

全球多媒体モデルを用いた塩素・臭素系 有機汚染物質の動態の評価に関する研究

国立環境研究所環境リスク研究センター

○河合徹, 鈴木規之

残留性有機汚染物質 (POPs) の動態モデリング

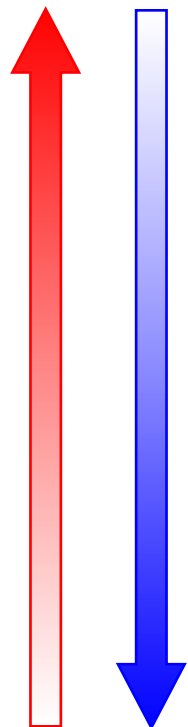
- 長期残留性 (多媒体)
- 長距離越境輸送 (地球規模)
- 生物濃縮性
- 高毒性



ベーリング海のプリピロフ島に生息するオットセイの死産
(愛媛大学田辺信介教授より提供)

- 全球, 多媒体のモデリング
- 長期シミュレーション (数十年~)
- 生物移行 (基礎生産者)
- 潜在的多数の候補物質 (数千~)
 - ↳ スクリーニング評価 → 詳細評価

スクリーニング



▶ 定常BOXモデル

e.g., OECD-tool (Wegmann *et al.*, 2009)

▶ 区画モデル(低解像度)

領域 : *e.g.*, CoZMo-POP 2 (Wania *et al.*, 2006)

全球 : *e.g.*, Globo-POP (Wania and Ma

NIES(リスクC)
鈴木, 今泉

▶ 区画モデル(中-高解像度)

領域 : *e.g.*, G-CIEMS (Suzuki *et al.*, 2004)

全球 : *e.g.*, BETR-Global (Macleod *et al.*, 2005)

▶ AGCM/AQMベースの高解像度モデル

領域 : *e.g.*, DEHM-POP (Hansen *et al.*, 2004)

半球 : MSCE-POP (Malanichev *et al.*, 2004)

全球 : *e.g.*, GEM/POPs (Gong *et al.*, 2007)

詳細評価

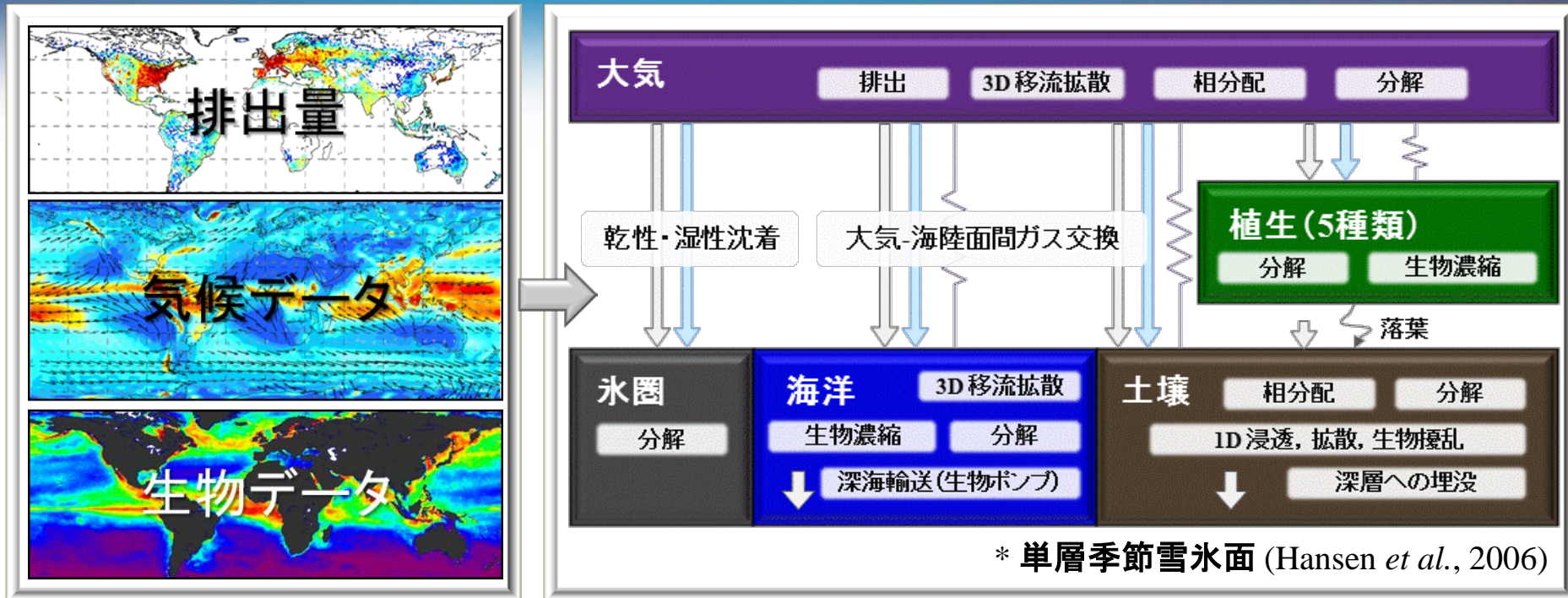
FATE (Finely-Advanced Transboundary Environmental model)

大気-海洋-陸域-生態圏におけるPOP_sの生物地球化学的循環を予測する全球多媒体モデル(NIESリスクC, 愛媛大CMES, 地球研)

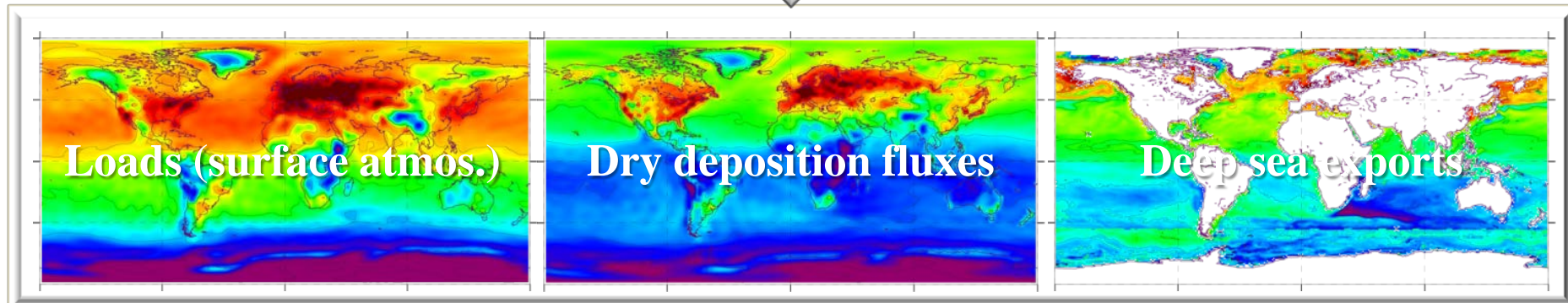
目的

- ◆ (残留性)有機汚染物質を対象とした全球多媒体モデルFATEを開発する.
 - 塩素・臭素系有機汚染物質(1436種)へ拡張し,これらの物質のスクリーニングから詳細な動態評価まで行えるモデルを開発
- ◆ 塩素・臭素系有機汚染物質の地球規模動態を評価する
 - 長距離輸送特性LRTP (Long-range transport potential) とPov (Overall persistency)を用いたスクリーニング評価 (LRTP ⇔ ソース-レセプター解析).

全球多媒体モデルFATE



↓ 負荷/フラックス/シンク



モデルプロセス/パラメタリゼーション

◆ 大気・海洋3D移流拡散

- 移流スキーム → 修正Bottスキーム(4次)
- 境界層スキーム → YSU-PBL(大気), KPP(海洋)

◆ 乾性・湿性沈着

- 沈着速度 → エアロゾル粒径解像(Giorgi, 1986)

◆ 大気-海陸面間ガス交換(熱輸送との類似性を仮定)

- 輸送速度 → MOST, $oB^{-1} = f(Re^*)$ (Brutseart, 1982)

◆ 植生(5分類)への生物濃縮 [$K_{VA} = f(K_{OA})$]

◆ 植生-土壌1D輸送(落葉, 浸透, 拡散, 生物擾乱)

◆ 分解(大気:水酸基反応, その他1次)

◆ 相分配(大気:ガス \leftrightarrow 粒子, 土壌, 海洋)

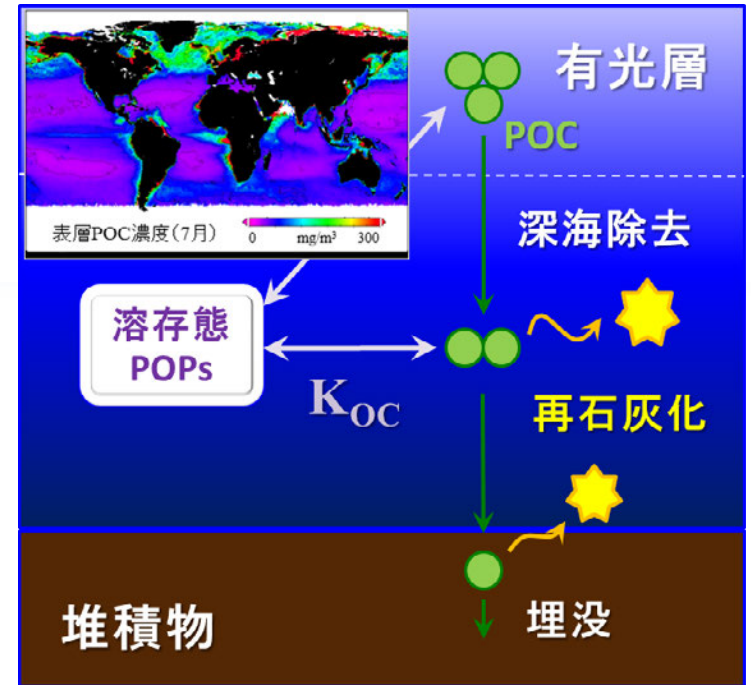
◆ 海洋低次生態系への生物濃縮

→ K_{OC} を用いたPOCへの定常分配

◆ 海洋内部の炭素(POC)循環

→ 実験モデルを統合(衛星データ)

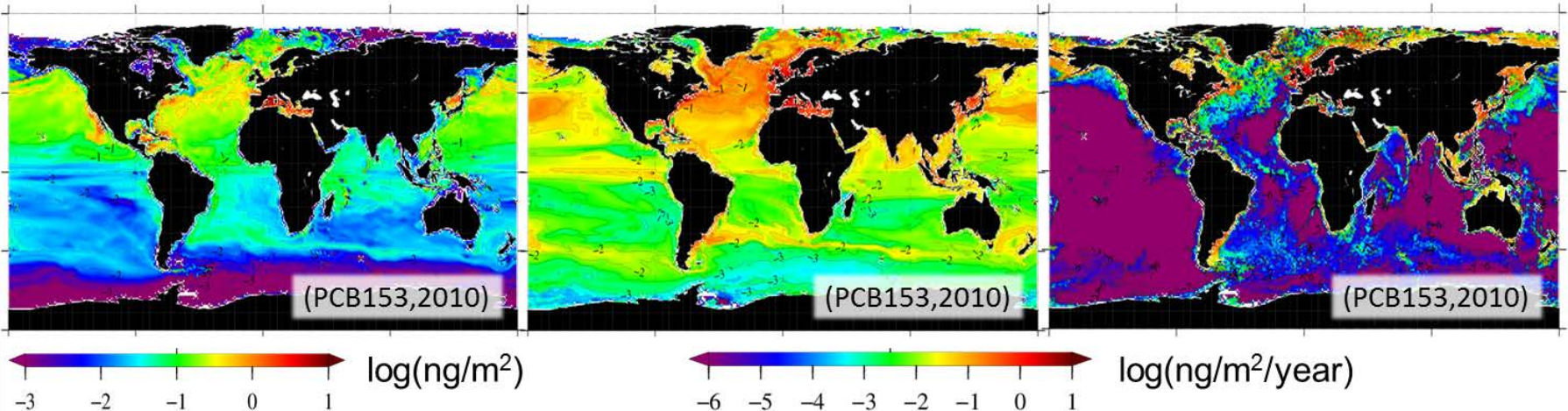
- NPP: CbPM (Westberry *et al.*, 2008)
- 表層POC: Stramski *et al.* (2008)
- 1D循環: Dunne *et al.* (2007)



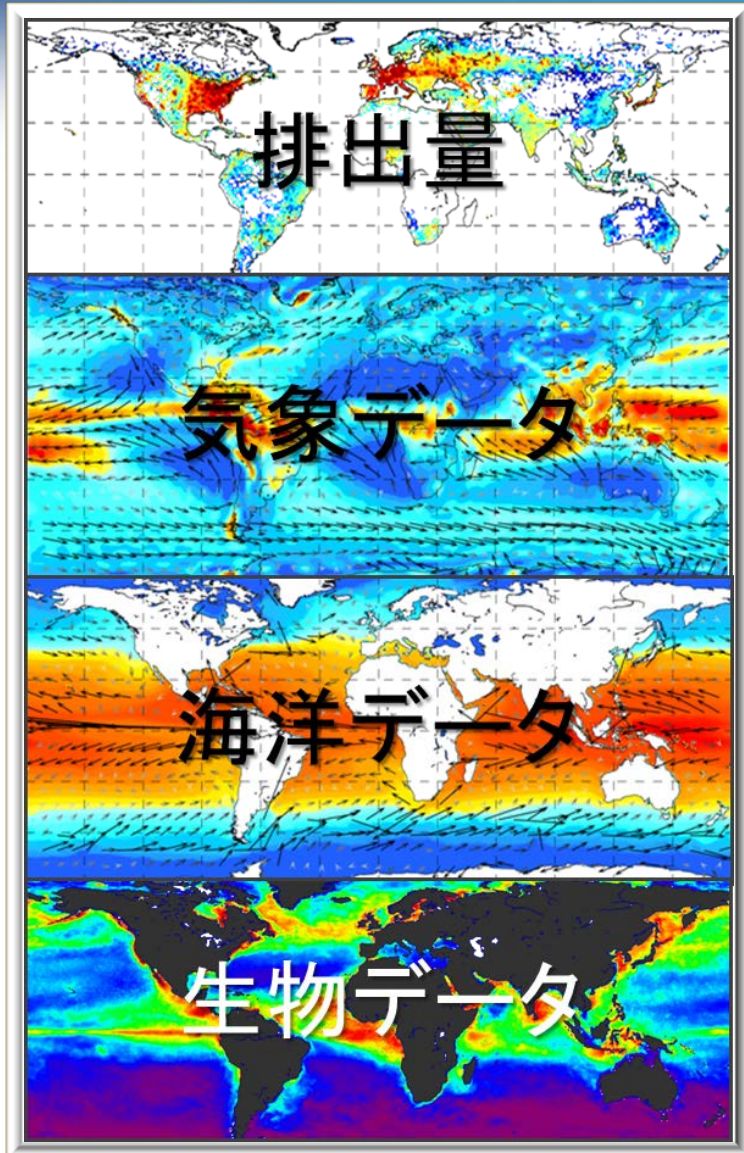
表層POC中の濃度

有光層からの除去

堆積物への埋没



フォーシングデータ



排出量

PCBs (Breivik *et al.*, 2007)
スクリーニング (仮想排出量)

気象データ

NCEP/NCAR Reanalysis I
($2.5^\circ \times 2.5^\circ \times 27$ 層, 6-hourly)

海洋データ

ODA (Ocean Data Assimilation
Experiments; GFDL)
($1.0^\circ \times 1.0^\circ \times 50$ 層, monthly)

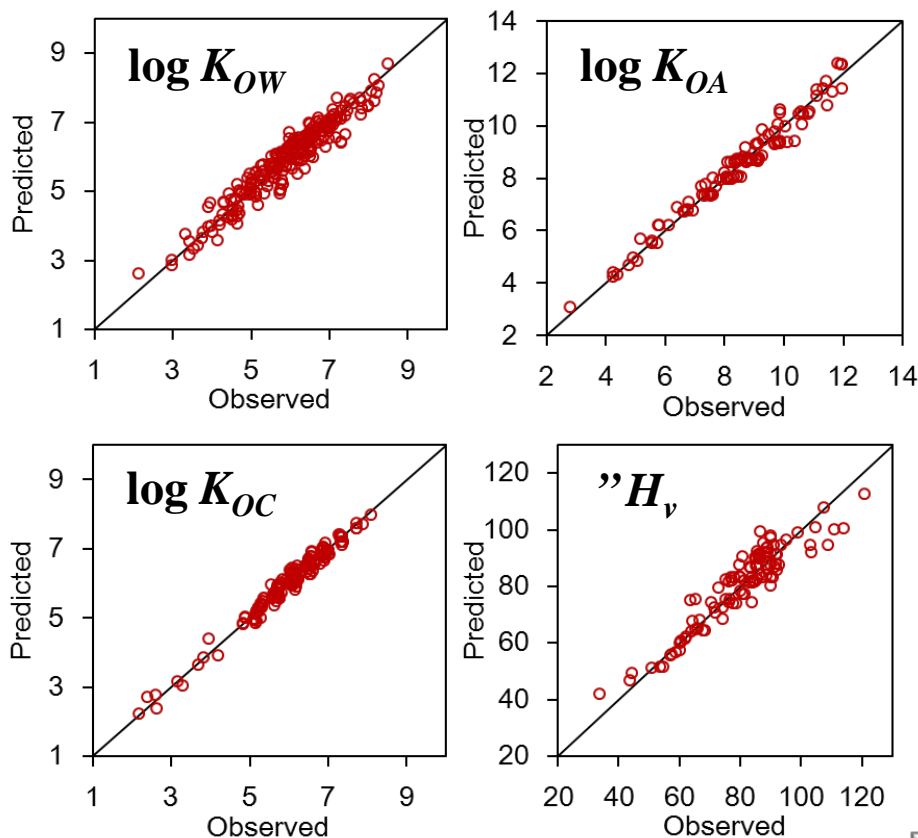
生物データ

SeaWiFS (monthly, LTM)

その他: 土地利用 (GLC2000),
土壌有機炭素, 水酸基濃度等

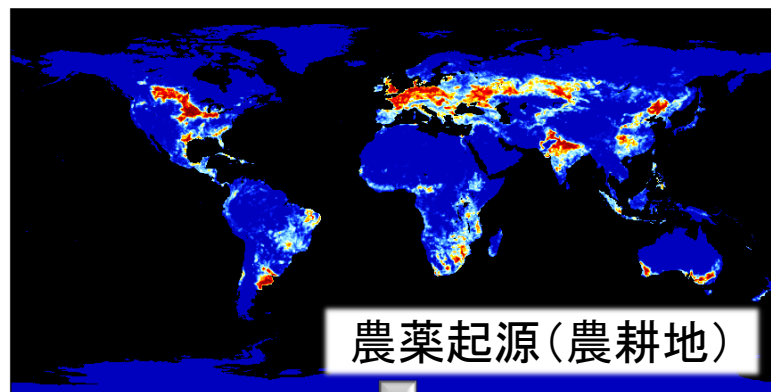
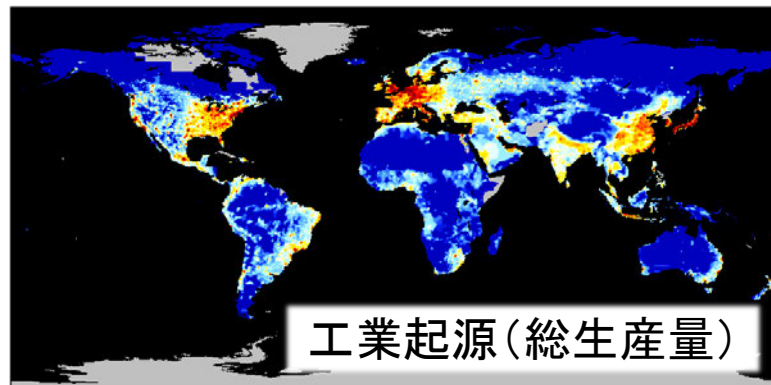
モデルパラメータ/排出量 (Cl/Br-POPsへの拡張)

QSPR (Quantitative Structure-Property Relationships) モデルを用いた物理化学特性 (分配係数, 分解率等) の推定



→ JSPS国際共同研究(ポーランド)

代替指標を用いた仮想排出量



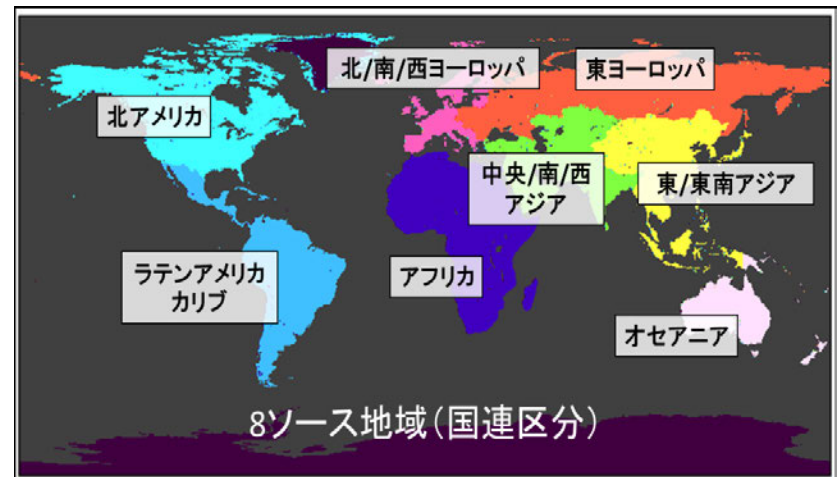
塩素/臭素系有機汚染物質
1436種のスクリーニング

長距離輸送特性 (LRTP) の評価

- ◆ LRTPの指標 → 研究者/モデルによって定義が異なる
 - 目標志向 (Target-oriented) の指標 – ACP, GLTP 等
「特定の遠隔地 (極域等) の表層媒体へ輸送される割合」
 - 輸送志向 (Transport-oriented) の指標 – CTD/TD 等
「濃度が一定レベルに減少する場所までの距離 (点排出源)」
→ 遠隔地, 点排出源の設定 (場所) に依存する
- ◆ ソース-レセプター (S-R) 解析に基づくLRTPの評価
→ 領域外寄与の全球平均値をLRTPの指標とする

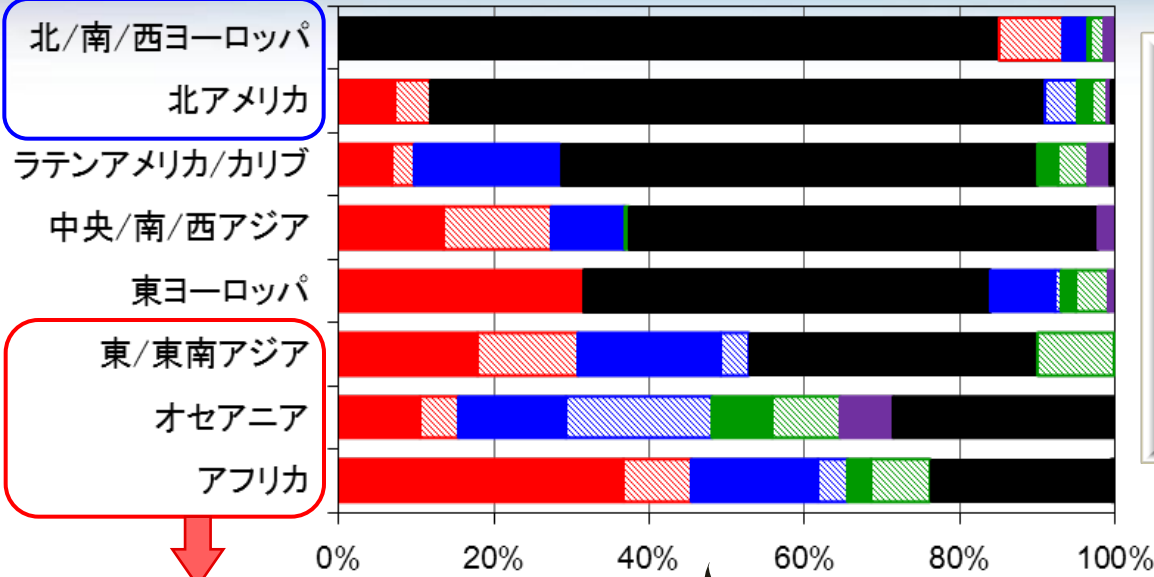
- 8 ソース地域の表層大気における領域外寄与率 (IF) を算出
- IF の含有量重み付け全球平均値を算出

$$LRTP = \sum IF(i) \cdot C(i) / C_{Global}$$



大気境界層におけるS-R解析の結果

地域内寄与が支配的



計算条件

物質: **PCB153**

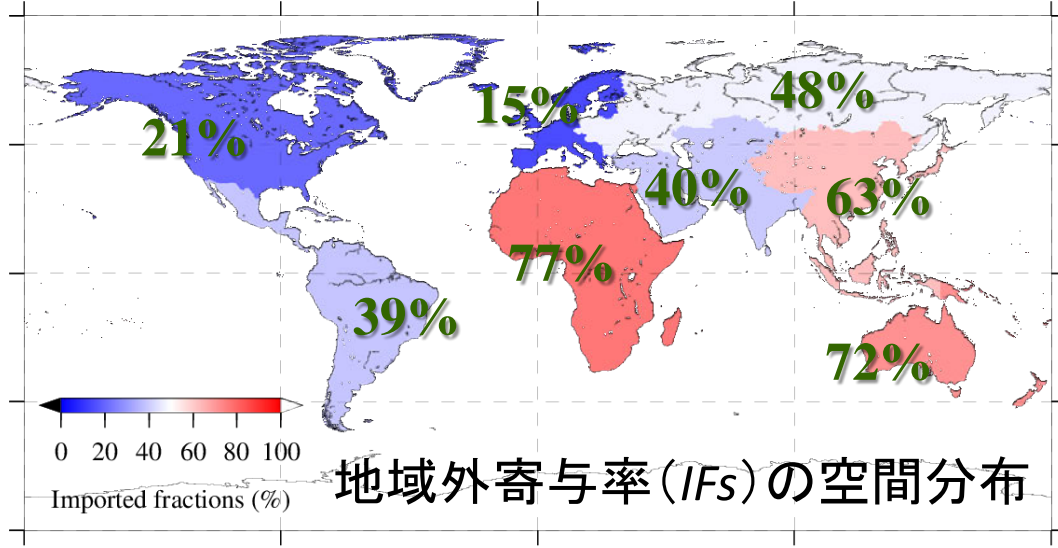
期間: 1930-2010 (**2010**)

排出量: Breivik *et al.* (2007)

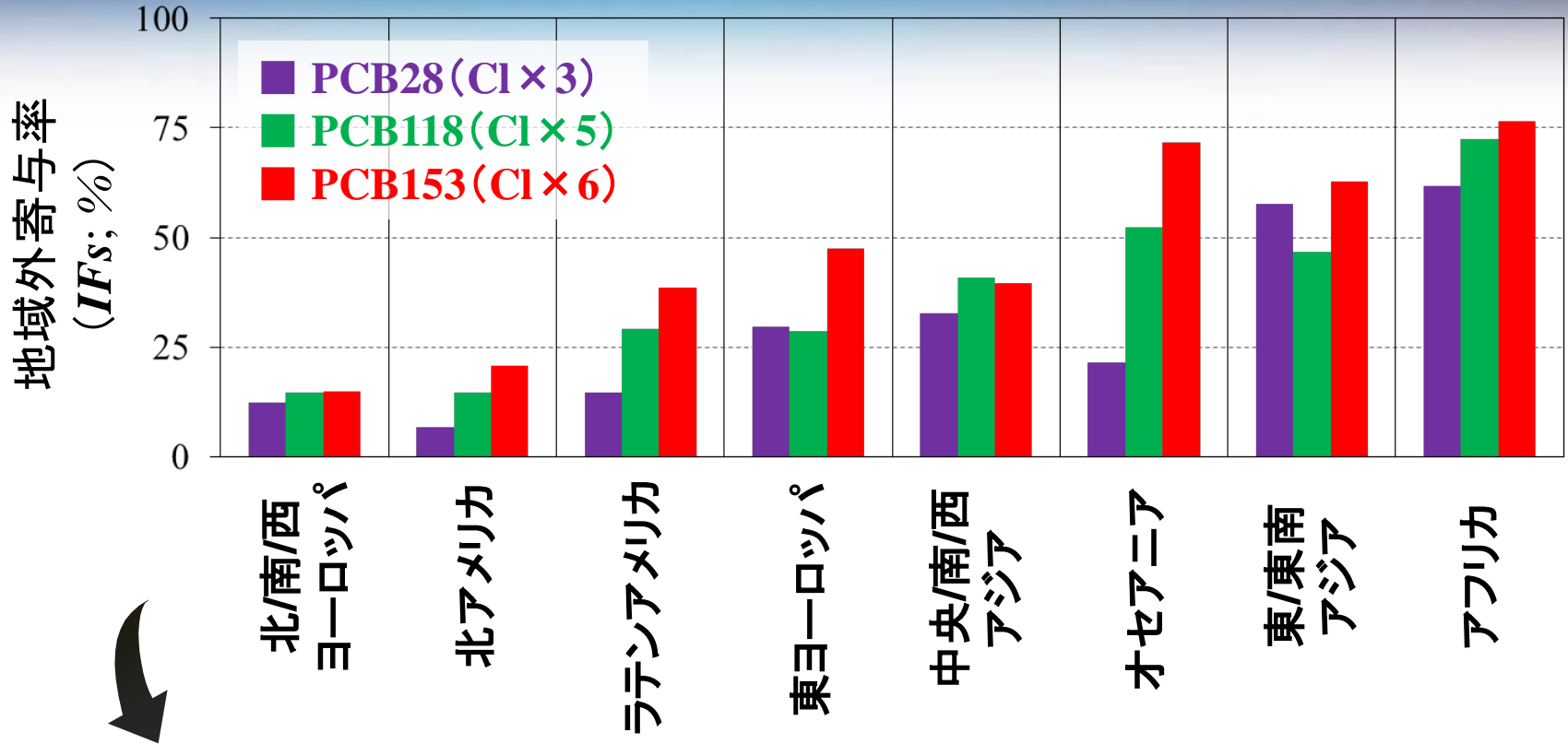
レセプター: 大気境界層

地域外寄与が支配的

- 北/南/西ヨーロッパ
- 北アメリカ
- 東/東南アジア
- アフリカ
- 地域内寄与
- 東ヨーロッパ
- ラテンアメリカ/カリブ
- 中央/南/西アジア
- オセアニア



PCBsコンジナー間のIFs/LRTPの比較



LRTP (IFsの含有量重み付け全球平均値)

PCB28:25% < PCB118:31% < PCB153:39%

結論と今後の展望

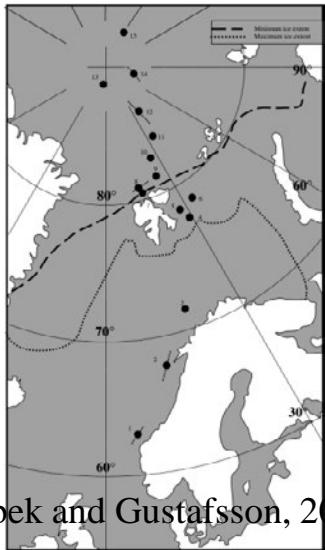
- ◆ (残留性)有機汚染物質を対象とした全球多媒体モデル FATE の開発を進めた(塩素系・臭素系有機汚染物質 1436種に拡張した).
- ◆ PCBs を取り上げ, ソース-レセプター(S-R)解析を行った.
- ◆ S-R 解析の結果に基づき, PCBs の長距離輸送特性(LRTP)を評価した.
- ◆ 全(又は選別した)塩素・臭素系有機汚染物質に対して同様の解析を進める.

Thank you !

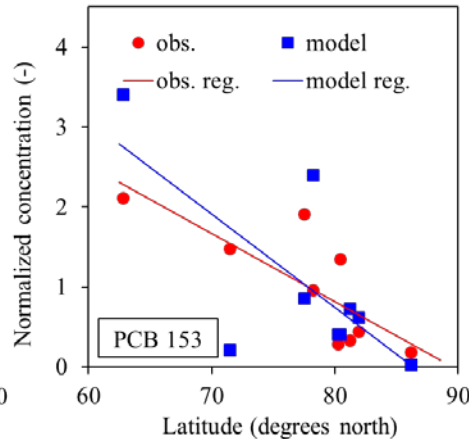
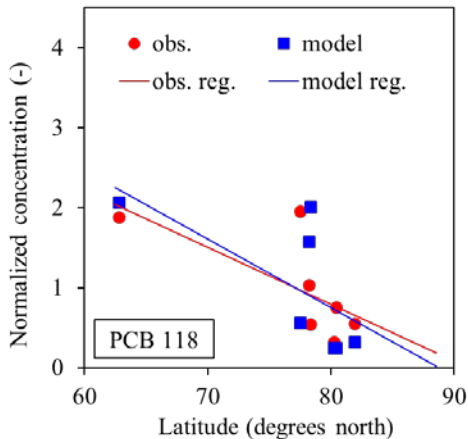
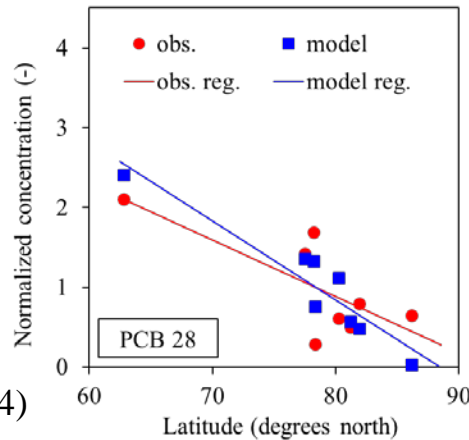


モデル検証(外洋, PCBs溶存態濃度)

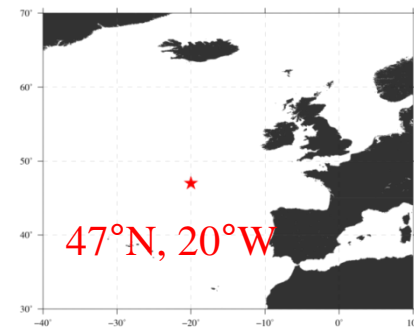
表層緯度分布 (8m; C/Cave)



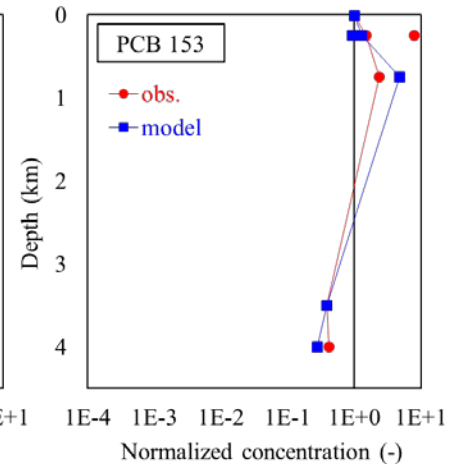
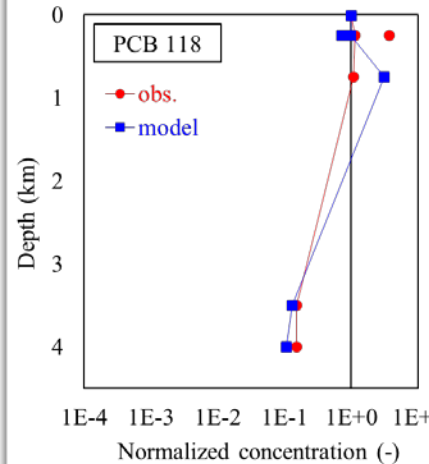
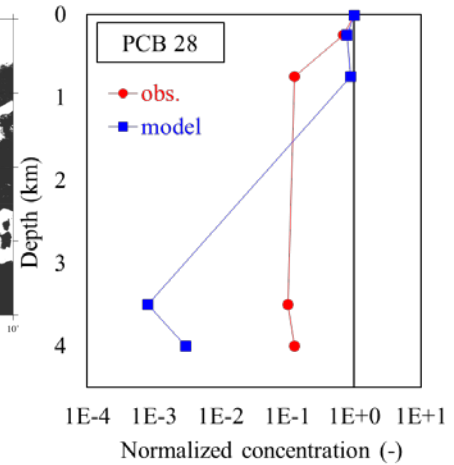
(Sobek and Gustafsson, 2004)



鉛直分布(北大西洋) (0-4000 m; C/Cave)

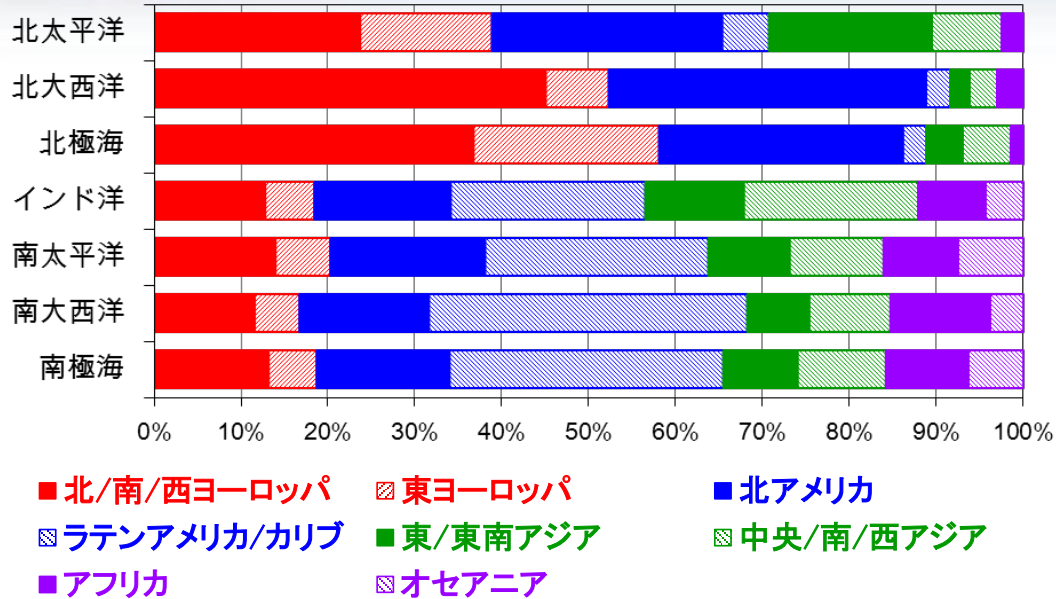


(Schulz *et al.*, 1988)

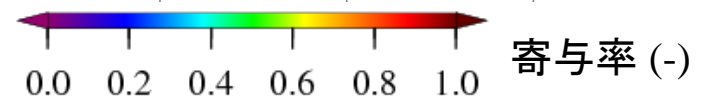
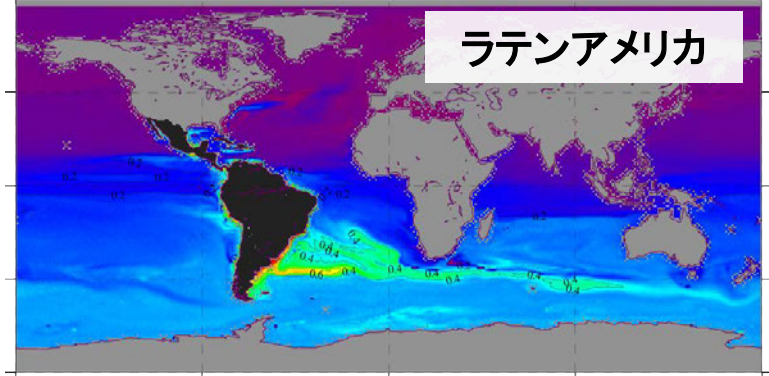
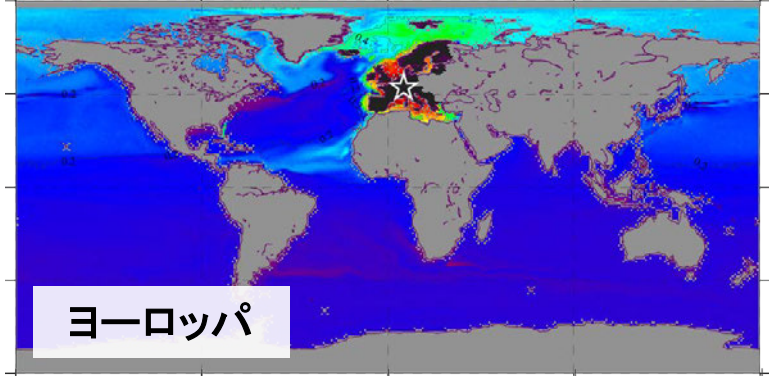
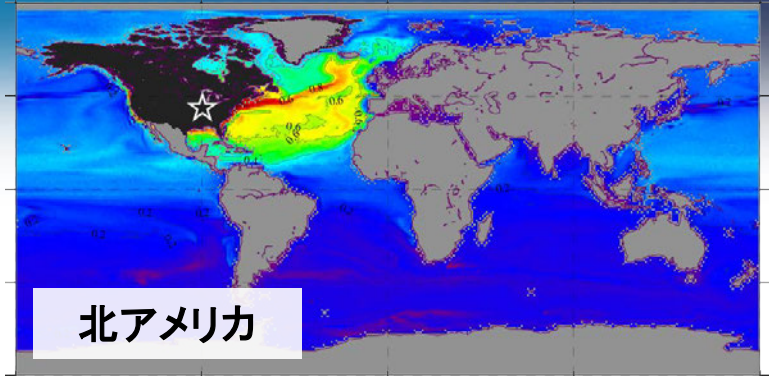


S-R解析の結果(海洋混合層)

PCB153, 2010年, 海洋混合層



寄与率の空間分布



全ヨーロッパ → 北極海 (58%)
 北アメリカ → 北大西洋中-低緯度
 ラテンアメリカ → 南半球 (28%)
 東/東南アジア → 北太平洋 (27%)