

第 部門 化学物質の水中濃度と大気中濃度の関係

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 角 佳知
 近畿大学理工学部 正会員 嶋津 治希

1. はじめに

現在、化学物質は一千万種類以上存在するとされている。毒性と環境中濃度を把握するためには、すべての化学物質に対して濃度測定を行うことが必要であるが、それができないのが現状である。そこで本研究では、環境中濃度の中で水中及び大気における濃度に着目し、今後どのような化学物質を調査すべきかを定めるために、多くの化学物質に適用可能な簡易的な予測モデルを構築することを目的とする。

2. 解析方法

2-1 解析対象物質と地点

環境省で毎年数多くの化学物質について全国規模の環境調査を実施している『化学物質と環境』の測定データを用いた。環境省の平成16年度報告書のモニタリング調査における化学物質の水中濃度データと大気中濃度データを用いて解析した。

水と大気との関係性を知るために、それぞれの調査地点の距離が近い地点を選定した。図1に本研究で解析対象とした地点を示す。各都道府県内で水質調査ならびに大気調査の2つの調査が行われていない場合は、その都道府県を解析対象から外した。

『化学物質と環境』のモニタリング調査ではPOPs 条約および化学物質審査規正法第一、第二種で指定されている物質の経年的モニタリング調査と位置づけされているため、本研究では以下の物質が対象物質となる。

PCB 類(24 物質)、DDT 類(6 物質)、クロルデン類(5 物質)、ヘキサクロロシクロヘキサン(4 物質)、HCB、アルドリル、ディルドリン、エンドリン、ヘプタクロル、cis-ヘプタクロルエポキシド、trans-ヘプタクロルエポキシド、マイレックス、の計 47 物質である。しかし、検出地点が少なかった物質が 6 物質あり、それらを除いた計 41 物質を対象物質とした。

2-2 データ整理方法

モニタリング調査から選んだ化学物質は、水は各地点で1回、大気は2回測定されている。データの整理方法として水は、各地点のデータから中央値を求め代表値とした。大気は、各地点の2回測定された結果を平均した。さらに全国の中央値を求め、その値を各物質の代表値とした。水、大気共に検出下限値未満のデータがある場合その地点のデータを除外した。



水質調査地点名	大気調査地点名	水質調査地点	大気調査地点
1 北海道石狩川河口	札幌芸術の森	13 三重県四日市港	科学技術振興センター
2 岩手県豊沢川豊沢橋	縄張スキー場	14 京都府桂川宮前橋	城陽高校
3 宮城県仙台湾	保健環境センター	15 大阪府大阪港	環境情報センター
4 茨城県利根川河口	公害技術センター	16 兵庫県神戸港	神戸市首合大気測定局
5 千葉県花見川河口	市原松崎測定局	17 広島県広島県港	市立国泰寺中学校
6 東京都隅田川河口	環境科学研究所	18 山口県徳山湾	環境保健研究センター
7 神奈川県川崎港	環境科学センター	19 徳島県吉野川河口	保健環境センター
8 神奈川県横浜港	横浜市環境科学研究所	20 香川県高松港	高松合同庁舎
9 長野県諏訪湖	衛生公害研究所	21 佐賀県伊万里湾	環境センター
10 富山県神通川河口	砺波一般環境大気測定局	22 熊本県緑川平木橋	保健環境科学研究所
11 石川県犀川河口	保健環境センター	23 宮崎県大淀川河口	衛生環境研究所
12 愛知県名古屋港	名古屋市千種区平和公園	24 沖縄県那覇港	辺戸岬

図1 解析対象地点

3. 結果及び考察

水において最も濃度が高かったのは -HCH の、 $235 \mu\text{g/}$ 、最も低かったのはマイレックスの $0.24 \mu\text{g/}$ であった。大気においては HCB の 113pg/m^3 が最も濃度が高く、2,3,3',4,4',5,5'-HeptaCB の 0.023pg/m^3 が最も低かった。このように物質によって濃度に3オーダー程度の差が見られた。

化学物質の水中濃度と大気濃度の関係を図2に示す。このグラフの相関係数 r は 0.808 であり有意な正の相関関係が得られた ($p < 0.10$)。傾きは 1.00 であり、ほぼ比例関係にある。

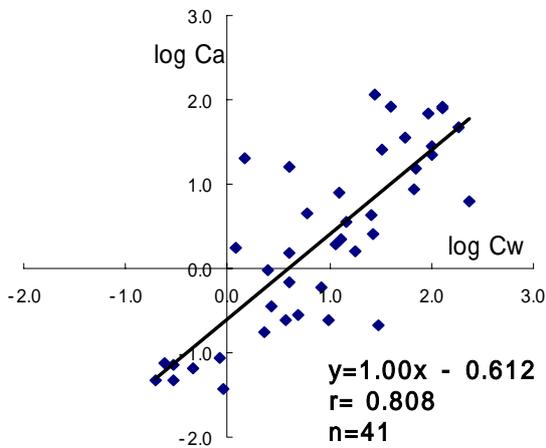


図2 水中濃度 ($\mu\text{g/}$) と大気中濃度 (pg/m^3) の関係

次に、ヘンリー定数 (H) と水中濃度 / 大気中濃度の関係を見る。

大気中濃度 / 水中濃度は、理論的にはヘンリー定数 H の関数として表せるが、以下に説明する。

H は (分圧 / モル分率) であるが、モル分率は (溶質の質量 / 溶液の質量) なので、水中濃度とみなすことができる。また、 H は (分圧 / モル分率) であることから

$$p = HC_w \dots (p: \text{分圧}, C_w: \text{水中濃度})$$

また、理想気体の状態方程式より $pV_a = nRT$ (V_a : 気体の体積、 n : 物質質量、 R : 気体定数、 T : 絶対温度 (293K)) において、 $n = CaV_a$ と表せるから

$$pV_a = CaV_aRT \quad p = CaRT \dots$$

と から

$$HC_w = CaRT$$

$$Ca / C_w = H / RT$$

この両辺の対数をとると

$$\log_{10}(Ca / C_w) = \log_{10}(H / RT)$$

この式に $R = 8.206 \times 10^{-5} [\text{atm} \cdot \text{m}^3/\text{K} \cdot \text{mol}]$ 、 $T = 293\text{K}$ を代入して

$$\log_{10}Ca / C_w = \log_{10}41.31H = \log_{10}H + 1.62$$

なお、全測定地点の平均気温が約 20 のため、絶対温度を 293K とした。

図3に大気・水質中濃度とヘンリー定数の関係を示す。相関係数 r は 0.537、傾きは 0.393 であり有意な正の相関関係が得られた ($p < 0.10$)。しかし、ヘンリー定数を用いたモデル式 (破線で示す) と水中濃度 / 大気中濃度の関係には差異が生じた。これは水中濃度が理論値より低い、もしくは大気中濃度が理論値よりも高いことが原因である。水中では水生生物による吸収、底質への吸着など水中濃度が低くなる要因がある。また、ヘンリー定数は理想気体の状態方程式を用いたものであり、他の環境相への移入、分解等を考慮したものではない。これらのことから、理論式と実測値との間に差異が生じたものと考えられる。

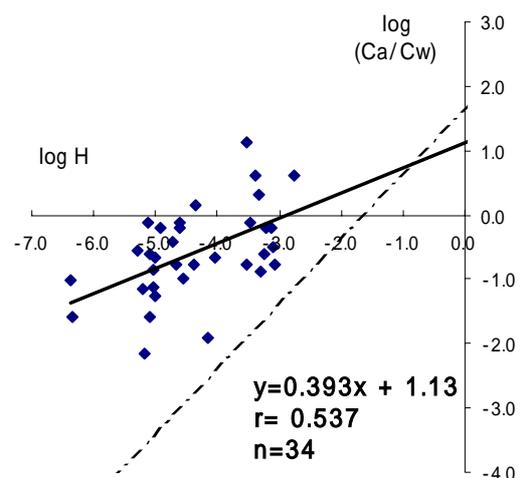


図3 大気・水質中濃度とヘンリー定数の関係

4. まとめ

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

1) 化学物質の水中濃度と大気中濃度には正の相関があることがわかった ($p < 0.10$)。大気中濃度は水中濃度より1オーダー程度低かったが比例関係が観察された。

2) 大気・水質中濃度とヘンリー定数の関係では実測値が理論式より1~2オーダー程度高くなったが比較的高い相関関係が得られた。

参考文献

環境省『化学物質と環境』平成16年度報告書