

【SⅡ-3-2】 PCB・POP_s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（2018～2020）

研究代表者 高橋 真（愛媛大学）

1. 研究開発目的

サブテーマ①：環境・生態系における PCB・POP_sに関する時系列評価と環境管理方策の検討

継続的な環境モニタリングや起源解析等に適した分析法の最適化・迅速化を検討し、PCBs および PBDEs 異性体の詳細分析法を確立する。また、新規 POP_s として注目されている SCCPs について、高分解能の Orbitrap GC-MS による精密測定法を確立する。開発した手法を用いて、海洋堆積物の柱状試料（底質コア試料）の分析に着手し、PCB 汚染の時系列変化のトレンドや発生源寄与について解析する。さらに、生態系における POP_s 汚染の過去復元と時系列変化のトレンドの解析を目的として、愛媛大学の生物環境試料バンク（es-BANK）に長期保管されている野生生物試料の選別と POP_s の分析を実施する。とくに本研究では日本沿岸に集団座礁した外洋性鯨種であるカズハゴンドウの脂皮試料の分析を行い、POP_s 汚染の経年変化を解析する。

サブテーマ②：PCB・POP_sの環境負荷解析と生態リスク評価に関する研究

研究期間（3年間）の達成目標の一つである「全球多媒体モデル FATE による PCBs 動態予測と不確実性解析」の準備として、最新の排出量インベントリデータを用いて FATE による PCBs 動態の再検証を行い、地球規模環境負荷予測手法を確立する。また、全球インベントリデータのない PCBs 以外の POP_s の仮想排出量のシナリオ策定のために、FAOSTAT 社会経済統計の収集および解析を行う。さらに深海における PCBs 動態の検証に向けて、FATE の海洋プロセスを改良し、排出量インベントリデータが整っている PCBs（同族異性体 22 種）について深海への環境負荷を解析する。また以上の手法開発と並行して、環境モニタリングデータのプラットフォームである ChemTHEATRE を利活用して、FATE による PCBs の環境負荷予測結果と比較するために、海棲哺乳類の POP_s 濃度等を優先的に収集してデータ登録の準備を行う。

サブテーマ③：環境中に存在する PCB・POP_s 関連物質の一斉／網羅分析と時空間分布の解明

POP_s 関連物質を広くモニタリングする手法の構築を目的として、網羅的分析法の一種である AIQS ターゲットスクリーニング法を活用し、その最適化と一斉分析可能な物質種の拡充を図る。とくに、本研究では、環境・生物試料の前処理法について最適条件を検討し、認証標準物質等を用いた分析精度・確度の検証を行う。また未知物質の網羅的検出と時系列評価を目的とした「GC-MS マスクロマトグラム・プロファイリング解析法」の開発と実環境試料への適用を検討する。とくに、サブテーマ①で対象とした底質コア試料に一斉／網羅分析法を適用し、既知 POP_s の時系列変化を検証するとともに、環境中濃度が近年にかけて上昇傾向にある物質を“要検討物質”としてリストアップすることを目的とする。

2. 研究の進捗状況

各サブテーマとも概ね予定通りに研究が進捗している。サブテーマ①では、平成 30 年度の計画であった高分解能 GC-MS 等を用いた PCB 異性体の詳細分析法や PBDEs、SCCPs の精密分析法が開発・検証され、環境・生物試料への適用が達成された。加えて平成 31 年度の計画に含まれる内容として、堆積年代が決定された底質コア試料を用いて、PCB 全異性体の時系列変化や発生源寄与の解析を実施した。また、es-BANK 長期保管試料を活用した調査として、外洋性鯨類を対象に PCB・POP_s の分析を進め、外洋生態系における汚染の過去復元と時系列変化のトレンドを解析し、新規 POP_s の濃度上昇を明らかにするなど、新たな知見を得た。調査対象の物質群に着目すると、新規臭素系難燃剤やリン系難燃剤の分析にやや遅れがみられるが、分析法開発は概ね完了しており、上記環境・生物試料のデータの取得と解析を進める予定である。

サブテーマ②では、平成 30 年度の計画であった全球多媒体モデル「FATE」の開発について、最新の PCB 排出量インベントリデータを用いた検証を行い、新たな解析結果を得ることができた。また、

FAOSTAT 等の社会経済統計を利用した POPs の仮想排出シナリオの策定を検討し、排出量インベントリが存在しない POPs について動態予測を可能とする新規技術の開発を進めた。さらに環境モニタリングデータプラットフォーム「ChemTHEATRE」を活用して、FATE による環境負荷予測の解析結果とモニタリングデータの比較・検証に着手した。一方、計算機サーバの故障により、FATE の出力結果を統合する作業に一部遅れが生じた。そこで、平成 30 年度に予定していた「雪氷圏プロセスの検証」の代わりに、平成 31 年度の実施項目である「深海における PCBs 動態の検証」に関して研究を進めた。これは、他のサブテーマとの連携(海洋堆積物や生態系データとの統合)を優先的に進めるための対策となる。今後は計算機資源を効率的に用いることで対応する。

サブテーマ③では、平成 30 年度の計画であった AIQS ターゲットスクリーニング法に基づく POPs 関連物質の一斉／網羅分析法の開発を進め、一斉分析可能な物質種の拡充と試料前処理法の最適化を実施した。また、平成 31 年度の計画である環境試料の分析、とくにサブテーマ①と連携した底質コア試料の一斉／網羅分析に着手し、POPs 関連物質の時系列トレンドを解析した。その結果、リン系難燃剤による濃度上昇を明らかにするなど新たな知見を得ている。また、未知物質の網羅的検出と時系列評価を目的として、GC-MS マスクロマトグラム・プロファイリング解析法を底質コア試料に適用した。生物試料の一斉／網羅分析にも着手しているが、濃度レベルの低い試料や脂肪含量の高い試料などで分析困難なケースも多く、データ収集にやや遅れがある。今後も試料前処理法を改良しながら、優先的な試料を選択し時系列データの収集・解析を進める。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

本研究の成果は、近年の PCB 規制・廃棄物対策の効果を評価するための基礎情報になるとともに、PCBs の発生源対策や今後の環境負荷を予測する上でも有用な情報を提供すると考えられる。底質コア試料中の総 PCB 濃度や堆積フラックスは、1970 年代後半以降減少しており、国内における PCB 規制・諸対策の効果を反映するものと考えられる。一方で、PCB-11 等の低塩素化 PCBs には、PCB 製剤とは異なる発生源の寄与が推察されることから、今後の発生源の特定や排出抑制に関する課題も指摘される。外洋性鯨類の調査結果からも、PCBs を含む多くの既存 POPs の蓄積濃度は 1982 年から 2015 年にかけて有意に低減しており、PCBs や DDT など既存 POPs に対する国内および国際的な規制・対策の効果を反映するものと考えられる。

また、環境モニタリングデータプラットフォーム「ChemTHEATRE」における、PCB 環境負荷予測の可視化と海棲哺乳類等のモニタリングデータの統合は、今後のオープンサイエンス促進に資する新たな取組であり、環境政策の意思決定に携わる多くのステークホルダーのリテラシー向上に貢献すると期待される。

本研究の環境モニタリングの結果は、PCB 含む既存の POPs については、汚染の低減傾向を示す一方で、HBCDs のような新規 POPs やリン系難燃剤の一部は、経年的な環境負荷の継続や増加があることを示唆している。以上の成果は、今後の環境行政における調査対象物質やリスク評価における“要検討物質”の選定、難燃剤等を含む廃棄物の処理対策などにおいて、有用な情報を提供するものと考えられる。また、上述したように外洋域、とくに高次の野生生物における新規 POPs の時系列データは、世界的にみても極めて報告例が少ない。本研究の成果は、地球規模での化学汚染の拡大防止に向けた国際的な POPs 監視ネットワークの構築や長期的モニタリングの重要性を支持する根拠データとなり、UNEP 等国際的な環境保全プログラムの推進においても、日本の環境行政のプレゼンス向上に貢献すると期待される。

4. 委員の指摘及び提言概要

計画通り研究が進んでいる。期待以上の学術的成果が出ている。分析法の確立がしっかりできているのは評価できる。今後、貴重なサンプルを十分に生かして進めることが望まれる。PCB・POPs に関する時系列評価に関する貴重な成果を上げている。100 年の時間軸で、海洋生物サンプルを用いて濃

度と分布とを評価することに成功しているが、排出（環境中へのインプット）の扱いが不明。全体の成果は出ているが、サブテーマ間の役割分担や担当の関係が不明確。FATE モデルの「海底堆積プロセス」組込効果は海水 PCB でもわかるが、海底堆積物での検証はできないのか。

5. 評点

総合評点：A