

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 28 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23406004

研究課題名(和文) アジア諸地域住民の大気汚染曝露実態と生体影響の国際比較

研究課題名(英文) International comparative research on exposure and biological effects of air pollution for local residents in Asia

研究代表者

鳥羽 陽 (Toriba, Akira)

金沢大学・薬学系・准教授

研究者番号：50313680

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：近年発展著しいアジアの国々では、大気環境が年々悪化し、今後様々な疾患の増加が懸念される。大気汚染物質の曝露量や発生源などの環境要因を解明することは、健康影響のリスク評価に重要である。そこで尿中に排泄される汚染物質由来の生体指標(バイオマーカー)を開発し、大気汚染の特徴の異なるアジア地域の住民を対象に曝露量や発生源について解析してバイオマーカーの有用性を評価した。タイ山間部の農村における被験者集団の多環芳香族炭化水素類への高濃度曝露がバイオマーカーの測定により明確になり、家屋内での調理による木材燃焼煙への曝露が原因であることが判明したことから、確立したバイオマーカーの有用性が証明された。

研究成果の概要(英文)：The rapid development of Asian countries has caused serious air pollution problems, and there are fears of increased risk of various diseases. The elucidation of the environmental factors such as exposure and sources of air pollutants is important for risk assessment of health effects. In this study, we developed biological markers (biomarkers) from pollutants that are excreted in the urine and evaluated the usefulness of the biomarkers by analyzing the exposure amounts and sources with residents of Asian region having different characteristic of air pollution. High-exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons of the subject group in the rural villages of Thailand mountainous areas was clarified by the measurement of the biomarkers. It was caused by exposure to wood burning smoke from cooking inside the houses. In conclusion, the usefulness of the developed biomarkers was demonstrated.

研究分野：生体分析化学

キーワード：バイオマーカー 大気汚染 アジア 有害化学物質 曝露評価 PM2.5 国際研究者交流

1. 研究開始当初の背景

近年、中国や東南アジアにおける自動車の増加や活発な経済活動は、化石燃料の消費を増大させ、各地で大気質の悪化を確実に招いている。昨今の北京の大気汚染はその代表例である。今後、肺がん、心疾患、脳血管疾患、呼吸器疾患の他、若年層での気管支喘息やアトピー性皮膚炎のようなアレルギー疾患の増加も懸念される。ヒト集団に対して大気汚染物質の曝露実態や寄与度の高い燃焼発生源、地域（住居や職業）特性などの環境要因を解明することは、健康影響のリスク評価や大気（居住）環境改善のための政策立案に必須である。そこで多検体処理が容易で疫学調査の指標として最適な、大気汚染評価用の尿バイオマーカーによる新しい大気汚染評価法を提案してきた。尿バイオマーカーは、呼吸を介して曝露された大気汚染物質に由来する成分を尿中から検出し、尿中排泄レベルによって曝露量や燃焼発生源寄与度を評価するものであり、従来の大気観測に加えて実施することでより正確な人体曝露量を反映した健康影響評価を行うことができる。本研究では、大気（室内）環境汚染の程度と特徴の異なるアジア地域住民を対象にした曝露調査を実施し、汚染物質の曝露量と生体影響との関係性やバイオマーカーの有用性を評価することを目的とした。三種類の尿バイオマーカー（発生源マーカー、曝露マーカー、及び影響マーカー）及び大気中の微小粒子状物質（PM_{2.5}）や汚染物質濃度を測定した結果を解析し、曝露量に対する各燃焼発生源の寄与度や生体影響との関係を考察して地域住民の曝露実態や地域特性を明らかにした。

これまでに、発がん性を有する代表的な大気汚染物質である多環芳香族炭化水素(PAH)や活性酸素(ROS)を産生し、酸化ストレスを誘導することでアレルギーや呼吸器疾患、循環器疾患を引き起こすことが懸念される多環芳香族炭化水素キノン誘導体(PAHQ)の曝露評価に利用できる新規曝露バイオマーカーの開発に成功した。予備調査を介して特徴的な木材燃焼に由来する PAH や PAHQ 曝露が懸念されたタイの地域住民に焦点を当てて曝露調査を実施し、バイオマーカーの有用性や曝露実態について評価した。

2. 研究の目的

- (1) タイの都市郊外における一般的な大気汚染の特徴を把握する。
- (2) タイ都市部在住者と農村部在住者について、尿試料を用いた各種バイオマーカーによる曝露量を評価し、バイオマーカーの有用性について評価する。
- (3) 個人サンプラーによる個人の PM_{2.5} 曝露量を評価し、生活環境における大気汚染曝露に関する基礎情報を得る。
- (4) バイオマーカーや PM_{2.5} の評価により高い曝露量が観察された集団について、燃焼発生源について評価・考察する。

3. 研究の方法

(1) タイ都市郊外における大気汚染調査

大気粉じんのサンプリング

2010年にチェンマイ市内のチェンマイ大学建物屋上で捕集した試料を分析と解析に用いた。大気粉じんはハイポリウムエアサンプラーを用い、700 L/minの流速で石英繊維フィルター上に24時間捕集した。捕集は、乾季(2月~4月)、移行期(5月)、雨季(8月、9月)の各月に1週間ずつ実施した。

大気試料の分析

PAH及びニトロ多環芳香族炭化水素(NPAH)の分析について、捕集フィルターをジクロロメタンで抽出して減圧乾固した後、エタノールに溶解して検液とした。PAHは蛍光検出HPLC法、NPAHは化学発光検出HPLC法で定量した。levoglucosan(LG)の分析は、抽出物の一部をトリメチルシリル化し、GC-MSで分析した。

(2) タイ地域住民を対象とする曝露調査

タイ住民に対するサンプリング

被験者は木材を日常的なエネルギー源として使用する群として山間部の農村部在住の村民(村民, n = 131)、自動車排ガスへの高曝露群として都市部在住のタクシー運転手(運転手, n = 128)及び都市部在住の職業曝露のない群としてチェンマイ大学学生(学生, n = 128)の3群に分けて試料を採取した。各被験者から朝の初尿を回収した後、分析時まで冷凍保存し、解凍後、各種バイオマーカーの分析を行った。また、被験者にはアンケート調査を行った。調査を実施するにあたり、金沢大学及びチェンマイ大学の倫理審査委員会の承認を得た。

大気粉じん試料の捕集

各群10人に対して大気粉じん試料を捕集した。捕集は個人サンプラーを24時間携帯してもらい、流量1.5 L/minでフッ素樹脂バインダーガラス繊維フィルター(T60A20)上にPM_{2.5}及びPM_{2.5-10}を分級捕集した。捕集したフィルターを秤量し、単位積算流量あたりの粉じん濃度を算出した。また、各群10人中4人は大気中PM_{2.5}濃度のリアルタイムモニタリングを行った。

尿バイオマーカーの測定

PAHQの1つである9,10-phenanthrene quinone(PQ)の代謝物(PQHG)の分析は、尿試料(50 mL)をOasis MAX plusカートリッジ(Waters)により固相抽出を行い、最終的にメタノール50µLに再溶解してLC-MS/MSにより測定した。イオン化にはESI(-)モードを用い、モニタリングイオンにm/z 385→209を選択し、選択反応モニタリング(SRM)モードで測定した。各尿中バイオマーカーの濃度は、クレアチニンにより補正した。PAH(pyrene)の代謝物である1-OHP-Gの分析は、尿試料(1 mL)をOasis MAX plusカートリッジにより固相抽出を行い、ギ酸含有アセトニトリル/水(70/30, v/v) 500 µLで溶出し、LC-MS/MSによ

り 1-OHP-G を測定した。イオン化には ESI (-) モードを用い、モニタリングイオンに m/z 393 217 を選択し SRM モードで測定した。酸化ストレスの影響マーカーである 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) の測定は、尿試料 (100 μ L) を Oasis HLB カートリッジにより精製・濃縮し、LC-MS/MS により測定した。分離には HILIC カラムを使用し、イオン化には ESI (+) モード、モニタリングイオンに m/z 284 168 を選択した。

大気粉じん試料の分析

個人サンプラーで捕集した PM_{2.5} 試料について、ジクロロメタンで抽出した後、減圧乾固し、アセトニトリル中で TMS 誘導体化して PQ を GC-MS/MS (SRM モード) で測定した。PAH の定量は、減圧乾固してアセトニトリルに溶解した試料について蛍光検出 HPLC を用いて分析した。

4. 研究成果

(1) タイ都市郊外における大気汚染調査

PAH 及び NPAH の測定

調査期間におけるチェンマイ大気中 PAH 及び NPAH 濃度には明確な季節変動が観察され、雨季 (8, 9 月) に比較して乾季 (2 月 > 3 月 > 4 月) に著しく高い濃度が観察された (図 1)。各月の総 NPAH 濃度は、同じ月の PAH 濃度より一桁低かった。PAH の中で特に乾季において benzo[a]pyrene (BaP) 濃度の比率が増加する傾向にあり、山火事によるバイオマス燃焼の寄与の増大が考えられた。1-nitropyrene (1-NP) は一次生成 NPAH の代表であり、自動車排ガスの指標として使用されている。雨季において 1-NP のような一次生成 NPAH の濃度比率の増大が観察されたことは、雨季の自動車排ガスの寄与度の増大を示唆する。

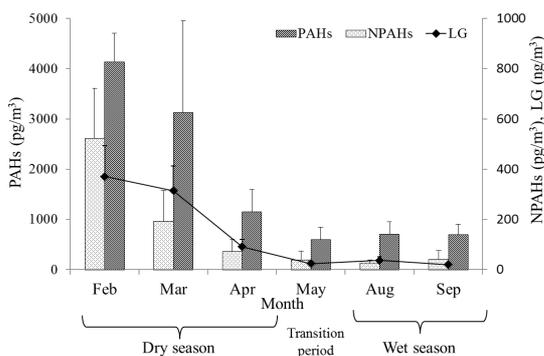


図1 大気中PAH, NPAH及びレボグルコサン濃度の季節間比較

バイオマス燃焼の寄与の解析

LG はセルロースの熱分解により生成し、大気中に安定に存在することから、バイオマス燃焼の寄与を評価するための指標として汎用されている。大気中 PAH 及び NPAH 濃度と LG との相関性を観察したところ、乾季において強い相関性 (PAH 合計濃度に対して $r = 0.910$, $p < 0.01$, NPAH 合計濃度に対して $r = 0.829$, $p < 0.01$) が得られ、雨季にはほとんど相関性は得られなかった。これは、乾季にお

ける PAH や NPAH の主要発生源がバイオマス燃焼であることを示す。また、NPAH の中で 9-nitroanthracene (9-NA) との相関性が最も高く、バイオマス燃焼との関係が強く示唆された。NPAH は、二次生成するものを除けば、自動車排ガス由来と考えられているが、9-NA のような一部の NPAH はバイオマス燃焼により多量に生成する可能性が示唆された。

チェンマイの都市大気は、乾季にはバイオマス燃焼の影響が大きく、雨季には他の都市と同様に自動車排ガスの影響が顕著であることから、乾季に曝露調査を行うことでバイオマス燃焼煙に対する特異的な曝露を検証できることが確認できた。

(2) タイ地域住民を対象とする曝露調査

バイオマーカーの測定と解析

被験者の尿試料について、PAHQ 及び PAH の曝露マーカーである PQHG 及び 1-OHP-G、酸化ストレスの影響マーカーである 8-OHdG の測定を行った。尿中 PQHG 濃度の中央値は村民 > 運転手 > 大学生の順に高い傾向が見られたが、都市部の大学生と運転手との間に有意差は認められず、自動車排ガスへの職業曝露が尿中 PQHG 濃度の上昇に寄与しないことが示唆された。一方、村民では、都市部と比較して有意に高い濃度が観察された。

尿中 1-OHP-G 濃度の中央値は村民 > 運転手 > 学生の順に高かったが、村民が運転手よりも約 6 倍、学生よりも約 13 倍高く、各群間に有意差が認められた。尿中 1-OHP-G 濃度の結果から、山間部の農村で生活する方が都市部でよりもはるかに PAH の曝露量が高いことが示唆された。

全被験者の平均尿中 8-OHdG 濃度は $2.77 \pm 1.82 \mu\text{mol/mol creatinine}$ であり、中央値は村民 > 学生 > 運転手の順に高い傾向が見られたが、各群間にはほとんど有意差は認められなかった。また、自動車排ガス曝露がと予測した学生は運転手よりも酸化ストレスが高かった。測定値を文献値と比較するとタイ住民尿中の 8-OHdG 濃度は、同程度かやや高い傾向にあった。

尿中 PQHG 濃度と 1-OHP-G 濃度には強い正の相関 ($r_s = 0.835$, $P < 0.001$) が見られ、PAH への高濃度曝露に伴う尿中 PQHG 濃度の上昇が観察された (図 2)。よって、PAH に高濃度で曝露した被験者は、高濃度の PQ にも曝露していることが明らかになった。タイの山間部では、換気設備のない室内で薪などを燃焼させて調理する際に発生する木材燃焼煙への高濃度曝露が懸念されており、木材燃焼煙に含まれる PQ への直接的曝露が、尿中 PQHG 濃度を上昇させる要因であると推定した。一方、8-OHdG 濃度は、各群間にはほとんど有意差は認められず、尿中 PQHG 濃度との相関も弱かった ($r_s = 0.138$, $P = 0.006$)。よって、尿中の PQHG や 1-OHP-G 濃度が高い、すなわち多量の PQ や PAH に曝露しても被験者が必ずしも強い酸化ストレスを受けると

は限らないと推察された。すなわち、酸化ストレスが生体内の抗酸化能力により消去された可能性や尿中 8-OHdG の増減に対して他の要因が影響している可能性が示唆された。

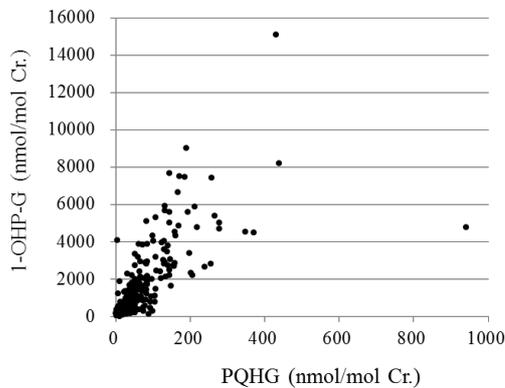


図2 尿中PQHGと1-OHP-Gとの濃度相関

PM_{2.5} 曝露量の解析

各群 10 人ずつ大気試料を捕集し、PM_{2.5} および PM_{2.5-10} 濃度を算出した(図3)。US EPA による PM_{2.5} の環境基準値は 35 μg/m³ とされており、捕集した PM_{2.5} 濃度は全ての被験者でこの基準値を上回っていた。しかしながら、各群間に有意差は観察されなかった。村民の捕集日の天候が雨であったため、PM_{2.5} 濃度が晴天時よりも低かった可能性がある。また、捕集時間帯に調理や暖房のために木材を燃やしている村民の中に、PM_{2.5} 濃度が 200 μg/m³ を超える被験者が存在した。PM_{2.5} 濃度のリアルタイムモニタリングでも食事の時間帯に利用したと考えられる木材燃焼煙由来と推測されるピークの上昇が確認された。

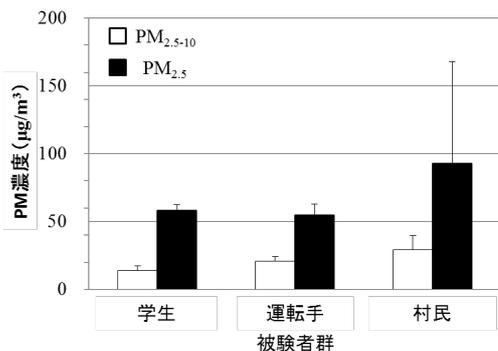


図3 各被験者群の個人PM曝露量

農村の大気中 PQ 及び PAH の定量

農村の典型的な家屋の内外で捕集した PM_{2.5} 試料について PQ 及び PAH 濃度の定量を実施した。比較対照として、チェンマイ大学敷地内でも捕集して分析した。農村家屋内台所では調理時に著しく PQ 濃度が上昇した(図4)。また、屋外やチェンマイ大学敷地内で PQ は検出限界以下であった。よって、木材燃焼煙中に多量の PQ が存在していることが明らかとなった。村民の尿中 PQHG 濃度が他の被験者よりも高い要因は、木材燃焼煙中の PQ への高濃度曝露であると推定した。また、PM_{2.5} 中の PAH 濃度も家屋内台所で調理時に著しく上昇しており、木材燃焼煙中に

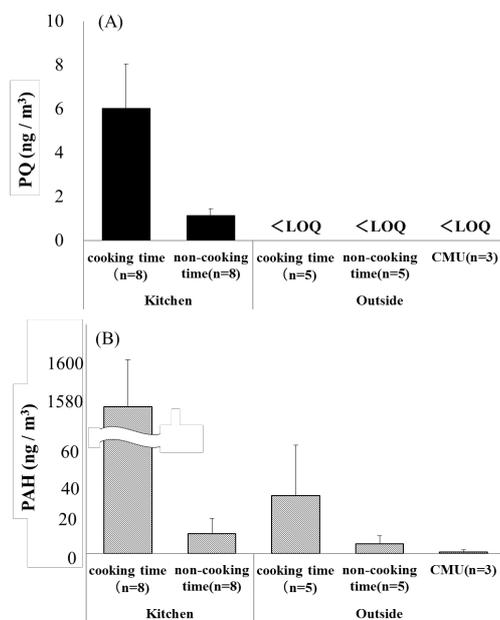


図4 農村家屋内外のPQ (A)及びPAH (B)濃度

多量の PAH が存在し、その曝露によって村民の尿中 1-OHPG 濃度も他の群より高くなったと推定した。

以上の結果をまとめると、本研究により以下の研究成果を得た。

- (1) タイの都市郊外では自動車排ガスによる大気汚染が主要因であったが、乾季には山火事等のバイオマス燃焼の影響が顕著となる。
- (2) 山間部の農村では家屋内での調理のために木材燃焼煙への高濃度曝露が観察され、被験者個人の PAH や PAHQ の曝露量の増大をバイオマーカーにより評価できた。
- (3) ROS 産生能を有する PQ 曝露が必ずしも 8-OHdG を指標とする酸化ストレスの増大に寄与しておらず、他の要因を含めた解析が必要と判断された。
- (4) バイオマーカーによる曝露評価は、捕集機器等を必要とせず、採尿だけで済むことから、多検体処理が可能であり、集団の曝露状況や主たる曝露源を明確にするのに有効である。

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 11 件)

(すべて査読あり)

- Pham, C. T., Tang, N., Toriba, A., Hayakawa, K., Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particles and soil at a traffic site in Hanoi, Vietnam., *Polycycl. Aromat. Comp.*, in press, (2015). DOI:10.1080 / 10406638.2014.903284
- Kakimoto, K., Nagayoshi, H., Konishi, Y., Kajimura, K., Ohura, T., Hayakawa, K., Toriba, A., Atmospheric chlorinated

polycyclic aromatic hydrocarbons in East Asia., *Chemosphere*, **111**, 1247-1257 (2014).
DOI:10.1016/j.chemosphere.2014.03.072
Chuesaard, T., Chetianukornkul, T., Kameda, T., Hayakawa, K., Toriba, A., Influence of biomass burning on the levels of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and their nitro derivatives in Chiang Mai, Thailand., *Aerosol Air Qual. Res.*, **14** (4), 1247-1257 (2014).
DOI:10.4209/aaqr.2013.05.0161
Hayakawa, K., Tang, N., Kameda, T., Toriba, A., Atmospheric behaviors of polycyclic aromatic hydrocarbons in East Asia., *Genes Environ*, **36** (3), 152-159 (2014).
DOI:org/10.3123/jemsge.2014.016
鳥羽 陽, 本間千春, 宇於崎和香, Thanyarat Chuesaard, 唐 寧, 早川和一, 蛍光検出HPLCを用いるタバコ煙粒子中多環芳香族炭化水素の定量, *分析化学*, **63** (1), 23-29 (2014).
DOI:dx.doi.org/10.2116/bunsekikagaku.63.23
Bekki, K., Toriba, A., Tang, N., Kameda, T., Hayakawa, K., Biological Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Derivatives. *J. UOEH(産業医科大学雑誌)*, **35** (1), 17-24 (2013).
DOI:10.7888/juoeh.35.17
唐 寧, 伊崎陽彦, 徳田貴裕, 季 若男, 薫 麗君, 呉 慶, 周 志俊, 黄 蓉, 林 振宇, 亀田貴之, 鳥羽 陽, 鳥 正之, 早川和一, 中国の瀋陽, 上海及び福州における大気中多環芳香族炭化水素類の地域間差, *分析化学*, **62** (4), 267-273 (2013).
DOI:dx.doi.org/10.2116/bunsekikagaku.62.267
Pham, C. T., Kameda, T., Toriba, A., Hayakawa, K., Polycyclic atmospheric polycyclic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in particulates emitted by motorcycles. *Environ. Pollut.*, **183** (1), 175-183 (2013).
DOI:10.1016/j.envpol.2013.01.003
Miller-Schulze, J.P., Paulsen, M., Kameda, T., Toriba, A., Tang, N., Tamura, K., Dong, L., Zhang, X., Hayakawa, K., Yost, M.G., Simpson, C.D., Evaluation of urinary metabolites of 1-nitropyrene as biomarkers for exposure to diesel exhaust in taxi drivers of Shenyang, China., *J. Expo Sci. Environ. Epidemiol.*, **23** (2), 170-175 (2013).
DOI:10.1038/jes.2012.40
Pham, C. T., Kameda, T., Toriba, A., Tang, N., Hayakawa, K., Characteristics of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in Hanoi-Vietnam, as a

typical motorbike city., *Polycycl. Aromat. Comp.*, **32** (2), 296-312 (2012).
DOI:10.1080/10406638.2012.679015
Hosozumi, C., Toriba, A., Chuesaard, T., Kameda, T., Tang, N., Hayakawa, K., Analysis of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine in human urine using hydrophilic interaction chromatography with tandem mass spectrometry., *J. Chromatography B*, **893-894**, 173-176 (2012).
DOI:10.1016/j.jchromb.2012.02.043

〔学会発表〕(計 20件)

加賀野井祐一, 鳥羽 陽, 中国瀋陽市において走行するタクシー車両内で捕集した大気中ナノ粒子に含まれる多環芳香族炭化水素類の分析, 日本薬学会第135年会, 2015.3.25-28, デザイン・クリエティブセンター神戸, 神戸サンポホール, 神戸学院大学, 兵庫医療大学(兵庫県・神戸市).

Toriba, A., Exposure Assessment of Taxi Drivers to Environmental Nanoparticles in Shenyang, China., International Conference of Asian Environmental Chemistry 2014, 2014.11.24-26, Bangkok(Thailand).

Toriba, A., Exposure Assessment of Taxi Drivers to Environmental Nanoparticles in Shenyang, China., 2014 International Society of Exposure Science 24th Annual Meeting, 2014.10.12-16, Cincinnati, Ohio (USA).

鳥羽 陽, 中国・瀋陽市のタクシー車内で捕集した環境ナノ粒子中の多環芳香族炭化水素類の測定, 第55回大気環境学会年会, 2014.9.17-19, 愛媛大学城北キャンパス(愛媛県・松山市).

鳥羽 陽, 中国・瀋陽市におけるタクシー運転手の環境ナノ粒子曝露調査, 第23回環境化学討論会, 2014.5.14-16, 京都大学百周年記念時計台記念館(京都府・京都市).

宇於崎和香, 鳥羽 陽, たばこ煙中多環芳香族炭化水素キノンの喫煙法の違いによる濃度比較, 日本薬学会第134年会, 2014.3.27-30, 熊本大学(熊本県・熊本市).

本間千春, 鳥羽 陽, GC-MS/MSによる大気粉塵中多環芳香族炭化水素キノンの定量と発生源解析, 日本薬学会第134年会, 2014.3.27-30, 熊本大学(熊本県・熊本市).

鳥羽 陽, たばこ煙中に含まれる多環芳香族炭化水素キノンの測定, フォーラム2013:衛生薬学・環境トキシコロジー, 2013.9.13-14, 九州大学医学部百年講堂(福岡県・福岡市).

笠原千栄子, 鳥羽 陽, GC-MSによる大気中水酸化多環芳香族炭化水素類の分析法開発, 日本分析化学会第62年会,

2013.9.10-12, 近畿大学東大阪キャンパス (大阪府・東大阪市).

鳥羽 陽, 大気粉じん中多環芳香族炭化水素キノンの分析, 第 22 回環境化学討論会, 2013.7.31-8.2, 東京農工大学府中キャンパス (東京都・府中市).

鳥羽 陽, GC-MS/MS による大気粉じん中多環芳香族炭化水素キノンの分析, 第 73 回分析化学討論会, 2013.5.18-19, 北海道大学函館キャンパス (北海道・函館市).

Pham, C. T., Toriba A., Comparison of polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in particulates between motorcycle and automobile exhausts., 日本薬学会第 133 年会, 2013.3.27-30, パシフィコ横浜, 文京シビックホール, パンパシフィック横浜ベイホテル東急 (神奈川県・横浜市).
Chuesaard, T., Toriba A., Influence of biomass burning on the levels of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and their nitrated derivatives in Chiang Mai, Thailand., 日本薬学会第 133 年会, 2013.3.27-30, パシフィコ横浜, 文京シビックホール, パンパシフィック横浜ベイホテル東急 (神奈川県・横浜市).

鳥羽 陽, 東南アジア諸国の大気汚染実態, 日本環境変異原学会第 41 回大会 (招待講演), 2012.11.29-30, グランシップ静岡県コンベンションアーツセンター (静岡県・静岡市).

Toriba, A., Identification and quantification of the urinary metabolites of 9, 10-phenanthrenequinone associated with producing reactive oxygen species., 2nd annual meeting of the international society of exposure science (ISES2012), 2012.10.28-11.2, Seattle, Washington (USA).

旭 美樹, 鳥羽 陽, タイ住民を対象とした多環芳香族炭化水素キノンの尿中代謝物測定, フォーラム 2012: 衛生薬学・環境トキシコロジー, 2012.10.25-26, 名古屋観光ホテル (愛知県・名古屋市).

Pham, C.T., Toriba A., Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons in motorcycle exhaust particulates and atmosphere in Hanoi, Vietnam., フォーラム 2012: 衛生薬学・環境トキシコロジー, 2012.10.25-26, 名古屋観光ホテル (愛知県・名古屋市).

鳥羽 陽, 活性酸素種を生成する多環芳香族炭化水素キノンの尿中代謝物の測定, 日本分析化学会第 61 年会, 2012.9.19-21, 金沢大学 (石川県・金沢市).

旭 美樹, 鳥羽 陽, 活性酸素種を生成

する 9,10-phenanthrenequinone のヒト尿中代謝物の測定, 日本薬学会第 132 年会, 2012.3.31, 北海道大学 (北海道・札幌市).
鳥羽 陽, GC-MS/MS による大気粉じん中水酸化多環芳香族炭化水素類の測定, 日本薬学会第 132 年会, 2012.3.31, 北海道大学 (北海道・札幌市).

〔図書〕(計 1 件)

熊谷嘉人, 姫野誠一郎, 渡辺知保, 長沼 章, 黄 基旭, 角 大悟, 佐藤雅彦, 中西 剛, 武田厚司, 吉永 淳, 吉岡 亘, 鳥羽 陽, 平野靖史郎 他, 東京大学出版会, 毒性の科学, 216 頁, 140-143, (2014).

〔その他〕

ホームページ等

金沢大学衛生化学研究室ホームページ

http://www.p.kanazawa-u.ac.jp/~eisei/j_home_fr_amepage.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鳥羽 陽 (TORIBA, Akira)

金沢大学・薬学系・准教授

研究者番号: 5 0 3 1 3 6 8 0

(2) 研究分担者

早川 和一 (HAYAKAWA, Kazuichi)

金沢大学・薬学系・教授

研究者番号: 4 0 1 1 5 2 6 7

亀田 貴之 (KAMEDA, Takayuki)

京都大学・エネルギー科学研究科・准教授

研究者番号: 5 0 3 9 8 4 2 6

唐 寧 (TANG, Ning)

金沢大学・薬学系・助教

研究者番号: 9 0 3 7 2 4 9 0

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

Christopher D. Simpson

ワシントン大学 (米国)・准教授

Thaneeya Chet iyanukornkul

チェンマイ大学 (タイ)・助教

Li Jun Dong

瀋陽市疾病預防控制中心 (中国)・主任