

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310011

研究課題名(和文)新奇ハロゲン芳香族群の環境汚染と生態影響評価

研究課題名(英文) Environmental pollutions and ecological effects of novel halogenated aromatic hydrocarbons

研究代表者

大浦 健(Ohura, Takeshi)

名城大学・農学部・准教授

研究者番号：60315851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,400,000円、(間接経費) 4,620,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では極めて情報が少ない未規制環境汚染物質である、ハロゲン化多環芳香族炭化水素(ハロゲン化PAHs)に焦点を当て、その環境汚染の実態と生体影響について検討した。全国14地点ならびに中国、韓国の大気を分析した結果、何れの地点からも塩素化PAHsが検出され、普遍的に塩素化PAHsが存在していることが分かった。さらにアジア沿岸地の底質試料を分析した結果、21種の塩素化PAHsが検出された。ラット経口投与による塩素化PAHの曝露試験では、PAHの塩素化によって特定の薬物代謝酵素の誘導が亢進することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In the present study, we focused the halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons (halogenated PAHs) that is one of non-regulated pollutants, and investigated the occurrences in the environment and the biological effects. The surveys of chlorinated PAHs (CIPAHs) ambient air in 14 sites in Japan, 1 site in Korea and 1 site in China showed that CIPAHs is universally present in the air since some of that were detected from all air samples. In addition, the surveys of CIPAHs in Asian sediments also showed the universalistic pollution. The biological effects were investigated by oral administration of CIPAH in rat, resulting that chlorination of PAH could enhance significantly induction of specific drug-metabolizing enzyme.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：塩素化PAHs 臭素化PAHs ハロゲン化PAHs 環境動態 生体影響 多環芳香族炭化水素

1. 研究開始当初の背景

ベンゾ[a]ピレン (BaP) に代表される多環芳香族炭化水素類 (PAHs) もまた、化石燃料や有機物の燃焼過程によって発生し、発ガン性や内分泌攪乱作用の疑いがある人為的副反応生成物である。ダイオキシン類と PAHs、両者の発生メカニズムを鑑みると、塩素化もしくは臭素化した PAHs (ハロゲン化 PAHs) は十分に生成し得ると予測される。また、これらハロゲン化 PAHs は、その骨格がダイオキシン類と類似しているため、ダイオキシン類と同等の生体毒性を有し得ることが推測される。そして、申請者はその推測通り、大気粉塵中に複数の塩素・臭素化 PAHs が存在することを世界に先駆けて見出した。これらハロゲン化 PAHs の気中濃度は、毒性試験の結果から換算するとその曝露リスクはダイオキシンの数十倍高いことを試算した。

2. 研究の目的

最近、申請者らによって塩素もしくは臭素が 1~2 原子置換した多環芳香族化合物 (PAHs) が大気中に存在することを見出した。これらの物質はダイオキシンと同等のリスク因子であることが環境濃度や毒性試験から推察されたが、同定した物質数が限られており、このようなハロゲン化 PAHs の環境動態、生態影響は未だ不明な点が数多く残されている。そこで本研究では、高塩素・臭素化 PAHs の作製を始め、それらの環境汚染分布、発生源、環境動態、そして生体毒性評価の各研究を柱にし、得られた個々の結果からハロゲン化 PAHs における総合的な環境影響評価を目指す。

3. 研究の方法

(1) 研究対象物質

本研究ではハロゲン化 PAHs の中で主に PAH に塩素原子が置換した塩素化 PAHs に焦点を当て各種分析を行った。測定対象の塩素化 PAH は 3~5 環系 PAHs を既報の方法で塩素化した合成品を用いた。さらに塩素化 PAHs の環境動態を評価するために親化合物 PAHs の測定も併せて実施した。以上のことから本研究では 26 種の塩素化 PAHs、25 種の PAHs を測定対象物質とした。

(2) 塩素化 PAHs 分析法

環境試料中の塩素化 PAHs の分析は以下の通りを行った。採取された環境試料はジクロロメタン/n-ヘキサン (3:1 v/v) の混合溶媒を用いてソックスレーにて抽出を行った。抽出液は濃縮後、シリカゲルカラムならびにスルホキシドカラムや活性炭カラムを適宜使用しクリーンアップ後、濃縮を行い分析試料とした。

塩素化 PAHs の環境分析は GC/MS を用いて行った。GC/MS は主に四重極型 GC/MS (JMS-Q1000GC、日本電子製) を用いた。また一部の環境試料の分析には磁場型の GC/MS

を用いて分析を行った。

(3) 塩素化 PAHs の環境汚染調査

塩素化 PAHs の環境動態調査は大気、土壌、底質、野生動物を対象に行った。

大気試料は広域モニタリングと局所モニタリングを実施し、前者では塩素化 PAHs の実態解明、後者では環境動態解明を目的とした。具体的なサンプリング方法として、広域モニタリングでは日本各地の地方環境研究所もしくは大学において大気粒子ならびにガス態をハイボリュームエアサンプラーによって採取した。また、海外の大気試料は北京 (中国) ならびに釜山 (韓国) で夏季と冬季に採取された大気粉塵試料を用いた。

次に土壌試料は東京都の工場跡地土壌試料とした。また、底質試料としては韓国海域 (黄海) の表層試料とスリランカ国内の湖底ならびに海底から採取された柱状試料を用いた。

(4) 塩素化 PAHs の生態影響評価

塩素化 PAHs の毒性評価として、7-クロロベンゾ[a]アントラセン (7-ClBaA) を被験物質としてラットを用いて曝露試験を行った。F344 ラットに 14 日間反復経口投与 (10 mg/kg 体重/day) した後に、肝臓や筋肉、腎臓等への移行量を測定した。また、ICR マウスを用いて 7-ClBaA の単回投与における生体影響についても検討を行った。投与した後 24 時間後に体重測定ならびに検体を解剖し肝臓を摘出し CYP ファミリーの発現量を real time PCR によって評価した。

4. 研究成果

(1) 塩素化 PAHs の大気環境実態評価

これまで塩素化 PAHs の環境動態は主に大気環境で実施されていたが、その測定地点は極めて限られていた。そのため塩素化 PAHs の環境汚染の実態像を把握することは困難であった。そこで本研究では大気環境中の塩素化 PAHs の汚染実態を把握するため、全国の大気試料を用いて広域調査を実施した。大気試料は 2010 年 8 月 (夏季) と 2011 年 2 月 (冬季) に採取した。採取場所は全国 14 か所 (松本市と那覇市は夏季のみサンプリング実施) で行い、24 時間捕集を 2 日間行った (図 1)。

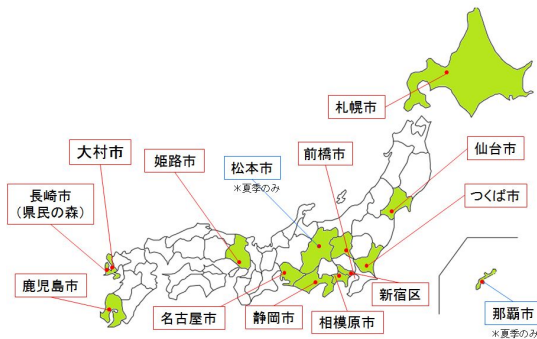


図 1. サンプリング地点

ガス態ならびに粒子態の塩素化 PAHs を分

析した結果、夏季では22種、冬季では25種の塩素化 PAHs が検出された。

ガス態と粒子態の塩素化 PAHs の合計濃度は、平均して夏季では86.5 pg/m³、冬季では91.8 pg/m³であり、夏季に比べ冬季に濃度が増加する傾向が見られた。このような現象は大気中の PAHs においても一般的に見られる現象であり、冬季燃焼行為がその主要な発生源と言われている。よって塩素化 PAHs もまた PAHs 同様に冬季燃焼行為が発生源の一つであることが推察された。地域別にみると夏季では相模原市や鹿児島市で総塩素化 PAHs 濃度が150pg/m³を超えた(図2)。一方冬季では名古屋市や鹿児島市で同じく150pg/m³を超えた。一方、県民の森(夏季、長崎県)や松本市(冬季)では20pg/m³程度であったことから塩素化 PAHs の大気汚染は地域による発生源や地形的要因(越境汚染など)によって影響されることが示唆された(図2)。

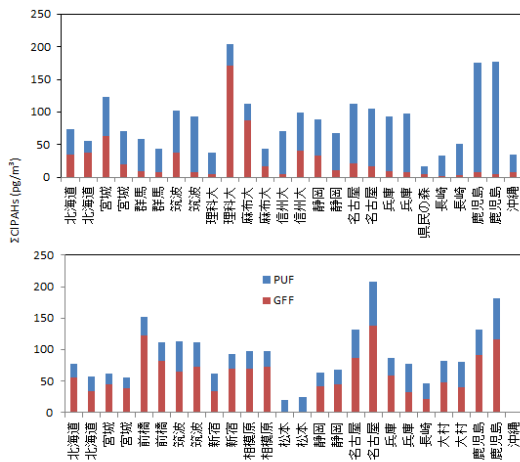


図2. 全塩素化 PAHs の気中濃度 (PUF:ガス態、GFF:粒子態)

次に、粒子状の塩素化 PAHs の大気汚染の実態を海外と比較した結果、何れの地点、季節からも7種の塩素化 PAHs が検出された。夏季の総塩素化 PAHs 濃度を比較すると、日本では0.76~1.54 pg/m³、中国(北京)では12.76 pg/m³、韓国(釜山)では1.17 pg/m³であり、日本と韓国は同程度の汚染状況、中国は日本に比べ約10倍高濃度であることが明らかとなった。また冬季においては日本の総塩素化 PAHs 濃度は3.29~14.3 pg/m³、韓

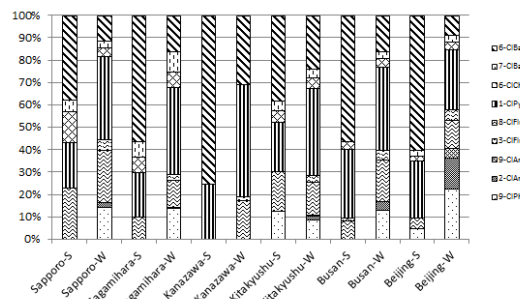


図3. 中国、韓国、日本における大気粒子中の塩素化 PAHs 組成比

国では14.2 pg/m³、中国では211.6 pg/m³であった。いずれの地点においても夏季に比べ冬季に高濃度になる傾向が見られた。とくに中国では夏季から冬季にかけて約17倍も濃度が増加することから中国における冬季燃焼系が塩素化 PAHs の発生に大きく寄与していることが示唆された(図3)。また、塩素化 PAHs の組成比の結果を見ると、測定地点や季節によって大きく異なることから地域特有の発生源が存在していることが示唆された。

(2) 塩素化 PAHs の土壌環境実態評価

本研究で行った黄海底質ならびにスリランカの柱状堆積物の採取場所を図4に示す。

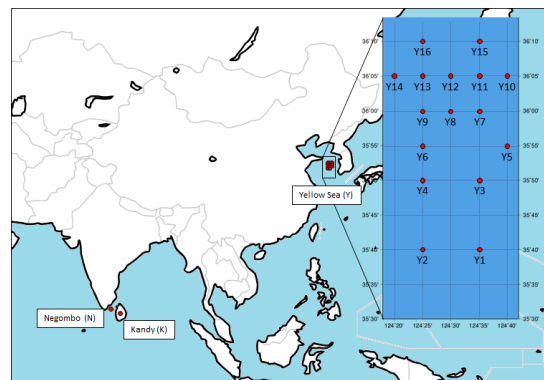


図4. 底質ならびに堆積物のサンプリング場所

黄海においては21種の塩素化 PAHs が検出され、その濃度は地点によって大きく異なっていた。とくに総塩素化 PAHs 濃度はY3やY9(図4参照)の地点で局所的に高濃度であった。しかしながらY3とY9における塩素化 PAHs 組成を比較すると両者は大きく異なる傾向を示した。また、Y9付近では塩素化 PAHs 以外にも PAHs や鉛も高濃度であったが、Y3ではそのような傾向は認められなかった(図5)。これらの結果より底質の塩素化 PAHs 汚染は複数の局所的な汚染源により汚染が進行することが示唆された。

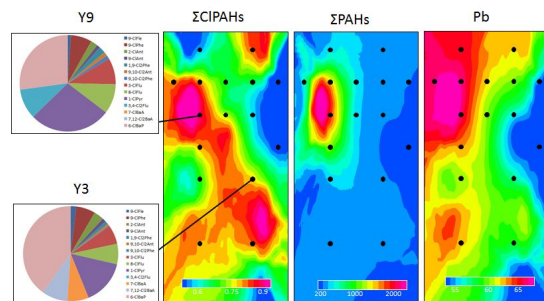


図5. 底質における総塩素化 PAHs、総 PAHs、鉛濃度の空間濃度分布と塩素化 PAHs 組成比

次に柱状堆積物における塩素化 PAHs の濃度変化を調べた結果、深度における大きな濃度変化は認められなかった(図6)。さらに Negombo における塩素化 PAHs 組成はいずれの

堆積試料においても大きな変化は見られなかったが、Kandy の試料では下層の堆積試料になるにつれ高分子量の塩素化 PAHs 組成が増加する傾向が見られた(図6)。このことから Negombo と Kandy では塩素化 PAHs の発生源が異なっていたことを示唆している。

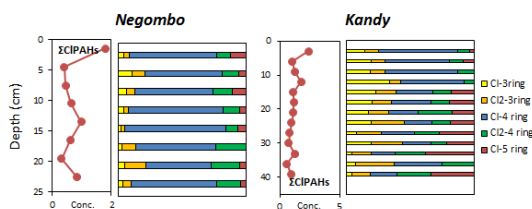


図6. 柱状堆積物の総塩素化 PAHs 濃度の鉛直分布とその組成比

以上の結果、環境中の塩素化 PAHs はその親化合物である PAHs とは異なった環境動態を示しており、その原因としては特有の発生源の存在が大きく寄与していることが考えられる。

(3) 塩素化 PAHs の生態影響評価

代表的なハロゲン化 PAHs の一つである 7-塩素化ベンゾアントラセン (7-ClBaA) を試験化合物として用い、動物個体レベルでの毒性影響を評価した結果、ラットへの2週間の繰り返し(亜急性)曝露により、親化合物である BaA が肝臓中のシトクロム P450 (CYP) 1A1、1A2、1B1 の遺伝子発現を上昇させるのに対し、7-ClBaA は CYP1A2 の発現のみを特異的に上昇させることがわかった(図7)。

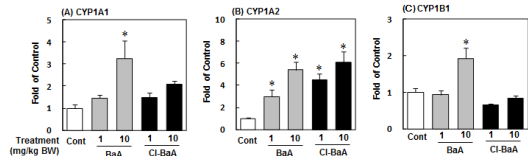


図7. 7-ClBaA 投与におけるラット肝臓中の CYP 発現量

次に単回の曝露時にも同様の生体応答が見られるのかについての検証も行った。100 mg/kg 体重の BaA あるいは 7-ClBaA を単回投与した群の肝臓重量は、溶媒対照群と比較して有意に増加した(表1)。興味深いことに、この傾向は雄マウスにおいて顕著であった。100 mg/kg の ClBaA 投与群の肝臓中 CYP1 ファミリーの遺伝子発現は、雌雄問わずいずれも溶媒対照群と比較して有意に上昇した。一方、同量の BaA 投与群でも同様にそれぞれの遺伝子発現は上昇したが、その発現量は 7-ClBaA 投与群よりも低度であった。以上の結果は BaA に塩素基が一つ付加することで、代表的な薬物代謝系の誘導能が親化合物よりも高まることを示唆している。しかしながらこれは 14 日間の反復経口投与時にみられた CYP1A2 の選択的な誘導ではなかった。すなわ

表1. 単回投与における体重ならびに肝重量変化

	Male mice		Female mice	
	Body weight (g)	Liver weight (mg/g BW)	Body weight (g)	Liver weight (mg/g BW)
Control	29.4 ± 1.5	36.0 ± 3.0	25.6 ± 0.9	36.8 ± 0.9
BaA				
1 mg/kg	30.2 ± 0.5	36.5 ± 0.7	25.1 ± 0.9	35.1 ± 2.4
10 mg/kg	30.3 ± 1.2	39.0 ± 0.8	25.0 ± 0.4	35.2 ± 1.4
100 mg/kg	29.3 ± 2.1	40.9 ± 2.7*	26.1 ± 0.6	38.2 ± 4.2
ClBaA				
1 mg/kg	29.3 ± 1.6	36.8 ± 1.5	26.5 ± 1.1	38.6 ± 5.3
10 mg/kg	29.5 ± 1.3	38.5 ± 1.8	25.9 ± 2.4	35.4 ± 1.0
100 mg/kg	31.3 ± 2.3	39.7 ± 2.1*	23.8 ± 2.1	37.2 ± 3.8
Extra mice ¹				
BaA	37.8	63.5	28.6	48.9
ClBaA	36.2	63.5	27.3	62.3

Mean ± SD (n=5)

*P<0.05 vs Control group

¹These mice were administered 2 times of each compound (100 mg/kg/day) with 1 days interval

ち、BaA のハロゲン化は親化合物と比べて、その化合物への亜急性曝露時と急性曝露時とは異なる生体影響を發揮している可能性がある。

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 12 件)

K. Kakimoto, H. Nagayoshi, Y. Konishi, K. Kajimura, T. Ohura, K. Hayakawa, A. Toriba: Atmospheric chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in East Asia. Chemosphere, 査読有, 111, 40-46 (2014) DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.03.072

T. Ohura, M. Kojima, Y. Horii, Y. Kamiya: Diurnal variability of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air, Japan. Atmos. Environ. 査読有, 81, 84-91 (2013). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.08.044

J. Ma, Z. Chen, M. Wu, J. Feng, Y. Horii, T. Ohura, K. Kannan: Airborne PM2.5/PM10-associated chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons and their parent compounds in a suburban area in Shanghai, China. Environ Sci Technol., 査読有, 47, 7615-7623 (2013). DOI: 10.1021/es400338h

H. Sakakibara, T. Ohura, T. Kido, N. Yamanaka, N. Tanimura, K. Shimoi, K. S. Guruge: Organ-specific distribution of 7-chlorinated benz[a]anthracene and regulation of selected cytochrome P450 genes in rats. J. Toxicol. Sci., 査読有, 38, 137-143 (2013). DOI: http://dx.doi.org/10.2131/jts.38.137

T. Kido, H. Sakakibara, T. Ohura, K. S. Guruge, M. Kojima, J. Hasegawa, T. Iwamura, N. Yamanaka, M. Sakaguchi, T. Amagai, K. Shimoi: Evaluation of chlorinated benz[a]anthracene on hepatic toxicity in rats and mutagenic activity in Salmonella typhimurium. Environ. Toxicol., 査読有, 28, 21-30 (2013). DOI: 10.1002/tox.20693

J. Ma, J. S. Zheng, Z. Y. Chen, M. H. Wu, Y.

Horii, T. Ohura, K. Kannan: Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Urban Surface Dust and Soil of Shanghai, China. *Advanced Materials Research*, 査読有, 610-613, 2989-2994 (2013). DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.610-613.2989

J. Wang, S-J. Chen, M. Tian, X. Zheng, L. Gonzales, T. Ohura, B. Mai, S. Simonich: Inhalation cancer risk associated with exposure to complex polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures in an electronic waste and urban area in South China. *Environ. Sci. Technol.*, 査読有, 46, 9745-9752 (2012). DOI: 10.1021/es302272a

T. Ieda, N. Ochiai, T. Miyawaki, T. Ohura, Y. Horii: Comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to high-resolution time-of-flight mass spectrometry for analysis of Cl-/Br-PAHs in environmental samples. *Organohalogen Compd.*, 査読有, 73, 2155-2158 (2011). <http://www.dioxin20xx.org/pdfs/2011/4804.pdf>

Y. Horii, N. Ohtsuka, K. Minomo, K. Nojiri, T. Ohura, Y. Miyake, K. Kannan: Characteristics of halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons in flue gas from waste incinerators. *Organohalogen Compd.*, 査読有, 73, 108-111 (2011). <http://www.dioxin20xx.org/pdfs/2011/0314.pdf>

H. Lu, T. Amagai, T. Ohura: Comparison of polycyclic aromatic hydrocarbon pollution in Chinese and Japanese residential air. *J. Environ. Sci.*, 査読有, 23, 1512-1517 (2011). DOI: 10.1016/j.bbr.2011.03.031

S. Hashimoto, Y. Takazawa, A. Fushimi, K. Tanabe, Y. Shibata, T. Ieda, N. Ochiai, H. Kanda, T. Ohura, Q. Tao, S. E. Reichenbach: Global and selective detection of organohalogens in environmental samples by comprehensive two-dimensional gas chromatography-tandem mass spectrometry and high-resolution time-of-flight mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 査読有, 1218, 3799-3810 (2011). DOI: 10.1016/j.chroma.2011.04.042

T. Ieda, N. Ochiai, T. Miyawaki, T. Ohura, Y. Horii: Environmental analysis of chlorinated and brominated polycyclic aromatic hydrocarbons by comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to high-resolution time-of-flight mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 査読有, 1218, 3224-3232 (2011). DOI: 10.1016/j.chroma.2011.01.013

[学会発表](計 22 件)

神谷優太、大浦 健：名古屋市の大気浮

遊粒子中における塩素化芳香族類の年間変動および粒径分布．都市大気のPM2.5 研究会、名古屋、2013 年 3 月

Y. Kamiya, F. Ikemori, T. Ohura: Environmental factors affecting the concentrations of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matters. SETAC Europe 23rd Annual Meeting, 12-16 May, 2013, Glasgow, UK

T. Ohura, H. Sakakibara, T. Kido, N. Yamanaka, N. Tanimura, K. Shimoi, K.S. Guruge: Organ-specific distribution of 7-chlorinated benz[a]anthracene and regulation of selected cytochrome P450 genes in rats. SETAC Europe 23rd Annual Meeting, 12-16 May, 2013, Glasgow, UK

神谷優太、池盛文数、飯島明宏、奥田知明、大浦 健：都市大気における塩素化多環芳香族炭化水素類の環境動態ならびに発生源解析 第 22 回環境化学討論、平成 25 年 7 月 31 日、府中、東京

鈴木里奈、神谷優太、大浦 健：イオントラップ型 GC/MS を用いた塩素化芳香族類分析法の開発ならびに生体試料へ適応．第 22 回環境化学討論、平成 25 年 8 月 1 日、府中、東京

大浦 健、神谷優太、須原 健、池盛文数、中島大介：塩素化多環芳香族炭化水素類 全国大気調査、第 22 回環境化学討論、平成 25 年 8 月 1 日、府中、東京
神谷優太、池盛文数、飯島明宏、奥田知明、大浦 健：都市大気エアロゾルにおける塩素化多環芳香族炭化水素類の粒径別分布．第 30 回エアロゾル科学・技術研究討論会、平成 25 年 8 月 28 日、京都

Y. Kamiya, T. Ohura: Size distribution and source apportionment of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in an urban air, Japan. 2013 International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds (ISPAC 2013) conference, Sep. 8-12, 2013, Corvallis, OR, USA

R. Suzuki, T. Ohura: The Analytical development of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons used by ion trap GC/MS, and bioaccumulation of wild organisms. 2013 International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds (ISPAC 2013) conference, Sep. 8-12, 2013, Corvallis, OR, USA

堀井勇一、野尻喜好、大塚宜寿、大浦 健、三宅祐一：飛行時間型 GC/MS を用いる焼却排ガス中ハロゲン化芳香族群の検索、第 21 回環境化学討論会、2012 年 7 月、松山

大浦 健、松尾光樹、神谷優太、三輪良：イオントラップ GC/MS による加熱食品中の塩素化多環芳香族類の分析．日

本分析化学会第 61 年会、2012 年 9 月、
金沢

久留戸涼子、山本彩季、秋元 慧、大浦
健、下位香代子：ヒト乳がん細胞を用い
た環境水の汚染評価．第 15 回環境ホル
モン学会研究発表会、2012 年 12 月、東
京

三輪 良、大浦 健：紫外線照射下にお
ける塩素化多環芳香族類の動態解析、日
本化学会第 92 春季年会、神奈川、2012
年 3 月

神谷優太、大浦 健：GC/QMS による塩
素化多環芳香族炭化水素類の高感度分
析法の開発及び環境分析への適用、日
本化学会第 92 春季年会、神奈川、2012 年
3 月

久留戸涼子、山本彩季、大浦 健、榊原
啓之、下位香代子：多環芳香族炭化水素
及びそのハロゲン置換体の乳がん細胞
に及ぼす影響、第 14 回環境ホルモン学
会研究発表会、東京、2011 年 12 月

家田曜世、落合伸夫、宮脇俊文、堀井勇
二、大浦 健：GC x GC-高分解能
TOF-MS による塩素化・臭素化 PAHs の
分析 その 2 - 負イオン化学イオン化法
の適用 -、第 20 回環境化学討論会、熊
本、2011 年 7 月

Y. Horii, K. Nojiri, N. Yamashita, K.
Kannan, T. Ohura, Y. Miyake: Screening of
novel halogenated aromatic hydrocarbons in
environmental samples by GC coupled to
high resolution TOFMS. SETAC North
America 33rd Annual Meeting, Nov. 12,
2012, CA, USA.

J. Ma, J. Zheng, Z. Chen, M. Wu, Y. Horii,
T. Ohura, K. Kannan: Chlorinated
polycyclic aromatic hydrocarbons in urban
surface dust and soil of Shanghai, China.
SETAC North America 33rd Annual
Meeting, Nov. 12, 2012, CA, USA.

T. Ohura, M. Kojima, Y. Horii: Diurnal
variation of chlorinated polycyclic aromatic
hydrocarbons in urban air, Japan. The 23rd
International Symposium on Polycyclic
Aromatic Compounds. September 4-8, 2011,
Münster, Germany.

Y. Horii, B. Johson, T. Ohura, K. Kannan:
Halogenated polycyclic aromatic
hydrocarbons in urban air from Albany,
USA. SETAC North America, 32nd Annual
Meeting, 13-17 Nov 2011, Boston, MA.

- 21 Horii Y., Ohtsuka N, Minomo K, Nojiri K,
Ohura T., Miyake Y, Kannan K.
Characteristics of halogenated polycyclic
aromatic hydrocarbons in flue gas from
waste incinerators. 31st International
Symposium on Halogenated Persistent
Organic Pollutants POPs' Science in the
Heart of Europe, August 21 - 25, Brussels,
Belgium.

- 22 Ieda T, Ochiai N, Miyawaki T, Ohura T.,
Horii Y. Comprehensive two-dimensional
gas chromatography coupled to
high-resolution time-of-flight mass
spectrometry for analysis of Cl-/Br-PAHs in
environmental samples. 31st International
Symposium on Halogenated Persistent
Organic Pollutants POPs' Science in the
Heart of Europe, August 21 - 25, Brussels,
Belgium.

〔図書〕(計 2 件)

Halogenated polycyclic aromatic
hydrocarbons contamination in urban soils,
an assessment of possible sources. T. Ohura,
T. Yamamoto, K. Higashino, Y. Sasaki: In
Green Materials for Energy, Products and
Depollution (Eric Lichtfouse, Jan
Schwarzbauer, Didier Robert, Eds.), volume
3. Chapter 10, pp 449-466, Springer.
Netherlands, 2013

Analysis of Halogenated Polycyclic
Aromatic Hydrocarbons in the Air. T. Ohura,
Y. Kamiya, F. Ikemori, T. Imanaka, M.
Ando: In Air Quality- New Perspective
(Gustavo Lopez, Benjamin Valdez, Michael
Schorr, Eds.), Chapter 15, InTech, Croatia,
pp 313-326, (2012).

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
記載事項なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大浦 健 (Takeshi Ohura)
名城大学・農学部・准教授
研究者番号：60315851

(2) 研究分担者

新妻 靖章 (Yasuaki Nizuma)
名城大学・農学部・准教授
研究者番号：00387763

榊原 啓之 (Hiroyuki Sakakibara)
宮崎大学・農学部・准教授
研究者番号：20403701

堀井 勇一 (Yuichi Horii)
埼玉県環境科学国際センター・研究員
研究者番号：30509534