

P-B01

河川底質中ダイオキシン類汚染の PMF 法による汚染源解析

横浜国立大学大学院環境情報学府・研究院 ○竹田翔、益永茂樹
埼玉県環境科学国際センター 細野繁雄

Source apportionment of dioxins in river sediment using PMF, by Sho Takeda, Shigeki Masunaga (Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National Univ.), Shigeo Hosono (Center for Environmental Science in Saitama)

1. 緒言

埼玉県内の河川調査から、約 1.3 km に渡る底質のダイオキシン類汚染が判明した。そのデータを用いて、埼玉県は重回帰分析法による汚染源解析を試みているが、燃焼、農薬 2 種(CNP, PCP)および PCB 製品の 4 つの既知汚染源のダイオキシン組成情報を用いただけでは、十分には説明出来ていない。特に PCDFs について説明不足が目立ち、未知汚染源の存在が示唆されている。そこで本研究では、同じデータを用いて汚染源の組成と寄与率の両方を推定することができる PMF (Positive Matrix Factorization)法による汚染源解析を試みた。

2. 方法

レセプターモデルの一つである PMF 法は、重み付け最小二乗法を用いた非負因子分析であり、事前に汚染源情報を必要としない利点を有する一方、因子数決定の為に分析に係る測定誤差情報が必要となる。本解析では、USEPA の web サイトより落手できる EPA PMF1.1 を使用して解析を行った。以下に、基本式を示す。

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(x_{ij} - \sum_{k=1}^p g_{ik} l_{kj} \right) / s_{ij} \right)^2$$

ただし、 i : サンプル、 j : 化学種、 k : 汚染源。

PMF法は、ダイオキシン類の実測濃度(x_{ij})、測定誤差値から算出される x_{ij} に対する不確実性データ(s_{ij})、汚染源数(p)を設定し、因子負荷量(l_{kj})と因子得点(g_{ik})について Q を最小にする解を求めるものである。本研究では、精度情報が不明のため、測定誤差値に一律5%を設定することで s_{ij} を導出し、因子数は、カイザー基準・スクリープロット等の指標を用いて決定した。

本解析の対象としたデータは、県による汚染範囲確定調査の結果である。この調査では、汚染河川の約1.3 km の範囲において50 m間隔、27地点で採取された底質コアをスライスし、計200サンプルのダイオキシン類の濃度測定が行われた。この32のダイオキシン類コンジェナー毎の濃度データと、それらを除いた同族体毎の濃度データ(8同族体)を合わせた計40の濃度データを変数として、PMF解析に供した。

3. 結果

5 因子解を採用した PMF 解析により、因子負荷量と因子得点が算出された。因子負荷量を既知の汚染源組成情報と照合し、4 つの因子が、それぞれ燃焼、PCB 製品(KC-400)、PCP、および CNP 起源と推定された(図 1)。残りの因子は PCB と低塩素化 PCDFs について高い因子負荷量を有し、これまでは知られていない汚染源由来と見られた。汚染源寄与率を示す因子得点からは、汚染範囲上流において燃焼と PCP、中流において PCB 製品と未知汚染源、下流において CNP と PCP が主たる汚染

原因となっていることが示された。

本 PMF 解析から算出された寄与率は、燃焼、CNP、および PCB 製品に関しては、県の重回帰分析と類似した結果となり、PCP については PMF 解析で影響が強く見積もられた(表 1)。また重回帰分析において、PCDFs の説明がなされていなかったが、PMF ではこの部分が燃焼と未知汚染源により説明され、未説明分である残差は約 52%から約 6%に減少した。ただし、重回帰分析の結果は、本解析の対象以外の調査地点も含んでいる。

4. 考察

説明できていなかった PCDFs について、PMF 解析では、燃焼と未知汚染源により説明なされた。未知汚染源とされた因子は、その因子負荷量から DL-PCB については PCB 製品(KC-300)と類似した組成を有し、同時に PCDFs を含んでいた。また、汚染状況が PCB 製品(KC-400)とされた因子と似ていたことから、この因子と同じ時期に汚染が生じ、また汚染範囲の中流に流れ込む水路の近傍に汚染源があったと推定された。

表 1 重回帰分析とPMF解析の各因子による汚染地域への汚染寄与割合 (TEQ換算値)

推定された汚染源	重回帰分析法 (264 検体)	PMF 解析法 (200 検体)
燃 焼	28%	28%
PCB 製品	16%	23%
CNP	3.4%	6.5%
未知汚染源	—	32%
PCP	1.1%	11%
未説明分	52%	6%

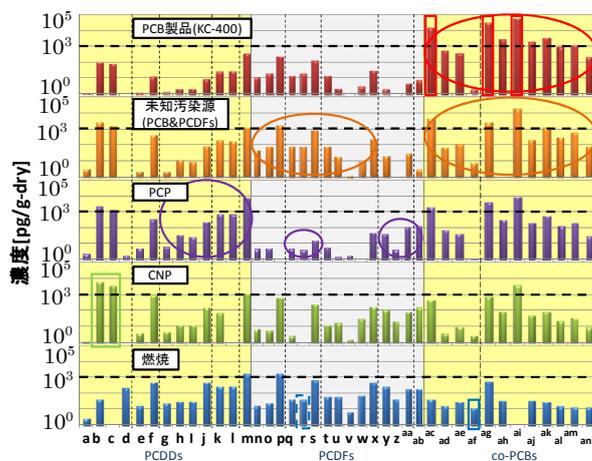


図 1 PMF 解析より得られた因子負荷量 (組成情報)

参考文献

- 野馬幸生 他 (2004) 環境化学 14[3] 501-518.
- Bzdusek et al. (2006) Environ. Sci. Technol. 40, 109-119.