研究課題名:全球多媒体モデルを用いた残留性有機汚染物質の海洋水産資源への曝露 予測手法の開発

課題代表者:国立環境研究所環境リスク研究センター 河合 徹 共同研究者:国立環境研究所環境リスク研究センター 鈴木規之

実施年度:平成25年度~平成25年度

1. 研究目的

残留性有機汚染物質(POPs)は地球規模における生態系への悪影響が特に懸念されてきた化学汚染物質である。POPsを対象とした多媒体モデルの開発はこれまでに広く行われており、環境媒体中の濃度を予測することは可能となってきている。一方、これら全てのモデル研究において、環境媒体中の濃度から生物への曝露量を予測できる段階には至っていない。本課題では筆者らが開発している全球多媒体モデルFATEに生態系モデルと生物濃縮モデルを導入し、POPsの海洋水産資源への曝露量を地球規模で推定することを目的とする。

2. 研究計画

衛星データ(SeaWiFS)を用いて、i)海洋低次消費者のバイオマス、ii)海洋内部における生物学的な炭素循環、及びiii)栄養段階別の海洋中-高次消費者(魚類)のバイオマスを予測する生態系モデルを開発し、これと、既存の生物濃縮モデルを全球多媒体モデル FATEに導入する。開発したモデルを用いて、百年スケールのシミュレーションを実施し、POPsの海洋水産資源(魚類)への曝露量を推定する。さらに、全球の水産統計データを整理し、FATEより得られた魚類中濃度の推定結果を用いて、漁業による POPsの陸域への輸送量を国家/漁業海域毎に評価する。

3. 進捗状況

衛星データベースの実験モデルを統合した海洋低次生態系モデル(Junne et al., 2007; Stramska, 2009)、マクロ生態系理論に基づく海洋中-高次生態系モデル(Jennings et al., 2008)、及び、TMF(trophic magnification factor)を用いた生物濃縮モデルを FATE に導入した。これにより、上記の海洋の生態系構造を衛星データのみを用いて推定し、全栄養段階にある海洋生物へのPOPs の曝露量を地球規模で推定することが可能となった。

代表的な工業起源の POPs である PCB153 を取り上げ、過去約 80 年間 (1930-2007) のシミュレーションを実施した。2007 年における、浅海 (0-200m) に生息する全魚類中の PCB153 含有量を解析した結果 (図1(a)) 、地中海や北大西洋中-高緯度に比較的濃度レベ

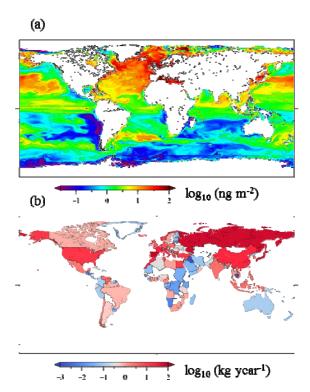


図1(a) 浅海(0-200m) に生息する全魚類中の含有量の年平均値と、(b) 漁業による陸域への年間輸送量の推定結果 (PCB153, 2007年)。

ルの高い'hotspot'が形成され、対照的にペルー沖付近 に濃度レベルの低い海域が形成されるという推定結果 が得られた。

FAO の 245 国家、19 海域、2119 魚種別の水産統計データ(FISHSTAT)と、FATE による魚類中濃度の推定結果を用いて、漁業による陸域への PCB153 の年間輸送量を推定した(図 1(b))。2007 年の結果を解析したところ、同年の全球排出量の約7%に相当する585kgの PCB153 が人為的な要素により陸域生態系へともたらされているという推定結果が得られた。

4. 今後の計画

本課題で予定しているモデル開発はほぼ完了している。今後は不確実性の大きい、TMF等の生物濃縮に関するモデルパラメータを精緻化し、PCBs以外のPOPs、及びPOPs候補物質を対象としたシミュレーションを実施する。

5. 計算機資源の利用状況 (2013年6月~11月)

実行ユーザ数: 1 CPU 時間 v_deb: 1.421 hours, v_cpu: 23.840 hours, v_8cpu: 159.511 hours, v_16cpu: 2,565.750 hours, 計: 2,750.520 hours

6. 昨年度終了研究課題のまとめ

6.1. 昨年度終了研究課題名

全球多媒体モデルを用いた塩素・素系有機汚染物質の 動態の評価に関する研究

6.2. 昨年度終了研究課題の目的

分子構造より物質の物理化学特性を推定する QSPR (quantitative structure-property relationships) モデルを全球多媒体モデル FATE に導入し、FATE を塩素・臭素系有機汚染物質 1,411 種 (PCBs, PCNs, PCDDs, PCDEs, PCDFs, PBBs, PBNs, PBDDs, PBDEs, PBDFs) に拡張する。開発されたモデルを用い、これらの物質の長距離輸送特性 (LRTP) と総括残留性 (P_{OV}) を評価することを目的とする。

6.3. 昨年度終了研究課題の成果概要

FATE で用いられる、物質固有のモデルパラメータ (分配係数、分解率等)を推定する QSPR モデルを国際共同研究 (JSPS2 国間交流事業)において開発し、FATE に導入した。また、工業起源の物質に対する仮想排出量インヴェントリを作成した。これにより、本課題で対象とする塩素・臭素系有機汚染物質 1411 種のシミュレーションを行うことが可能となった。開発されたモデルを用いて、代表種 300 種を取り上げ、各10 年間のシミュレーションを実施した。

有機汚染物質の地球規模動態を評価するスクリーニング指標には LRTP と P_{OV} が用いられている。この内 LRTP の定義は研究者によって大きく異なっており、いずれの指標を用いても遠隔地や点排出源の場所の設定等に結果が依存するという問題がある。本課題では、このような恣意的な条件設定により結果が依存しづらい LRTP の指標として、ソース-レセプター解析に基づく新指標 (IF_{global}) を導入した。 IF_{global} は大気境界層内の対象物質の含有量に対する領域外寄与率の含有量重み付け全球平均値として定義される。ソース-レセプター解析には排出量感度法を用い、ソース・レセプター地域には国連区分に基づく8地域を定義した。

得られた結果は IF_{global} と P_{OV} の相関図を用いて整理した(図 2)。 IF_{global} は PCBs/PBDDs で、それぞれ、最大/最小となった。これらの物質の大気濃度の空間分布は実際に大きく異なっており(図 3)、PCBs は、長距離輸送の結果として、PBDDs に比べて地球規模でより広く輸送されている。 全般に、塩素系物質

 $(IF_{global}=0.25)$ に比べて臭素系物質 $(IF_{global}=0.17)$ の結果が小さくなる結果が得られた。

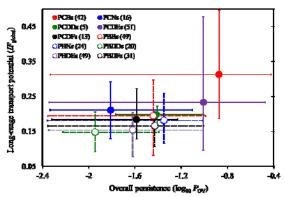


図 2 塩素・臭素系有機汚染物質 300 種の長距離輸送特性 (*IF*_{global}) と包括残留性 (*P*_{OV}) の相関図。 括弧内の数字は解析を行った同族種の数を表している。

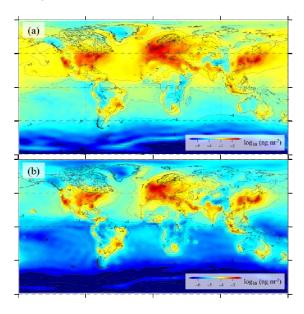


図 3 IF_{global} が最大となった (a) $\Sigma PCBs$ (IF_{global} =0.31) と、(b) 最小となった $\Sigma PBDDs$ (IF_{global} =0.16) の大気最下層濃度の計算結果 (2007年)。

6.4. 昨年度までの計算機資源の利用状況

実行ユーザ数: 1 CPU 時間 1ノード未満: 56.650 hours, 1 ノード: 1,223.119 hours, 2 ノード: 0 hours, 計: 1,279.769 hours