

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 (persistent organic pollutants; POPs) は広域かつ多媒体 (大気, 海洋, 陸域) に渡って輸送され、高い生物濃縮性を持つ。このため、特に地球規模における生物への悪影響が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広く行われており、これらを用いて環境媒体中の濃度は予測できるようになってきている。一方、環境媒体中の濃度から生物全般への曝露を地球規模で推定できる段階には至っていない。本課題では、筆者らが H24 年度の課題において開発した全球多媒体モデル FATE (Finely-advanced Transboundary Environmental model) の海洋生態系プロセスを精緻化し、海洋水産資源への POPs の曝露を地球規模で推定することを目的とする。

2. 研究計画

FATE は大気-海洋結合化学輸送モデルをベースにし、大気、海洋、土壌、植生、氷圏に渡る POPs の生物地球化学的物質循環を計算する全球多媒体モデルである (図 1a)。大気と海洋では、再解析データを用いて 3次元の輸送計算が行われる。沈着、分解、相分配等の代表的な多媒体プロセスは一通り考慮されている。本課題では、POPs の海洋低次消費者 (particle organic matter; POM) と中-高次消費者 (魚類) への生物移行と生物ポンプに伴う鉛直循環を推定するために、FATE

に低-高次生態系モデルと生物濃縮モデルを導入する。さらに、漁業 (人為的要因) による POPs の陸域への輸送量を推定するために、全球の水産統計データを整理する (図 1b)。シミュレーションは PCBs (polychlorinated biphenyls) を取り上げ、過去約 80 年間実施する。PCBs は過去に加熱や冷却用熱媒体、変圧器やコンデンサ等の電気機器の絶縁油、可塑剤、塗料、ノンカーボン紙の溶剤等の幅広い分野で用いられた代表的な工業起源の POPs である。また、発癌性があり、皮膚障害、内臓障害、ホルモン異常を引き起こすことが知られている。

3. 成果 1：モデル開発

① 衛星データベースの経験モデルを統合して POM の存在量と生物ポンプに伴う海洋内部の鉛直炭素循環を推定する低次生態系モデル、② 衛星データより推定可能な基礎生産量と海表面温度のみを用いて、マクロ生態系理論に基づき魚類 (硬骨魚類と軟骨魚類) の栄養構造と存在量を推定する中-高次生態系モデル、及び③ 経験則に基づき栄養段階毎の魚類固体中の POPs 濃度を推定する生物濃縮モデル (trophic magnification factor; TMF) を FATE に導入した。物質依存のパラメーターである TMF は、本来、海洋生物の生態 (温度依存する代謝効率や物質の生体内変化の有無) や生態系 (食物網構造) の特性等に依存するが、本課題ではオクタノール-水分配係数より TMF を推定し、全球で一律一定値を用いた。また、FAO (Food and Agriculture

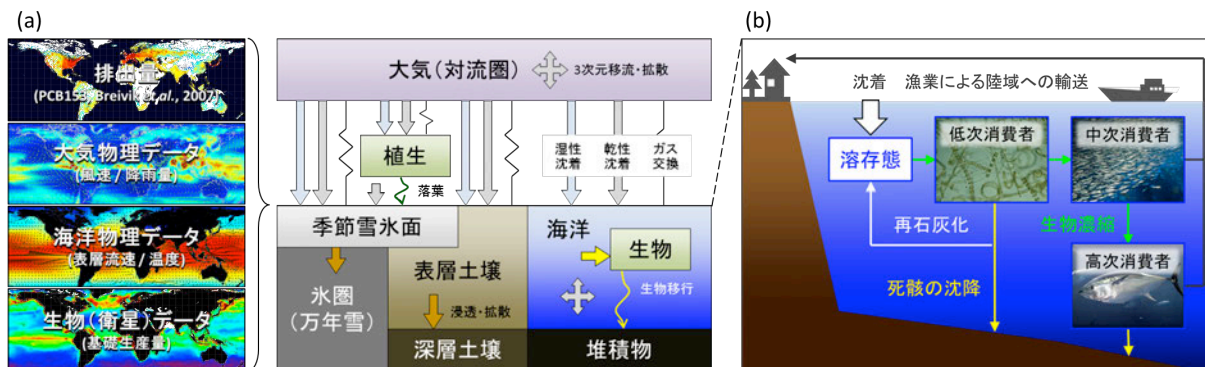


図 1. (a) 全球多媒体モデル FATE、及び (b) FATE で考慮されている海洋における POPs の生物学的、人為的要因による循環の概念図。

Organization of the United Nations) の全球水産統計データ (FishStatJ) を整理した。以上により、FATE を用いて POPs の ① 全海洋生物固体中の濃度と魚類個体群中含有量、及び ② 生物学的 (生物ポンプ)、人為的 (漁業) 要因による循環を地球規模で推定することが可能となった。

4. 成果 2 : 結果

PCBs 同族種 9 種 (8、28、52、101、105、118、138、153、180) に対して、過去約 80 年間 (1930-2007) のシミュレーションを実施し、2007 年の結果を解析した。

図 2a は全魚類中の PCBs 鉛直積算含有量の空間分布の推定結果である。ここでは、対象対照的な物理化学特性を持つ PCB28 と PCB153 の結果を取り上げている。このうち PCB153 の方が総括残留性、長距離輸送特性共により大きい、典型的な POPs の性質を持つ物質であるが、PCB28 に比べてはるかに広く地球規模で輸送されている。地中海、北大西洋北部、北太平洋海流付近が比較的濃度レベルの高い海域となっており、逆に南米西岸沖付近に非常にクリーンな海域が形成されている。これらのクリーンな海域は概ね中-深層水の湧昇域に相当している。

全存在量に対する魚類に取り込まれている量の割合も PCB28 と 153 で大きく異なる。実際にほとんどの魚類が生息している浅海 (0-200 m) に限定した場合、PCB28 は約 1% であるのに対し、生物濃縮性のより大きい PCB153 は約 15% が魚類中に取り込まれているという推定結果が得られた。これは物質収支を考える上で定量的にも無視できるほど小さい量ではない。

図 2b は Σ PCBs の漁業による陸域への輸送量を国別に推定した結果である。漁獲高の多い国 (日本、ロシア、中国等)、及び主要な漁獲海域の平均濃度が高い地中海沿岸国の輸送量が大きくなっている。この結果は水産資源に由来する陸域生態系への PCBs の潜在的な曝露量と解釈できる。

本課題で行った海洋中-高次消費者を含めた地球規模での定量的な解析は、POPs のモデル研究としては初めての試みであるが、以記の結果は TMF の設定によってかなり変わってくる。現状では不確実性の大きい推定結果であるということに留意していただきたい。

5. 昨年度計算機資源の利用状況 (2013 年 6 月 1 日 ~ 2014 年 3 月 31 日)

実行ユーザ数: 1

CPU 時間 v_deb: 1.42 hours, v_cpu: 23.84 hours, v_8cpu: 159.51 hours, v_16cpu: 2,946.17 hours, 計: 3,130.94 hours

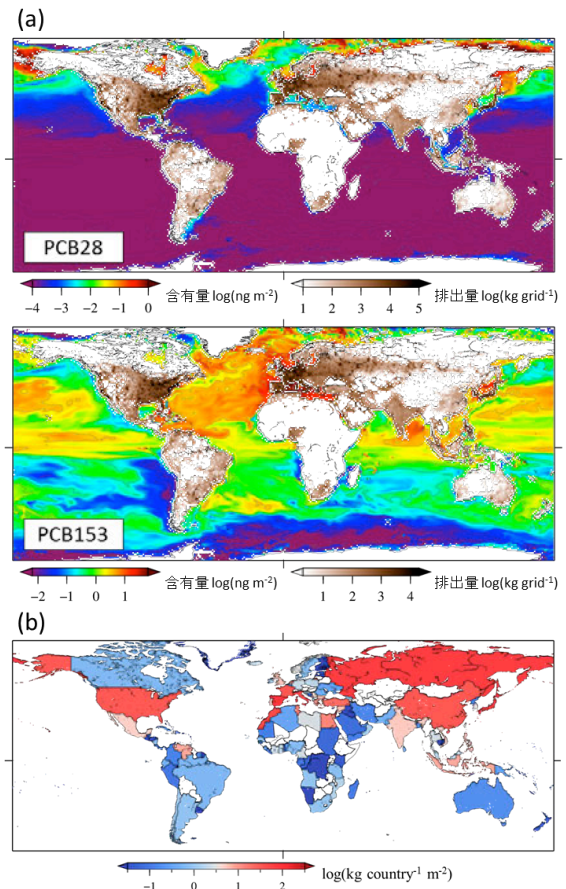


図 2. (a) PCB28 と PCB153 の全魚類中含有量 (0-200 m) の地理分布と (b) PCBs の漁業による陸域への輸送量 (国別) の推定結果 (2007 年)。