

## 統計モデルを用いた東大阪市の大気中有機リン酸トリエステル類の濃度推定

近畿大学大学院 総合理工学研究科 学生会員 ○井上 大河  
 近畿大学大学院 総合理工学研究科 正会員 嶋津 治希

## 1. 目的

有機リン酸トリエステル類(OPEs)はプラスチック可塑剤、電気製品・繊維製品の難燃剤と我々が普段使用している製品に幅広く使用されており、事業場の排水や廃棄物の燃焼などによって環境中へ流入していると考えられる。また OPEs による大気汚染、室内空気汚染の報告もされており本物質中には発がん性や神経毒性が作用するものも確認されている。OPEs の水環境や大気環境中の濃度に関する調査・研究はされているが、地域スケールにおける濃度予測モデル、特にガス態に関する研究はまだ少ない。

本研究は地域における OPEs の粒子態・ガス態の大気濃度予測モデル構築を目的とする。構築した予測モデルの結果から要因を考察し、予測結果と実測結果を比較することでモデルの妥当性を検討する。

## 2. 実験方法

### 2.1 実測方法

実測地点を図 1 に示す。実測はハイボリュームエアサンプラーを用いて近畿大学東大阪キャンパスで平成 28 年 7 月、9 月、12 月にそれぞれ 4 日間大気中に含まれる粒子態とガス態のサンプリングを行った。

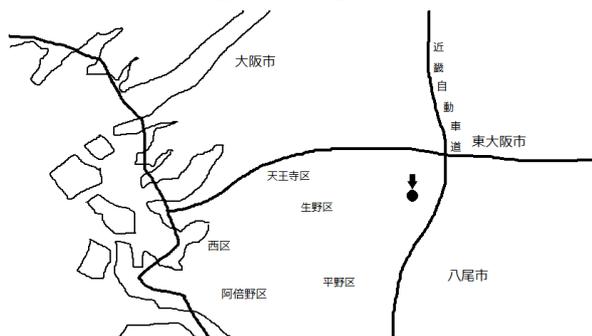


図 1 調査対象地点

### 2.2 実験方法

大気中粒子態は石英繊維濾紙にガス態はポリウレタンフォームへ捕集を行う。エアサンプラーにより捕集し、濾紙を溶媒へキサンに超音波抽出する。ロータリーエバポレーターにより濃縮した後、GC/MS により内部標準法により定量した。

## 3. 濃度予測モデル

本研究では重回帰モデルによる物質濃度の予測を試みた。対象物質としてリン酸トリエチル、リン酸トリブチル、リン酸トリス(2-クロロエチル)、リン酸トリス(1,2-ジクロロ-3-プロピル)、リン酸トリブトキシエチル、リン酸トリフェニル、リン酸トリエチルヘキシルをから検出頻度の高かったリン酸トリブチル(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)を選んだ。大気中の化学物質の濃度は風向きや時間による変動が大きく、気象条件に大きく影響されると考えたため説明変数に気象条件として気温[°C]( $a_1$ )・湿度[%]( $a_2$ )・日射量[MJ/m<sup>2</sup>]( $a_3$ )・大気圧[hPa]( $a_4$ )・風速[m/s]( $a_5$ )・区域人口密度[人/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>]( $a_6$ )・事業所数密度[所/km<sup>2</sup>]・( $a_7$ )を入力しモデルを構築した。自然環境条件の要因は大阪市・堺市・八尾市・生駒山に設置してある環境省のアメダスのデータを参考にした。人口は観測地点を中心とし、時間帯の風向きに合った地域のものを用いた。

## 4. 結果・考察

風速の値から測定地点付近の影響を強く受けると考え、地域の人口密度・事業所密度を東大阪市区間で設定した結果、重回帰式の自由度調整済み R 二乗値が TBP 粒子態で 0.3、TBP ガス態で 0.38、TPP が粒子態で 0.41、TPP ガス態で 0.44 と低い値になった。次に地域を東大阪市区外にまで広げて解析を行った結果 TBP 粒子態で 0.4、TBP ガス態で 0.41 となり、TPP ガス態で 0.61 まで上昇した。広い範囲での人口密度や事業所数密度を説明変数として設定した方が自由度調整済相関係数は高くなったが依然として TBP は 0.4 と低いものになった。そこで地域別製造出荷額密度[百万円/10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>] ( $a_8$ )を加えて分析を行ったところ TBP 粒子態で自由度調整済相関係数が 0.42 であったが、ガス態 TPP は 0.71 と比較的高い回帰式が得られた。これは TBP、TCEP に比べガス態 TPP では 7 月、9

月、12月を通して濃度に大きな差がなく安定した濃度であったためであると考えます。また粒子態では12月TPPの検出回数が急激に減ったため影響を受けたのではないかと考えます。

$$Y=0.076(a_1)+0.023(a_2)+0.44(a_3)-0.032(a_4)+0.16(a_5) -0.028(a_6)+0.005(a_7)+0.013(a_8)-0.95 \quad (1)$$

$$Y=-0.209(a_1)+0.042(a_2)-2.72(a_3)+0.024(a_4)+3.48(a_5) -0.109(a_6)+0.002(a_7)+0.057(a_8)+6.7 \quad (2)$$

この結果を測定値に対して作成したTPP,TBPの予測モデルを図4,図5に示す。図4は式(1)を用いた結果から自由度調整済相関係数も0.71と高く、TPPガス態では大気濃度の増減を再現できていると言える。図5は自由度調整済相関係数が0.42と低いが式(2)を用いた結果から高い濃度ではばらつきがあるものの実測値の1/3倍の範囲で増減を再現できていると考えられる。

ガス態TBP,TCEP,粒子態TPPでは自由度調整済相関係数の値が0.4以下と低く、信憑性の高い回帰式を構築することができなかった。これは粒子態における説明変数値の適切な要因を十分に採用できていないことが問題であると考えます。もう一つはTBP,TCEPはガス態、粒子態ともに高い濃度の検出された日があり、急激な濃度の増減があったため回帰式に影響を及ぼしたためであると考えられる。

図4,図5に予測値の時間帯による濃度の比較を示す。検出下限値以下になった時間帯として図4では9月9～18時間で予測値が高くなっているものの実測値と大きな差はなく濃度の増減を再現できていると考えられる。

### 5. まとめ

TBP 粒子態・ガス態、TPP ガス態では実測地周辺よりも範囲を広げ説明変数を選定した方が自由度調整済相関係数の高いモデルが構築できた。ガス態TPPの大気予測では自由度調整済相関係数の高いモデルの構築ができたが必ずしも正確な値を選定できたわけではないため、モデルの精度を高めるため説明変数として採用するデータの空間的・時間的・環境的代表性・物質特有の特性を考慮し検討していくことが必要である。

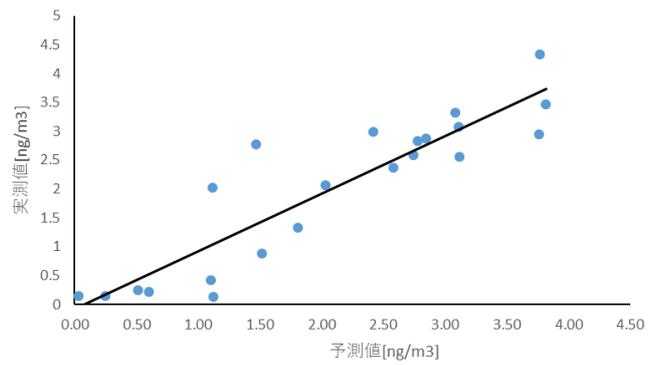


図2 ガス態 TPPの大気中濃度予測モデル

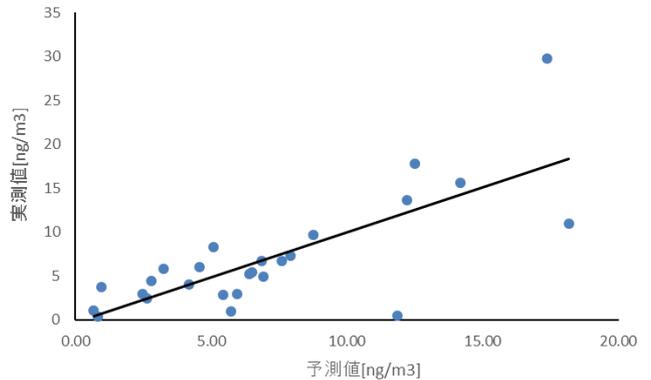


図3 粒子態 TBPの大気中濃度予測モデル

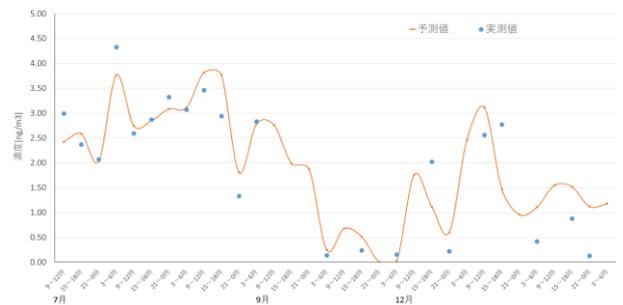


図4 ガス態 TPP予測値及び実測値の時間帯比較



図5 粒子態 TBP予測値及び実測値の時間帯比較

### 参考文献

1) 中杉修身：統計モデルを用いた優先化学物質選択手法 ENVIRONMENTAL FATE MODEL FOR CHEMICALS PRIORITISATION 第14回環境問題シンポジウム講演論文集 1986年9月