

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25241013

研究課題名(和文) ペット動物の化学汚染：有機ハロゲン化合物および代謝物の暴露実態解明とリスク評価

研究課題名(英文) Contamination status of organohalogen compounds and their metabolites of pet animals and effects on thyroid hormones homeostasis

研究代表者

田辺 信介 (TANABE, SHINSUKE)

愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授

研究者番号：60116952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、国内のペットのイヌ・ネコ血清中有機ハロゲン化合物を分析するとともに、甲状腺ホルモン(THs)の恒常性へ及ぼす影響について検証した。分析の結果、ペットのネコはイヌよりも有意に有機ハロゲン化合物を高蓄積しており、DecaBDEによる汚染が顕著であった。また、ネコにおいては、複数の有機ハロゲン化合物とTHsの間に有意な負の相関関係が認められ、とくにDecaBDEはT4、T3、FT4、FT3に対して最も強い影響を示した。生体内で甲状腺ホルモン作用を示すのはFT3であることから、恒常的なDecaBDEの曝露により、ペットネコの甲状腺機能は攪乱されていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Previous studies reported that high level of PBDEs in serum of pet cats had a link to increasing feline hyperthyroidism. The present study investigated the residual levels and patterns of PCBs, PBDEs, OH-PCBs, and OH-PBDEs in serum samples of pet cats and dogs. In order to assess the effects of contaminants in pet cats and dogs, we also examined relationships between the levels of organohalogen compounds and serum TH levels analyzed using LC-MS/MS. PCBs, PBDEs, OH-PCBs, OH-PBDEs and THs were found in all the serum samples analyzed. PBDEs in the serum of cats had the highest concentration among the organohalogen compounds examined. Especially, BDE209 was the predominant homologue. Total T4, total T3, free T4, and free T3 levels in the serum of cats showed significant negative correlations with BDE209 concentrations. Further studies are necessary for assessment of risk for pet cats including disruption mechanisms of TH homeostasis.

研究分野：環境化学

キーワード：有機ハロゲン化合物 水酸化代謝物 ペット動物 甲状腺ホルモン 内分泌攪乱化学物質

1. 研究開始当初の背景

有機ハロゲン化合物であるポリ塩化ビフェニル (PCBs)、および電子・電気機器やプラスチック製品に含まれる有機臭素系難燃剤の一種ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) は、環境や野生生物、ヒトから広く検出され、その生体影響が危惧されている。

PCBs や PBDEs は、代謝物の毒性も問題視され、とくに生物の行動に関わる影響が注目されている。生体内に取り込まれた PCBs や PBDEs は肝臓でシトクロム P450 (CYPs) の働きにより水酸化体 (OH-PCBs、OH-PBDEs) に代謝され (第 相反応) その後、UDP グルクロン酸転移酵素・グルタチオン S-転移酵素などによる抱合作用 (第 相反応) を受けて体外に排泄される。しかしながら、一部の水酸化代謝物は甲状腺ホルモン (T4) と構造が類似しているため、血中の甲状腺ホルモン輸送タンパクであるトランスサイレチン (TTR) に対して強い結合性を示し、血流により臓器・組織へ分配される。とりわけ、TTR と結合した OH-PCBs は、血液-脳関門を通過して脳組織へ到達し、神経系への悪影響や甲状腺ホルモンの恒常性攪乱が示唆されている (図 1)^{1,2)}。さらに、OH-PBDEs の曝露経路には PBDEs の曝露とその代謝由来に加え、海藻やシアノバクテリアなどが生成する天然起源の取り込みも報告されている (図 1)³⁾。そのため、既存の残留性有機汚染物質 (POPs) に加え、その代謝物や天然起源のハロゲン化フェノール類による生体および環境の汚染実態解明とリスク評価が求められている³⁾。

近年、ペットとして飼育されているネコの PBDEs 高蓄積が明らかとなり、増加する甲状腺機能亢進症と PBDEs 代謝物との関連性が強く疑われている⁴⁾。PBDEs は居住家屋の家電製品や家具に難燃剤として多用されており、その曝露経路はキャットフードなど餌からの取り込みに加え、ハウスダストの体毛付着と毛づくろい (グルーミング) が高濃度曝露の原因と考えられている。さらに、ネコの OH-PBDEs 濃度は他種に比べ高値を示し、異性体組成から餌経由で天然起源の OH-PBDEs を取り込んでいることも示唆されている³⁾。

しかしながら、ペットに関する PCBs、PBDEs の汚染実態解明研究は世界的に開始されたばかりであり、そのリスクも不明な点が多い。とくにイヌやネコに対する代謝物の曝露量は多いと考えられるが、代謝能、体内動態、蓄積特性、そしてリスク評価に関する研究は極めて少ない。このような背景と経緯から、ペット動物のイヌやネコに対する有機ハロゲン化合物および水酸化代謝物の曝露実態とリスクに着目した研究を構想化した。

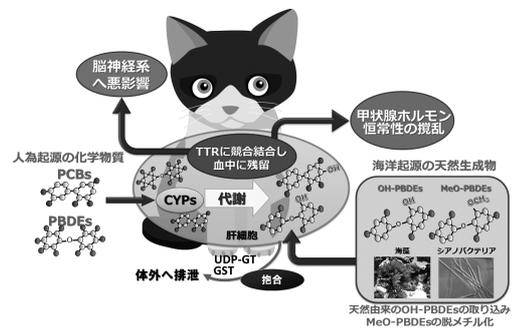


図 1. 有機ハロゲン化合物の曝露と代謝経路

2. 研究の目的

本研究では、社会的関心の高いペット動物の化学汚染と健康リスクに焦点を当て、とくにイエヌ (*Canis lupus familiaris*)・イエネコ (*Felis catus*) に残留する有機ハロゲン化合物 (PCBs、PBDEs) とその水酸化代謝物 (OH-PCBs、OH-PBDEs) の曝露実態・蓄積特性・体内動態の解明を目的とし、これらの汚染物質が甲状腺機能に及ぼす影響の検証を試みた。

とくに、イエネコはフェノール化合物の代謝を担う、UDP-グルクロン酸転移酵素 (UGT1A6) の一部欠損が知られている²⁾。そのため、化学物質に対する代謝・排泄能は他の陸棲哺乳類に比べて低いことが予想され、水酸化代謝物のハイリスクアニマルであると考えられる。しかしながら、イエネコの *in vivo* 実験例は極めて少なく、異物代謝機構や毒性発現機構に関する情報は不足している。そこで本研究では、イエネコの *in vivo* PCBs 曝露試験を実施し、PCBs と OH-PCBs の体内動態を解析すると共に、血清中のメタボロームを分析して PCBs 曝露に伴う生体内変化を検証し、毒性発現機構の解明を試みた。

3. 研究の方法

1) ペットの血清中有機ハロゲン化合物および水酸化代謝物の分析

2012-2015 年に日本の動物病院で採取したペットのイヌ血清 14 検体 (オス $n = 7$ 、メス $n = 7$) およびネコ血清 55 検体 (オス $n = 27$ 、メス $n = 11$ 不明 $n = 17$) を分析に供試した。試料は分析時まで、 -80°C で冷凍保存した。化学分析は既報に従い⁵⁾、血清 0.5 g に 6 M HCl、2-propanol、50% methyl *t*-butyl ether (MTBE)/hexane を加え、変性・抽出後、KOH 分配により有機層に PCBs、PBDEs、MeO-PBDEs、水層に OH-PCBs、OH-PBDEs を分離した。有機層は活性化シリカゲルカラムと GPC でクリーンアップ後、GC/MS (JEOL MS800D) で定性・定量した。水層は 50% MTBE / hexane で再抽出し、トリメチルシリルジアゾメタンで誘導体化後、活性化シリカゲルカラムでクリーンアップし、GC/MS で定

性・定量した。対象物質は、PCBs 56 異性体、OH-PCBs 52 異性体、PBDEs 12 異性体、OH-PBDEs 24 異性体、MeO-PBDEs 24 異性体とした。

2) ペットの血清中甲状腺ホルモンの分析

総 THs 濃度の分析法は既報に従い⁶⁾、血清試料を除タンパク、抽出後、LC-MS/MS (AB SCIEX QTRAP 5500) で定性・定量した。遊離型の THs 濃度は血清試料を限外ろ過後、固相抽出し、LC-MS/MS で定性・定量した。分析対象 THs は、L-thyroxine (T₄), 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃), 3,3',5'-triiodo-L-thyronine (rT₃), 3,3'-L-diiiodo-L-thyronine (3,3'-T₂), 3,5-diiiodo-L-thyronine (3,5-T₂), 3-iodo-L-thyronine (3-T₁) とした。

3) イエネコの *in vivo* PCBs 曝露試験

イエネコの *in vivo* PCBs 曝露試験は、「国立大学法人北海道大学動物実験に関する規定」に基づいて実施した(承認番号 14-0054)。曝露群(オス $n=4$)に PCBs 12 異性体 (CB18、28、70、77、99、101、118、138、153、180、187、202) 0.5 mg/kg を、対照群(オス $n=4$)にはコーン油 5 mL/kg を腹腔内投与した。曝露後 0、6、24、48、72、96、120 時間後に血清を採取した後、安楽死させて肝臓を採取した。血清と肝臓に残留する PCBs、OH-PCBs の分析法は既報に従い⁵⁾、試料を撈拌・抽出後、KOH 水溶液を加えて有機層に PCB、水層に OH-PCBs を分配した。水層は 50 % MTBE/hexane で再抽出し、トリメチルシリルジアゾメタンで誘導体化後、活性化シリカゲルカラムでクリーンアップし、GC/MS で定性・定量した。

4) メタボローム解析を用いたイエネコにおける PCBs の毒性影響評価

メタボローム解析は既報を一部改変し⁷⁾、血清 70 μ L を限外ろ過 (UltrafreeMC-PLHCC 250/pk for Metabolome Analysis) 後、得られたる液を LC-MS/MS [Prominence UFLC system (SHIMAZU) with QTRAP 4500 (AB SCIEX)] で定性した。本研究では 287 種の代謝物を測定対象物質とした。

4. 研究成果

1) ペット動物における有機ハロゲン化合物の曝露実態

分析対象の有機ハロゲン化合物全てにおいて、ネコはイヌ

よりも有意な高蓄積を示した(図2)。ネコ血清中の有機ハロゲン化合物濃度 (pg/g wet wt.; 中央値) は、PCBs: 290 pg/g (52 ~ 5200 pg/g)、OH-PCBs: 290 pg/g (71 ~ 800 pg/g)、PBDEs: 630 pg/g (27 ~ 7600 pg/g)、OH-PBDEs: 312 pg/g (6.9 ~ 4600 pg/g)、MeO-PBDEs: 18 pg/g (N.D. ~ 500 pg/g) であった。

一方、イヌ血清中各有機ハロゲン化合物濃度(中央値)は、PCBs: 54 pg/g (22 ~ 275 pg/g)、OH-PCBs: 120 pg/g (71 ~ 1300 pg/g)、PBDEs: 150 pg/g (79 ~ 900 pg/g) であり、OH-PBDEs および MeO-PBDEs は検出限界 (0.30 pg/g) 以下であった。イヌ・ネコともに PBDEs が最も高値を示し、室内環境およびペットフードに由来する PBDEs 汚染が示唆された。PBDEs の異性体組成に注目すると、イヌ・ネコともに DecaBDE が全体の 6 割以上を占めていた。わが国における PBDEs 製剤の使用は Deca 製剤が主体であり、ペットフード⁸⁾やハウスダスト⁹⁾も同様の組成を示していることから、Deca 製剤による遍在的なペット動物汚染が明らかとなった。

2) 有機ハロゲン化合物による甲状腺ホルモンへの影響:

イヌ・ネコ血中 THs と各有機ハロゲン化合物濃度の関係をスピアマンの順位相関で検定した結果、ネコにおいて複数の有機ハロゲン化合物と THs の間に有意な負の相関関係が認められた(表1)。さらに、PLS 解析により各有機ハロゲン化合物の曝露が THs 濃度に及ぼす影響の強さを評価した結果、DecaBDE は T₄, T₃, FT₄, FT₃ に対して最も強い影響度を示した。そこで、ネコ血清中 DecaBDE の曝露レベルと THs 濃度についてスピアマンの順位相関係数を求めたところ、T₄, T₃, rT₃ は有意な負の相関関係 ($p < 0.01$) を、FT₃ は負の相関関係 ($p < 0.05$) を示した。一方で、FT₄ と甲状腺刺激ホルモン (TSH) に対しては相関関係が認められなかった ($p > 0.05$)。生体内で実際にホルモン作用を示すのは FT₃ であり、恒常的な DecaBDE への曝露

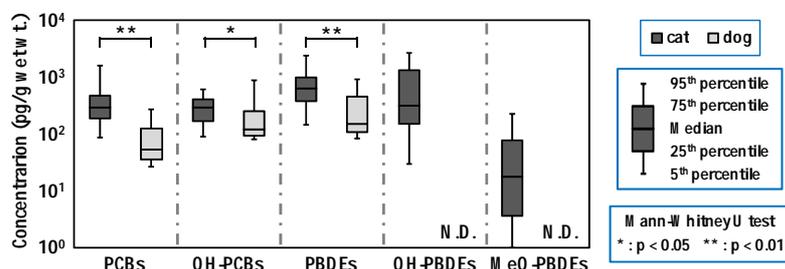


図2. ペットのイヌ・ネコ血清中有機ハロゲン化合物 (PCBs, PBDEs, MeO-PBDEs) および水酸化代謝物 (OH-PCBs, OH-PBDEs) 濃度 N.D.: Not Detected

表 1. ペットの血清中有機ハロゲン化合物および水酸化代謝物濃度と甲状腺ホルモン濃度の相関関係 (T₄:総サイロキシン、T₃:総トリヨードサイロニン、rT₃:リバース T₃、FT₄:遊離サイロキシン、FT₃ 遊離トリヨードサイロニン、TSH 甲状腺刺激ホルモン)

	T ₄	T ₃	rT ₃	FT ₄	FT ₃	TSH
PCBs	ρ = -0.27 p > 0.05	ρ = -0.45 p < 0.01	ρ = -0.52 p < 0.01	ρ = 0.06 p > 0.05	ρ = -0.25 p > 0.05	ρ = -0.45 p < 0.01
OH-PCBs	ρ = 0.21 p > 0.05	ρ = 0.05 p > 0.05	ρ = 0.00 p > 0.05	ρ = -0.23 p > 0.05	ρ = 0.38 p < 0.05	ρ = -0.33 p < 0.05
PBDEs	ρ = -0.53 p < 0.01	ρ = -0.53 p < 0.01	ρ = -0.46 p < 0.01	ρ = -0.19 p > 0.05	ρ = -0.39 p < 0.05	ρ = -0.20 p > 0.05
OH-PBDEs	ρ = -0.19 p > 0.05	ρ = -0.36 p < 0.05	ρ = -0.45 p < 0.01	ρ = 0.03 p > 0.05	ρ = -0.13 p > 0.05	ρ = -0.36 p < 0.05

が国内のペットネコの甲状腺機能を撓乱しているものと考えられた。

本研究で THs への影響が最も強く示唆された DecaBDEs の作用機序を推測した(図3)。血中の THs の約 99% はタンパク質結合型として存在するため、血中総 THs 濃度はタンパク質濃度に依存することが知られている。ヒトでは PCBs 曝露による血中 TBG 濃度の減少が報告されており¹⁰⁾、ネコ血中 T₄、T₃、rT₃ と DecaBDE の有意な負の相関関係は、DecaBDE 曝露による THs 輸送タンパクの減少が推察される。一方で遊離型の THs は血中のタンパク質濃度に依存せず、血中で一定値を示すことが知られている。本研究では FT₄ と DecaBDE の間に有意な相関関係は認められなかったが、FT₃ に対して有意な負の相関関係がみられた。T₃ の 80% は T₄ の脱ヨウ素化によって生成されるホルモンであるため、FT₃ の減少は、T₄ に対する脱ヨウ素化阻害が要因であることも推察される。THs の脱ヨウ素化酵素(Thyronine deiodinase enzyme)には 1 型 (D1)、2 型 (D2)、3 型 (D3) の 3 種類が存在し、このうち血中の T₃ 濃度に関与するのは肝臓において T₄ から T₃ への代謝を担う D1 である¹¹⁾。マウスの肝ミクロソームを用いた PCBs 曝露試験では、D1 活性の低下が報告されており¹²⁾、本研究における FT₃ の減少は、DecaBDE による脱ヨウ素化酵素の阻害が要因の一つと考えられた。

ペット動物を対象に有機ハロゲン化合物による汚染の実態と THs への影響を解析した報告例は少なく、とくに T₃、rT₃、FT₃ に対する影響に注目した事例は皆無であることから、本研究は初めての成果である。

生体内でホルモン作用を示す FT₃ に対して DecaBDE の影響が示唆されたことから、今後はペットネコの恒常的な DecaBDE 曝露と、甲状腺機能への影響について詳細な解析が必要である。

3) イエネコの *in vivo* PCBs 曝露試験による血清中 PCBs、OH-PCBs 濃度の変化

ネコ血清中平均 PCBs 濃度(wet wt.)は、曝露後 6 時間でピーク (59 ng/g) となり、その後

24 時間後から 96 時間後までは 35 ng/g 前後で一定値を示した後、120 時間後に減少傾向(29 ng/g)を示した。OH-PCBs 濃度は曝露後 72 時間から 96 時間まで上昇 (350 ng/g) し、その後減少に転じた (図 4)。120 時間後の肝臓中 PCBs 濃度 (wet wt.) は 500 ng/g、OH-PCBs 濃度は 200 ng/g であった。

検出された異性体に注目すると、投与した 12 種類の PCBs 異性体の全てが血清および肝臓中から検出されたが、肝臓中では低塩素化 PCBs (CB18、CB70) の残留レベルが相対的に低値を示した。OH-PCBs の異性体組成は血清と肝臓の間で大きな差は見られず、CB18 の代謝物である 4'-OH-CB18、CB70 の代謝物である 4OH-CB70、および CB77 の代謝物である 4OH-CB79 が主要異性体として検出されたが、5 塩素化体以上の OH-PCBs 濃度は低値であった(図 5)。これらの結果は、ネコの PCBs 代謝能が弱く、高塩素化 PCBs をほとんど代謝できないこと、さらに生成した低塩素化 OH-PCBs を体外へ排泄する抱合能が弱いことを示唆している。

4) メタボローム解析を用いたイエネコにおける PCBs の毒性影響評価

OPLS 解析により血清中メタボロームを分析した結果、PCBs 曝露後 6 時間~120 時間の血清試料において、複数の変動したメタボロームが確認された。これらのメタボロームはペントースリン酸回路 (D-Glucono-1,5-lactone, Glycerate-3P) や ABC トランスポーター (e.g. Lysin, Arginine, Ornithine, Thiamin) など ATP を合成、消費する経路に関わるメタボロームが多数含まれていた。一部のハロゲン化フェノール類は ATP を合成するミトコンドリア内膜の電子伝達系を撓乱することが明らかにされており¹³⁾、本研究においても OH-PCBs 曝露による ATP 生合成経路の撓乱が示唆された。

変動がみられたメタボロームについて、血清中 PCBs、OH-PCBs 濃度との相関 (MIC:Maximal Information Coefficient) を解析

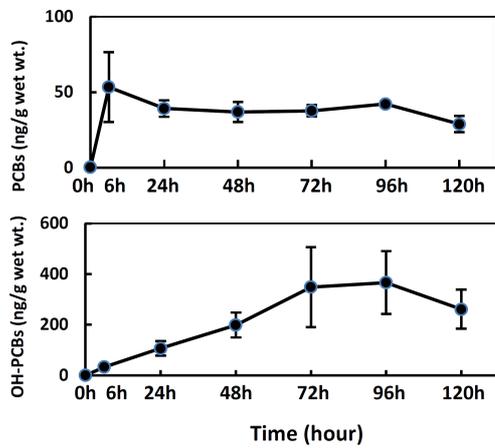


図4. PCBs 投与開始後 120 時間までのネコ血清中 PCBs および OH-PCBs 濃度 (平均値±SD) の経時変化

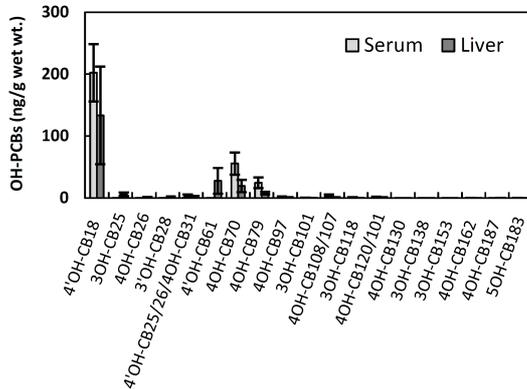


図5. PCBs を曝露したイエネコの血清(120 h) および肝臓中 OH-PCBs 異性体の濃度 (平均値±SD)

した結果、PCBs では 20 種、OH-PCBs では 19 種の代謝物で寄与率が > 0.4 を示した。この中で、ペントースリン酸回路に関連する代謝物は 2 種類 (Dehydro-D-gluconate, Sedoheptulose-1,7-bisphosphate)、ABC トランスポーターに関連する代謝物は 2 種類 (Hydroxyproline, Leucine.Isoleucine) 認められた (図 6)。これらのメタボロームは、PCBs および OH-PCBs の経時変化と類似の変動を示しており、代謝経路内で直接 PCBs、OH-PCBs の影響を受けたことが推察された。

本研究より、イエネコは PCBs 曝露によって ATP の合成が阻害されることが示唆された。ATP 電子伝達系の抑制は脂質代謝や尿素回路などの ATP を消費する代謝に影響を与え、様々な細胞機能障害を引き起こす可能性がある。また、これらのメタボロームは PCBs および OH-PCBs の曝露レベルに合わせて変動していることから、PCBs 曝露を反映するバイオマーカーとして重要と考えられる。

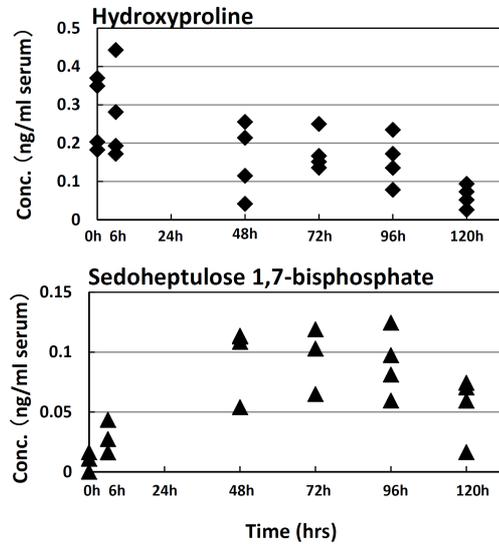


図6. PCBs 投与開始後 120 時間までのネコ血清中メタボローム (Hydroxyproline および Sedoheptulose 1,7-bisphosphate) 濃度の経時変化

<引用文献>

- 1) Purkey et al., 2004. *Chem. Biol.* 11, 1719–1728.
- 2) Hamers et al., 2006. *Toxicol. Sci.* 92, 157–173.
- 3) Mizukawa et al., 2013. *Environ. Pollut.* 174, 28–37.
- 4) Dye et al., 2007. *Environ. Sci. Technol.* 41, 6350–6356.
- 5) Eguchi et al., 2014. *Talanta* 118, 253–261.
- 6) Kunisue et al., 2011, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 61, 151–158
- 7) Yuan et al., 2012, *Nature protocols.* 7, 872–881.
- 8) Mizukawa et al., 2016, *Environ. Sci. Technol.* 50, 444–452.
- 9) Takigami et al., 2009, *Chemosphere* 76, 270–277.
- 10) Dallaire et al., 2009, *Environ. Health Perspect.* 117, 1380–1386.
- 11) 10) Larsen and Zavacki, 2012, *Eur. Thyroid J.* 1, 232–242.
- 12) Hood and Klaassen, 2000, *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 163, 240–248.
- 13) Van Bostel et al., *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 1773–1779.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

1. Mizukawa H., Nomiyama K., Nakatsu S., Iwata H., Yoo J., Kubota A., Yamamoto M., Ishizuka M., Ikenaka Y., Nakayama S.M., Kunisue T., Tanabe S. Organohalogen Compounds in Pet Dog and Cat Do Pets Biotransform Natural Brominated Products in Food to Harmful Hydroxylated Substances. *Environmental Science and Technology*, 2016, 50, 444–452. 査読有
2. Kakehi M., Ikenaka Y., Nakayama S.M., Kawai Y.K., Watanabe K.P., Mizukawa H.,

- Nomiyama K., Tanabe S., Ishizuka M. Uridine Diphosphate-Glucuronosyltransferase (UGT) Xenobiotic Metabolizing Activity and Genetic Evolution in Pinniped Species. *Toxicological Science*, 2015, 147(2), 360–369. 査読有
3. Mizukawa H., Nomiyama K., Kunisue T., Watanabe M.X., Subramanian A., Iwata H., Ishizuka M., Tanabe S. Organohalogen and their hydroxylated metabolites in the blood of pigs from an open waste dumping site in south India: Association with hepatic cytochrome P450. *Environmental Research*, 2015, 138, 255–263. 査読有
 4. Nomiyama K., Hirakawa S., Eguchi A., Kanbara C., Imaeda D., Yoo J., Kunisue T., Kim E.Y., Iwata H., Tanabe S. Toxicological assessment of polychlorinated biphenyls and their metabolites in the liver of Baikal seal (*Pusa sibirica*). *Environmental Science and Technology*, 2014, 48, 13530–13539. 査読有
 5. Imaeda D., Nomiyama K., Kunisue T., Iwata H., Tsydenova O., Amano M., Petrov E.A., Batoev V.B., Tanabe S. Blood levels of polychlorinated biphenyls and their hydroxylated metabolites in Baikal seals (*Pusa sibirica*): Emphasis on interspecies comparison, gender difference and association with blood thyroid hormone levels. *Chemosphere*, 2014, 114, 1-8. 査読有
 6. Eguchi A., Nomiyama K., Ochiai M., Mizukawa H., Nagano Y., Nakagawa K., Tanaka K., Miyagawa H., Tanabe S. Simultaneous detection of multiple hydroxylated polychlorinated biphenyls from a complex tissue matrix using gas chromatography/isotope dilution mass spectrometry. *Talanta*, 2014, 118, 253-261. 査読有
 7. Nomiyama K., Kanbara C., Ochiai M., Eguchi A., Mizukawa H., Isobe T., Matsuishi T., Yamada T.K., Tanabe S. Halogenated phenolic contaminants in the blood of marine mammals from Japanese coastal waters. *Marine Environmental Research*, 2014, 93, 15-22. 査読有
 8. Ochiai M., Nomiyama K., Isobe T., Mizukawa H., Yamada T.K., Tajima Y., Matsuishi T., Amano M., Tanabe S. Accumulation of hydroxylated polychlorinated biphenyls (OH-PCBs) and implications for PCBs metabolic capacities in three porpoise species. *Chemosphere*, 2013, 92, 803-810. 査読有

[学会発表](計5件)

1. Mizukawa, H., Nomiyama K., Yokoyama, N., Ichii, O., Takiguchi, M., Ikenaka, Y., Nakayama, S. M., Maehara, M., Tanabe S. and Ishizuka, M. (2015年11月2日): Metabolism and biotransformation of organohalogen compounds in the liver

microsomes of cats and dogs. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) North America 36th Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, USA, November, Abstract Book, 217.

2. Yamamoto, Y., Nomiyama K., Mizukawa, H., Takiguchi, M., Ishizuka, M., Kunisue T. and Tanabe S. (2015年11月2日): Contamination status of organohalogen compounds and their hydroxylated metabolites in pet cats: Effects on thyroid hormones homeostasis. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) North America 36th Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, USA, November, Abstract Book, 284.
3. 山本恭央・野見山 桂・水川葉月・滝口満喜・石塚真由美・国末達也・田辺信介 (2015): ペットネコにおける有機ハロゲン化合物および水酸化代謝物の汚染実態と甲状腺ホルモン恒常性への影響, 第24回環境化学討論会, 札幌コンベンションセンター(札幌), 6月24日, 講演要旨集, 58-59.
4. 山本恭央・野見山 桂・水川葉月・滝口満喜・石塚真由美・国末達也・田辺信介 (2015): ペット動物における有機ハロゲン化合物および水酸化代謝物の曝露実態と甲状腺ホルモン恒常性へ及ぼす影響環, 境ホルモン学会第18回研究発表会, 自治医科大学(栃木県下野市), 12月10日, 要旨集, 124.
5. 野見山桂・長野靖子・水川葉月・中津 賞・田辺信介 (2014): イヌ・ネコに残留するPCBsの代謝・排泄能とその種間比較, 第23回環境化学討論会, 京都大学(京都), 5月14日, 講演要旨集, 282-283.

6. 研究組織

(1)研究代表者

田辺信介 (TANABE Shinsuke)
愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授
研究者番号: 60116952

(2)研究分担者

岩田久人 (IWATA Hisato)
愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授
研究者番号: 10271652
野見山 桂 (NOMIYAMA Kei)
愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・准教授
研究者番号: 30512686
国末達也 (KUNISUE Tatsuya)
愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授
研究者番号: 90380287