

## C2 数値解析を用いた大阪湾における PFCs の動態解明

Numerical analysis of Perfluorinated compounds (PFCs) behavior in Osaka Bay

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域

28H13014 井上実沙規(Misaki INOUE)

**Abstract:** In recent years, worldwide environmental pollution by Perfluorinated compounds (PFCs) has been reported. In Japan, the contamination levels of Perfluorooctanoate (PFOA) and Perfluorohexanoic acid (PFHxA) that is alternative of PFOA are significantly greater in the Osaka Bay than in other areas. In order to assess the environmental risk of PFCs, for Osaka Bay a water quality model for simulating the environmental behavior of PFCs was developed. This model was driven by water flow and temperature data calculated by a 3-dimensional hydrodynamic model for 1 year. Although the model underestimated PFHxA concentration, it represented the measured spatial distribution pattern of PFHxA concentration. The water quality showed high PFHxA concentration in water and sediment in closed-off section of Osaka Bay. Time varying spatial distribution pattern of PFHxA was greatly influenced by flow distribution.

**Keywords:** Osaka Bay、Perfluorinated compounds、advection-diffusion model

### 1. はじめに

有機フッ素化合物(PFCs, Perfluorinated compounds)は、化学的に高い有用性を持つことから広く用いられてきた。しかし、環境残留性や生物毒性を示すことから、世界中で PFCs 汚染とその挙動について関心が高まっている。PFCs による汚染は日本でも広がっている。大阪湾とその流域河川から、ペルフルオロオクタノ酸 (PFOA, Perfluorooctanoic acid) が高濃度で検出され<sup>(1)</sup>、近年では、PFOA の代替物質であるペルフルオロヘキサノ酸(PFHxA, perfluorohexanoic acid)が高濃度で検出されている<sup>(2)</sup>。今後、閉鎖性水域における PFCs のリスク管理を行うために、将来濃度予測が重要となることから、本研究では大阪湾での数値解析による PFCs の動態解明を行った。

### 2. 大阪湾モデル概要

大阪湾を含む計算領域を 99×118×47 格子に分割した(図 1)。分割幅は、水平方向を 1km、鉛直方向を表層 1m~底層 5m の不均等とした。図 1 に示す観測地点濃度は、計算結果との比較に用いた。大阪湾モデルでは、流動データと実測値による境界条件を濃度計算モデルに入力し、2010 年における PFHxA の濃度分布と堆積量が求めた。大阪湾モデルでは、PFHxA の溶存態と懸濁態(SS への吸着)を考慮し、懸濁態の沈降と溶存態の底質との平衡を考慮した(図 2)。

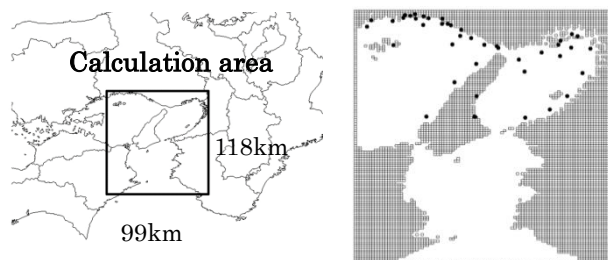


図 1 計算領域と観測地点

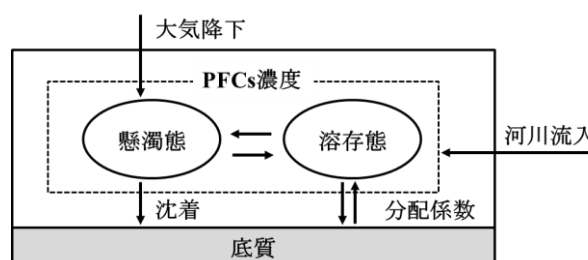


図 2 濃度計算モデル

### 3. 流動データと境界条件

流動データには、中谷ら<sup>(3)</sup>が ECOMSED<sup>(4)</sup>を用いて計算した 2005 年 1 月 1 日から 2005 年 12 月 31 日

における3時間おきのデータを用いた。流動データの再現性は、中谷らによる検証からよく再現されていることが確認されている。流動データから、湾奥部で流速が小さく、海峡部での流速が大きくなることが確認できた。また、海峡から生ずる環流の発生が確認できた。

境界条件として、河川からの負荷量、大気からの沈着量、計算領域と外洋の境界濃度の実測値を使用した。河川からの負荷量は、2010年8月の実測値から、計算領域内36の河川濃度を推定したものである<sup>(4)</sup>。神崎川におけるPFHxA濃度は、他河川に比べ、100倍以上高い16,000ng/Lが観測され、PFCs全体の推定負荷量も最大であった。大気からの沈着量は、東條ら<sup>(5)</sup>が測定した大阪市における総降下物(雨水+粉じん)中のPFHxA濃度を用いた。計算領域と概要の境界濃度として、工場等の特定の汚染の影響が小さいと考えられる琵琶湖北湖の実測値を使用した<sup>(6)</sup>。

#### 4. 計算結果

2010年8月の実測値と計算結果の比較を図3に示す。本モデルはやや過小評価であるが、実測値を再現していた。湾内の濃度は神崎川からの負荷量に依存し、湾外の濃度は外洋との境界条件に依存していることが確認された。図4に表層におけるPFHxA濃度分布を示す。PFHxA濃度が、神崎川河口からの距離に指数的に濃度減少する様子が確認できた。濃度分布は、流動場の影響を大きく受け、時間変動が確認された。図5に海峡部におけるPFHxAの断面通過量の月変動を示す。冬に明石海峡、夏に紀淡海峡からPFHxAが流出する傾向が確認され、明石海峡に比べて紀淡海峡からの流出量が大きいことが明らかとなった。この原因として、大阪湾の東部沿岸を南下する恒流により、紀淡海峡側(南側)に高濃度が分布していると考えられる。また、表層水と底層水の濃度は湾奥部で大きな差があり、湾外ではその差は小さくなった。この原因として、流速が大きくなる海峡部周辺での鉛直混合が考えられる。

#### 5. 結論

PFHxAの挙動を考慮した濃度予測を行うために、大阪湾モデルを構築し、2010年におけるPFHxA濃度の計算を行った。計算結果は、やや過小評価であるが、実測値を再現していることが確認できた。PFHxA濃度は、大阪湾奥部において高濃度であり、神崎川水系が大きな負荷源となっていることが確認された。PFHxAの濃度分布には、時間変動がみられ、大阪湾の流動構造に依存していた。

#### 参考文献

- (1) Saito, N., et al., J Occup Health 46:49-59, 2004. (2) 竹峰秀祐, 大阪大学博士論文, 2013 (3) 中谷祐介, 大阪湾における汚濁負荷と物質循環機構の実態に関する研究, 大阪大学博士論文, 2011. (4) HydroQual: A Primer for ECOMSED Version 1.3. 2002 (5) 東條俊樹, 第21回環境化学討論会講演集, 2012. (6) 居川俊弘, 第14回日本水環境学会シンポジウム講演集, 193-194, 2011.

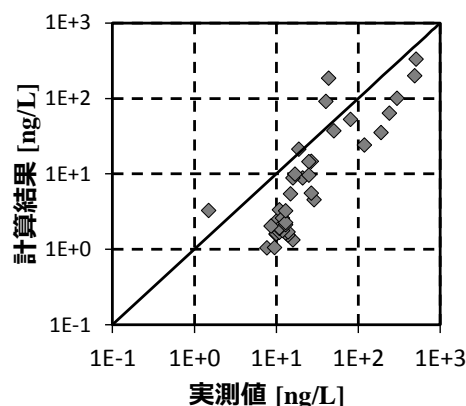


図3 実測値と計算結果の比較

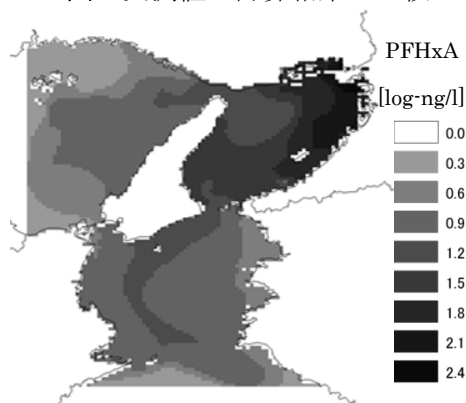


図4 PFHxA濃度分布(2010年8月)

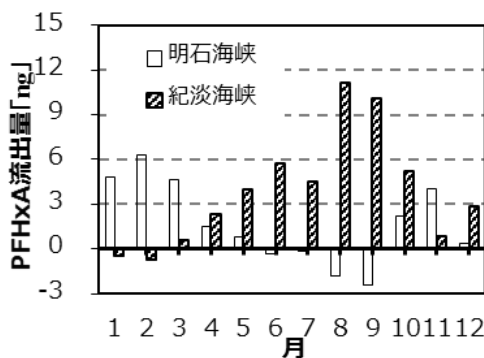


図5 海峡部におけるPFHxAの断面通過量の月変動