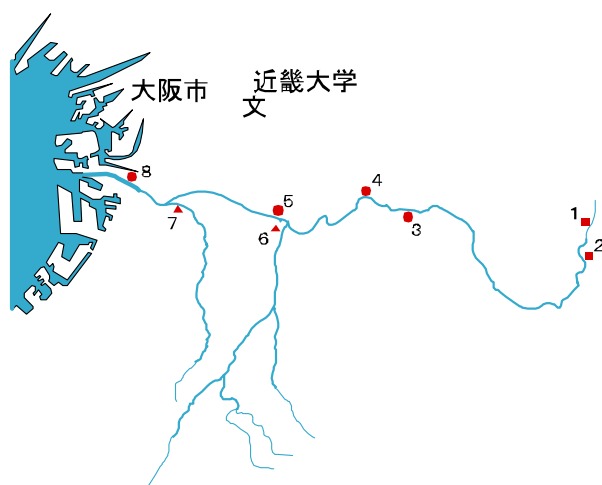


近畿大学理工学部 学生会員 ○福岡 誠
 近畿大学理工学部 学生会員 三浦 竜史
 近畿大学理工学部 正会員 嶋津 治希

1. はじめに

有機リン酸トリエステル (OPEs) はプラスチックなどに可塑剤や難燃剤として添加されており、多様な生活用品に使用されている。OPEs には発がん性を指摘されているものがあり、注目すべき物質群である。近年、全国の河川で検出され水環境汚染が報告されているため、本研究では大和川流域における OPEs の汚染状況を調査した。また、汚染源からの負荷量及び河川流量を考慮した OPEs の水中濃度予測モデルの構築を試みた¹⁾。

2. 実験方法



- | | |
|-------------|-----------------|
| 1 小夫(桜井市) | 2 新富士橋(桜井市) |
| 3 板東(大和郡山市) | 4 王寺(王寺町) |
| 5 柏原(藤井寺市) | 6 石川(藤井寺市国府) |
| 7 西除川(堺市北区) | 8 阪堺大橋(大阪市住之江区) |

図 - 1 大和川流域の採水地点

奈良県天理市から大阪府堺市にかけて流れる流域人口約 210 万人、流域面積 1070km²の大和川を本研究の調査対象とした。大和川流域図と 8 つの採水地点を図 - 1 に示す。採水地点は水源付近 2 地点、本流 4 地点、支流 2 地点の計 8 地点を選定し、平成 18 年 11 月 18 日(非降雨)と 12 月 9 日(降雨)に採水を行った。次に分析方法であるが、水試料約 1 l を GF/C(Whatman, 公称口径 1.2μm)で濾過する。濾液をコンセントレータ Plus (日本ウォーターズ(株))で固相抽出カラム

(Sep-Pak PS-2) に 20ml min⁻¹ で加圧濃縮を行う。次に吸引により固相抽出カラムを乾燥させた後、ジクロロメタン 5ml で溶出する。その溶出液を空気パージによって 2ml に濃縮し、濃縮した試料の OPEs は GC/MS を用いて測定した。測定した OPEs はリン酸トリメチル (TMP)、リン酸トリエチル (TEP)、リン酸トリブチル (TBP)、リン酸トリス (2 - クロロエチル) (TCEP)、リン酸トリフェニル (TPP)、リン酸トリス (2 - トリブトキシニル) (TBXP) である。

3. 濃度予測モデルの構築

これまでの研究により OPEs の主な排出源としては、一般家庭、下水処理場、埋立処分場、工場などが挙げられるが、本研究の対象流域では一般家庭、下水処理場、工場を重要な OPEs 汚染源と考えた。そこで各測定地点における OPEs 水中濃度を以下の式で予測した。

$$\text{OPEs 濃度} = (\text{OPEs 負荷量} \div \text{河川流量}) \times \exp(-\text{水中減衰速度定数} \times \text{流達時間})$$

OPEs 負荷量とは、一般家庭、下水処理場、工場由来で各測定地点に到達する OPEs 総量である。

一般家庭由来 OPEs 負荷量は、一般家庭排水の OPEs 原単位に予測地点より上流都市町村の下水道等未使用人口を乗じて算出した^{2,3)}。なお、一般家庭排水における原単位 (μg/人・日) は TBXP が 1060、TCEP が 96.7、TEP が 14.7、TBP が 64.7 を用いた⁴⁾。

下水処理場由来の OPEs 負荷量は、処理水の OPEs 原単位に予測地点の上流都市町村の下水処理人口を乗じて求めた^{2,3)}。なお、処理水における原単位 (μg/人・日) は TBXP が 432、TCEP が 47、TEP が 8.2、TBP が 9.8 を用いた⁴⁾。

工場由来の OPEs 負荷量は、排出濃度×工場排水量×残留率により算出した。TBP、TCEP の排出濃度は既往の研究で得られた実測濃度の幾何平均値 0.011 (μg/l)、0.125 (μg/l) を用いて予測負荷量を算出した。TEP、TBXP は本研究で得られた検出下限値の半値

0.0009 ($\mu\text{g/l}$)、0.006 ($\mu\text{g/l}$) を用いて予測負荷量を算出した。次に工場排出水量であるが、市町村別の工業使用水量からボイラー用水量と冷却・温調用水量を引いて求めた。最後に残留率であるが、一般家庭排水の OPEs 原単位で下水処理水の OPEs 原単位を割った値のことである。TBXP が 0.408、TCEP が 0.486、TEP が 0.558、TBP が 0.151 となった。

また、OPEs は水中で光分解・生物分解される物質なので水中で減衰していく。そこで予測式において水環境中減衰速度の値を用いる必要がある。なお減衰速度値は既往の研究で得られ、TBXP が 0.7d^{-1} 、TCEP が 1.1d^{-1} 、TEP が 2.2d^{-1} 、TBP が 0.66d^{-1} である⁴⁾。

次に河川流量であるが採水地点 1、2、6、7 の 4 地点は川幅と深さを測って断面積を求め、流速を実測し、河川流量を算出した。他の採水地点では国土交通省の水文水質データベースの流量データと水位データの関係式より予測した⁵⁾。例として採水地点 3 における流量と水位の関係を図 - 2 に示す。この図のように流量と水位の関係式が得られ、その関係式から流量を予測した。

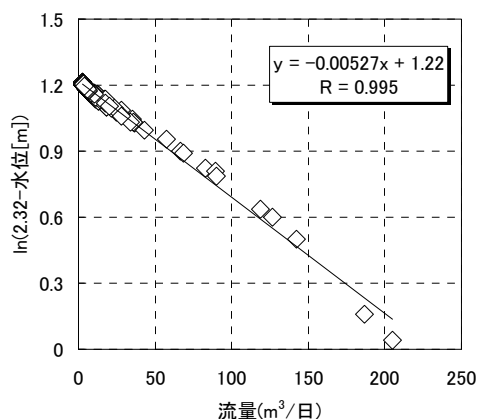


図 - 2 流量と水位の関係

4. 結果及び考察

大和川流域における OPEs の濃度範囲と検出頻度を表 - 1 に示す。全物質が上流よりも下流の採水地点で高い濃度が検出された。また、支流が合流する前後の地点においては合流前の地点の方が高い濃度を示す割合が非常に高いことが明らかとなった。

本研究の測定地点における OPEs 濃度を先述のモデルにより予測した。その予測濃度と実測濃度の関係を図 - 3 に示す。TCEP と TBP は予測濃度と実測濃度の差が全検体とも 1 オーダー以内に収まり、本研究の予測モデルで精度の高い予測が可能であることがわかつ

表 - 1 大和川流域の OPEs の濃度範囲と検出頻度

溶存態	水質 ($\mu\text{g/l}$)	検出頻度
TMP	0.013~4.3	11/16
TEP	0.050~1.3	16/16
TBP	0.0022~0.44	16/16
TCEP	0.0046~1.5	16/16
TPP	0.0024~0.067	14/16
TBXP	0.019~5.6	15/16
TEHP	0.0018~0.024	12/16

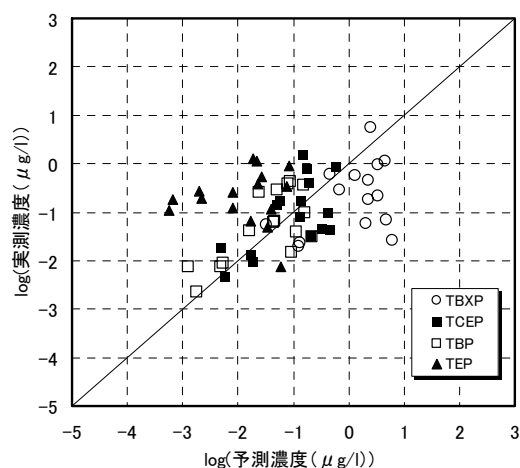


図 - 3 OPEs 予測濃度と実測濃度の関係

た。TEP は全 16 検体中 10 検体が、TBXP は全 16 検体中 4 検体が、予測濃度と実測濃度の差が 1 オーダーより大きく、TCEP と TBP に比べて精度が低かった。その原因は工場排出濃度として検出下限値の半値を使用したこと、汚染源として考慮しなかった OPEs 含有地表堆積物が混入したことが原因と推察される。

5. まとめ

TCEP と TBP については本研究の予測モデルにより精度の高い予測が可能であることがわかった。TEP と TBXP は予測式に OPEs 含有地表堆積物の値を挿入するなどして、さらなる予測モデルの改善を図る必要があるが、概ね良好に予測できた。

参考文献

- 1) 山田重人 (2006) 大和川流域における有機リン酸トリエステル濃度の濃度予測について、近畿大学理工学部卒業論文、2) 奈良県総務部統計課 (2006) 平成 17 年度奈良県統計年鑑、3) 大阪府総務部統計課 (2006) 大阪府統計年鑑(平成 17 年度)、4) 嶋津ら (2001) 黒瀬川流域における有機リン酸トリエステルの挙動と濃度予測、環境工学研究論文集, 38, 227-237、5) 国土交通省水文水質データベース。