

平成30年度戦略的研究開発領域課題(SⅡ-3)
公募方針補足資料

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

研究代表者・テーマ3リーダー
テーマ1リーダー
テーマ2リーダー

京都大学
国立環境研究所
愛媛大学

酒井伸一
倉持秀敏
高橋真

本研究課題の背景と目的

- ポリ塩化ビフェニル(PCB)をはじめとする残留性有機汚染物質(POPs)を含む廃棄物は、ストックホルム条約により指定され、国内法令等に基づき処理を実施。
- PCBについては、条約で処分の期限が定められており、これまでの処理方法・事業評価の方向性について総括が必要。処理実績等から、国内使用量・処理量及びPCB使用製品の紛失・漏洩事案を把握している一方、保管中の揮発等明らかでない部分について、処理による環境動態への影響等の研究が必要。
- PCB以外のPOPsについても、近年条約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)等は多様な用途・製品に使用され、廃棄物や循環資源として社会に存在し続け、長期的に社会的課題となる。
- 新規追加されたPOPsや将来のPOPs候補物質(新規POPs)について、基礎的な知見やそれらに基づく適切な処理技術の研究が、ライフサイクル全体での化学物質管理の政策的方向性の検討に必要。

本課題研究の成果目標

【全体目標】

- PCB・POPsに関する処理状況や環境動態の経年変化等を把握し、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する。
- PCB・POPsの性状や環境情報を獲得し、廃棄物及び社会滞留物の処理及び汚染低減に資する基盤情報を提供し、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締約国会議等で積極的に成果を発信できる成果を得て国際貢献を行う。

【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処理技術と制御方策に関する検討

本研究課題のテーマ構成

テーマ	総括サブテーマ (テーマリーダーが担当)	サブテーマ (公募)
1: 新規POP _s の物理化学特性把握に関わる基礎および応用研究	(1) 新規POP _s 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	(2) 新規POP _s の物理化学特性の把握
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	(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	(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 (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
3: PCB・POP _s の処理の効果推定・環境管理に関するシステム研究	(1) PCBをはじめとするPOP _s のマテリアルフロー解析および環境動態モデル解析	(2) POP _s の影響低減・抑制のための処理技術に関する研究

本研究課題の全体構成

- ＜テーマ2＞
- ・時系列評価と環境管理方策検討
 - ・環境負荷解析と生態リスク評価
 - ・一斉／網羅分析と時空間分布解明

【本研究の主たる背景】

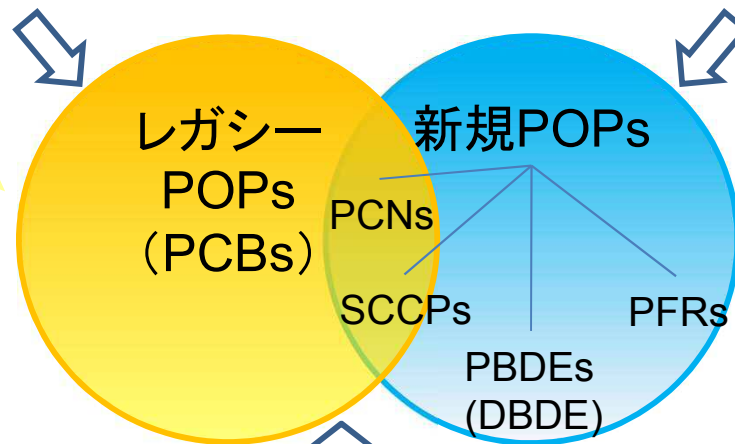
廃PCBの処理期限が迫るなか、その処理効果を環境情報から確認・検証すること、その経験を新規POPs政策に活かすことが政策的に求められている。

＜テーマ3＞

- ・マテリアルフロー・環境モデル解析
- ・処理技術に関する研究

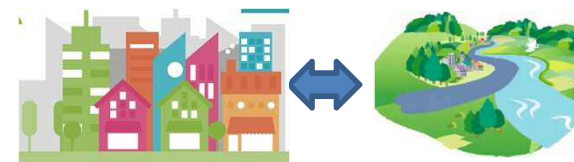
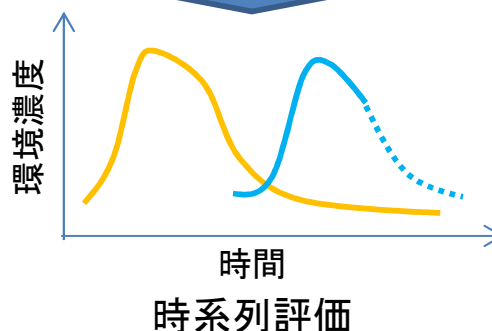
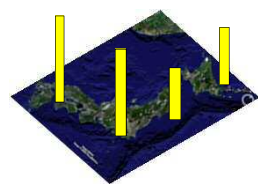
＜テーマ1＞

- ・処理・資源化での挙動解明
- ・物理化学特性の把握



【本研究展開の主たる特徴】

物理化学特性が類似する POPs、ライフサイクルにおいて同時発生・排出する POPs があり、共通して扱うことで、比較考察や統合的な政策検討に資する。



物性情報や処理・資源化での挙動を活用し、環境負荷等情報を踏まえ、空間・時間スケールで PCB・POPs の挙動を把握・予測し、制御管理方策の検討と戦略の策定

政策立案の基礎知見獲得と国際社会へ積極的な発信

本研究課題におけるテーマ間の関連性

＜テーマ1：物性把握に関わる基礎・応用研究＞

・物理化学特性の把握(1-2)

↓ 解析に利用

・処理・資源化での挙動解明(1-1)

物性・濃度情報の共有・解釈



＜テーマ2：時系列評価と環境管理方策に資する分析化学的研究＞

・時系列評価と環境管理方策検討(2-1)

↕ 試料・情報の共有

・一斉/網羅分析と時空間分布解明(2-3)

→ 情報の共有・活用

・環境負荷解析と生態リスク評価(2-2)

総括テーマへのインプット

物性情報・環境排出量を考慮した管理方策の検討

濃度実態と環境動態モデルの比較・予測

総括テーマへのインプット

環境負荷・時空間分布情報、生態リスク評価に基づいた情報提供

＜テーマ3：処理効果推定・環境管理に関するシステム研究＞

・マテリアルフロー・環境動態モデル解析(3-1)

← 技術対策オプション提示

・処理技術に関する研究(3-2)

＜プロジェクト全体のアウトカム＞

- ・PCBの環境負荷に関する処理効果や抑制の程度に関する知見
- ・新規POPの資源循環や汚染低減に資する政策立案の基礎情報

テーマ1：新規POPの物理化学特性把握に関わる基礎および応用研究

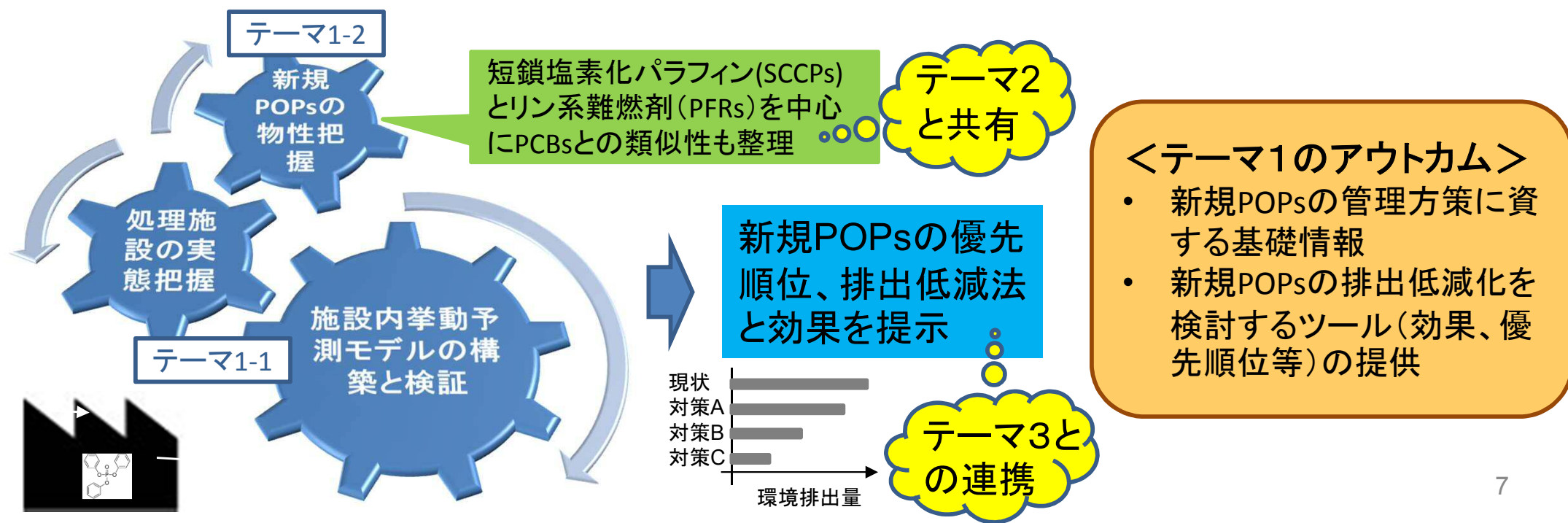
成果目標：「新規POPの物理化学特性を整備し、処理・資源化施設における挙動解明とモデル化によって、排出低減法とその効果を提示すること」

- 新規POPの物理化学特性(物性)を整備するとともに、PCBとの類似性及び相違も整理
- 新規POP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の解明
- 物性を用いた挙動予測モデルを構築し、モデルの妥当性を検証
- モデルによる処理・資源化における低減対策とその効果、管理すべき物質の優先順位を提示

サブテーマ構成：

1-1. 新規POPの物理化学物性による処理・資源化における挙動解明への応用

1-2. 新規POPの物理化学特性の把握



テーマ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

成果目標:「PCBおよびPOP_s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き、包括的な環境管理方策の提言に資する基礎情報を提供すること」

- PCBおよびPOP_sによる環境・生態系汚染の過去復元と時系列変化のトレンドの把握
- PCB・POP_sの環境負荷解析と生態毒性情報の統合に基づく野生高等動物等への生態リスクの評価
- 多様なPCB・POP_s関連物質の一斉／網羅分析による「要検討物質」の基礎情報の補完
- 各テーマの成果に基づくPCB処理の効果検証と生態リスク評価に基づくPCB・POP_s管理方策の提言に資する基礎情報の提供

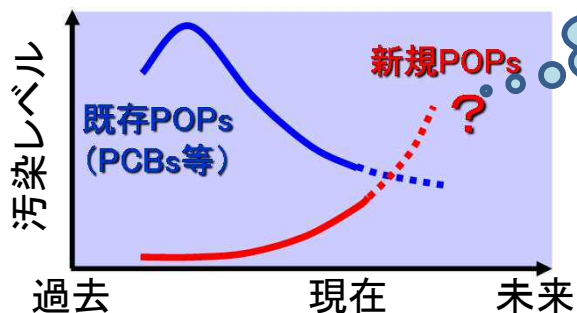
サブテーマ構成:

2-1. 環境・生態系におけるPCB・POP_sの時系列評価と環境管理方策の検討

2-2. PCB・POP_sの環境負荷解析と生態リスク評価に関する研究

2-3. 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

PCB・POP_sの時系列トレンドの解明



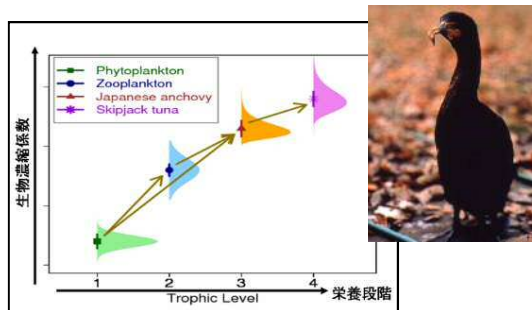
PCB・POP_s関連物質の一斉／網羅分析と要検討物質の基礎情報の補完



テーマ1との共有

テーマ3との連携

環境負荷解析・生態毒性情報の統合による生態リスク評価



<テーマ2のアウトカム>

- 各種環境・生物相における時系列トレンドの評価に基づくPCB・POP_sの処理効果の検証
- PCB・POP_sの時空間的な消長を考慮した生態リスク評価と環境管理方策の提言に資する基礎情報の提供

テーマ3:PCB・POP_sの処理の効果推定・環境管理に関するシステム研究

成果目標:「PCB廃棄物処理事業の効果进行评估し、今後のPOP_s管理に向けた知見を得ること」

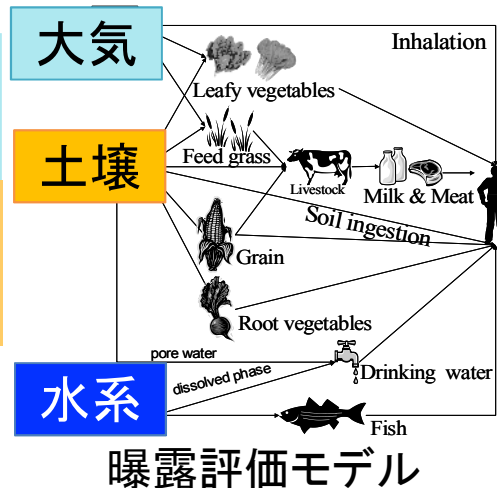
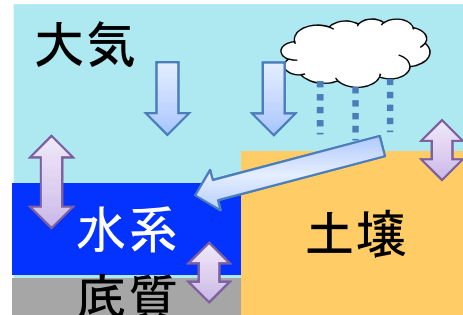
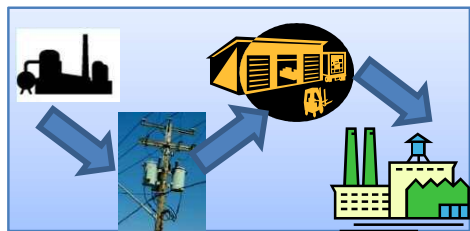
- PCB・POP_sの国内マテリアルフロー解析とPCB・POP_sの環境動態モデル解析によるPCB処理の効果推定
- PCB・POP_sの処理・管理シナリオと効果予測
- POP_s汚染の低減・抑制のための処理技術と環境管理方策に関する検討
- 各テーマの成果を活用した政策提言及び有機ハロゲン化合物国際会議との協調企画等による国際発信

サブテーマ構成:

3-1. PCBをはじめとするPOP_sのマテリアルフロー解析及び環境動態モデル解析

3-2. POP_sの影響低減・抑制のための処理技術に関する研究

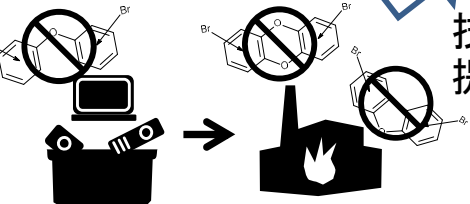
マテリアルフロー解析・環境動態曝露モデルの展開



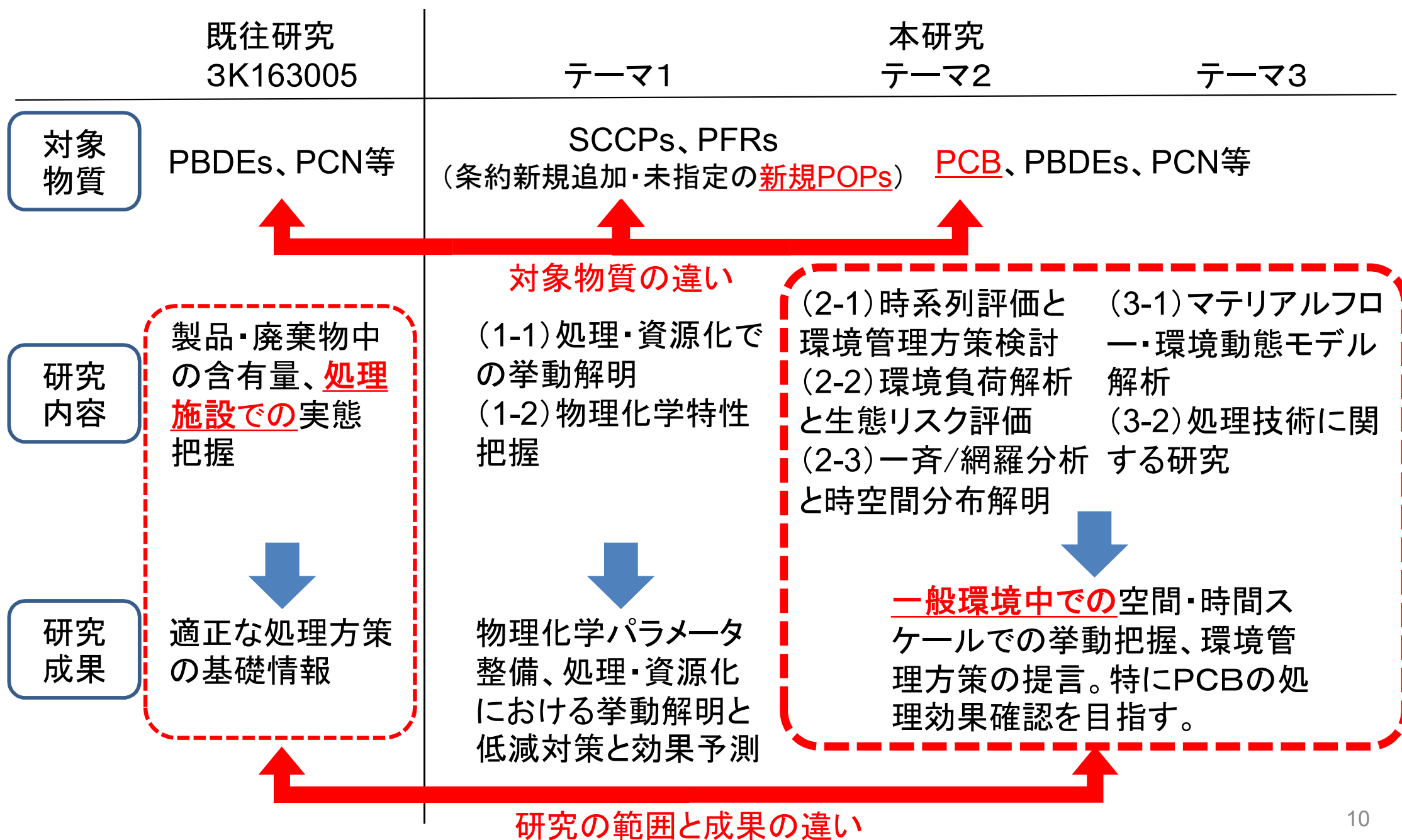
<テーマ3のアウトカム>

- PCB・POP_sの環境負荷に関する処理効果や抑制の程度に関する知見
- POP_sの資源循環や汚染低減に資する政策立案の基礎情報

技術対策オプション
提示



(参考) 既往研究と本研究の研究対象・内容等の違いについて



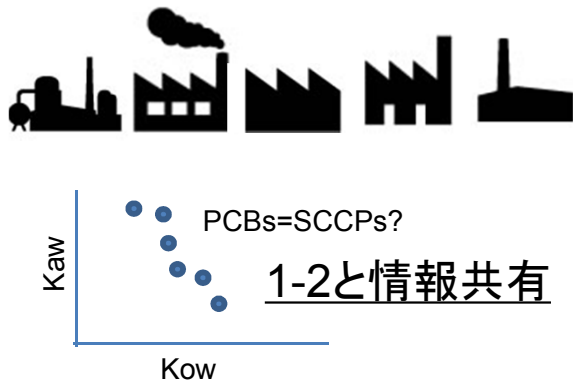
(参考)
サブテーマ詳細

テーマ1-1:新規POPの物理化学物性による処理・資源化における挙動解明への応用

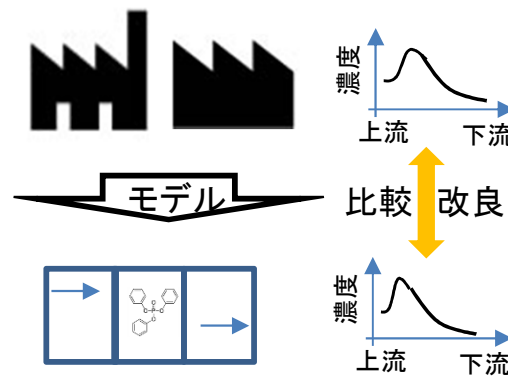
成果目標:「処理・資源化施設における挙動の解明及び物性値を用いた挙動のモデル化によって、排出低減法とその効果及び管理すべき優先順位を提示すること」

- イ) 処理・資源化施設における新規POPのモニタリングにより挙動及び環境排出量を解明する。
- ロ) 新規POPに関する物理化学特性を収集・選定し、処理・資源化施設を多媒体モデル化して新規POPの挙動及び環境排出量を推計する。
- ハ) モデルにより処理・資源化施設における排出低減対策とその効果及び優先順位を提示する。

今までの調査施設のサンプルを用いたSCCPsやPFRsの排出実態把握

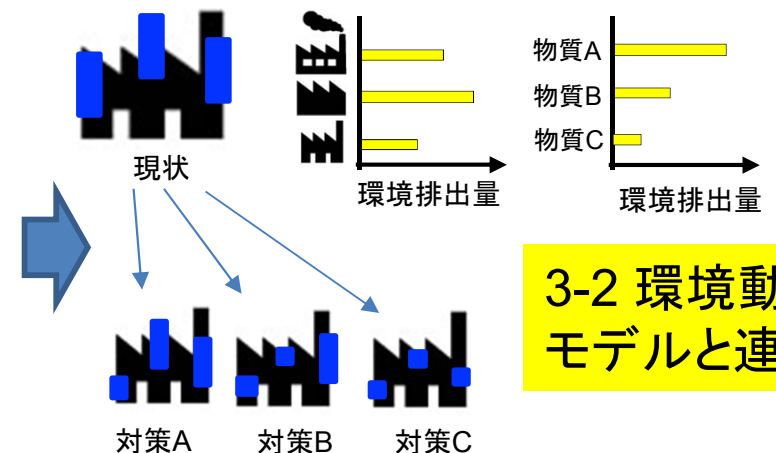


排出量が多い施設を選定、詳細な挙動と環境排出量の解明



挙動把握のための物理化学特性(物性)等の選定(SCCPとPCBsの類似性も整理)

多媒体モデル化と挙動と排出量の推計と妥当性の検証



3-2 環境動態モデルと連携

排出削減法と効果、優先順位の提示
(モデルの最終イメージ)

テーマ1-2: 新規POPの物理化学特性の把握

成果目標:「新規POPの物理化学特性を整備し、有用な物性推算法や混合物に対する物性の補正法を提示すること」

イ) 新規POP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) POPが混合物になる場合の物理化学特性の変化を把握し、補正法とその妥当性を検証する。

✓ 基礎物性の把握(基礎として重要)

新規POPの物理化学特性(蒸気圧、水溶解度、オクタノール/水分配係数等)の測定

有用な物理化学特性の推算法の探索

- 実測により物性の信頼性が向上
- 実測値との比較により、推算値の信頼性も向上

施設内挙動予測や3-2の環境動態モデルに対する信頼性の向上

✓ 混合物への拡張(リサイクルや代替を想定、実用上重要)

PCBsとSCCPsの混合は?

活量係数モデル(COSMO-therm等)を用いて影響を反映(補正)

単純な混合則(按分)で良い?

構造が異なるBFRsとPFRsの混合は?

補正法を提示し、検証

テーマ2の解析にも利用可能

テーマ2-1: 環境・生態系におけるPCB・POP_sの時系列評価と 環境管理方策の検討

成果目標:「環境・生態系におけるPCBおよびPOP_s汚染の時系列変化を解明し、PCB処理効果の検証や包括的なPOP_s管理方策の提言に資する基礎情報を整理すること」

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PBDE_sやその代替物質などPOP_sによる汚染の時系列変化を解明し、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POP_s管理の方策を検討する。

生物環境試料バンク(es-BANK)の 長期保管試料の活用



- ・沿岸性および外洋性鯨類(脂皮試料)
- ・陸上鳥類(胸筋試料)
- ・魚介類(イガイ・カツオ)
- ・深海生物等)

瀬戸内海沿岸などにおける堆積物柱状 試料の採取と利用



- ・層位別試料採取
- ・²¹⁰Pbを用いた堆積速度・年代推定

既存分析法の高度化および新規POP_sの分析法開発

PCB209異性体の詳細微量分析

試料分析

PBDE_s, NBFR_s, PFR_s, SCCP_sなど
POP_sの微量分析

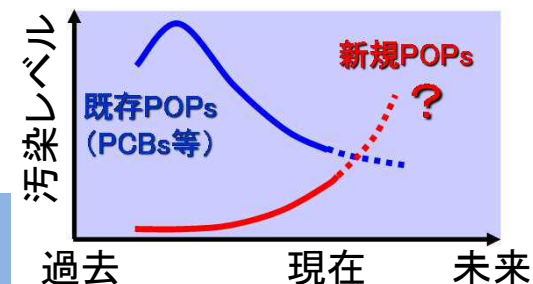
既存モニタリングデータ

収集・
整理

汚染の過去復元⇒時系列変化のトレンドを物質ごとに把握

- ・PCB/既存POP_s ⇔ 新規POP_s
- ・陸上/沿岸 ⇔ 外洋/深海
- ・低次生物種 ⇔ 高次生物種

各サブテーマ間およびテーマ1と
の情報共有・相互検証



ローカルおよびグローバルな視点から解析・整理した
POP_s汚染の時系列変化に関する基礎情報の提示 14

テーマ2-2: PCB・POPの環境負荷解析と生態リスク評価に関する研究

成果目標:「PCBやPOP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、生態系の高次生物等に対する生態リスクを評価すること」

イ) PCBおよびPOP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濃縮の特徴などを把握、整理する。

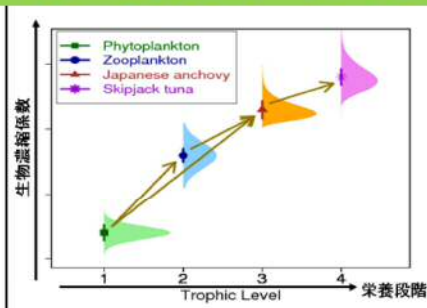
ロ) 上記で整理した情報とPCBおよびPOPの環境モニタリングや環境負荷解析の結果を統合し、生態系高次の野生動物等に対する生態リスクを相対的・包括的に評価する。

野生高等動物や実験動物におけるPCBおよびPOPの生態毒性情報の把握・整理



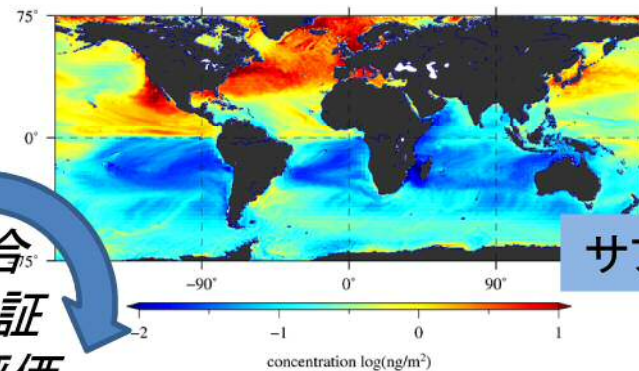
免疫毒性、発がん性、催奇形性、内分泌かく乱等の生態毒性に係る閾値・種間差等の把握

QSAR等に基づく生物濃縮予測モデル
海洋食物網における物質動態解析モデル



各栄養段階の生物種におけるPCBおよび新規POPの濃度予測手法の確立

高詳細なPOP動態モデルによる環境負荷解析
+ 環境モニタリングデータとの比較・検証



サブテーマ2-1との情報共有
テーマ3との連携

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



・PCBおよび各種POPの生態リスクを比較・評価

日本近海におけるPOP負荷の時空間的な消長を
考慮した包括的な生態リスクの評価

テーマ2-3: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

成果目標:「環境微量汚染物質の一斉／網羅分析手法を活用し、多様なPOP_s関連物質の時空間分布や生物蓄積の特徴について基礎情報を提示すること」

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POP_s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POP_s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。

先端的質量分析・データベース解析手法を用いたPOP_s関連物質の一斉／網羅分析法

・一斉／網羅分析に適した試料前処理法の検討



・GC-MSおよびLC-TOFMSを組み合わせた自動同定・定量データベースシステムによるPOP_s関連物質の一斉／網羅分析法の確立



通常のGC-MS測定等では対象とならないフッ素系POP_s含む合計約2000化合物の一斉検索・同定が可能

適用

サブテーマ2-1との試料および情報の共有

es-BANKの長期保管試料の活用

沿岸性魚介類や底質柱状試料の採取・測定

環境生物試料中の多様なPOP_s関連物質の検索・同定
関連物質の時空間分布と生物蓄積等の特徴の把握

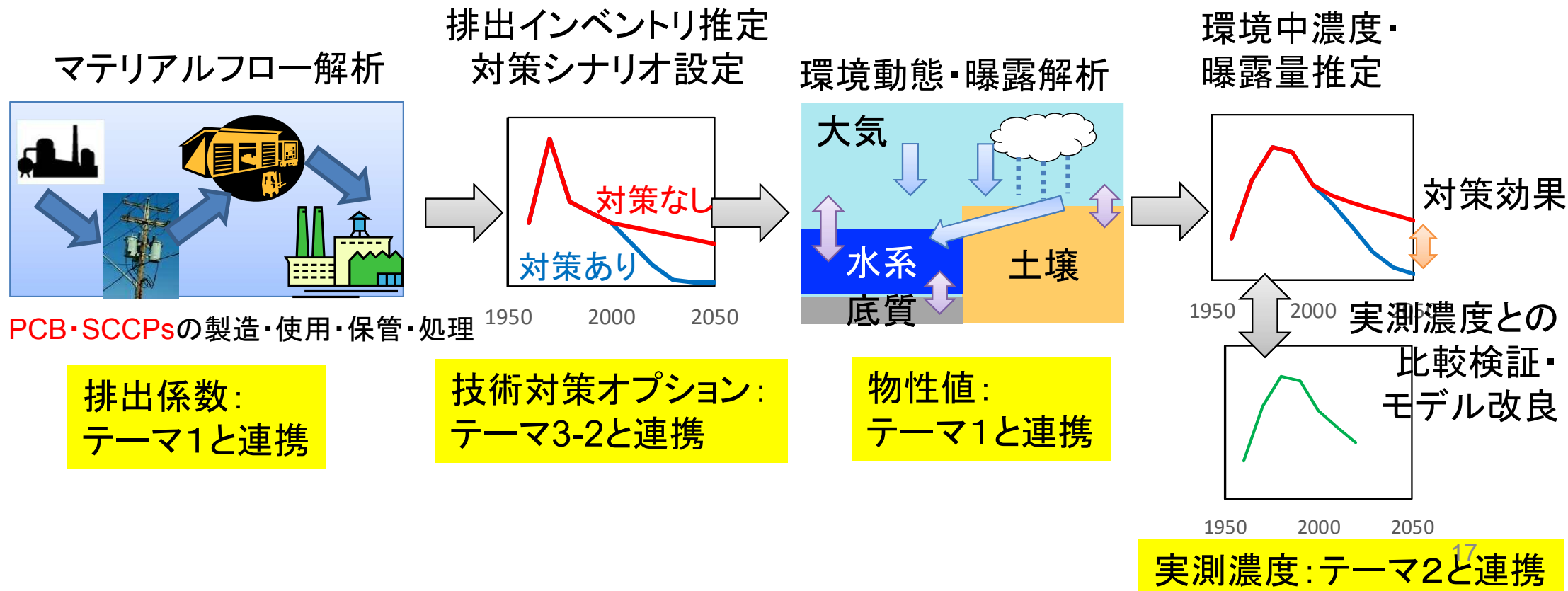
・他のテーマで測定・評価対象外となっている物質群についても幅広く補完的なデータを得ることが可能
・数ある環境微量汚染物質の中から経時的な濃度上昇や生物蓄積性を示す「要検討物質」の特定が可能

低コスト・迅速なPOP_s関連物質の一斉／網羅分析法の確立と「要検討物質」に関する基礎情報の整理

テーマ3-1: 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

成果目標:「PCBをはじめとするPOPsのマテリアルフロー・環境排出量を推定し、環境動態・曝露モデルにより、PCB処理などの管理シナリオの効果を推定すること」

- 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との協調企画等による国際発信



テーマ3-2: POPsの影響低減・抑制のための 処理技術に関する研究

成果目標:「POPs廃棄物の処理技術に関する知見を集積するとともに、意図的・非意図的POPsの処理・生成抑制技術を評価すること」

イ) 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。

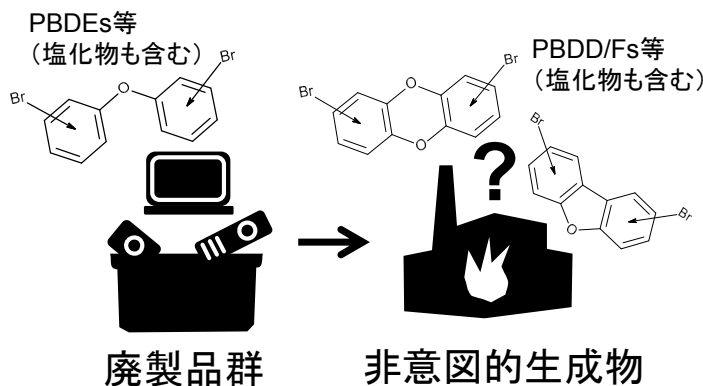
ロ) 対象のPOPsについて、非意図的生成物の定量も実施し、低減・抑制効果と非意図的生成の発生影響の両面から、最適な運転条件を決定し、抑制・生成経路の推定も含めた処理技術の効果を体系的に評価する。

【背景】

POPsの影響低減・抑制に必要な処理技術に関連する知見として、

- ・ 廃製品群に含まれるPBDEs等の臭素化物やSCCPs等の塩素化物
- ・ 熱処理過程等における非意図的生成物

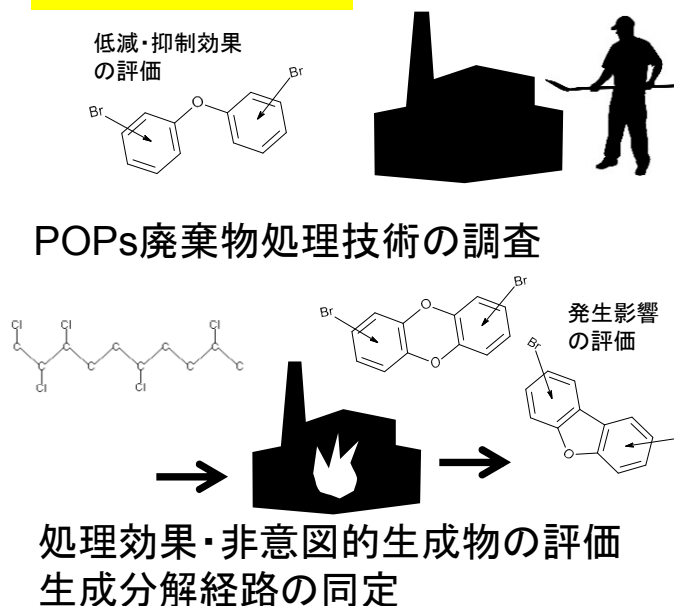
に対する評価が求められる。



【テーマの進め方】

各種技術に対して、文献、現地調査、実験的検討を行い、非意図的生成物等も含め情報を集積する。

テーマ2とも連携



【アウトプット】

POPs廃棄物の処理技術と非意図的副生成物の抑制方策を整理して、政策提言及び環境動態への基礎情報とする。

テーマ3-1とも連携

