

令和 4 年 9 月 5 日現在

機関番号：23803  
研究種目：若手研究  
研究期間：2020～2021  
課題番号：20K19985  
研究課題名（和文）代謝物に着目した多環芳香族炭化水素類とその塩素化体に関する包括的環境影響評価

研究課題名（英文）Comprehensive environmental impact assessment of parent and halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons including their metabolites

研究代表者  
王 齊（Wang, Qi）  
静岡県立大学・食品栄養科学部・特任助教

研究者番号：60811685  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、合計72種類の多環芳香族炭化水素類（PAHs）とハロゲン化PAHsを対象物質として、高感度分析法を開発した。また、世界中においても大気が最も汚染されている地域の一つであるバンラデシュ、および日本を調査地域として、粒子状のPAHsとハロゲン化PAHsの汚染実態を調査し、発生源解析を行った。そのうえで、これらの汚染物質への曝露によるヒトの発がんリスクを評価した。さらに、塩素化PAHsの主要異性体である1-Chloropyreneの代謝物の標準物質を新規合成し、数種類のPAHs、塩素化PAHs、とそれらの代謝物に対して、in vitro試験による毒性の評価を行った。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

既往研究と比べてより多くの種類のPAHs・ハロゲン化PAHsを網羅的に分析し、大気中における低濃度域まで汚染実態を解明したことから、これらの汚染物質に対してより高精度のリスク評価ができ、リスクベース管理の促進への貢献が期待される。また、新規合成した標準物質を用いて、in vitro試験を実施したことにより、PAHsとハロゲン化PAHsの水酸化物の毒性情報を更新し、PAHsとハロゲン化PAHsだけではなく、その代謝物を含めて包括的な評価の基礎情報となる。

研究成果の概要（英文）：In this study, a sensitive analytical method was developed for the analysis of a total of 72 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and halogenated PAHs. The concentrations of particulate PAHs and halogenated PAHs in the atmosphere of Japan and Bangladesh were investigated and their emission sources were identified. Then, based on these results, we assessed the risk of human carcinogenicity from exposure to these pollutants. In addition, metabolites of 1-chloropyrene, a major chlorinated PAHs in the environment, were synthesized. The toxicity of several PAHs, chlorinated PAHs, and their metabolites was evaluated by in vitro tests.

研究分野：環境影響評価

キーワード：多環芳香族炭化水素類（PAHs） ハロゲン化多環芳香族炭化水素類（XPAHs） 環境挙動 有害性評価  
代謝物 PAHsの水酸化誘導体

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

高リスク環境汚染物質である多環芳香族炭化水素類 (PAHs) とハロゲン化 PAHs (XPAHs) は、様々な環境試料から広く検出されたが、特に後者の発生源、環境挙動や毒性等のごく一部しか解明されていないため、継続的な発生源調査、環境汚染モニタリングおよび有害性評価が必要である。これらの汚染物質に対して様々な課題があるが、いくつかの問題点について早急に解決、解明すべきであると考えられる。まず、分析技術上の問題点について、環境中における PAHs・XPAHs の理論的異性体が多く、濃度が低いこと、分析対象物質が少ないこと、物質の分離が難しいこと、低濃度域の定量が難しいことなどの問題点があげられる。次に、最近の研究では様々な国や地域における PAHs・XPAHs の濃度レベルなどについて報告しているが、これらの化合物は越境移動することなどから、世界規模の汚染対策およびリスク削減をするために、先進国と途上国とともにデータを補足し続ける必要がある。また、有害性の面について、PAHs は生体内で代謝され水酸化 PAHs などに変換して毒性を示すこと、および塩素化 PAHs (CIPAHs) の化学構造と類似しているポリ塩化ビフェニル (PCBs) は、生物代謝により一部が水酸化 PCBs となることが知られている。CIPAHs も同様に生体内で代謝され、水酸化 CIPAHs (OH-CIPAHs) となる可能性が考えられるが、標準物質の欠如により、OH-CIPAHs に関する情報がほとんど明らかでない。

### 2. 研究の目的

本研究では、合計 72 種類の PAHs (29 種類) と XPAHs (43 種類) を対象物質として、カラムの分離性能を評価した上で、ガスクロマトグラフ - トリプル四重極質量分析計 (GC-MS/MS) を用いて高感度分析法を開発した。また、世界中においても大気が最も汚染されている地域の一つであるバングラデシュ、および日本を調査地域として、PM<sub>2.5</sub>-bound PAHs・XPAHs の汚染実態を調査し、その発生源解析を行った。さらに、PM<sub>2.5</sub>-bound PAHs・XPAHs によるヒトの発がんリスクを評価した。加えて、OH-CIPAHs の標準物質の新規合成を行った。合成した標準物質を用い、OH-PAHs、OH-CIPAHs、およびこれらの前駆物質である PAHs と CIPAHs を含めて、in vitro 試験による毒性の評価を行った。

### 3. 研究の方法

#### (1) PAHs・XPAHs の高感度分析方法開発

対象物質は 29 種類の PAHs および 43 種類の XPAHs (CIPAHs 22 種、BrPAHs 21 種) とし、日本、アメリカ、EU により指定されている優先取組 PAHs の全種類を含めた。PAHs および XPAHs の異性体が多く、分析する時に物質が十分に分離できなく、共溶出することもあるため、定量結果の正確さに大きく影響する。そこで、本研究では 3 種類の市販分析カラム (DB-5MS、Select PAH、Rxi-PAH) の分離性能を評価し、GC-MS/MS の分析条件の最適化を行った<sup>1)</sup>。

#### (2) 大気中における粒子状 PAHs・XPAHs の汚染実態調査、発生源解析、およびヒトへのリスク評価

2020 年 1 月から 2 月にかけて、日本 (静岡) とバングラデシュ (ダッカ) の大気中の PM<sub>2.5</sub> を捕集した。捕集した試料 (フィルター) をソックスレー抽出し、シリカゲルおよび活性炭カートリッジを用いて抽出液を精製・濃縮し、本研究で検討した分離カラムを用いて GC-MS/MS で PM<sub>2.5</sub>-bound PAHs・XPAHs を分析した<sup>2)</sup>。PM<sub>2.5</sub> の濃度は the World Air Quality Index project のデータに基づいて算出した<sup>2)</sup>。

日本とバングラデシュにおける大気中 PAHs・XPAHs の潜在的な発生源を検討するため、RStudio (version 1.1.463, RStudio, MA, USA) を用いて主成分分析 (PCA) を行った。この解析では、既報の廃棄物焼却、E-waste リサイクル、調理 (排ガス)、自動車 (排ガス)、バイオマス野焼き、石炭燃焼とコークス燃焼による PAHs・XPAHs の組成比を発生源情報として使用した<sup>2)</sup>。

大気中の PAHs・XPAHs への曝露による生涯発がんリスク (ILCR) は、以下の式に従って算出された。

$$\sum TEQ_i = \sum (C_i \times TEF_{BaP,i}) \quad 1)$$

$$\sum TEQ_j = \sum (C_j \times REP_{BaP,j}) \quad 2)$$

$$ILCR = (\sum TEQ_i + \sum TEQ_j) \times UR_{BaP} \quad 3)$$

ここで、TEQ は毒性当量 (ng-BaP<sub>eq</sub> m<sup>-3</sup>)、C は PAHs と XPAHs の濃度 (ng m<sup>-3</sup>)、TEF<sub>BaP</sub> は BaP (-) に対する毒性当量係数、REP<sub>BaP</sub> は BaP (-) に対する当量効力、i と j はそれぞれ PAHs と XPAHs の異性体を意味する。UR<sub>BaP</sub> は、BaP が肺がんのリスク上昇を引き起こすユニットリスク (8.7 × 10<sup>-5</sup> per ng m<sup>-3</sup>) である<sup>2)</sup>。

#### (3) 水酸化 XPAHs の標準物質の新規合成

環境中において高濃度で存在する XPAHs の一つである 1-chloropyrene (1-CIPyr) に対して、水酸化 CIPyr (OH-CIPyr) はその代謝物の 1 つとして考えられる。本研究では、1-pyrenol (1-OHPyr) と塩素化剤である N-クロロコハク酸イミドを炭酸プロピレンに溶解し、100 °C で反応させ、OH-

CiPyr の主要異性体である 3-chloropyren-1-ol (3-CiPyr-1-ol) 6-chloropyren-1-ol (6-CiPyr-1-ol) 8-chloropyren-1-ol (8-CiPyr-1-ol) の 3 種類を合成した。

#### (4) PAHs・XPAHs とその水酸化物の有害性評価

環境中の PAHs の主要異性体である phenanthrene (Phe) と Pyrene (Pyr) およびその主要な塩素化誘導体である 9-chlorophenanthrene (9-CiPhe) と 1-CiPyr を含め、これらの水酸化物の有害性を評価した。9-CiPhe と 1-CiPyr の水酸化物である 9-chlorophenanthren-10-ol (9-CiPhe-10-ol) と 3 種類の OH-CiPyr は、それぞれ我々の既往研究と本研究で合成したものである。

全ての対象物質をジメチルスルホキシド (DMSO) に溶解し、酵母 two-hybrid アッセイ改良評価法によりヒト芳香族炭化水素受容体 (*hAhR*) 活性を評価した。試験方法として、各試料とも希釈濃度ごとの *hAhR* 活性と生存する細胞数は吸光度計を用いて求めた。ここでは、690 nm の光学濃度 (OD 値) を生存する細胞数とし、陽性対照物質として  $\beta$ -Naphthoflavone (BNF) を使用した。また、*hAhR* 活性試験の場合、酵母細胞を用いるため、細胞毒性の影響を受けて活性値が過小評価される可能性があることを考えており、ヒト肝臓がん HepG2 細胞を用いた Ethoxresorufin-O-deethylase (EROD) 活性試験を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) PAHs・XPAHs の高感度分析方法開発

対象物質のうち最も分離しにくい数種類の物質に対して、3 種類の分離カラムでのピーク分離度を比較し、PAHs・XPAHs に対するカラムの分離効率を評価した。結果の一例として、DB-5MS、Select PAH と Rxi-PAH では、benzo[*b*]fluoranthene (BbF) と benzo[*k*]fluoranthene (BkF) の分離度はそれぞれ 0.6、1.8 と 1.9 であった。定量の精度を考慮し、ピーク分離度が 1 以上であることが望ましいため、Select PAH と Rxi-PAH はこの 2 物質に対して分離効率が優れていた。しかし、Select PAH では、indeno[1,2,3-*cd*]pyrene (IcdP) と dibenz[*a,h*]anthracene (DBahA) の共溶出が見られた。一方、Rxi-PAH を用いて本研究の全対象物質を十分に分離できることを確認した。これらの結果から、本研究の対象 PAHs・XPAHs に対して、Rxi-PAH カラムは最適なカラムであることがわかった。また、GC-MS/MS と高分解能の GC-MS (GC-HRMS) を用いて対象 PAHs・XPAHs の検出下限値 (LOD) を比較したところ、GC-MS/MS は GC-HRMS より 4.2–2600 倍の高感度を有することを確認した。したがって、本研究では Rxi-PAH を分離カラムとして、GC-MS/MS で分析することを決定した<sup>1)</sup>。

#### (2) 大気中における粒子状 PAHs・XPAHs と PM<sub>2.5</sub> の濃度相関

同時期に測定した日本における PAHs・XPAHs の合計濃度および PM<sub>2.5</sub> 濃度はそれぞれ 1.39–4.09 ng m<sup>-3</sup> (中央値: 2.63 ng m<sup>-3</sup>) と 1.20–9.60  $\mu$ g m<sup>-3</sup> (中央値: 3.60  $\mu$ g m<sup>-3</sup>) であり、バングラデシュにおける PAHs・XPAHs の合計濃度および PM<sub>2.5</sub> 濃度はそれぞれ 36.3–148 ng m<sup>-3</sup> (中央値: 63.6 ng m<sup>-3</sup>) と 108–269  $\mu$ g m<sup>-3</sup> (中央値: 176  $\mu$ g m<sup>-3</sup>) であった (図 1)。中央値で比較すると、日本よりバングラデシュでの PAHs・XPAHs の合計濃度および PM<sub>2.5</sub> 濃度がそれぞれ 24.2 倍と 48.8 倍高くなった。日本では PAHs・XPAHs の合計濃度と PM<sub>2.5</sub> 濃度に相関関係は認められなかったが ( $r=0.26$ ,  $p=0.19$ ) バングラデシュでは有意に正の相関関係が認められた ( $r=0.63$ ,  $p<0.05$ )。既往研究の報告により、PAHs・XPAHs は主に燃焼由来の汚染物質であるため、バングラデシュの PM<sub>2.5</sub> も主に燃焼起源であることが考えられる<sup>2)</sup>。

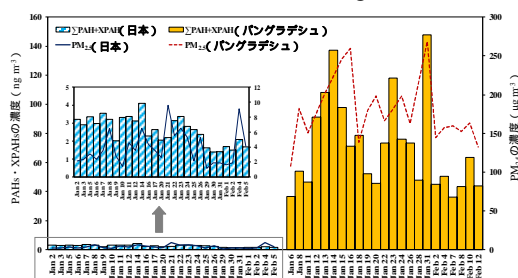


図 1. 大気中における PAHs・XPAHs および PM<sub>2.5</sub> の濃度

#### (3) 大気中における PM<sub>2.5</sub>-bound PAHs・XPAHs の発生源推定

PAHs・XPAHs の発生源を推定するため、大気中におけるこれらの濃度結果に基づき、既報の発生源情報により PCA を行った (図 2)。その結果、PAHs では総分散の約 74%、XPAHs では総分散の約 83% が説明できた。PAHs では、コークス燃焼と調理排ガスが日本試料のグループ内に位置し、廃棄物焼却と石炭燃焼がバングラデシュ試料のグループ内に位置したため、これらが各国における PAHs の主要発生源であると推定された。XPAHs では、自動車排ガスと廃棄物焼却が日本およびバングラデシュ試料のグループ内に位置した。つまり、これらが両国における XPAHs 主要発生源であると推定された。ただし、PAHs と比較すると XPAHs の発生源情報が少なく、特にバングラデシュにおいて PAHs の主要発生源と推定された石炭燃焼による XPAHs 生成について詳細な調査が必要である<sup>2)</sup>。

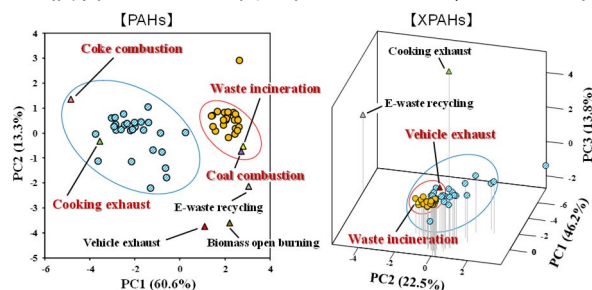


図 2. PCA による PAHs・XPAHs の発生源解析

(4) 大気中の PAHs・XPAHs への曝露による生涯発がんリスク

本研究における日本とバングラデシュの大気中 PAHs・XPAHs の濃度結果、および既報の他国のこれらの情報を収集し、ヒトの発がんリスク評価を行った。調査対象物質を統一したリスク評価の結果(8種類のPAHsのみ) および本研究の全対象物質を用いたリスク評価の結果を図3に示す。多くの国では許容リスクを  $1 \times 10^{-6}$  から  $1 \times 10^{-4}$  の間で設定しているが、対象とした国の半数以上は許容リスクの上限を超えた。8種類のPAHsのみで評価する場合、日本において発がんリスクは約  $1 \times 10^{-6}$ – $2 \times 10^{-5}$  であり、他国と比較して最も低リスクとなったが、本研究における全対象物質で評価する場合、その発がんリスクは  $1 \times 10^{-5}$  を超えているため、PAHs・XPAHs による大気汚染に注意を払う必要がある。全対象物質によるバングラデシュでの発がんリスクは約  $1 \times 10^{-3}$ – $6 \times 10^{-3}$  であり、大気中の PAHs・XPAHs への曝露により、1000人に1人以上のヒトが生涯においてがんになることが示された。これらの結果から、大気中における PAHs・XPAHs の汚染実態は依然として大きな環境問題であることが明らかとなった<sup>2)</sup>。

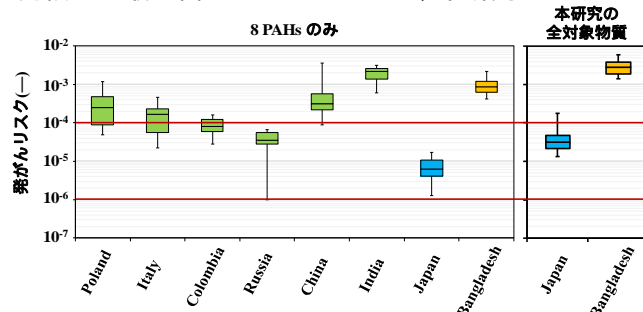


図3. 大気中の PAHs・XPAHs への曝露による発がんリスク評価

(5) 水酸化 PAHs・XPAHs の標準物質の新規合成

本研究では、環境中において高濃度で存在する 1-CiPyr に対して、生体による代謝物の候補である 3-CiPyr-1-ol、6-CiPyr-1-ol、8-CiPyr-1-ol を合成した。新規合成した標準物質に対して、高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分離・精製した上で、GC-MS および核磁気共鳴装置 (NMR) を用い、95%以上の純度を有することを確認した。

(6) Pyr、Phe、1-CiPyr と 9-CiPhe とその水酸化物の有害性評価

hAhR 活性評価では、陽性対象物質である BNF の活性が確認できており、hAhR 活性が正確に評価されていることが示された(図4)。全ての試験対象物質において、hAhR 活性が確認されたが、Pyr、Phe、および 1-CiPyr と 9-CiPhe の水酸化物の活性上昇傾向が見られ、これらは水酸化されることにより、hAhR への作用能が増大することが確認された。しかし、これらの水酸化物は試験濃度範囲の高濃度側において細胞数が顕著に減少し、細胞毒性を持つことが示唆された。そのため、hAhR の活性が過小評価されている可能性がある。

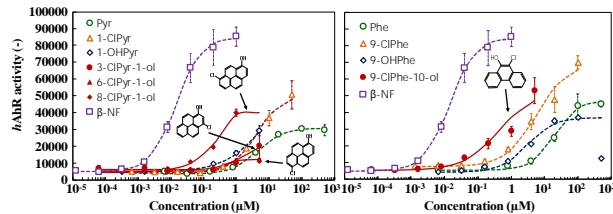


図4. 試験対象物質の用量反応曲線

EROD 活性の相対強度を確認したところ、6-CiPyr-1-ol の活性が顕著に上昇し、hAhR 活性試験において、強い細胞毒性の影響を受け、その活性が過小評価されていることがわかった(図5)。また、1-CiPyr、Phe、9-CiPhe よりこれらの水酸化物(6-CiPyr-1-ol、9-OHPhe、9-CiPhe-10-ol)の EROD 活性が明らかに上昇した。この結果は hAhR 活性試験の結果と一致し、これらの物質が水酸化されることにより、有害性が高くなることが示唆された。一方、3種類の OH-CiPyr について、hAhR 活性および EROD 活性がそれぞれ異なり、塩素および水酸基の置換位置により、毒性が異なることが示唆された。

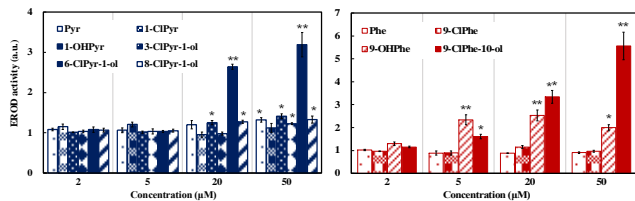


図5. EROD 活性の相対強度

(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , 対照実験: DMSO)

(7) まとめ

大気中の PAHs・XPAHs への曝露によるヒトの発がんリスクが無視できないレベルであり、PAHs・XPAHs による大気汚染は依然として大きな環境問題である。特に XPAHs の場合、発生源情報が不足しており、現状ではその汚染に対策を講じることが困難である。既往研究では、OH-Pyr、OH-CiPyr はヒトの尿からの検出例があり、Pyr と CiPyr は生体内で代謝されたことが示唆されているが<sup>3)</sup>。本研究の結果により、代謝物(水酸化物)は PAHs・XPAHs 以上の有害性があることが示された。これらの代謝物を含めて PAHs・XPAHs の環境影響を評価することが重要である。

<引用文献>

- 1) . Sei K, Wang Q et al., Chemosphere, 271, 129535, 2021; 2) . Sei K, Wang Q et al., Environ. Res., 196, 110909, 2021; 3) . Kakimoto K. et al., Chem. Res. Toxicol., 28, 1728–1736, 2015.



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kento Sei, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai	4. 巻 271
2. 論文標題 Accurate and Ultrasensitive Determination of 72 Parent and Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in a Variety of Environmental Samples via Gas Chromatography-Triple Quadrupole Mass Spectrometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 129535
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.chemosphere.2021.129535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sei Kento, Wang Qi, Tokumura Masahiro, Hossain Anwar, Raknuzzaman Mohammad, Miyake Yuichi, Amagai Takashi	4. 巻 196
2. 論文標題 Occurrence, potential source, and cancer risk of PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their halogenated derivatives in Shizuoka, Japan, and Dhaka, Bangladesh	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Research	6. 最初と最後の頁 110909
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.envres.2021.110909	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Wang Qi, Tokumura Masahiro, Miyake Yuichi, Amagai Takashi	4. 巻 14
2. 論文標題 Optimization of method for extracting 46 volatile organic compounds (VOCs) from an activated carbon-silica gel active sampler to evaluate indoor work environments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Air Quality, Atmosphere & Health	6. 最初と最後の頁 1341 ~ 1348
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11869-021-01024-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sei Kento, Wang Qi, Tokumura Masahiro, Suzuki Shinji, Miyake Yuichi, Amagai Takashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Halogenated Derivatives in a Traditional Smoke-Dried Fish Product in Japan: Occurrence and Countermeasures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Food Science & Technology	6. 最初と最後の頁 960 ~ 966
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsfodscitech.1c00085	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村松 孝亮、徳村 雅弘、王 斉、石橋 龍太郎、安保 貴永、皆川 正和、三宅 祐一、雨谷 敬史、牧野 正和	4. 巻 35
2. 論文標題 炭素材料併用型フォトフェントン反応による汚染物質除去機構の反応速度論的解析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 環境科学会誌	6. 最初と最後の頁 103 ~ 112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11353/sesj.35.103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 ハウスダスト中の多環芳香族炭化水素類とそのハロゲン誘導体の発生源推定及び発がんリスク評価
3. 学会等名 2020年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多田智彦, 清健人, 王斉, 三宅祐一, 雨谷敬史
2. 発表標題 シリコンリストバンドを用いた多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン化誘導体のパッシブサンプリング法の初期検討
3. 学会等名 2020年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, Anwar Hossain, Mohammad Raknuzzaman
2. 発表標題 日本及びバングラデシュにおける多環芳香族炭化水素類とそのハロゲン誘導体の発生源推定及び発がんリスク評価
3. 学会等名 環境科学会2020年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 多田 智彦, 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和
2. 発表標題 塩素化多環芳香族炭化水素代謝物の芳香族炭化水素受容体に関する多段階活性評価
3. 学会等名 環境科学会2020年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 堀井 勇一, 蓑毛 康太郎, 野尻 喜好, 大塚 宜寿
2. 発表標題 ハロゲン化多環芳香族炭化水素類 (XPAHs) の廃棄物焼却施設からの年間排出量と大気中濃度への寄与度の推定
3. 学会等名 環境科学会2020年会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 GC-MS/MSを用いた72種の多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン誘導体に対する正確かつ高感度な分析法の開発
3. 学会等名 環境化学オンライン研究発表会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuri Nishimura, Madoka Wanikawa, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Hossain Anwar, Raknuzzaman Mohammad, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino
2. 発表標題 Removal of Antibiotics by Three Different Advanced Oxidation Processes
3. 学会等名 The Water and Environment Technology Conference 2021 (WET 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Madoka Wanikawa, Yuri Nishimura, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino
2. 発表標題 Comparison of Oxidation Processes in Degradation of Pharmaceuticals and Personal Care Products
3. 学会等名 The Water and Environment Technology Conference 2021 (WET 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 王 斉, 大石 純菜, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩
2. 発表標題 揮発性有機化合物の個人曝露評価におけるパッシブサンプラーのサンプリングレート推算法およびデータベースの構築
3. 学会等名 2021年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 環境要因による影響を考慮した多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン化誘導体の新規パッシブサンプリング法の検討
3. 学会等名 2021年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝川 哲也, 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 直接導入法による粒子状多環芳香族炭化水素類およびそのハロゲン化誘導体の分析法開発と室内空气中濃度調査
3. 学会等名 2021年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン化誘導体の新規パッシブサンプリングにおける環境条件の影響を考慮した分析法の検討
3. 学会等名 環境科学会2021年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝川 哲也, 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 直接導入法による粒子状多環芳香族炭化水素類およびそのハロゲン化誘導体の分析法開発と大気中濃度調査
3. 学会等名 環境科学会2021年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 寺田 彩乃, 藤森 崇
2. 発表標題 プラスチックの焼却における触媒反応を伴う塩素化多環芳香族炭化水素類の生成機構解析
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝川 哲也, 多田 智彦, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 直接導入GC-MS/MS による粒子状多環芳香族炭化水素類及びハロゲン化誘導体の分析方法の検討
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

静岡県立大学 食品栄養科学部 環境生命科学科 大気環境研究室  
<https://dfns.u-shizuoka-ken.ac.jp/labs/atmos/sp/index.html>

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	雨谷 敬史  (Amagai Takashi)  (10244534)	静岡県立大学・食品栄養科学部・教授   (23803)	
研究協力者	三宅 祐一  (Miyake Yuichi)  (40425731)	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授   (12701)	
研究協力者	徳村 雅弘  (Tokumura Masahiro)  (20583016)	静岡県立大学・食品栄養科学部・助教   (23803)	
研究協力者	保田 倫子  (Yasuda Michiko)  (00707036)	椋山女子学園大学・生活科学部・准教授   (33906)	

#### 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
バングラデシュ	Department of Fisheries	Faculty of Biological Sciences	University of Dhaka