

課題番号 5-1902(体系的番号 JPMEEF20195002)

底生生物に対する曝露経路と 生物利用性を考慮した 包括的な底質リスク評価手法の構築

研究代表機関・代表者：東京大学・中島典之

研究実施期間：令和元～3年度

重点課題

主：【重点課題⑭】化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究

副：【重点課題⑮】大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究

研究分担機関・分担者：

東京大学 飛野智宏、上田紘司

国立環境研究所 遠藤智司、渡部春奈、山本裕史、西森敬晃、Fabian C FISCHER、吉井咲夢

研究協力者：

Soyoung LEE（東京大学）、日置恭史郎（国立環境研究所）

**1 背景等、2 研究開発目的、
3 研究目標、4 研究開発内容**

1. はじめに：研究背景・行政ニーズ

“底質移行性のある”化学物質の底質リスク評価が必要

- 底生生物を用いた底質毒性試験データが少ない
→ 遊泳水生生物の毒性値から換算する**平衡分配法**を利用
- 平衡分配法の課題
⇒ **生物利用性**や**曝露経路**の違いを考慮できていない、
平衡分配式のパラメーターは適切か？

化学物質審査規制法、
化学物質の環境リスク
初期評価

予測無影響濃度
PNEC (mg/L)

上層水 C_{over}

平衡分配法

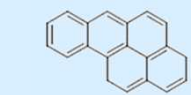
PNEC (mg/kg)

底質粒子 C_{Sed}

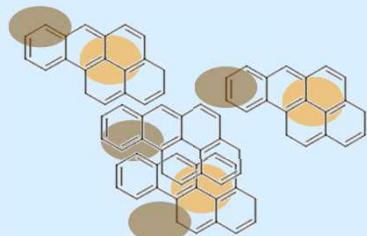
環境予測濃度
PEC (mg/kg)

間隙水 C_{pore}

総溶存態 C_{diss}



フリー溶存態 C_{free}



DOM結合態 C_{DOM}

2. 研究開発目的

4

- 底質リスク評価が必要とされている物質について、底生生物を用いた底質毒性試験を実施
- 試験中の化学物質の分配挙動や生物利用性をパッシブサンプラーなどによって評価



- 複数の曝露経路や生物利用性を考慮し、人工底泥を用いた室内毒性試験結果を、底質性状の異なる環境底泥に外挿することができる影響濃度の算出方法を提案
- 化審法や初期リスク評価に活用できる包括的な底質リスク評価手法を構築する

サブテーマ1

底生生物を用いた底質-水曝露による有害化学物質の毒性評価

中島典之、飛野智宏、上田紘司（東大）、
渡部春奈、西森敬晃（国環研）
＜協力＞ S Lee（東大）、日置恭史郎（国環研）

サブテーマ2

底質中有害化学物質の分配挙動と生物利用性の評価

遠藤智司、FC Fischer、吉井咲夢（国環研）

サブテーマ3

平衡分配法の最適化と包括的な底質リスク評価手法の構築

渡部春奈、山本裕史（国環研）
＜協力＞ 日置恭史郎、松崎加奈恵、遠藤智司（国環研）、中島典之（東大）

3. 研究目標

5

全体目標	底質毒性試験の方法を検討し、曝露経路や生物利用性、化学物質の吸着特性や分配挙動を考慮に入れた包括的な底質リスク評価手法を提案する
サブテーマ 1	平衡分配法を用いた暫定的な底質リスク評価により選定されたりスクの高い10物質程度を対象に、人工底泥を用いて淡水産および海産のヨコエビの底質毒性試験を実施し毒性値を求める。平衡分配法による推定毒性値より毒性の高かった物質3物質程度については、曝露経路別の試験を行い、各曝露経路の毒性への寄与を推定する。さらに、底質性状の異なる2種類以上の環境底泥を用いて底質毒性試験を実施し、人工底泥を用いた結果と比較する。
サブテーマ 2	パッシブサンプリングを用いた底質毒性試験系における有機化学物質のフリー溶存濃度測定法を確立する。また2種類以上の物質について、底質毒性試験系におけるすべての相（上層水、間隙水、溶存有機物、底質粒子、生物）の物質濃度を測定し、物質の分布を包括的に把握する。さらに人工底泥・環境底泥合わせて8種類以上について吸着試験を行い、分配挙動が異なる要因を抽出する。
サブテーマ 3	化審法の優先評価化学物質や環境リスク初期評価対象物質などから底質への移行性が懸念される物質（ $\log K_{ow} > 3$ など）を対象に、平衡分配法による予測毒性値PNECを用いてリスク評価（PEC/PNEC）を実施し、吸着特性や分配挙動が異なると考えられる①疎水性有機化合物、②アミン類、③金属から数種類ずつ、試験候補物質を選定する。そして、サブテーマ1の毒性試験結果およびサブテーマ2の分配挙動解析結果を踏まえ、平衡分配式で用いるパラメーターなどの最適化や性状の異なる底泥間で互換性のある濃度単位の指標の考案など、包括的な底質リスク評価手法を提案する。

4. 研究開発内容

6

底質
毒性
試験

化学
分析

評価
体系

サブテーマ1

サブテーマ2

サブテーマ3

底質-水曝露システム
による底質毒性試験
(人工底泥)

1年目

曝露経路別の
底質毒性試験
(人工底泥)

2年目

環境底泥を用いた
底質毒性試験

3年目

底質毒性試験中の
分配挙動の評価
(人工底泥)

環境底泥中の分配挙
動の評価・影響要因
の抽出

影響要因の
定量的評価

平衡分配法による
暫定リスク評価

試験物質の選定

平衡分配モデルの
最適化

毒性と生物利用性
画分の用量反応
モデルの構築

底質リスク評価
体系の構築

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

5-2. 環境政策等への貢献

5-3. 研究目標の達成状況

5-1. 成果の概要

サブテーマ1	・ サブテーマ3で選定した10種の物質について、人工底泥を用いた底質スパイクの毒性試験を実施し、新たな毒性値を得た。 ・ 淡水産・海産ヨコエビを用いた底質毒性試験を、底質スパイク、水スパイクの両方の系で実施し、間隙水のフリー溶存態濃度C_{free}の寄与の重要性を示唆する結果を得た。 ・ 4箇所の環境底泥を用いて底質スパイク試験を実施した。毒性値が得られたものについては、間隙水C_{free}に基づく毒性値がおおむね一致することを確認した。
サブテーマ2	・ パッシブサンプリング手法によるC_{free}の測定法を5種類の物質について確立し、底質毒性試験系においてC_{free}を測定した。 ・ 2種の物質については底質毒性試験系におけるすべての相の物質濃度を測定。 ・ 15地点の環境底泥を用いて収着試験を行い、収着係数は主に底泥の有機炭素含有量f_{oc}により決まることを提示。 ・ OECD人工底泥の有機炭素/水分配係数K_{oc}が環境底泥と同程度であることを示した。追加として、物質輸送モデルを用いた解析、アミン類の収着試験を実施。
サブテーマ3	・ 計142物質について平衡分配法を用いた暫定的リスク評価を行い、サブテーマ1・2の試験候補物質を選定。 ・ サブテーマ1・2の結果および既存データから、生物種の選択とパラメータ値の調整により、平衡分配法の信頼性を上げる方法を提示。 ・ 性状の異なる底泥間で互換性のある曝露濃度単位の指標として、サブテーマ1・2の結果から間隙水C_{free}の有効性と試験生物種の生息特性などの重要性を示唆。 ・ 環境リスク初期評価および化審法リスク評価に対し、本研究結果を踏まえた提言事項を整理し、包括的な底質リスク評価手法案を提案。

成果の概要（サブテーマ別）

サブテーマ1 底生生物を用いた底質-水曝露による有害化学物質の毒性評価

サブテーマ2 底質中有害化学物質の分配挙動と生物利用性の評価

サブテーマ3 平衡分配法の最適化と包括的な底質リスク評価手法の構築

サブテーマ1 研究目標・計画、成果まとめ

10

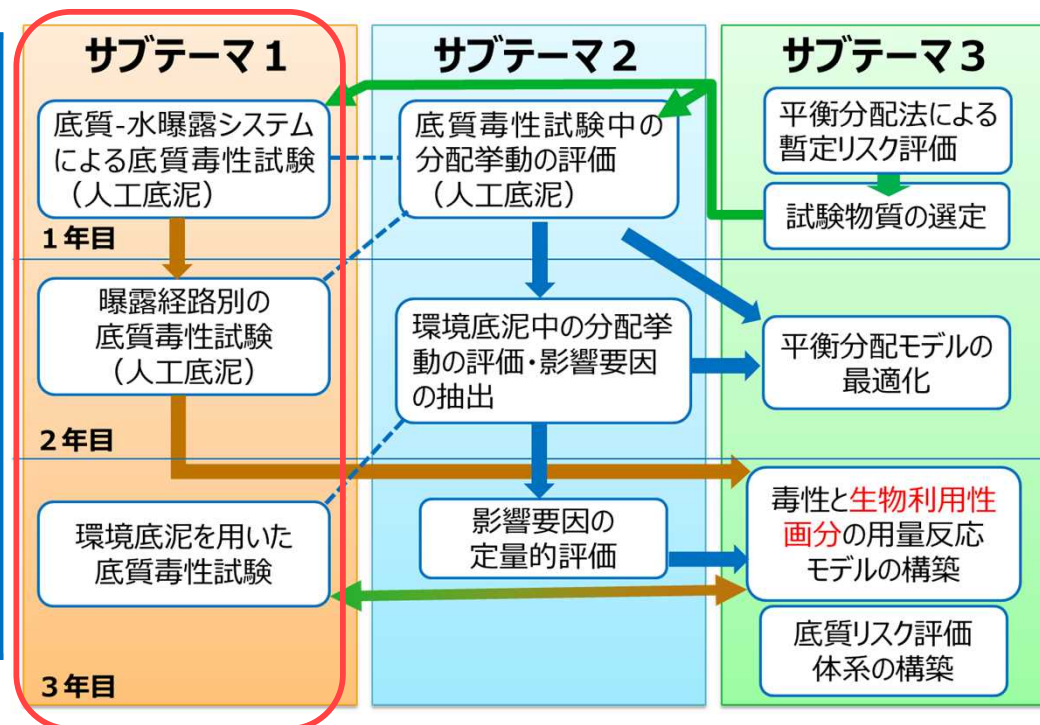
研究目標（スライド5再掲）

平衡分配法を用いた暫定的な底質リスク評価により選定されたリスクの高い10物質程度を対象に、**人工底泥を用いて淡水産および海産のヨコエビの底質毒性試験を実施**し毒性値を求める。

平衡分配法による推定毒性値より毒性の高かった物質3物質程度については、**曝露経路別の試験を行い**、各曝露経路の毒性への寄与を推定する。

さらに、底質性状の異なる2種類以上の**環境底泥を用いて底質毒性試験を実施**し、人工底泥を用いた結果と比較する。

研究計画（スライド7再掲）

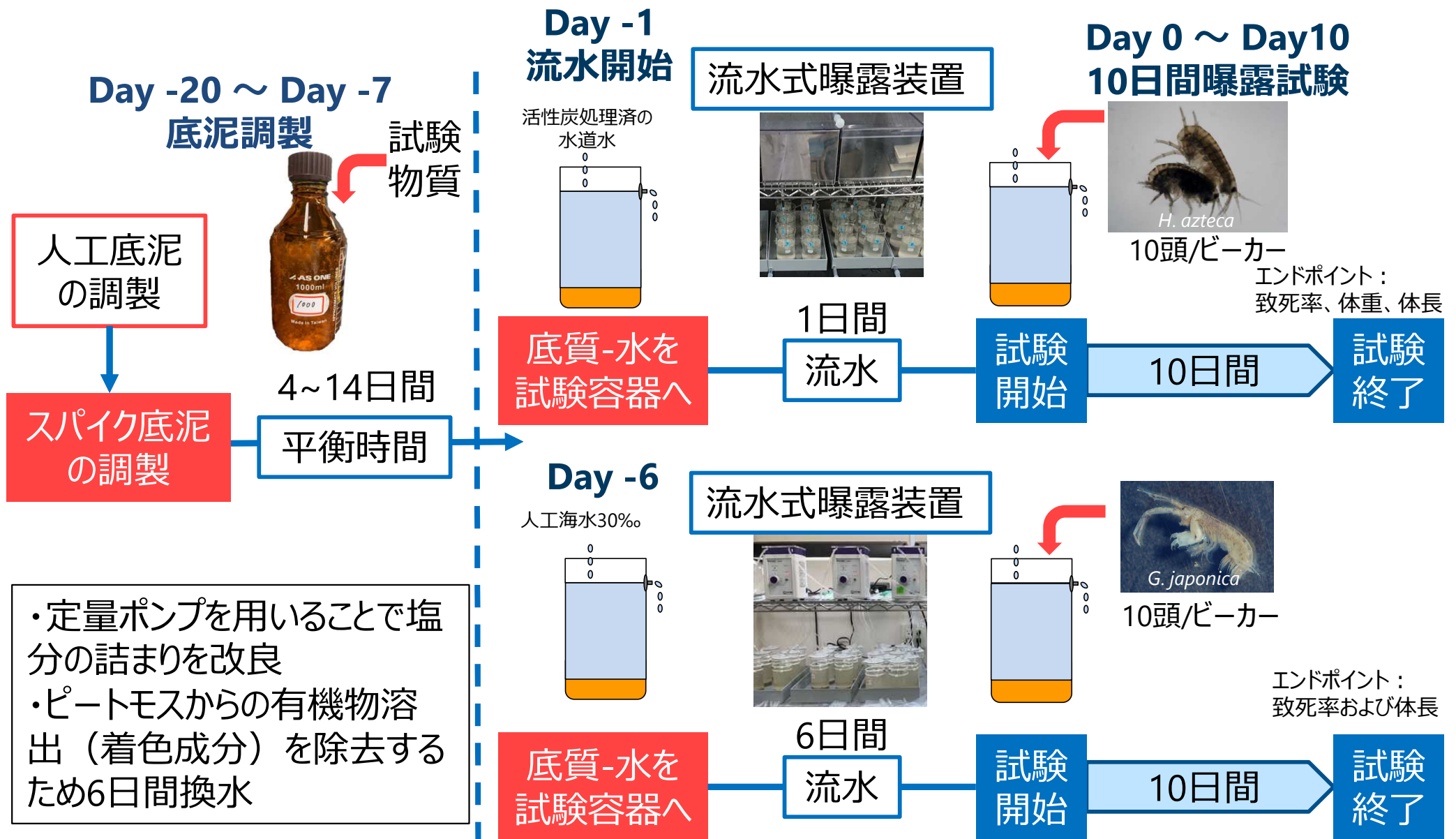


成果概要（スライド8再掲）

- サブテーマ3で選定した10種の物質について、人工底泥を用いた底質スパイクの毒性試験を実施し、新たな毒性値を得た。
- 淡水産・海産ヨコエビを用いた底質毒性試験を、**底質スパイク、水スパイクの両方の系**で実施し、**間隙水のフリー溶存態濃度 C_{free} の寄与**の重要性を示唆する結果を得た。
- 4箇所の**環境底泥**を用いて底質スパイク試験を実施した。毒性値が得られたものについては、**間隙水 C_{free} に基づく毒性値がおおむね一致**することを確認した。

サブテーマ1 人工底泥を用いた底質毒性試験

11



サブテーマ1 人工底泥を用いた底質毒性試験

12

■ 淡水産および海産ヨコエビの底質毒性試験

- ・サブテーマ3で選定された底質リスクの高い6種の有機化合物（CPS, Flu, BaP, TCC, 4-NP, C12-BAC）および底質リスクが懸念される4種の有機化合物（MTBT, MBT, OHBT, BT）を対象に淡水産ヨコエビ*H.azteca*・海産ヨコエビ*G. japonica*の底質毒性試験を実施
- ・得られた毒性値はサブテーマ3の平衡分配法との比較に提供
- ・報告例がないTCCやC12-BACなどについて新規性の高い毒性情報を取得

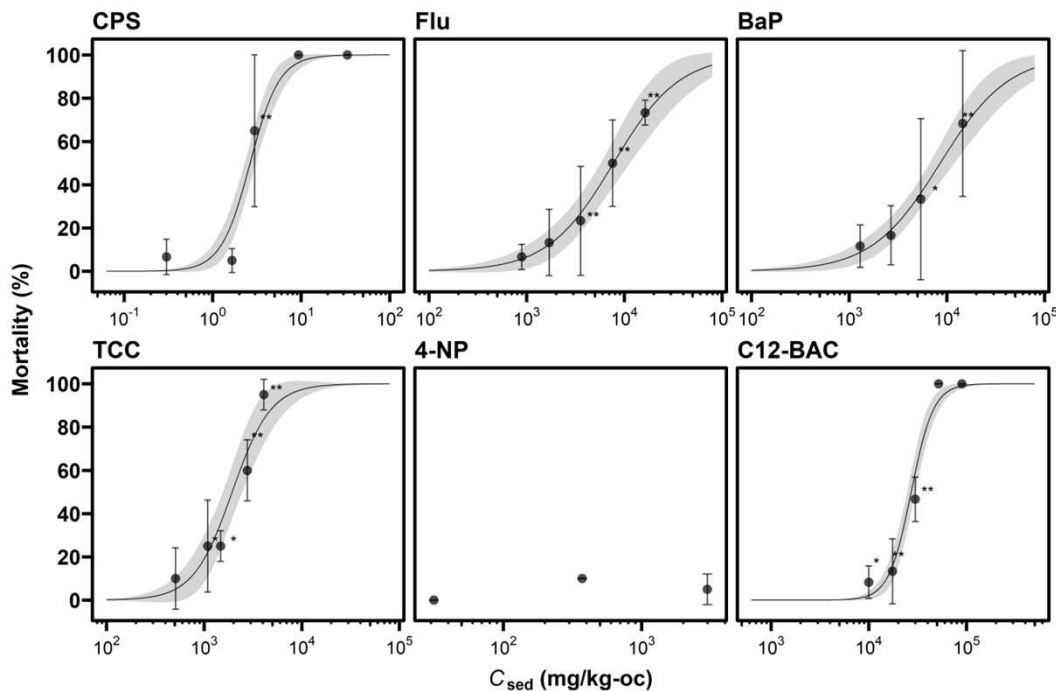


図1.2 人工底泥を用いた淡水産ヨコエビの底質毒性試験結果

（CPS：クロルピリホス、Flu：フルオランテン、BaP：ベンゾ[a]ピレン、TCC：トリクロカルバン、4-NP：4-ノニルフェノール、C12-BAC：ベンジルドデシルジメチルアンモニウム）

表1.2、1.4（抜粋）人工底泥を用いた淡水産・海産ヨコエビの底質毒性試験によるLC50 (mg/kg-oc)

試験物質名	<i>H.azteca</i>	<i>G.japonica</i>
CPS: クロルピリホス	2.6×10^0	4.5×10^2 ^a
Flu: フルオランテン	8.0×10^3	5.8×10^3
BaP: ベンゾ[a]ピレン	1.0×10^4	9.1×10^3
TCC: トリクロカルバン	2.1×10^3	1.8×10^4 ^a
4-NP: ノニルフェノール	$> 3.0 \times 10^3$ ^a	1.7×10^4 ^a
MTBT: 2-メチルチオベンゾチアゾール	-	1.2×10^3
MBT: 2-メルカプトベンゾチアゾール	-	3.1×10^2
OHBT: 2-ヒドロキシベンゾチアゾール	-	8.6×10^2
BT: ベンゾチアゾール	-	1.7×10^3
C12-BAC: ベンジルドデシルジルアンモニウム	2.7×10^3 ^a	-

a: 設定値（他は実測値）に基づく、“-”: 試験実施なし

海産ヨコエビ*G. japonica*の底質毒性試験結果

- ・9種の化学物質を対象にスパイク人工底泥の毒性試験を実施
- ・これらの化学物質については*G. japonica*を用いた底質毒性試験の毒性値が報告されておらず、新規性の高い結果を獲得

試験物質	LC50 (mg/kg)	95%信頼区間 (mg/kg)	LC50 (mg/kg-oc)	95%信頼区間 (mg/kg-oc)	備考
BaP	2.0×10^2	$1.6 \times 10^2 - 2.5 \times 10^2$	9.1×10^3	$7.3 \times 10^3 - 1.1 \times 10^4$	止水、Kemble底泥 2日に1回
NP*	3.9×10^2	$3.2 \times 10^2 - 4.5 \times 10^2$	2.0×10^4	$1.6 \times 10^4 - 2.3 \times 10^4$	止水、OECD底泥 2日に1回
CPS*	1.0×10^0	$7.9 \times 10^{-1} - 1.3 \times 10^0$	5.2×10^1	$3.9 \times 10^1 - 6.4 \times 10^1$	流水、OECD底泥 1日1回
Flu	1.3×10^1	$1.0 \times 10^1 - 1.5 \times 10^1$	5.2×10^2	$3.9 \times 10^2 - 6.4 \times 10^2$	止水、Kemble底泥 2日に1回
	1.2×10^2	$5.9 \times 10^1 - 1.7 \times 10^2$	5.8×10^3	$2.9 \times 10^3 - 8.7 \times 10^3$	流水、OECD底泥 2日に1回
	$> 9.5 \times 10^1$		$> 4.7 \times 10^4$		流水、OECD底泥 1日に1回
TCC*	3.9×10^2	$-3.9 \times 10^2 - 1.1 \times 10^3$	1.9×10^4	$-1.9 \times 10^4 - 5.6 \times 10^4$	流水、OECD底泥 1日2回
MT-BT	2.6×10^1	$2.2 \times 10^1 - 3.1 \times 10^1$	1.2×10^3	$1.0 \times 10^3 - 1.4 \times 10^3$	止水、Kemble底泥 2日に1回
MBT	6.8×10^0	$6.1 \times 10^0 - 7.6 \times 10^0$	3.1×10^2	$3.0 \times 10^2 - 3.5 \times 10^2$	止水、Kemble底泥 2日に1回
BT	3.8×10^1	$3.0 \times 10^1 - 4.7 \times 10^1$	1.7×10^3	$1.4 \times 10^3 - 2.1 \times 10^3$	止水、Kemble底泥 2日に1回
OHBT	1.9×10^1	$1.4 \times 10^1 - 2.4 \times 10^1$	8.6×10^2	$6.4 \times 10^2 - 1.1 \times 10^3$	止水、Kemble底泥 2日に1回

*：設定濃度に基づく

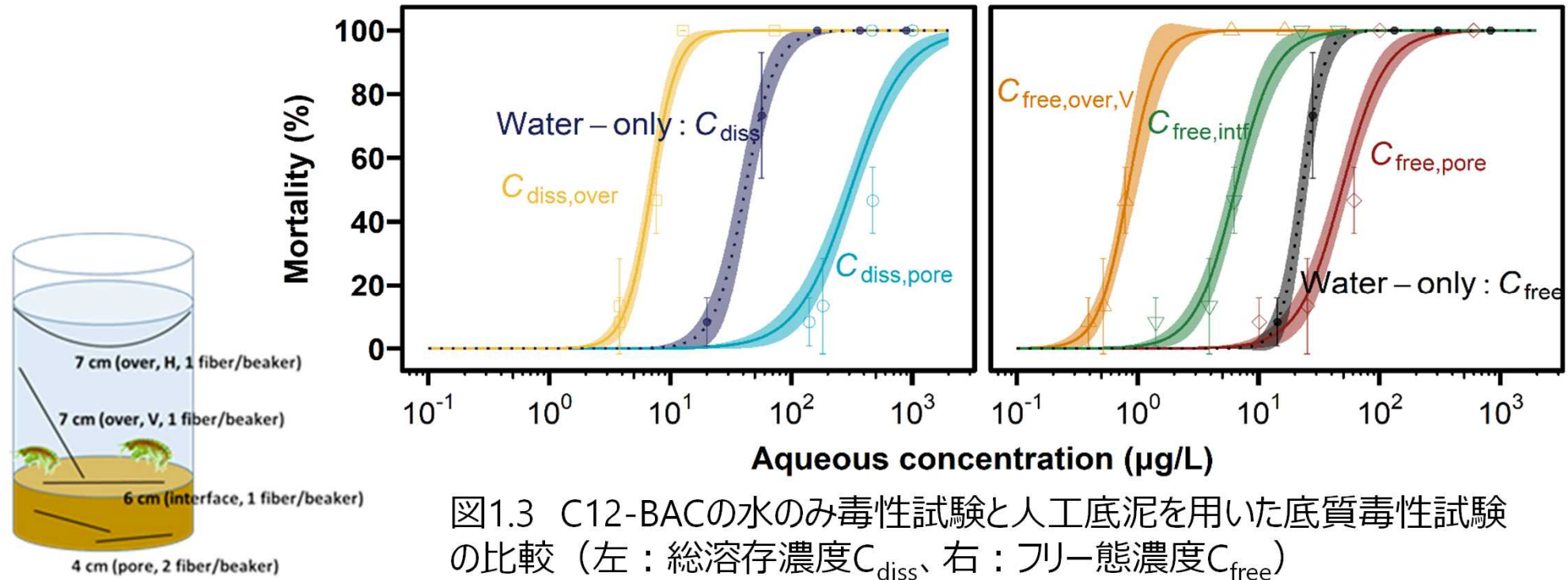
BaP：ベンゾ[a]ピレン、NP：ノニルフェノール、CPS：クロルピリホス、Flu：フルオランテン、TCC：トリクロカルバン、
MT-BT：2-メチルチオベンゾチアゾール、MBT：2-メルカプトベンゾチアゾール、OHBT：2-ヒドロキシベンゾチアゾール、BT：ベンゾチアゾール

サブテーマ1 曝露経路別の毒性試験

14

■ 異なる曝露形式の試験系で毒性影響を比較

- ・水に試験物質を添加した系（水のみ毒性試験）と人工底泥を用いた底質毒性試験の結果を比較
- ⇒ 淡水産ヨコエビでは底質の間隙水 C_{free} と水のみ C_{free} の用量応答曲線が一致（C12-BAC: 図1.3、CPS: 図1.4）
- ・生物濃縮係数（BCF）も間隙水の C_{free} を指標とした場合に一致（表1.3）
- ・ただし疎水性の高いベンゾ[a]ピレンではDOM結合態の寄与が示唆（表1.3）
- ⇒ 海産ヨコエビでは上層水の寄与も示唆（図1.8）



サブテーマ1 環境底泥を用いた底質毒性試験

15

異なる性状の環境底泥を用いた底質毒性試験

- ・人工底泥と性状の異なる環境底泥を用いて淡水産・海産ヨコエビの底質毒性試験を実施
- ・淡水産ヨコエビでは、間隙水 C_{free} から算出した毒性値は異なる性状の底泥間で概ね一致。ただし有機炭素含量 f_{oc} が著しく低い（0.14%）底泥では間隙水 C_{free} から想定される毒性がみられなかった（図1.4）
- ・海産ヨコエビを用いた比較では、明確な濃度反応曲線が得られなかった（図1.8）

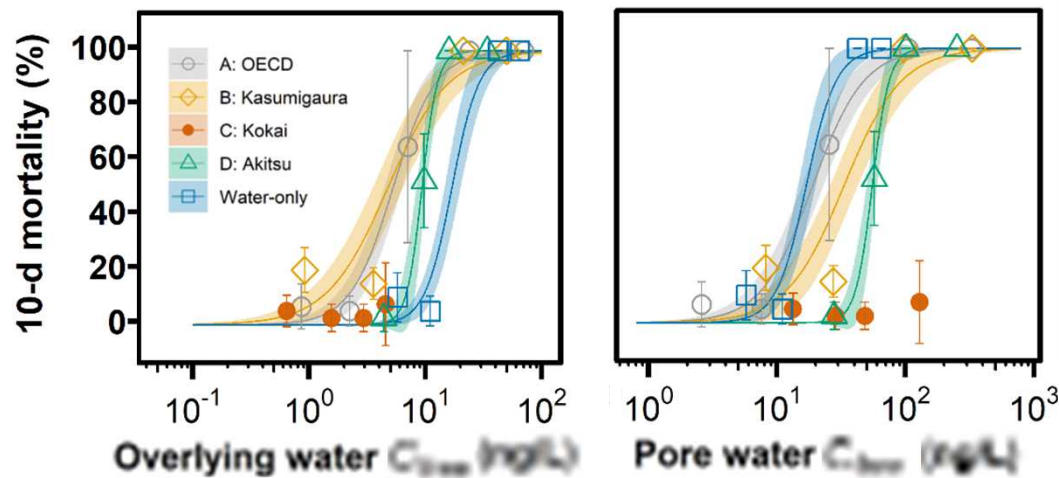


図1.4（抜粋） 環境底泥と人工底泥を用いた淡水産ヨコエビのクロルピリホス底質毒性試験の比較

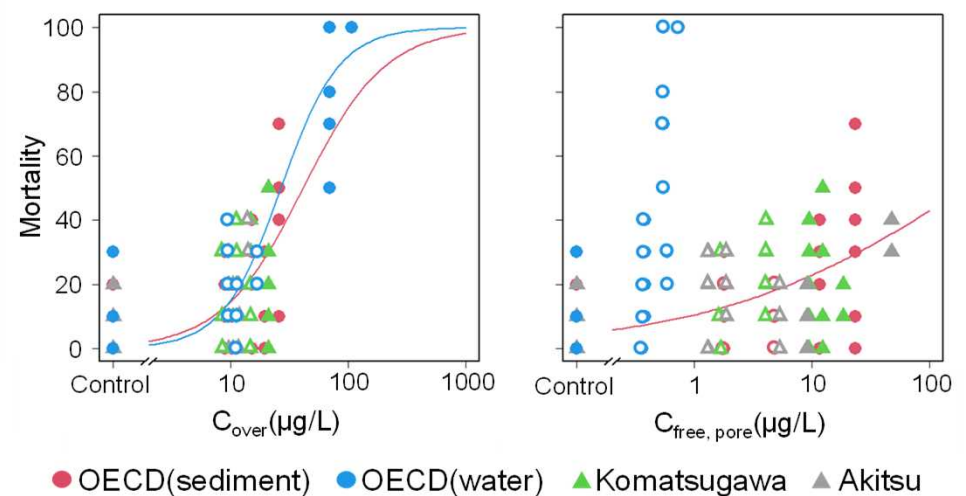


図1.8（抜粋） 環境底泥と人工底泥を用いた海産ヨコエビのフルオランテン底質毒性試験の比較

白抜きのプロットは測定濃度の値が<LOQであることを示す。

成果の概要（サブテーマ別）

サブテーマ 1 底生生物を用いた底質-水曝露による有害化学物質の毒性評価

サブテーマ 2 底質中有害化学物質の分配挙動と生物利用性の評価

サブテーマ 3 平衡分配法の最適化と包括的な底質リスク評価手法の構築

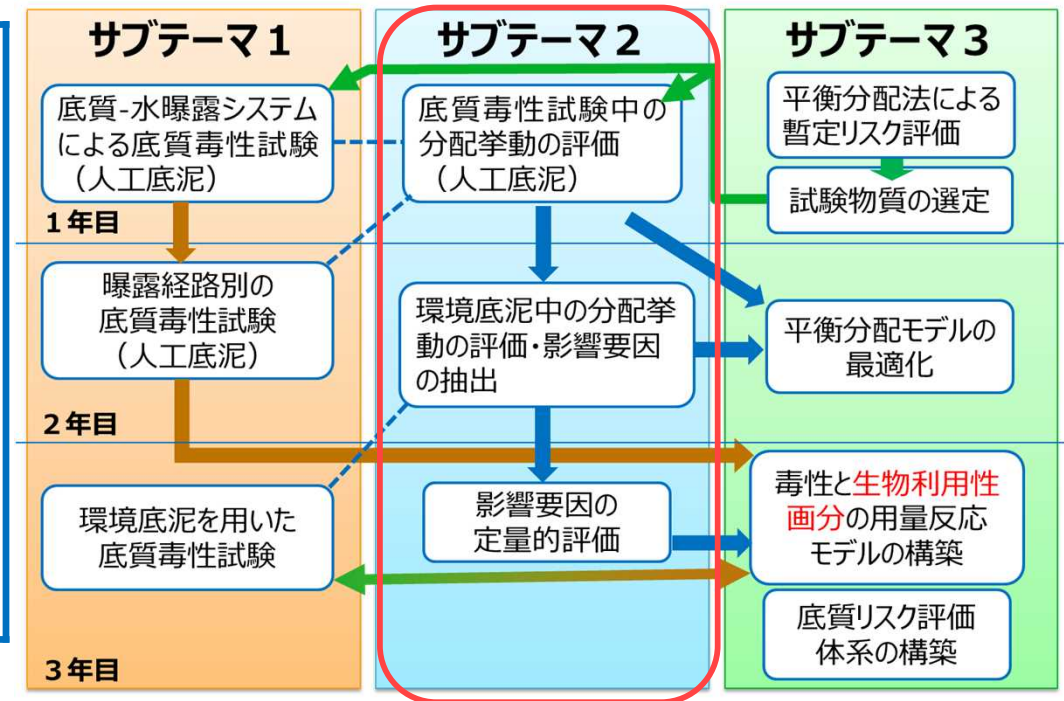
サブテーマ2 研究目標・計画、成果まとめ

17

研究目標（スライド5再掲）

パッシブサンプリングを用いた底質毒性試験系における有機化学物質のフリー溶存濃度測定法を確立する。また2種類以上の物質について、底質毒性試験系におけるすべての相（上層水、間隙水、溶存有機物、底質粒子、生物）の物質濃度を測定し、物質の分布を包括的に把握する。さらに人工底泥・環境底泥合わせて8種類以上について吸着試験を行い、分配挙動が異なる要因を抽出する。

研究計画（スライド7再掲）



成果概要（スライド8再掲）

- パッシブサンプリング手法による C_{free} の測定法を5種類の物質について確立し、底質毒性試験系において C_{free} を測定した。
- 2種の物質については底質毒性試験系におけるすべての相の物質濃度を測定。
- 15地点の環境底泥を用いて収着試験を行い、収着係数は主に底泥の有機炭素含有量 f_{oc} により決まることを提示。
- OECD人工底泥の有機炭素/水分配係数 K_{oc} が環境底泥と同程度であることを示した。追加として、物質輸送モデルを用いた解析、アミン類の収着試験を実施。

サブテーマ2 フリー溶存濃度 C_{free} 測定手法確立

18

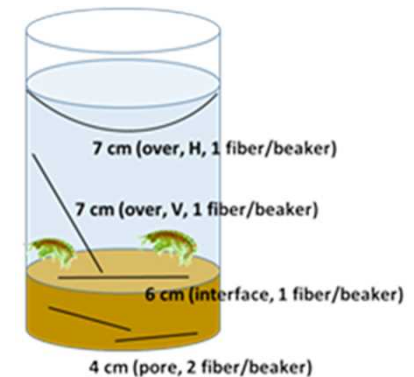
■ ポリマーコーティングSPMEファイバーを用いたパッシブサンプリング手法を検討

<手法の検討>

- ・平衡化時間：ベンゾ[a]ピレン以下の疎水性の物質なら10日以内
- ・陽イオン界面活性剤（C12ベンザルコニウム）測定用のサンプラーを検討

<底質毒性試験系への適用>

- ・間隙水と上層水の C_{free} を測定→サブテーマ1へデータ・手法を提供



10日以内に平衡化

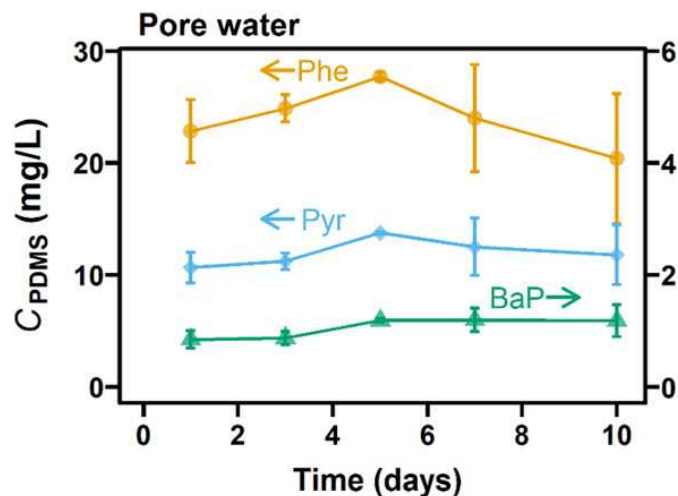


図2.3（抜粋） PDMSファイバー中の物質濃度の経時変化（Phe, フェナントレン; Pyr, ピレン; BaP, ベンゾ[a]ピレン）

陽イオン界面活性剤(C12-BAC)のファイバー中濃度から C_{free} への換算

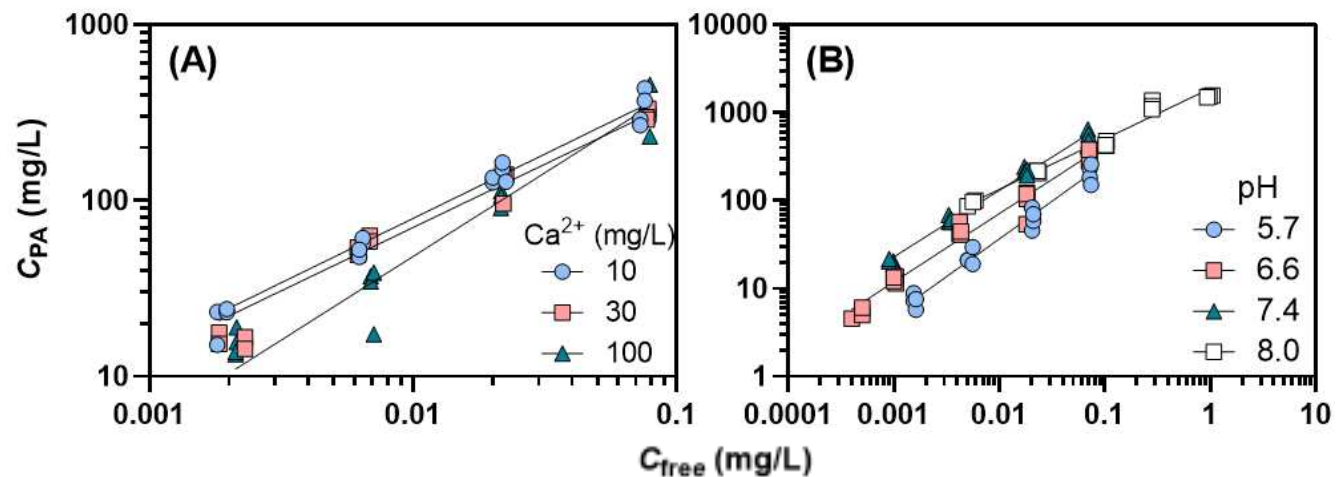
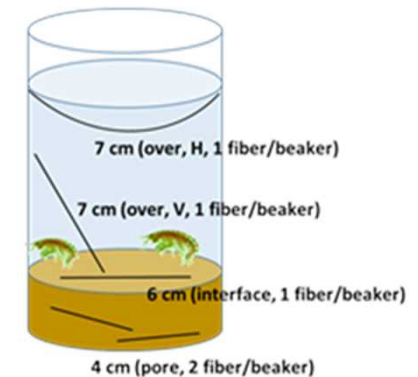


図2.4（抜粋） ポリアクリレート（PA）ファイバーによるC12-BACの収着等温線の Ca^{2+} 濃度依存性（A）、pH依存性（B）

■ SPMEファイバーを用いた底質毒性試験系でのパッシブサンプリング等による、分布・分配の詳細測定

- 試験期間中に上層水濃度が減少⇒ 換水の影響？
⇒ 物質輸送モデルによるシミュレーションとの比較、プロセスの解明
- 間隙水と上層水の上に大きな濃度差
⇒ 試験生物の曝露評価に適した位置での濃度測定が重要



上層水濃度が~50%減少

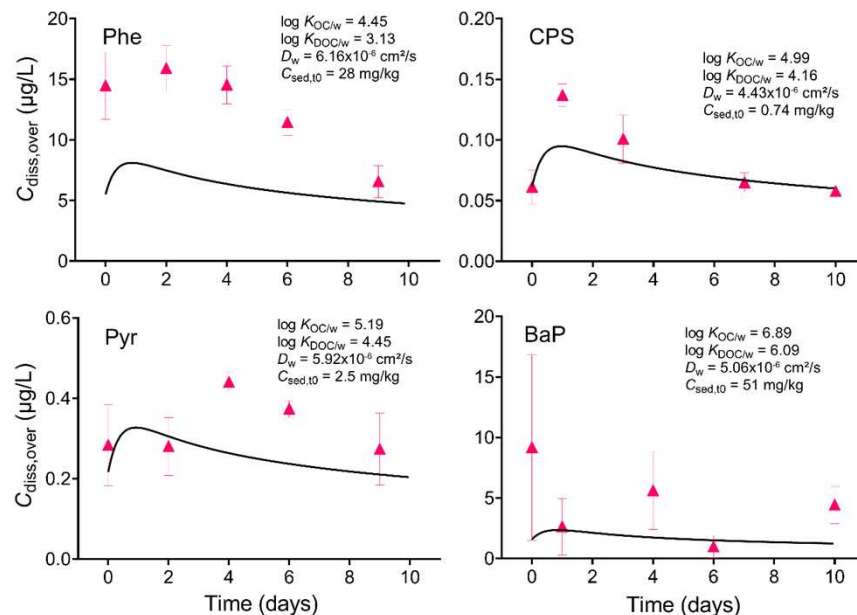


図2.8 半流水式底質毒性試験系における上層水 C_{diss} ($C_{diss,over}$)の実験値と物質輸送モデルによるシミュレーション結果の比較

上層水と間隙水の上に大きな濃度差

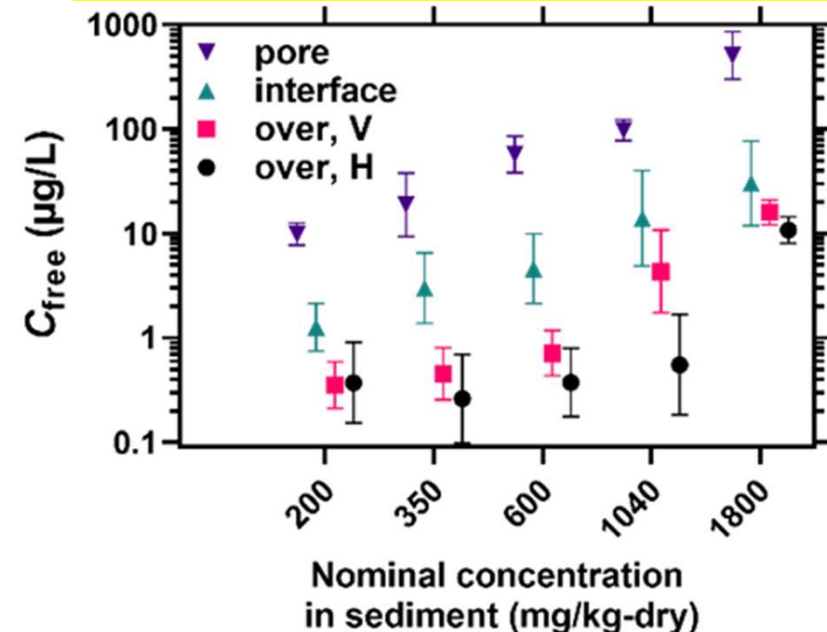


図2.7 (抜粋) 底質毒性試験系におけるC12-BACの C_{free} の分布
 底質間隙水(pore)、底質-上層水界面(interface)、上層水下部(over, V)、上層水上部(over, H)

サブテーマ2 底質への収着と影響要因

20

- 国内15地点（河川、湖、干潟）の底泥と2種類の人工底泥を用いて、中性有機化合物（5PAHs）の収着係数を測定

- 環境底泥の収着係数 K_d と有機炭素含量 f_{oc} の間に比例関係(図2.10)
⇒ f_{oc} が収着の主要な影響要因
- ピートモスを主成分としたOECD人工底泥は K_{oc} が環境底泥と類似(図2.11)
⇒底質毒性試験での使用に推奨できる。一方、セルロースを主成分とした人工底泥は K_{oc} が3桁低く、推奨されない。

収着係数 K_d と有機炭素含量 f_{oc} は比例

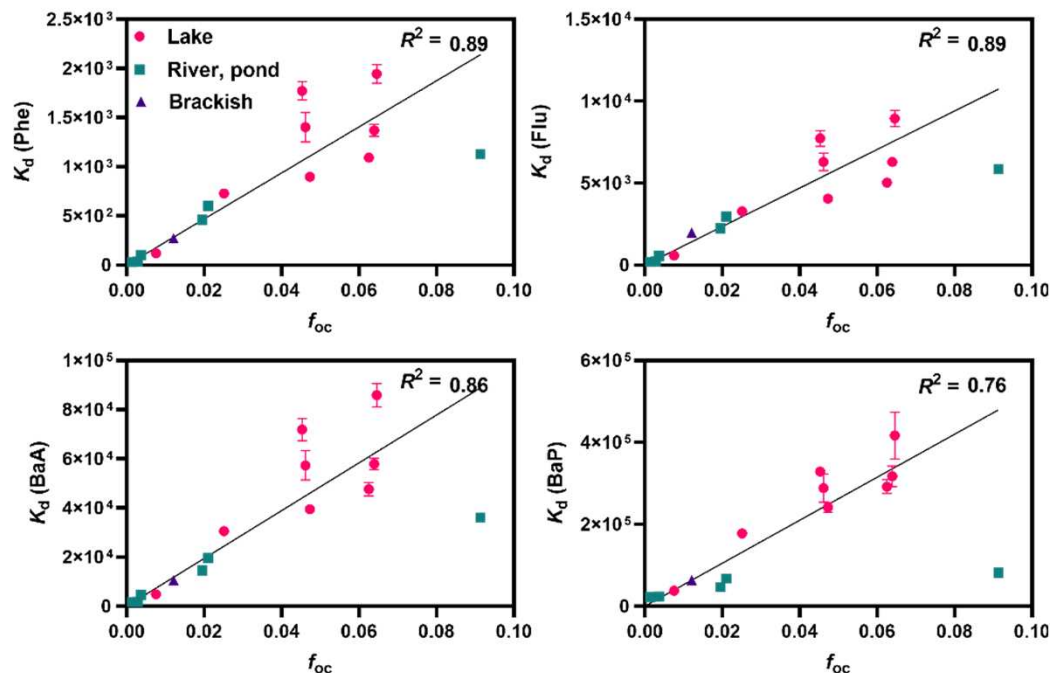


図2.10（抜粋） 環境底泥による収着係数 K_d と有機炭素含量 f_{oc} の関係

OECD人工底泥は環境底泥と収着性状が類似

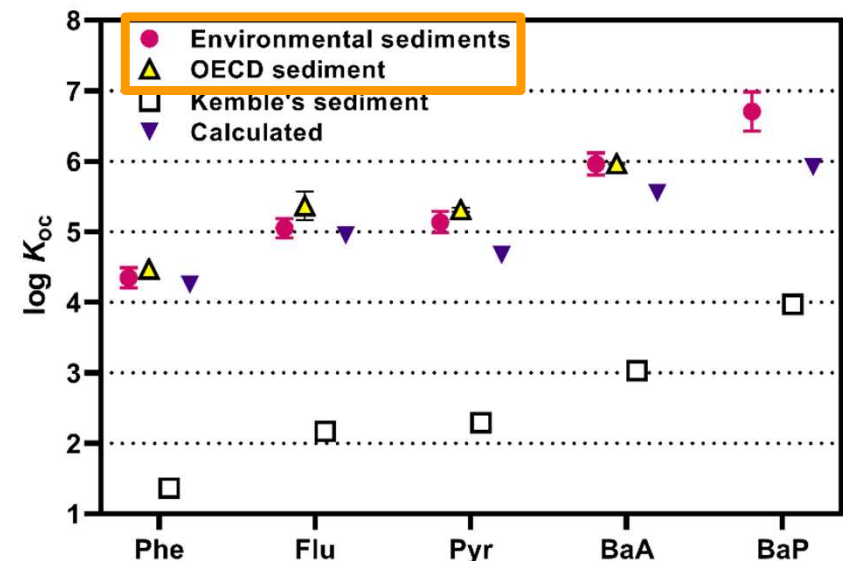


図2.11 環境底泥のlog K_{oc} （底泥15種類の平均±標準偏差）と人工底泥2種類のlog K_{oc}

成果の概要（サブテーマ別）

サブテーマ 1 底生生物を用いた底質-水曝露による有害化学物質の毒性評価

サブテーマ 2 底質中有害化学物質の分配挙動と生物利用性の評価

サブテーマ 3 平衡分配法の最適化と包括的な底質リスク評価手法の構築

サブテーマ3 研究目標・計画、成果まとめ

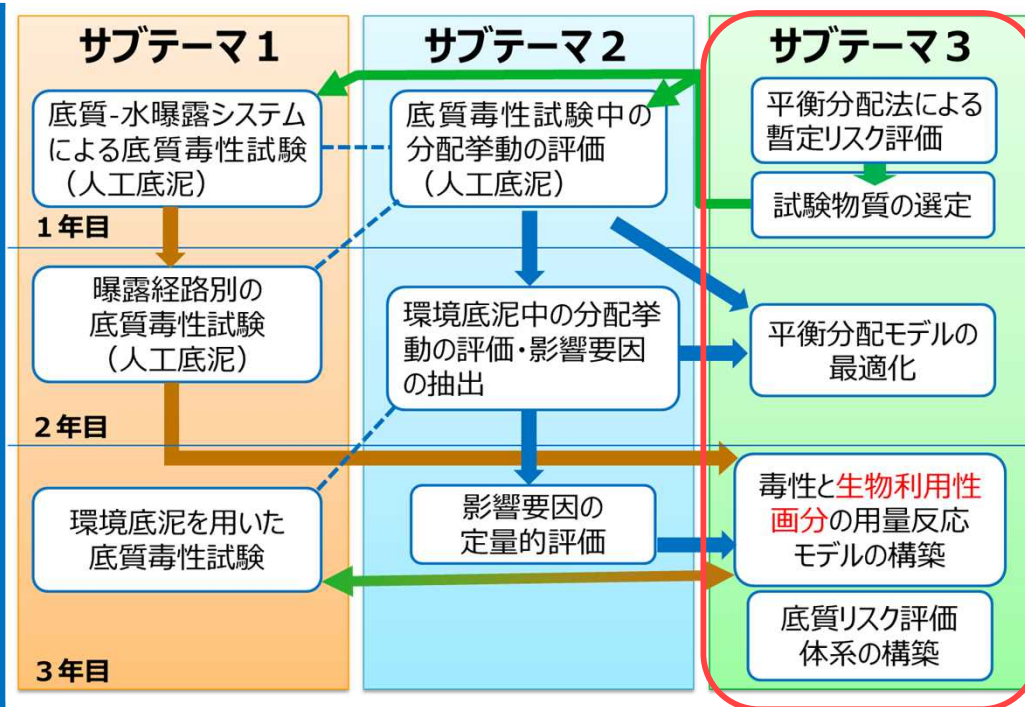
22

研究目標（スライド5再掲）

化審法の優先評価化学物質や環境リスク初期評価対象物質などから底質への移行性が懸念される物質（ $\log K_{ow} > 3$ など）を対象に、平衡分配法による予測毒性値PNECを用いてリスク評価（PEC/PNEC）を実施し、吸着特性や分配挙動が異なると考えられる①疎水性有機化合物、②アミン類、③金属から数種類ずつ、**試験候補物質を選定**する。

そして、サブテーマ1の毒性試験結果およびサブテーマ2の分配挙動解析結果を踏まえ、平衡分配式で用いるパラメーターなどの最適化や性状の異なる底泥間で互換性のある濃度単位の指標の考案など、**包括的な底質リスク評価手法を提案する**。

研究計画（スライド7再掲）



成果概要（スライド8再掲）

- 計142物質について平衡分配法を用いた暫定的リスク評価を行い、サブテーマ1・2の試験候補物質を選定。
- サブテーマ1・2の結果および既存データから、生物種の選択とパラメータ値の調整により、平衡分配法の信頼性を上げる方法を提示。
- 性状の異なる底泥間で互換性のある曝露濃度単位の指標として、サブテーマ1・2の結果から間隙水 C_{free} の有効性と試験生物種の生息特性などの重要性を示唆。
- 環境リスク初期評価および化審法リスク評価に対し、本研究結果を踏まえた提言事項を整理し、包括的な底質リスク評価手法案を提案。

サブテーマ3 試験候補物質の選定

23

- 環境リスク初期評価（第1～17巻）
166物質
- 化審法優先評価化学物質（H30年度末時点）56物質（重複19物質）

203物質

予測無影響濃度 $PNEC_{sed}$

水生生物の $PNEC_{water}$ を平衡分配式により底質濃度 $PNEC_{sed}$ に換算

予測環境濃度 PEC_{sed}

黒本調査等の底質濃度

142物質

暫定リスク $PEC_{sed}/PNEC_{sed}$

>1

58物質 (41%)

$\log K_{ow} < 3$
でもリスクあり

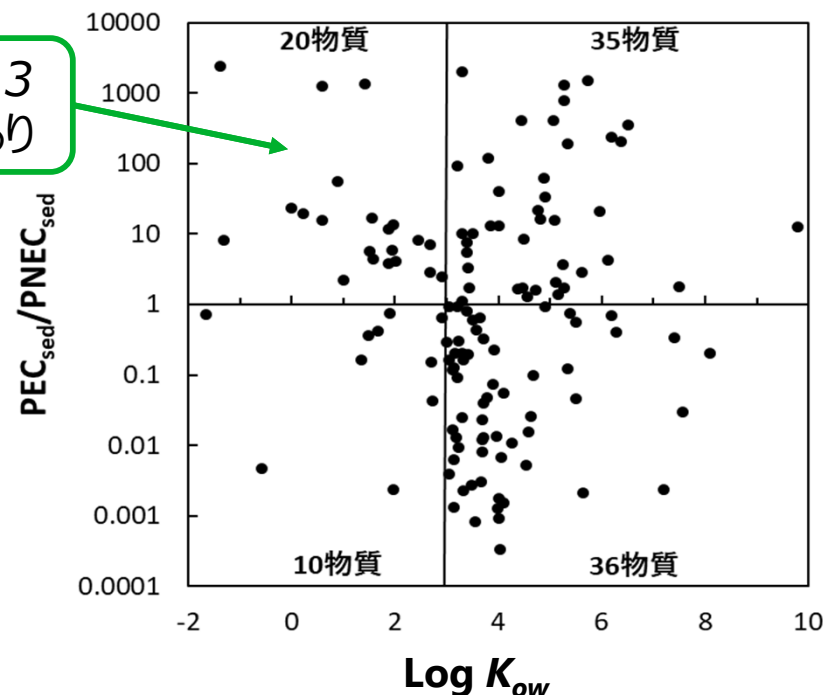


表3.3 試験候補物質の暫定リスク評価結果(抜粋)

物質名	PNEC (mg/kg)	PEC (mg/kg)	PEC/PNEC
CPS	2.5×10^{-5}	0.033	1300
4-NP	6.3×10^{-3}	5.0	790
Flu	5.6×10^{-3}	1.1	200
TCC	8.8×10^{-2}	3.0	34
BaP	5.9×10^{-1}	12.3	21
C12-BAC	2.3×10^0	-	-

CPS：クロルピリホス、4-NP：4-ノニルフェノール、Flu：フルオランテン、TCC:トリクロカルバン、BaP：ベンゾ[a]ピレン、C12-BAC：ベンジルドデシルジメチルアンモニウム

サブテーマ3 平衡分配法モデルの最適化

24

ECHAの平衡分配式

- UF適用のPNECで比較
- $f_{oc} = 10\%$, $\log K_{ow} > 5$ で更に1/10
- $PNEC_{water}$ は水生生物の最小値
 - ✓ BaP: *D. pulex* 96h-LC50
 - ✓ NP: メダカ多世代NOEC
 - ✓ CPS: *D. ambigua* 48h-EC50
 - ✓ FLU: *A. bahia* 31d-NOEC
 - ✓ TCC: 藻類72h-NOEC
 - ✓ BAC: *D. magna* 21d-NOEC

シンプルな平衡分配式 (甲殻類)

- $C_{sed} = C_{water} \cdot K_{oc} \cdot f_{oc}$
- f_{oc} は底質試験と同じ2%に設定
- C_{water} は甲殻類の急性毒性値
 - ✓ BaP: 同左
 - ✓ NP: *H. azteca* 96h-LC50
 - ✓ CPS: 同左
 - ✓ FLU: *A. bahia* 96h-LC50
 - ✓ TCC: *D. magna* 48h-EC50
 - ✓ BAC: *D. magna* 48h-EC50

シンプルな平衡分配式 (ヨコエビ)

- $C_{sed} = C_{water} \cdot K_{oc} \cdot f_{oc}$
- f_{oc} は底質試験と同じに設定
- すべてNIESの*H. azteca*のLC50
 - ✓ CPSとBACは10d-LC50

f_{oc} を底質試験と同じ、 $PNEC_{water}$ を甲殻類（特ヨコエビ）の毒性値にすると、より実験値に近くなる

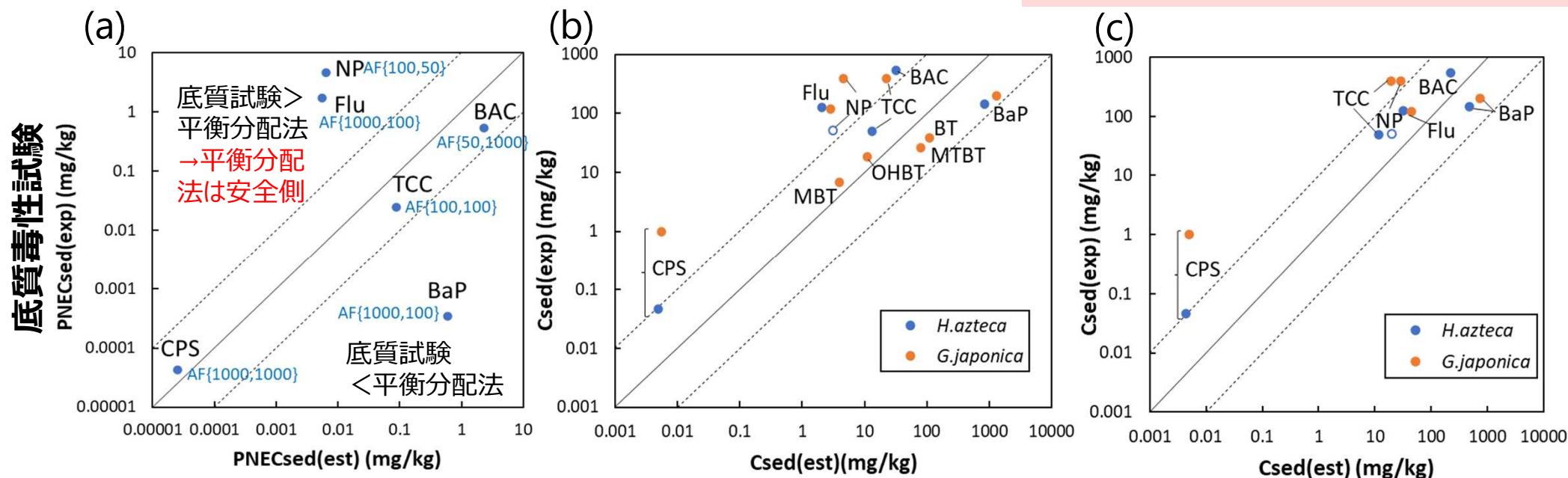


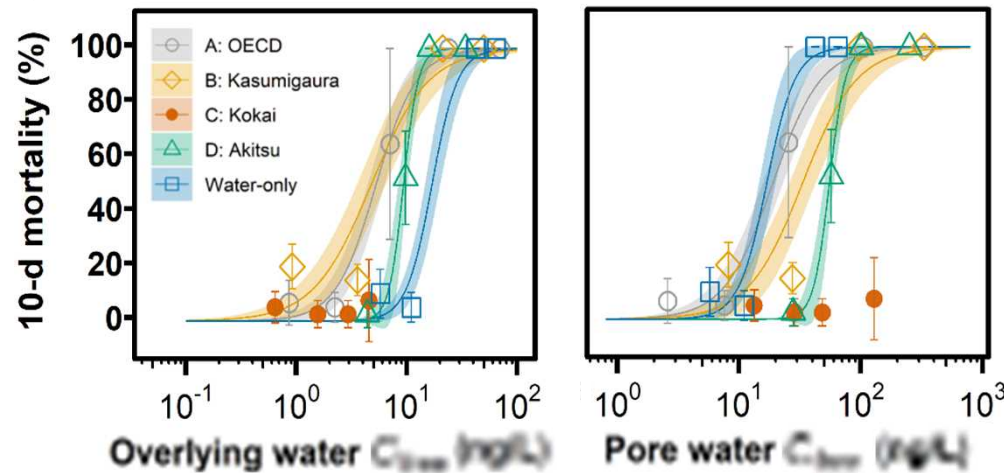
図3.3 平衡分配法 (X軸) と底質毒性試験 (Y軸) の比較

図中のUF(平衡分配法, 底質試験)、白抜きNPは超値

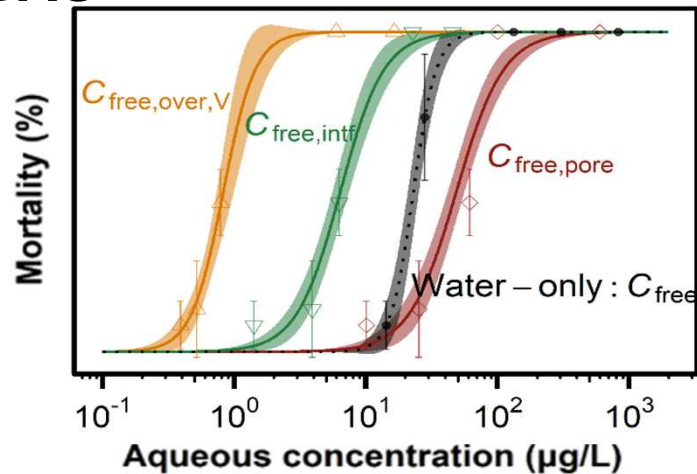
性状の異なる底泥間で互換性のある曝露指標

25

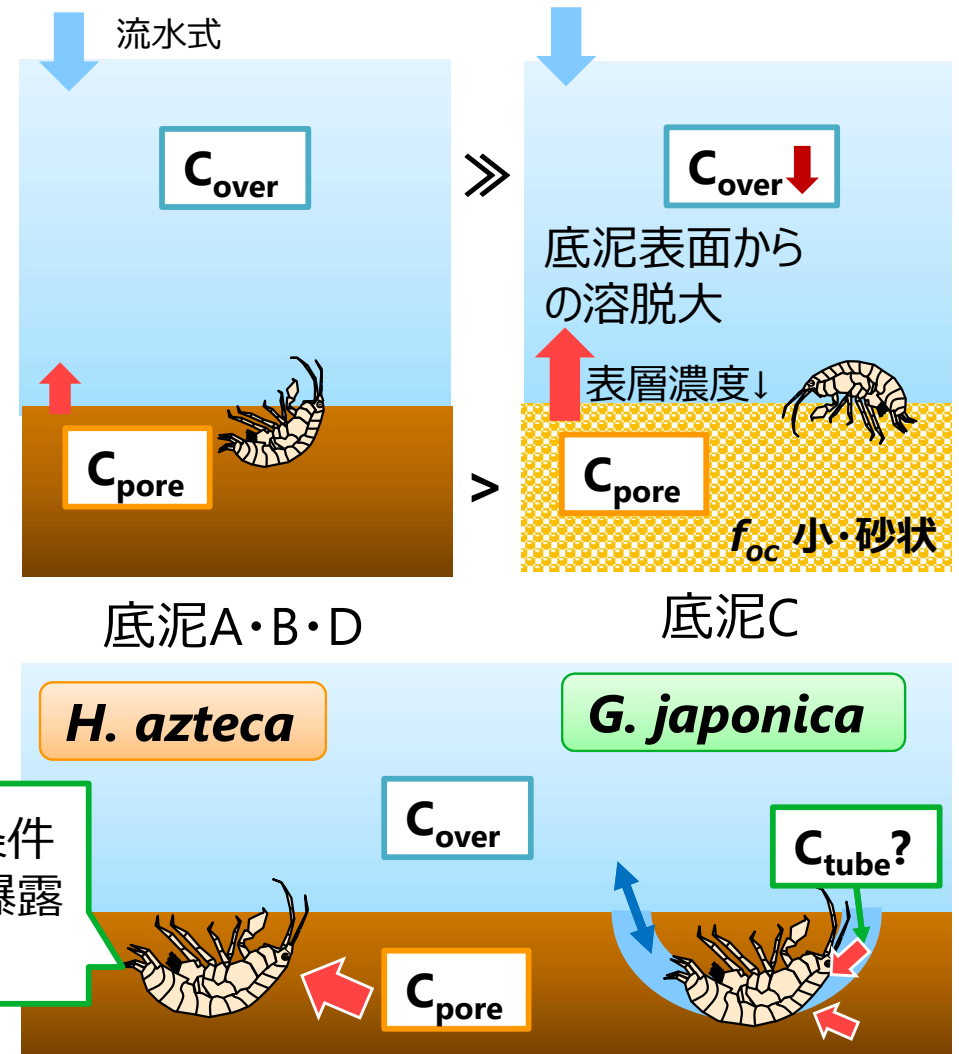
CPS サブ1 再掲



BAC



ヨコエビの生息条件
によって重要な曝露
濃度は異なる？



- 間隙水 C_{free} は、性状の異なる底泥間でも互換性がある濃度として有効。
 - ただし有機炭素含有量 f_{oc} の低い底泥では、間隙水 C_{free} から想定される毒性がみられなかった場合あり。
- ⇒底泥表層の局所的な濃度やヨコエビの生息条件にも着目する必要がある。

包括的な底質リスク評価手法の提案

26

本研究からの提言抜粋（報告書P.45～）

- 底質毒性試験中は、試験生物の生息条件に応じた位置で上層水や間隙水を経時的に把握すべき
- 総溶存態濃度 C_{diss} よりフリー態濃度 C_{free} の方が、ヨコエビの毒性や生物蓄積性との関連性が高い。
- 間隙水 C_{free} は、性状の異なる底泥間でも互換性がある濃度として有効。
- 異なる底泥間の比較では実測の f_{oc} による濃度補正が必要。
- 平衡分配法はスクリーニング評価として有効。評価の信頼性向上には甲殻類等の $PNEC_{water}$ や実測の K_{oc} や K_d 、環境底泥に近い f_{oc} を使用するとよい。
- 高次のリスク評価では、PNECおよびPECの精緻化のため、底質毒性試験や環境モニタリングにおいて間隙水 C_{free} を測定することが推奨される。

包括的な底質リスク評価手法案

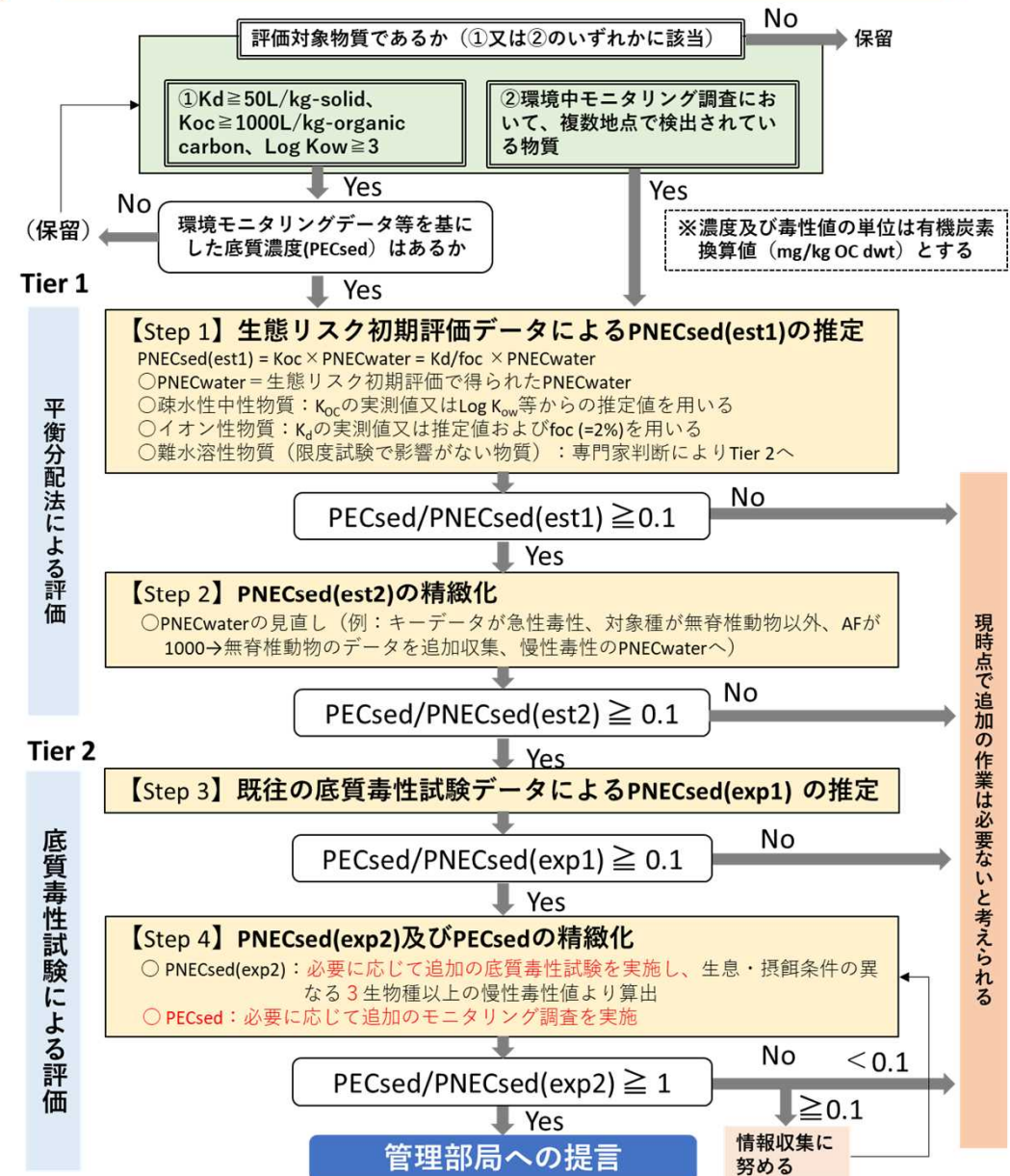


図3.7 環境リスク初期評価における案

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

5-2. 環境政策等への貢献

5-3. 研究目標の達成状況

5-2. 環境政策等への貢献

■ 環境リスク初期評価

- **＜既に活用＞** 環境省の環境リスク初期評価の生態リスク分科会において本研究成果を報告。サブテーマ3で検討した包括的な底質リスク評価手法案を提示し、「底質の生態リスク評価手法（暫定案）」の修正案の作成に貢献した。
- 上記修正案に基づき、来年度以降、底質リスク評価のケースステディが実施される予定。

■ 国際的標準試験法開発

- **＜既に活用＞** 化審法所管官庁（環境省・経産省・厚労省）が参加するOECDの試験法開発・提案・承認プログラムにおいて、ヨコエビを用いた底質毒性試験法案作成に基礎的情報を提供。2021年11月にフランスと共同でテストガイドライン化のプロジェクトを提案し、2022年4月に承認された。
- 今後、本研究で得られた知見を活用し、承認に向けた検証プロセスを進める。

■ 化審法の底質リスク評価

- サブテーマ3で検討した包括的な底質リスク評価手法案を提示し、化審法におけるリスク評価の技術ガイダンスの改訂に必要な情報を提供する予定。

■ 化学物質環境実態調査

- 底質リスク評価において必要な測定項目（有機炭素含有量）を提案。今後の調査対象候補物質や地点選定の見直しについての議論への貢献。

■ 底質環境基準・指針値の検討

- 日本では未制定の水生生物保全のための底質環境基準や指針値の設定の検討に向けた基礎的情報を提供。

6. 研究成果の発表状況

6. 研究成果の発表状況

31

- 誌上発表 査読付き論文 6 編、その他(査読なし)1編
 - Environmental Science and Technology誌 (IF=9.0, 1編)
 - Science of the Total Environment誌 (IF=8.0, 2編)
 - Environmental Toxicology and Chemistry誌 (IF=3.7, 2編)
 - Integrated Environmental Assessment and Management誌 (IF=3.0, 1編)
- 学会発表 24件 (うち国際会議9件)
- 「国民との科学・技術対話」 5件
- 受賞 1件 (The WET Excellent Presentation Award; Water and Environment Technology Conference 2021)

課題番号 5-1902(体系的番号 JPMEERF20195002)

**底生生物に対する曝露経路と
生物利用性を考慮した
包括的な底質リスク評価手法の構築**

研究代表機関・代表者：東京大学・中島典之
研究実施期間：令和元～3年度

ご清聴ありがとうございました。