

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：13301
 研究種目：新学術領域研究
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21200031
 研究課題名（和文） 黄砂の触媒機能により生成する多環芳香族炭化水素誘導体の環境動態と健康影響
 研究課題名（英文） Atmospheric behavior and health effect of polycyclic aromatic compounds formed via reactions on Asian dust surface
 研究代表者
 亀田 貴之（KAMEDA TAKAYUKI）
 金沢大学・薬学系・助教
 研究者番号：50398426

研究成果の概要（和文）：本研究は、黄砂表面における多環芳香族炭化水素（PAH）誘導体の二次生成反応について模擬大気実験系を用いた実験を行い、黄砂表面が関与する大気内 PAH 誘導体生成反応過程を明らかにするとともに、実大気観測によって、長距離輸送中の黄砂表面における有害 PAH 誘導体生成を検証し、更にそれらによる生体影響の実態解明を試みた。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to elucidate atmospheric formation of toxic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) derivatives on the surface of Asian dust particles transported from the Asian Continent to Japan and to evaluate adverse health effects induced by the compounds. We performed chemical reaction experiments of PAHs on the Asian dust particle surface using a reaction-chamber, and investigated the formation of substituted PAHs on the particles.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
2010 年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2011 年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
年度			
年度			
総計	23,600,000	7,080,000	30,680,000

研究分野：大気環境科学

科研費の分科・細目：環境学，環境系薬学・放射線・化学物質影響科学，環境動態学

キーワード：黄砂，PAH，越境大気汚染，健康影響

1. 研究開始当初の背景

近年中国においては、多環芳香族炭化水素（PAH）など燃焼起源有機化合物の大気中濃度が日本の数十～数百倍に達すること、これら PAH が SO₂ 等と同様に日本海を越えて日本に長距離輸送されていることが明らかとなっている。一方、同じく中国を発生源とする黄砂の発生頻度も近年増加の一途を辿っている。黄砂が人間の生活に及ぼす影響は、視程悪化に伴う交通機関の運行障害、農作物の生育不良等のほか、呼吸器・循環器系疾患

やアレルギー性疾患に対する増悪作用など、健康への被害が発生することも報告されているが、その原因物質は明らかになっていない。黄砂は SO₂、NO₂ などの酸性ガスを容易に吸着するだけでなく、鉱物としての特異な表面性状を有するため、高活性の反応場となることが報告されている。従って、中国で大量に発生した PAH が高濃度の窒素酸化物やオゾン等とともに日本へ飛来するとすれば、黄砂表面におけるこれらの反応により、より変異・がん原性の高いニトロ化多環芳香族炭

化水素 (NPAH) や呼吸器・循環器系疾患やアレルギー性疾患をもたらす PAH キノン体などの含酸素 PAH を生成している恐れがある。しかしながら、黄砂表面を反応場とした有害有機化合物の二次生成を実証した研究例はなく、また黄砂による種々の健康被害がこれら二次生成有機物によってもたらされている可能性を明確に指摘した例はない。

2. 研究の目的

本研究は、黄砂表面における PAH 誘導体の二次生成反応、とりわけ発がん性を有する NPAH や、呼吸器・循環器系疾患やアレルギー疾患増悪作用を有する PAH キノン、内分泌かく乱作用を有する水酸化 PAH 等の非意図的生成に関わる反応について模擬大気実験系を用いた実験を行い、黄砂表面が関与する大気内 PAH 誘導体生成反応過程を明らかにするとともに、実大気観測ならびにバイオアッセイによる生体影響評価によって、長距離輸送中の黄砂表面における有害 PAH 誘導体生成、及び発がんや呼吸器系・循環器系・アレルギー性疾患、内分泌かく乱作用に関わる生体影響の実態を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 実大気中黄砂粒子の捕集・分析による黄砂表面反応の検証

①大気粒子中の PAH キノン分析・動態解析

石川県輪島市および中国北京市において、ハイボリュームエアサンプラーを用いて大気粒子の捕集を行った。なお比較検討のために、本研究実施年度以前に捕集された大気粒子サンプルおよび大阪で捕集された大気粒子サンプルも分析し、解析に用いた。捕集した粒子サンプルは溶媒抽出の後、HPLC による benz[a]anthracene-7,12-quinone (BAQ) の分析に供した。

②大気粒子中の NPAH 分析・動態解析

黄砂は自然起源の粗大粒子で、日本に飛来するものは 3-4 μm に、北京ではより粗大側に粒径分布のピークがあると言われている。そこで、石川県輪島市および中国北京市において、アンダーセンハイボリュームエアサンプラーを用いて大気粒子の分級捕集 (5 段分級 ; <1.1 μm , 1.1~2.0 μm , 2.0~3.3 μm , 3.3~7.0 μm , >7.0 μm) を行い、黄砂のより多く含まれる粗大粒子フラクションを中心に NPAH の分析・解析を行った。

(2) 黄砂表面における PAH 誘導体の生成反応実験 (模擬大気系反応実験)

①粒子表面における BAQ の生成反応実験

黄砂粒子表面における BAQ の二次生成を検証するために、主要な大気内生成過程と推測される光反応、およびオゾンとの反応による benz[a]anthracene (BaA) の酸化反応実験を

模擬大気チャンバー内で行い、黄砂表面上における BAQ の生成速度や生成収率を、他の粒子表面における反応の結果と比較した。光反応には光源としてブラックライトランプを、オゾンはオゾン発生器を用いて 3 ppmv の濃度で発生させ、実験に用いた。参照粒子として、ディーゼル排気粒子 (DEP)、石炭燃焼排気粒子 (CEP) 等に多く含まれるすすのモデルとしてグラファイト粒子、そして表面が不活性なテフロン粒子を用いた。

②粒子表面における Pyrene (Py) のニトロ化反応実験

黄砂粒子表面における Py のニトロ化を検証するために NO₂ との反応実験を行った。参照粒子として、BaA の場合と同様グラファイト粒子、テフロン粒子に加え、黄砂の主成分と推定されるシリカ粒子や粘土鉱物などの標準粒子を用いた。また代表的な土壌標準粒子として、アリゾナテストダスト (Powder Technology Inc. 製、以下アリゾナ土壌) も用いた。上記 BaA の場合と同様に Py を粒子表面に塗布し、模擬大気チャンバー内・暗所にて NO₂ との反応を行った。NO₂ (3 ppmv, 空気バランス) はパーミエーターを用いて発生させ、粒子上の Py へ 0~12 時間連続的に曝露させた。また、ニトロ化に対する粒子表面酸性の寄与を明らかにする目的で、表面をアンモニアで処理し酸性を抑制した粒子を用い、上記同様に Py と NO₂ との反応実験を行った。

(3) 反応生成物および黄砂粒子の毒性評価
①粒子表面における BaA への照射およびオゾン反応生成物の内分泌かく乱活性

酵母 two-hybrid アッセイ法により、反応生成物のエストロゲン様/アンドロゲン様活性を評価した。反応実験試料の調製および BaA への照射/オゾン反応は、上記 (2)-①の方法に従った。

②黄砂粒子表面における Py と NO₂ との反応生成物の変異原活性

ネズミチフス菌 *Salmonella typhimurium* TA98 を使用して、黄砂粒子表面における Py と NO₂ との反応生成物の突然変異誘発能を、Ames 試験 (プレインキュベーション法) により評価した。試料の調製は、(2)-②に示した方法に準じた。

③実大気粒子のアレルギー誘導活性

PMA 処理 THP-1 細胞を用い、検体の細胞内 cAMP 誘導活性を定量した。実大気粒子の捕集および抽出等の前処理は、(1)に示した方法に準じた。

④実大気粒子の変異原活性

Salmonella typhimurium MN2009 による Umu 試験を、NPAH の二次生成が顕著であった粗大粒子抽出物に対して行った。実大気粒子の捕集および抽出等の前処理は、(1)に示した方法に準じた。また、陽性対照物質として、

代謝活性化しない場合には 2-(2-furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)acrylamide (AF-2), 代謝活性化する場合には 2-aminoanthracene (2-AA) を用いた。

4. 研究成果

(1) 実大気中黄砂粒子の捕集・分析による黄砂表面反応の検証

①大気粒子中の PAH キノン分析・動態解析

実大気粒子中 BAQ 濃度を測定した結果、冬季における北京の平均 BAQ 濃度 (101 pmol/m³) は大阪の住宅地の平均 BAQ 濃度 (2.8 pmol/m³) の 35 倍、輪島の平均 BAQ 濃度 (0.53 pmol/m³) の 200 倍高いことが分かった。また BAQ の発生源を推定するため、BAQ と代表的な一次生成 PAH 類および二次生成 NPAH 間の濃度の相関を調べたところ、冬は一次生成、夏は二次生成の寄与が高いことを示唆する結果を得た。化学的に安定で気相への分配がほとんどない benzo[k]fluoranthene (BkF) との濃度比 (BAQ/BkF 比) を算出し、季節ごとに比較したところ (Fig. 1), 光分解の影響を受け、いずれの地点においても夏の方が BAQ/BkF 比が低くなることが分かった。また、北京の春季において、大規模な黄砂が確認された期間とそうでない期間における BAQ/BkF 比を比較すると、同じ春季でも黄砂期間に有意に BAQ/BkF 比が高くなった (p<0.01)。この結果は、黄砂粒子上で BAQ が二次生成していた可能性を示唆している。

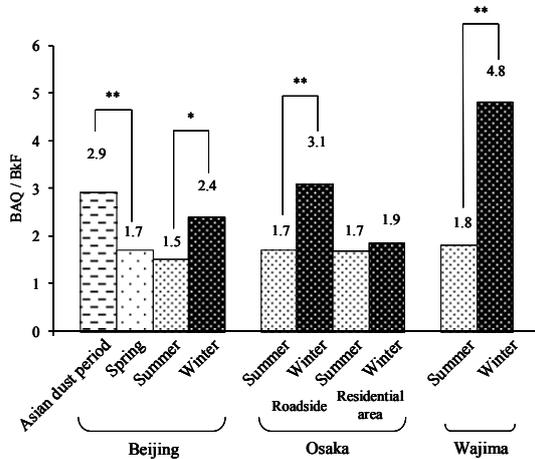


Fig. 1 Comparison of BAQ/BkF ratio among the different sampling period in each sampling site. * p<0.05, ** p<0.01

②大気粒子中の NPAH 分析・動態解析

観測結果と飛来黄砂濃度との関連を検討した結果、大規模な黄砂飛来時に両観測地点で Py のニトロ化体である 1-nitropyrene (1-NP) および 1,8-dinitropyrene (1,8-DNP) 濃度が著しく増加していることがわかった。ここで、これらニトロピレン類の燃焼発生源からの直接排出の影響を打ち消すため、一次生成 PAH である BkF との比を追跡することで、ニトロピレン類の二次生成を評価した。

北京および輪島における飛来黄砂濃度と大気粒子中[1-NP]/[BkF]比の日変化を、Fig. 2 および Fig. 3 にそれぞれ示す。ここで黄砂濃度とは、環境省ライダー黄砂観測データ提供ページより得た観測値 (1 時間値) の 24 時間分を平均して求めた値を指す。

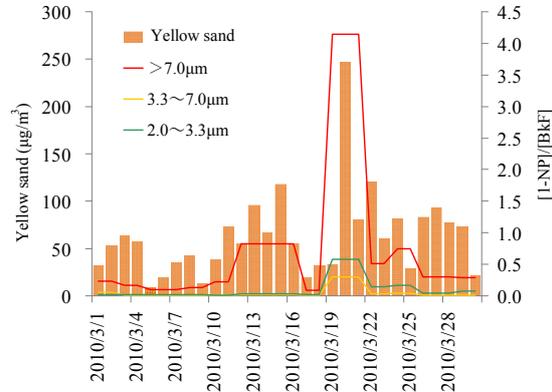


Fig. 2. Daily variations in concentration of Yellow sand and concentration ratio of 1-NP to BkF in ambient airborne particles collected at Beijing.

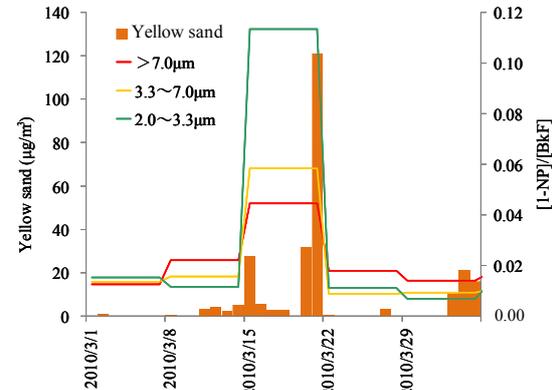


Fig. 3. Daily variations in concentration of Yellow sand and concentration ratio of 1-NP to BkF in ambient airborne particles collected at Wajima.

北京では、黄砂が観測された期間に粒径 >7.0 µm の粒子中で [1-NP]/[BkF] 比が上昇する傾向が認められ、とくに 3 月 20 日の大規模黄砂飛来時を含む期間 (3 月 19 - 22 日) には、春の平均値 (0.50) の約 8 倍 (4.1) と、著しい比の増加が観測された。また同様に、黄砂観測期間には粒径 >7.0 µm の粒子中で [1,8-DNP]/[BkF] 比の上昇傾向も認められ、3 月 19 - 22 日の期間にはこの比が春の平均値 (0.0014) の約 5 倍 (0.0064) に増加していた。これらの結果は、実大気中の黄砂表面において、1-NP、1,8-DNP が二次生成していたことを示唆している。

輪島では、黄砂が観測された 3 月 21 日を含む期間 (3 月 15 - 22 日) に、粒径 >7.0 µm の粒子中における [1-NP]/[BkF] 比は 0.044 となり、春の平均値 (0.016) の約 3 倍の値を示した。一方、粒径 2.0 - 3.3 µm および 3.3 - 7.0 µm のフラクションにおける [1-NP]/[BkF] 比は、春の平均値 (0.012 および 0.015) のそれぞれ約

5 倍 (0.058) および 7 倍 (0.11) へと大きく増加しており、比の増加が最も顕著に認められたフラクションが、北京の場合と比較してやや微小粒子側にシフトしていることがわかる。この結果は、日本に飛来する黄砂の粒径分布のピークが北京で観測される値よりも小さく、3–4 μm であることと符合する。

[1,8-DNP]/[BkF]比についても同様に、3 月 15–22 日の期間に、2.0–3.3 μm および 3.3–7.0 μm のフラクションにおいて、春の平均値 (0.0011 および 0.00077) のそれぞれ約 3 倍 (0.0034) および約 8 倍 (0.0062) と、顕著な増加が観測された。これらの結果は、輪島に飛来する黄砂の表面でも、1-NP および 1,8-DNP が二次生成していた可能性を示している。

(2) 黄砂表面における PAH 誘導体の生成反応実験 (模擬大気系反応実験)

① 粒子表面における BAQ の生成反応実験

BaA を塗布した黄砂粒子、グラファイト粒子、およびテフロン粒子に対してそれぞれ光照射を行い、BAQ の生成および BaA の減衰の経時変化を調べた。黄砂およびテフロン上においては BAQ 生成が確認されたが、グラファイト上においては全く BAQ の生成はみられなかった。このことから、燃焼粉じん上よりも、黄砂のような鉱物粒子上では、BaA の光酸化反応により BAQ が二次生成する可能性が相対的に高いということが示唆された。

一方オゾンとの反応では、光照射反応においては生成の見られなかったグラファイト上においても BAQ の生成が確認された。BAQ 生成速度を解析したところ、その序列は黄砂粒子上>テフロン粒子上>グラファイト粒子上となり、黄砂粒子上における生成速度が最も速いことが明らかとなった。日本国内では一般に春季にオゾン濃度が高くなることが知られており、その一部は中国大陸由来であるとも言われている。これらの事実と本実験の結果は、北京において大規模な黄砂が確認される時期には黄砂上で BAQ が二次生成され、大気中濃度に影響を与える可能性を強く支持するものである。

② 粒子表面における Py のニトロ化反応実験

Fig. 4 に、黄砂粒子上での Py と NO_2 との反応に伴う Py の減衰と、ニトロピレンの生成量の経時変化を示す。黄砂粒子上では反応の進行は著しく、強変異原性を有する DNP も生成することが判明した。同様の検証を種々の参照粒子上で行った結果、黄砂粒子同様 Py から 1-NP および DNP をすみやかに生成するものと、反応の進行が緩慢なものに大別された。

Fig. 5 に、実験に用いた粒子上における Py と NO_2 との反応による、1-NP の生成速度を比較した。モンモリロナイト、カオリナイト、

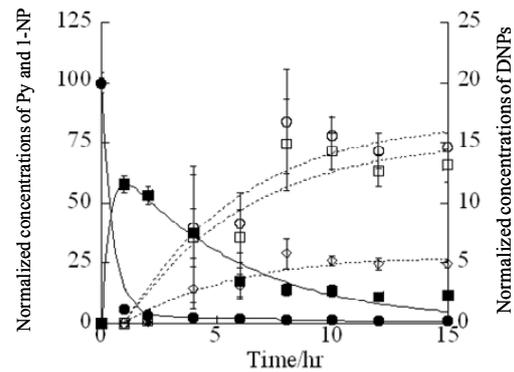


Fig. 4. Normalized concentrations of Py, 1-NP, and DNP vs time of reaction of Py with NO_2 on Yellow sand. (●Py, ■1-NP, ◇1,3-DNP, ○1,6-DNP, □1,8-DNP)

セリサイトなどの粘土鉱物粒子上の反応で、黄砂粒子上と同様の速い生成速度が得られた。このことから、黄砂上における PAH ニトロ化の促進には、黄砂に含まれる粘土鉱物が寄与している可能性が高いと考えられる。

粘土鉱物に特徴的な性質として、その表面が酸性を示すことがあげられる。そこで、実験に用いた黄砂粒子およびアリゾナ土壌の表面酸性度を、 NH_3 -TPD 法により測定した。その結果、 NH_3 脱離ピーク温度および NH_3 脱離量は、黄砂粒子で 674°C および $400 \mu\text{mol/g}$ 、アリゾナ土壌で 625°C および $58 \mu\text{mol/g}$ となり、黄砂粒子表面がより高い酸性度および酸量を有していたことが分かった。この結果は、得られた 1-NP 生成速度の大小関係 (Fig. 5) と対応していた。

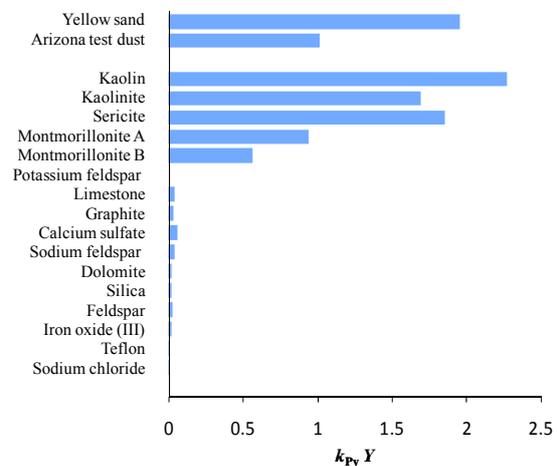


Fig. 5. Relative formation rate of 1-NP on the particles obtained based on the pseudo-first order rate constants of the reaction of Py with NO_2 (k_{py}) and the yield of 1-NP (Y).

また、これら粒子表面の酸点を塩基で処理し、表面酸性を抑制した粒子上において Py と NO_2 との反応を行い、ニトロ化の速さがどのように変化するか調べたところ、アリゾナ土壌上では 1-NP の生成速度は約 1/6 に低下した。また、DNP の生成は確認されなかった。同様に黄砂粒子上でも、1-NP の生成速度は約 1/4 に低下し、DNP の生成量も減少した。以

上の結果は、PAH ニトロ化の促進に粒子の表面酸性が寄与しているという仮説を支持するものである。

(3) 反応生成物および黄砂粒子の毒性評価
①粒子表面における BaA への照射およびオゾン反応生成物の内分泌かく乱活性

各粒子表面における反応生成物によるエストロゲン様/アンドロゲン様作用試験の結果、いずれの粒子上における反応生成物も、エストロゲン様/アンドロゲン様作用は示さなかった。

②黄砂粒子表面における Py と NO₂ との反応生成物の変異原活性

各反応時間後に得られた試料溶液を被験物質とした時の復帰変異コロニー数はいずれも、用量依存的な増加を示した。反応時間の増加に伴い復帰変異コロニー数も増大し、反応時間 12 時間において復帰変異コロニー数は約 4000 rev/plate に達した。この変異原活性の増加は生成物中の DNP 濃度の増加とよく対応しており、反応実験生成物の変異原活性に対する寄与は、強変異原物質である DNP によるものが大きいと考えられる。

③実大気粒子のアレルギー誘導活性

空気量あたりのアレルギー誘導活性は、輪島に比べて北京で高く、とりわけ北京のサンプルでは粒径の小さなフラクション (<1.1 μm) で高い活性値が得られる傾向が確認された。また北京のサンプルでは、大規模な黄砂現象が観測された 2010 年 3 月とその他の季節 (夏および冬) のサンプルとの間で、活性に有意な差は認められなかった。

一方輪島においては、2010 年 3 月のサンプルが夏および冬のサンプルに比べ高いアレルギー誘導活性を示した。しかしながら、同じ 3 月の中では黄砂飛来と活性値の間に明確な関連が認められないことや、活性の粒径依存性が認められないことなどから、輪島におけるアレルギー誘導活性の季節性は黄砂以外の要因によってもたらされたものと推察される。

④実大気粒子の変異原活性

北京における粗大粒子 (>7.0 μm) の間接変異原性 (2-AA 濃度換算値) は冬に高く (88 ± 28 pg/m³)、一方春 (20 ± 26 pg/m³) と夏 (18 ± 11 pg/m³) では顕著な差は認められなかった。代謝活性化を必要とする間接変異原物質の代表的なものとして無置換 PAH が挙げられる。中国都市部では、石炭暖房の影響により冬季の PAH 濃度が非常に高くなることが知られており、冬における北京大気の間接変異原性には、これら石炭燃焼由来の PAH が寄与していることが疑われる。

一方、北京における粗大粒子の直接変異原性 (AF-2 濃度換算値) には冬 (103 ± 17 pg/m³) > 春 (80 ± 38 pg/m³) > 夏 (29 ± 16 pg/m³) と明確な大小関係が認められ、とりわけ大規模

な黄砂の飛来が確認された 2010 年 3 月 19 日～22 日の試料は、全観測期間中で最も高い活性値 (137 pg/m³) を示した。輪島においても同様に、大規模黄砂飛来時を含む期間 (2010 年 3 月 15 日～22 日) に捕集した粗大粒子 (2.0～7.0 μm) の直接変異原性 (7.7 pg/m³) が、他の観測期間 (夏: 1.7 ± 1.5 pg/m³, 冬: 2.4 ± 2.2 pg/m³) と比べ著しく高かった。本研究課題で黄砂表面での二次生成を検証した 1-NP および DNP の実大気粒子変異原性に対する寄与は、5～20%程度であることが報告されている。したがって、黄砂飛来時の高い大気変異原活性は、これらニトロピレン類の二次生成による寄与だけでは説明ができない。本研究で得られた結果は、ニトロピレン類だけでなく、大気の間接変異原性への寄与が大きい多種のニトロ化合物が黄砂上で二次生成し、我々の健康を脅かしている可能性を指摘するものである。

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 21 件)

- ① T. Kameda, A. Akiyama, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, Atmospheric formation of hydroxynitrofluoranthene from photochemical reactions of 2-nitrofluoranthene, *Polycyclic Aromat. Compd.*, in press.(2012) (DOI: 10.1080/10406638.2011.654307, 査読有)
- ② R. Li, T. Kameda, Y. Li, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, J.-M. Lin, Determination of Benzo[*a*]pyrene-7, 10-quinone in Airborne Particulates by Using a Chemiluminescence Reaction of Hydrogen Peroxide and Hydrosulfite, *Anal. Chem.*, **84**, 3215–3221 (2012). (DOI: 10.1021/ac2032063, 査読有)
- ③ R. Li, T. Kameda, Y. Li, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, J.-M. Lin, Hydrogen peroxide-sodium hydrosulfite chemiluminescence system combined with high-performance liquid chromatography for determination of 1-hydroxypyrene in airborne particulates, *Talanta*, **85**, 2711–2714 (2011). (DOI: 10.1016/j.talanta.2011.08.005, 査読有)
- ④ T. Kameda, A. Akiyama, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, Atmospheric formation of hydroxynitropyrenes from a photochemical reaction of particle-associated 1-nitropyrene, *Environ. Sci. Technol.*, **45**, 3325–3332 (2011). (DOI: 10.1021/es1042172, 査読有)
- ⑤ T. Kameda, Atmospheric chemistry of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds, *J. Health Sci.*, **57**, 504–511 (2011). (DOI: 10.1248/jhs.57.504, 査読有)

- ⑥ T. Kameda, A. Akiyama, M. Yoshita, C. Tachikawa, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, Mutagenicities and endocrine-disrupting activities of 1-hydroxy-2-nitropyrene and 1-hydroxy-5-nitropyrene, *J. Health Sci.*, **57**, 372-377 (2011). (DOI: 10.1248/jhs.57.372, 査読有)
- ⑦ T. Kameda, A. Akiyama, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, Determination of particle-associated hydroxynitropyrenes with correction for chemical degradation on a quartz fiber filter during high volume air sampling, *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, **90**, 976-987 (2010). (DOI: 10.1080/03067310903359484, 査読有)
- ⑧ T. Kameda, T. Goto, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, Determination of airborne particle-associated benz[a]anthracene-7,12-quinone using high-performance liquid chromatography with in-line reduction and fluorescence detection, *J. Chromatogr. A*, **1216**, 6758-6761 (2009). (DOI: 10.1016/j.chroma.2009.08.009, 査読有)

[学会発表] (計 27 件)

- ① 亀田 貴之, 安積 愛理, 松木 篤, 唐寧, 福島 杏希, 鳥羽 陽, 早川 和一, 越境輸送中の黄砂粒子表面におけるニトロ化多環芳香族炭化水素の二次生成, 第 52 回大気環境学会年会, 2011.9.14, 長崎大学 (長崎県) .
- ② 亀田 貴之, 安積 愛理, 唐寧, 松木 篤, 福島 杏希, 鳥羽 陽, 早川 和一, 黄砂粒子表面における多環芳香族炭化水素のニトロ化と越境輸送, 第 20 回環境化学討論会, 2011.7.14, 熊本県立大学 (熊本県) .
- ③ 亀田 貴之, 安積 愛理, 松木 篤, 唐寧, 鳥羽 陽, 早川 和一, 越境輸送中の黄砂粒子表面におけるニトロ化多環芳香族炭化水素の二次生成, 日本薬学会第 131 年会, 2011. 3. 28, 静岡県立大学ほか (静岡県) .
- ④ 安積 愛理, 亀田 貴之, 松木 篤, 唐寧, 鳥羽 陽, 早川 和一, 黄砂粒子表面における多環芳香族炭化水素のニトロ化と越境大気汚染の可能性, 第 51 回大気環境学会年会, 2010. 9.8, 大阪大学 (大阪府) .
- ⑤ 亀田 貴之, 後藤 知子, 鳥羽 陽, 唐寧, 早川 和一, 日本および中国における大気粒子中多環芳香族炭化水素キノンの観測: 濃度レベルの把握と発生要因の検討, 第 19 回環境化学討論会, 2010.6.21, 中部大学 (愛知県) .
- ⑥ 亀田 貴之, 秋山 鮎子, 鳥羽 陽, 唐寧, 早川 和一, 光反応により生成する大気粒子中新奇ニトロピレン水酸化体の

同定および定量, 第 50 回大気環境学会年会, 2009. 9.16, 慶應義塾大学 (神奈川県) .

[図書] (計 2 件)

- ① T. Kameda, Y. Nakayama, T. Goto, T. Koyanagi, H. Bandow, K. Fujimori, A. Toriba, N. Tang, K. Hayakawa, Photochemical degradation of selected nitro- and oxy-polycyclic aromatic hydrocarbons on airborne particles under simulated solar UV-irradiation, *Airborne Particulates*, (Ming Cheng and Wen Liu, eds.), p. 291-307, Nova Science Publishers, NY (2009).

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 砂塵飛来有害物質及び微生物除去剤, 砂塵飛来有害物質及び微生物除去セルロース繊維及び繊維構造物
 発明者: 山田 丸, 亀田 貴之, ほか 6 名
 権利者: 金沢大学, ダイワボウホールディングス(株), ダイワボウノイ(株)
 種類: 特許
 番号: 特願 2011-155806
 出願年月日: 平成 23 年 7 月 14 日
 国内外の別: 国内

名称: 芳香族ニトロ化合物の製造方法
 発明者: 亀田 貴之, 松木 篤
 権利者: 金沢大学
 種類: 特許
 番号: 特願 2009-246879
 出願年月日: 平成 21 年 10 月 27 日
 国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

亀田 貴之 (KAMEDA TAKAYUKI)
 金沢大学・薬学系・助教
 研究者番号: 50398426

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

早川 和一 (HAYAKAWA KAZUICHI)
 金沢大学・薬学系・教授
 研究者番号: 40115267

鳥羽 陽 (TORIBA AKIRA)
 金沢大学・薬学系・准教授
 研究者番号: 50313680

唐寧 (TANG NING)
 兵庫医科大学・医学部・助教
 研究者番号: 90372490