

アジア途上地域におけるPOPs候補物質の汚染実態解明と生態影響評価

Environmental Contamination and Ecological Risk of Novel POPs in the Asian Developing Region

田辺 信介 (TANABE SHINSUKE)

愛媛大学・沿岸環境科学研究センター・教授



研究の概要

POPs 候補物質 (有機臭素系難燃剤など) に注目し、途上地域を中心にその広域汚染の実態解明、汚染源の解析、生物蓄積の特徴、リスク評価、過去の汚染の復元と将来予測のサブテーマに取り組み、環境改善や対策技術構築のための科学的根拠を国際社会に提示するとともに、当該研究分野においてアジアの広域にまたがる最大の情報を蓄積することに成功した。

研究分野：環境化学

科研費の分科・細目：環境学・放射線・化学物質影響科学

キーワード：アジア途上地域、POPs 候補物質、環境汚染、リスク評価、歴史トレンド

1. 研究開始当初の背景

POPs 候補物質 (新規残留性有機汚染物質)、すなわち電子・電気機器等に含まれる有機臭素系難燃剤や撥水材、表面処理剤等として利用されている有機フッ素化合物等は、最近までヒトや環境中の汚染レベルが上昇し、その動向に学術的・社会的関心が集まっている。しかし、これら POPs 候補物質のモニタリング調査やリスク評価の研究は先進諸国が中心で、途上国の汚染実態はほとんど明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、国際社会において大きな関心を集めている POPs 候補物質、およびその発生源としてまた不適切管理地域として懸念されているアジアの途上地域を対象に、環境・生態系汚染の現状と経年変化およびバイオアッセイ/マイクロアレイ等による影響評価の基礎データを集積・解析し、環境改善や対策技術構築のための科学的根拠を提示することにある。具体的には、1) 分析法の開発、2) アジア途上地域における広域汚染の実態解明、3) 廃棄物投棄場等汚染源の解析、4) 生物蓄積の特徴、5) バイオアッセイ/マイクロアレイによる影響評価、6) 過去の汚染の復元と将来予測のサブテーマに取り組む。

3. 研究の方法

本研究は、研究代表者の他に5名の研究分担者、2名の連携研究者、7名の研究協力者の組織体制で実施する。現在大きな学術的・社会的関心を集めている POPs 候補物質すなわち PBDEs (ポリ臭素化ジフェニールエーテ

ル) や HBCDs (ヘキサブロモシクロドデカン) などの有機臭素系難燃剤および PFOS (パーフルオロオクタンスルホン酸) などの有機フッ素化合物、重金属類、さらには非意図的生成物質の塩素化および臭素化ダイオキシン類などに注目し、アジアの途上地域を中心に上記6つのサブテーマについて究明を試みる。なお、本研究を遂行するにあたっては、愛媛大学の貴重な研究基盤「生物環境試料バンク (es-BANK)」の保存試料および途上国研究者の人材ネットワークを有効に活用する。

4. これまでの成果

分析法開発のサブテーマでは、既存の POPs 前処理技術と高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計や液体クロマトグラフ・タンデム型質量分析計を駆使して、PBDEs や HBCDs などの有機臭素系難燃剤、PFOS などの有機フッ素化合物の分析法を確立した。また、Ah レセプター結合細胞アッセイ (DR-CALUX) と化学分析法を統合した毒性同定評価法も体系化し、潜在的ダイオキシン様活性物質の環境モニタリングに適用した。広域汚染の実態解明に関するサブテーマでは、多様な環境試料 (ヒトの母乳、海洋堆積物、魚介類、陸棲・海棲哺乳動物等) を対象に分析を試み、POPs 候補物質による汚染がアジア全域に及んでいることを実証した。また PBDEs など難燃剤の汚染源は、途上国にも存在することを示唆した。汚染源解析のサブテーマでは、アジア途上国に遍在する廃棄物投棄場やリサイクル施設で調査を実施し、高濃度の臭素系難燃

剤やダイオキシン類縁化合物を検出するなど、不適切な廃棄物処理が POPs や POPs 候補物質の広域汚染源でありヒトの暴露源になっていることを突き止めた。生物蓄積の特徴に関するサブテーマでは、水棲哺乳動物に注目して研究を展開し、PBDEs や HBCDs などの臭素系難燃剤は POPs と類似の年齢蓄積性や母子間移行を示すため、その生体汚染は長期化することを指摘した。また、PCBs や PBDEs の水酸化代謝物を陸棲および水棲哺乳動物から検出し、前者は後者に比べ代謝能が強いこと、自然起源の OH-PBDEs が残留することを明らかにした。リスク評価のサブテーマでは、イガイを対象にダイオキシン類の化学分析と DR-CALUX バイオアッセイを試み、海洋起源の低臭素化ダイオキシン類が未知の Ah 受容体 (AhR) アゴニストであることを示した。また、鳥類・水棲哺乳類から単離した AhR や PPAR α の cDNA クローンを培養細胞に導入したバイオアッセイ系を新たに構築し、塩素化ダイオキシン類や有機フッ素化合物に対する感受性を明らかにした。さらに、レポーター遺伝子アッセイ・バッテリーによる環境化学物質の受容体活性化能測定やカワウの遺伝子ライブラリ構築等による遺伝子群変動パターンの数値化にも成功した。過去の汚染復元と将来予測のサブテーマでは、愛媛大学の生物環境試料バンクに冷凍保存されている水棲哺乳類や柱状堆積物の試料を分析し、先進国の HBCDs 汚染が近年急速に進行したこと、途上国の PBDEs 汚染も経年的に拡大したこと、外洋など遠隔地の HBCDs および PFOS 汚染が今世紀になって急上昇したことを明らかにし、途上国および遠隔地の POPs 候補物質汚染は、今後しばらく継続することを指摘した。

これらの多くは世界初、アジア初の成果であり、国際シンポジウム等で招待講演を依頼されるなど、国際的な注目を集めた。

5. 今後の計画

今後は以下の研究計画・方法を推進する。

(1)相互検定と POPs 候補物質代替品の分析法開発およびその汚染実態の解明、(2)北方冷水海域における POPs 候補物質の分布、(3)廃棄物処理現場におけるヒトの暴露実態とリスク評価、(4)生態系構造と生物濃縮機構の特徴解析、(5)高受容体活性化物質の特定と受容体シグナル伝達系に及ぼす影響評価、(6)POPs 候補物質代替品、レアメタルを含めた新規 POPs による東アジア地域汚染の過去復元と将来予測。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

本研究課題に関わるこれまでの発表論文は、著書 59 編、原著論文 85 編、報告書等

40 編、国際会議等発表 293 編、国内学会等発表 166 編、総計 643 編がある。以下に、代表的な研究業績を示す。

[著書]

- ① 磯部友彦・国末達也・田辺信介: アジア-太平洋地域の化学汚染, 分子による環境汚染, 鈴木 聡編著, 東海大学出版会, 2-37 (2009).

[原著論文]

- ① Tanabe, S. and Minh, T. B.: Dioxins and organohalogen contaminants in the Asia Pacific region. *Ecotoxicology*, 19(3), 463-478 (2010).
- ② Nakayama, K., Handoh, I., Kitamura, S., Kim, E., Iwata, H. and Tanabe, S.: A microarray data analysis method to evaluate the impact of contaminants on wild animals. *Science of the Total Environment*, 408(23), 5824-5827 (2010).
- ③ Suzuki, G., Someya, M., Takahashi, S., Tanabe, S., Sakai, S. and Takigami H.: Dioxin-like activity in Japanese indoor dusts evaluated by means of *in vitro* bioassay and instrumental analysis: brominated dibenzofurans are an important contributor. *Environmental Science and Technology*, 44(21), 8330-8336 (2010).

[学会発表]

- ① Tanabe, S.: Monitoring studies on the contamination of brominated flame retardants in eastern Asian waters using archived samples from *es*-BANK, Ehime University, Japan. International Conference for Environmental Specimen Bank, Berlin, Germany, November, 2010, Abstracts, 14.
- ② Takigami, H., Sato, M., Sakai, S., Tanabe, S. and Brouwer, A.: Application of a panel of nuclear receptor/reporter gene bioassays to marine harbor sediments in Asia. 29th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants, DIOXIN 2009, Beijing, China, August, 2009, Abstract Book, 51.

[受賞]

田辺信介: 平成 21 年 10 月 29 日、日本学術振興会 科学研究費補助金第一段審査貢献表彰

ホームページ等

http://www.ehime-u.ac.jp/~cmes/tanabe/04_project/project_s.html