユ、船水尚行

権利者: 磯田博子・森尾貴広・ハン・ジュンギユ、船水尚行

種類: 特願

番号: 2009-242760

出願年月日: 2009年10月21日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

真木太一, 筑波大学北アフリカ研究センターHP

, <http://www.arena.tsukuba.ac.jp/center/maki.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

真木 太一 (MAKI TAICHI)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・客員教授

研究者番号: 80314970

(2) 研究分担者

脇水 健次 (WAKIMIZU KENJI)

九州大学・大学院農学研究院・助教

研究者番号: 00240903

磯田 博子 (ISODA HIROKO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・教授

研究者番号：00375429

杜 明遠 (TO MEIEN)

(独)農業環境技術研究所・主任研究員

研究者番号：80354083

八田 珠郎 (HATTA TAMAO)

(独)国際農林水産業研究センター・主任研究員

研究者番号：60164860

(H19～21)

安部 征雄 (ABE YUKUO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・教授

研究者番号：70015808

(H19～21)

山田 パリーダ (YAMADA PARIDA)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・産学官連携研究員

研究者番号：00422204

(H19～19)

川野 光子 (KAWANO MITSUKO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・産学官連携研究員

研究者番号：90422203

(H19～20)

吉越 恆 (YOSHIKOSHI HISASHI)

山口大学・農学部・研究員

研究者番号：10372757

(H21～22)

森尾 貴広 (MORIO TAKAHIRO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：10292509