

平成 30 年度戦略的研究開発領域課題（SⅡ-3）の公募方針

1. プロジェクト名：

PCB を含む残留性有機汚染物質（POPs）の循環・廃棄過程の管理方策に関する統合的研究

2. 研究プロジェクトリーダー：

京都大学 環境安全保健機構附属環境科学センター センター長・教授 酒井 伸一

3. 研究予算：

年間約 1 億円

※予算規模は、直接経費及び間接経費、税込み。なお、委託の消費税は、総額（直接経費＋間接経費等）に掛かる。

4. 研究期間：

3 年間（平成 30～32 年度）

※研究 2 年目に中間評価を行う。

5. プロジェクトの概要

(1) 背景と目的

ポリ塩化ビフェニル（以下「PCB」という。）をはじめとする残留性有機汚染物質（以下「POPs」という。）については、ストックホルム条約（以下「POPs 条約」という。）及び国内法令に基づいた処理が進められている。特に PCB については、POPs 条約において使用の全廃、適正な処分の期限が定められており、日本は条約遵守のため、2027 年度までの処分（うち、高濃度 PCB 廃棄物については処理施設ごとに設けられた期間内の処分）が国内法で規定されており、今後の事業完了に向けた方策及び事業評価の方向性についての検討が重要な時期となっている。PCB は、これまでの厚生省（当時）及び環境省の調査、現在の中間貯蔵・環境安全事業株式会社における処理実績等から、当時の製造・輸入による国内での使用量、これに対する処理量及び PCB 使用製品の紛失・漏洩事案を把握した上で処理を行っているが、保管中の揮発等について明らかでない部分もあり、また処理による環境動態への影響についても、処理完了の時点における評価が重要となっている。

また、PCB 以外のその他の POPs についても、2017 年の POPs 条約 COP8 で追加されたデカブロモジフェニルエーテル（DBDE）や短鎖塩素化パラフィン（SCCPs）等多様な用途・製品に使用され、種々のルートで環境中への放出があり、一定の製品寿命を経た後にも、廃棄物や循環資源として社会に存在し続け、長期にわたり社会的に課題となる POPs も指定され始めている。こうした多様な製品に使用されている POPs の指定は今後も続くと考えられており、各種環境中での濃度の把握や物性・動態解析等の総合的な評価が健全な資源循環及び社会コストの低減のために必要不可欠である。一方で、この分野については POPs そのものの毒性の評価は医学分野を中心に研究されてきたが、廃棄段階を含むライフサイクル全体での POPs の取り扱いに関する研究例は少なく、環境研究総合推進費「新規

POPs を含有する廃棄物の環境上適正な管理に関する研究」(代表研究者：梶原夏子)等により、製品プラスチック中の POPs 濃度の実態などが把握されてきている。廃棄物における実態把握等がされてきている一方、昨今追加されている POPs の一部については、プラスチックや木材など社会で広範囲に混入又は塗布などされて社会の中で滞留しているものも多く、これらを社会的に管理していくための基礎的な知見及びそれらに基づいた適切な処理技術等については、ライフサイクル全体での化学物質管理という政策的方向性を検討するに当たり極めて重要である。

このような背景のもと、PCB をはじめとする既存の POPs だけでなく、これら新たに追加された POPs や将来の POPs 候補物質(以下、総称して「新規 POPs」という。)の物性や環境中への蓄積メカニズム、処理や分解への取り組みによる環境負荷削減効果等の網羅的な研究は、社会全体での資源循環を考える上において重要な知見となる。

本研究課題では、PCB の処理状況を把握し、環境動態の経年変化等を把握することで、環境負荷に関する処理の効果や抑制の程度を把握するとともに、今後の POPs の抑制方策や社会滞留している POPs やそれらを含有する廃棄物の処理方策のあり方を提案する。

(2) 研究概要

本研究課題では、まず PCB の処理状況を把握し、環境動態の経年変化等を把握すること、その経年変化が廃 PCB の処理でどの程度説明できるか、環境負荷に関する処理の効果や抑制の程度を把握する。この PCB に関する経験と知見を踏まえて、今後の POPs の抑制方策や社会滞留している廃製品や含有廃棄物の処理方策のあり方を検討する。

対象とする物質は、まず条約において使用廃止及び適正な処分の期限が定められている PCB や近年条約に追加された POPs や条約では未指定ではあるものの POPs 同様の特性を有する物質を対象としていく。

PCB と同じ塩素化物であるポリクロロナフタレン(PCN)や短鎖塩素化パラフィン(SCCPs)、多様な製品に使われており資源循環とともに社会の中で滞留する懸念があり、国際的にマイクロプラスチックへの吸着も指摘されている DBDE を始めとしたポリ臭素化ジフェニルエーテルや、現時点で POPs ではないが臭素系難燃剤の代替となる有機リン系難燃剤(PFRs)を対象に行う。

具体的に取り組む分野については、以下の 3 つの柱立てでテーマを設定して行うことを想定している。

- ① 新規 POPs に関する既存の物理化学特性から新規 POPs の挙動と環境排出量を予測するモデルを構築する。また、新規 POPs についての物理化学特性及びその挙動については未解明な部分も多く、実測又は推算モデルを活用してこれらの把握に関する基礎研究を行う。
- ② 環境や生物中の PCB 及び POPs 濃度の経年変化等の分析化学的な取り組みを進め、汚染の実態や傾向に関する把握を進め同時に各種環境・生物相における時系列情報を獲得する。
- ③ PCB をはじめとする POPs に関する国内マテリアルフロー解析を行うとともに、PCB の環境中の移動や蓄積等を表現する物質フロー・環境動態モデルを用いたシステム解析を行う。これを踏まえて、PCB の環境負荷をモデル的に説明できる見通しを建て、処理効果や残存する PCB の処理による環境負荷の低減の見通し、社会滞留物の処理促進や今後の POPs の抑制に関する方策の検討を行う。また、環境動態モデル解析や汚染の低減・抑制のための処理技術の検討も行う。

初年度は、PCB について同族体や異性体レベルの物理化学特性や環境移動パラメータの収集を行い、物質移動と環境動態を考慮したモデルを作成することで、現時点までの PCB 環境負荷の検証を行い、削減傾向を確認する。他の POPs については、環境移動や環境蓄積に関する既存情報の体系的整理と環境試料バンクを活用した時系列情報などの獲得を進める。

(3) 成果目標

1) 全体目標

- PCB・POPs に関する処理状況を把握し、環境動態の経年変化等を把握することで、環境負荷に関する処理の効果や抑制の程度に関する知見を獲得、将来の方向性を議論する。
- PCB・POPs の性状や環境情報を獲得して、廃棄物及び社会滞留物の処理及び汚染の低減に資する政策立案のための基礎情報を提供し、場面によっては提言を行う。
- 有機ハロゲン化合物に関する学術的な国際会議やストックホルム条約・バーゼル条約締約国会議等で積極的に成果を発信できる成果を得ることで、国際貢献を行う。

2) 個別目標

- 新規 POPs に対する基礎的な物理化学特性情報の整備
- 環境中の PCB・POPs 分析を用いた時系列情報を中心とした環境情報の獲得
- PCB・POPs に関する国内マテリアルフロー解析・環境動態モデル解析等による汚染の低減・抑制のための処理技術と制御方策に関する検討

6. プロジェクトの研究テーマ構成およびサブテーマ構成

本プロジェクトは、以下の3つのテーマ構成により、当該3テーマの下にサブテーマを設けて、各テーマおよびサブテーマ研究者が一体的に研究を実施する。全体構成およびテーマ・サブテーマ間の関係については、概要資料も参照のこと。

【(独) 環境再生保全機構 環境研究総合推進費 公募情報】

URL : <http://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/>

研究提案の公募は、テーマ1からテーマ3の【公募】サブテーマについて行う。サブテーマは、原則として一つの研究機関で行う。

(留意事項)

- ▶ サブテーマのうち、各テーマの「【総括】サブテーマ(1)」は、テーマリーダーが担当し、テーマの総括を行うため公募は行わない。
 - ▶ テーマリーダーが担当する【総括】サブテーマ(1)は各テーマ全体の総括班として機能し、サブテーマ間の研究調整・進捗管理を担当する。
 - ▶ 研究提案は、【総括】サブテーマおよびその他の【公募】サブテーマと研究内容が連携するものであることが必要である。
 - ▶ 各サブテーマのリーダーは、研究プロジェクトリーダーおよびテーマリーダーの指示のもとで、他テーマ、サブテーマの研究者と緊密に連携し、一つの研究プロジェクトを構成する研究活動として研究を実施する。
 - ▶ サブテーマリーダーは、応募したサブテーマの内容およびヒアリング等の審査過程での連絡・対応について、総括的な責任を持つ。
- ▶ 研究提案を行う申請者は、研究提案の提出前にテーマリーダーに連絡をして提案内容（申請書）についてテーマに相応しい内容かどうか確認することが出来る（公募〆切の1週間前まで（厳守））。確認のあった提案内容（申請書）について、テーマリーダーはプロジェクトリーダーと相談の上、申請者にコメントを回答する。テーマリーダーの連絡先は、環境省環境再生・資源循環局廃棄物規制課（pops_waste@env.go.jp）までメールにて問い合わせること。

各テーマおよび公募するサブテーマの構成

「PCB を含む残留性有機汚染物質 (POPs) の循環・廃棄過程の管理方策に関する統合的研究」

テーマ名 および テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
テーマ 1 : 新規 POPs の物理化学特性把握に関わる基礎および応用研究 サブテーマ (1) : 新規 POPs の物理化学特性による処理・資源化における挙動解明への応用	サブテーマ (2) : 新規 POPs の物理化学特性の把握
テーマ 2 : PCB・POPs に関する時系列評価と環境管理方策に資する分析化学的研究 サブテーマ (1) : 環境・生態系における PCB・POPs に関する時系列評価と環境管理方策の検討	サブテーマ (2) : PCB・POPs の環境負荷解析と生態リスク評価に関する研究 サブテーマ (3) : 環境中に存在する PCB・POPs 関連物質の一斉／網羅分析と時空間分布の解明
テーマ 3 : PCB・POPs の処理の効果推定と環境管理に関するシステム研究 サブテーマ (1) : PCB をはじめとする POPs のマテリアルフロー解析および環境動態モデル解析	サブテーマ (2) : POPs の影響低減・抑制のための処理技術に関する研究

(1) テーマ 1：新規 POPs の物理化学特性把握に関わる基礎および応用研究

テーマリーダー：倉持秀敏（国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター基盤技術・物質管理研究室長）

① 成果目標

- ▶ 新規 POPs の物理化学特性の整備や混合物への拡張、処理・資源化施設における挙動及び環境排出量の解明、それらを推計するモデルの構築、排出低減策の提示

② 研究概要

新規 POPs を含む廃棄物の処理・資源化施設においてそれらの挙動に関する情報は不足しており、排出実態の把握や排出低減対策効果の推定は難しい状況である。また、挙動予測や排出低減対策を検討するために必要な物理化学特性に関する情報も不十分な状況にある。本テーマでは、新規 POPs の物理化学特性を測定するとともに PCB との類似性及び相違を整理する。その結果を活用して新規 POPs 含有廃棄物の処理・資源化施設におけるそれらの挙動と環境排出量を予測するモデルを構築する。また、施設内における新規 POPs の濃度を計測し、それらの挙動及び環境排出量を明らかにするとともに、計測結果とモデル計算を比較することによってモデルの妥当性を検証する。さらに、得られた成果を基に処理・資源化における低減対策とその効果を提示する。本検証によりモデルの有用性が確認できれば、本モデルは物理化学特性等の情報から各処理・資源化施設における環境排出量を推計できることに加えて、排出量削減のための運転や技術提案も可能となり、新規 POPs の低減対策に有用なツールとなりうる。また、本テーマで得られる物理化学特性及び環境排出量は、環境動態モデルの入力値であり、各施設が及ぼす環境影響（対策効果）を推定することにも資する。

そのため、サブテーマ(1)では、新規 POPs の物理化学特性から多媒体モデルを用いて、各施設における新規 POPs の挙動及び環境排出量に対する予測モデルを構築する。また同時に、複数の手法により各施設における新規 POPs のモニタリングを行い、施設内の濃度と環境排出量を明らかにし、施設内で管理すべき点を提案する。モニタリング結果とモデルによる計算結果の比較により、モデルの妥当性と有用性を確認する。さらに、処理・資源化施設の排出量とモデルによる解析により、排出低減策とその効果を提示する。サブテーマ(2)では、未測定かつ物質を入手できる新規 POPs については実測により物理化学特性を明らかにする。また、新規 POPs が混合した場合の物理化学特性への影響を検討する。一方、測定できない物質については、有用な推算モデルを選定し、その推算モデルを用いて物理化学特性データを整備する。なお、測定対象としては具体的に、新規 POPs のうち短鎖塩素化パラフィンやリン系難燃剤等を検討する。

③ 【総括】サブテーマ(1)：新規 POPs の物理化学特性による処理・資源化における挙動解明への応用

- イ) 新規 POPs に関する物理化学特性を収集し、多媒体モデルを用いて処理・資源化施設における新規 POPs の挙動及び環境排出量を推計する。
- ロ) 処理・資源化施設における新規 POPs のモニタリングにより挙動と環境排出量を解明するとともに、排出量削減という観点から管理すべき点を提案する。
- ハ) 多媒体モデルの妥当性評価を行い、処理・資源化施設における排出低減対策とその効果を提示する。

④ 【公募】サブテーマ

以下のサブテーマ(2)について研究提案を公募する。

➤ **【公募】サブテーマ(2)：新規 POPs の物理化学特性の把握**

- イ) 新規 POPs に対して蒸気圧等の物理化学特性の測定を行うとともに、既存の推算法を用いて有用な物理化学特性推算法を確立する。
- ロ) 基礎物性の把握を踏まえて、混合物に拡張した物性の研究を行う。例えば、同じ塩素化物である PCB と SCCPs の両者が混合物になる場合や構造の異なる POPs が混合した場合の物理化学特性の変化を把握し、活量係数モデルなどの補正法を用いて、その結果の妥当性を検証する。

(2) テーマ 2：PCB・POPs の時系列評価と環境管理方策に資する分析化学的研究

テーマリーダー：高橋真（愛媛大学大学院農学研究科 准教授）

① 成果目標

- PCB および POPs の時空間分布および環境負荷の解析と生態リスク評価に基づいた包括的環境管理方策の提言に資する基礎情報の提供

② 研究概要

PCB 汚染は、日本含む多くの先進工業国の沿岸環境などでは、1980 年代以降概ね低減傾向にあるが、外洋域などでは汚染回復の遅延や明瞭な低減傾向の認められない事例も報告されている。またアジアの開発途上国・新興国における PCB や POPs による汚染の拡大や環境負荷の増大も指摘されており、日本近海への長期的な影響も懸念される。そこで、サブテーマ（1）では、主に愛媛大学の ES-BANK に保管されている生物環境試料や底質柱状試料などを活用し、日本・アジア地域の沿岸や外洋生態系における PCB および POPs による汚染の時系列変化を解明するとともに、PCB 処理効果の検証や包括的な POPs 管理方策の提言に資する基礎情報を収集・整理する。また、PCB および POPs の環境管理においては、ヒトの健康に加え、生態系保全の観点に立った方策の提言も望まれる。よって、サブテーマ（2）では、PCB や POPs の環境負荷や生態毒性に関する既存データや数理モデルによる解析等を統合し、日本近海の高次生物に対する生態リスクを評価する。さらに、環境中や生体内には、個別物質を対象とした従来のモニタリングでは見落とされる可能性のある多様な POPs 関連物質が残留・蓄積している可能性がある。そこでサブテーマ（3）では、最近開発された環境微量汚染物質に関する一斉／網羅分析手法を各種の環境媒体や生物試料に適用して、多様な POPs 関連物質を検索・同定するとともに、それら物質の時空間分布や生物蓄積の特徴について解明する。

③ **【総括】サブテーマ(1)：環境・生態系における PCB・POPs に関する時系列評価と環境管理方策の検討**

- イ) 分析化学的手法を用いて、各種環境・生物相における PCB 汚染の時系列変化を把握するとともに、その地域／海域／生物種にみられる特徴を整理して PCB 処理の効果を検証する。
- ロ) 幅広い廃製品群に広く含有される臭素系難燃剤の PBDEs やその代替物質など POPs による

汚染の時系列変化を把握し、PCB に関する調査結果とあわせて評価することで、包括的な POPs 管理の方策を検討する。

④ 【公募】サブテーマ

以下のサブテーマ(2)~(3)について研究提案を公募する。

➤ **【公募】サブテーマ(2)：PCB・POPsの環境負荷解析と生態リスク評価に関する研究**

- イ) PCB および POPs の生態毒性に関する情報の収集や定量的構造活性相関(QSAR)等を用いた解析により物質によるハザード特性や生物蓄積の特徴などを把握、整理する。
- ロ) 上記で整理した情報と PCB および POPs の環境測定や環境負荷解析の結果を統合し、生態系高次の野生動物等に対する生態リスクを相対的・包括的に評価する。

➤ **【公募】サブテーマ(3)：環境中に存在する PCB・POPs 関連物質の一斉／網羅分析による時空間分布の解明**

- イ) 環境微量汚染物質に関する先端的な質量分析法やデータベースを用いた自動同定手法などを活用し、環境生物試料を対象とした PCB・POPs 関連物質の一斉／網羅分析手法を確立する。
- ロ) 上記で確立した手法を用いて、環境生物試料中の多様な PCB・POPs 関連物質を検索・同定するとともに、それら物質の時空間分布や生物蓄積の特徴について解明する。

(3) テーマ3：PCB・POPsの処理の効果推定・環境管理に関するシステム研究

テーマリーダー：酒井伸一（京都大学 環境安全保健機構 附属環境科学センター）

① 成果目標

- PCBの国内マテリアルフロー解析と PCBの環境動態モデル解析による PCB処理の効果推定、その知見を活かした POPsの処理・管理シナリオと効果予測、POPs汚染の低減・抑制のための処理技術と環境管理方策に関する検討
- 各テーマの成果を活用した政策提言及び有機ハロゲン化合物に関する国際会議との協調企画等による国際発信

② 研究概要

PCB廃棄物処理事業の効果を評価し、今後の POPs管理に向けた知見を得ることを目的とする。PCB特別措置法施行以降の PCB廃棄物の管理強化や PCB廃棄物の処理の進展により、PCB廃棄物の紛失防止や、保管量の減少により、PCB廃棄物からの漏えいや揮発による環境排出は減少していると期待される。実際、環境省の POPsモニタリング調査では、PCBの大気環境中濃度は減少傾向にあり、この見方を支持する。しかしながら、環境中の PCBの発生源としては、PCB廃棄物からの漏えいや揮発の他に、開放系用途で過去に用いられた PCBや、セメント製造等の非意図的生成などもあるため、PCB処理による環境排出の低減効果を適切に評価するためには、これらの発生源の考慮も必要である。そこでサブテーマ(1)では、PCB製品の種々の用途別のマテリアルフローモデルを構築し、PCB製品のライフサイクルを通じた環境排出量を推定する。非意図的生成由来の PCB排出量の推移も推定し、これら排出量を環境動態モデルへの入力として、PCBの環境中濃度を推定する。1950年代から2030年代ごろまでの PCBフロー・ストック・排出の再現・予測を試み、実測濃度との比較検証し、PCB処理効果を評価する。また、PCBと同様の物理化学性状を持ち、類似した用途で使われてきたポリ塩

化ナフタレン (PCN) や短鎖塩素化パラフィン (SCCPs) などの POPs に対しても同様の手法を適用し、解析を試みる。海外において同様の PCB フロー・発生源推定に取り組む研究者 (Dr. Bogdal、Prof. Diamond、Dr. Breivik) との比較検証と研究交流を進める。

PCB 処理技術には高温熱分解技術から種々の化学薬剤を用いた化学処理技術まで様々な技術が開発され実用化されてきた。こうした技術動向をふまえて、サブテーマ(2)では、廃製品群に含まれる臭素化物 (PBDEs)・塩素化物 (SCCPs 等) を対象として、焼却処理等の処理技術による低減・抑制効果を実験的に検討する。同時に、非意図的生成物の定量も実施し、処理による発生評価を行う。低減・抑制効果と非意図的生成物の発生影響の両面から、最適な運転条件を決定する。最終的には、抑制・生成経路の推定も含めた処理技術の効果を体系的に評価することをめざす。

なお、サブテーマ(1)において、本研究プロジェクトの進捗管理を行うとともに、PCB の環境負荷に関する処理効果や抑制の程度に関する総括及び POPs の資源循環や汚染低減等、各テーマを活用した政策提言の検討及び国際発信を行う。

③ **【総括】サブテーマ(1) : PCB をはじめとする POPs のマテリアルフロー解析および環境動態モデル解析**

- イ) 種々の PCB 製品や排出源を考慮したマテリアルフローモデルを構築し、PCB 製品のライフサイクルを通じた環境排出量を推定する。POPs の既報情報精度を勘案しつつ、PCB と同様の手法を POPs に適用する。
- ロ) 環境排出量を環境動態モデルへの入力として、PCB の環境中濃度を推定し、過去の PCB 環境中濃度の推移を再現する。将来の予測を行いつつ、PCB 処理効果を評価する。
- ハ) 有機ハロゲン化合物に関する国際会議 (現時点では 2019 年の京都開催を想定) との協調企画等による国際発信を進める。

④ **【公募】サブテーマ**

以下のサブテーマ(2)について研究提案を公募する。

➤ **【公募】サブテーマ(2) : POPs の影響低減・抑制のための処理技術に関する研究**

- イ) 幅広い廃製品群に広く含有される PBDEs・SCCPs などの POPs 管理のため、焼却処理の処理技術による低減・抑制効果を実験的に検討する。焼却以外の廃棄物処理技術についての知見集積を進める。
- ロ) 対象の POPs について、非意図的生成物の定量も実施し、処理による発生評価を行う。つまり、低減・抑制効果と非意図的生成物の発生影響の両面から、最適な運転条件を決定し、抑制・生成経路の推定も含めた処理技術の効果を体系的に評価する。