

VII-104

多成分系原水の合計吸着等温線の数式表現に関する研究

岐阜大学大学院 ○学生員 李 富生
 岐阜大学流環研 正 員 湯浅 晶
 岐阜大学工学部 正 員 松井佳彦
 岐阜大学大学院 学生員 荒引圭俊

1. まえがき

多成分系原水の全成分合計吸着等温線は、単成分の場合と異なり、初期濃度などの実験条件によって大きく異なる。そのような特徴を数式によって表現することは、起源や濃度の異なる様々な原水中の有機物の平衡吸着特性を比較し、また固定層におけるその破過挙動をシミュレーションする上で不可欠である。そこで、本研究では、様々な原水中の有機物を活性炭の吸着強度の大小により分割し、次に理想吸着溶液理論に基づいて誘導した全成分の合計吸着等温式を用いて、回分式吸着実験から得られた吸着等温線を表現することを検討した。

2. 実験

原水としてはし尿処理場の生物処理水、フミン酸溶液、K P 廃水の計3種類を用いた。各種の原水をいろいろな濃度に蒸留水で希釈し、pHが7.0前後になるように調整した後、0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、ろ液を吸着実験に供した。活性炭としては粉碎したFiltrisorb 400 (Calgon Corporation)を用いた。吸着実験は20°Cに調節した恒温室で行われ、振動時間は一週間とした。水質指標は波長260nmの吸光度(E260)とTOCを用いた。各試料水の水質は図の中に示す。

3. 数値解析

単成分系の吸着等温線がFreundlich式(1)に従うとき、理想吸着溶液理論より多成分系下における各成分の吸着等温線は式(2)のように表現される。

$$q_i = k_i C_i^{1/n_i} \quad (1)$$

$$C_i = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^N \frac{q_j}{n_j k_j}} \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

ここで、 C_i ：成分*i*の液相平衡濃度； q_i ：成分*i*の平衡吸着量； k_i, n_i ：成分*i*のFreundlich定数； N ：成分の総数

活性炭量を*M*、液相容積*V*、各成分の初期濃度*C_{i0}*、全成分合計の初期濃度*C_{T0}*、合計の平衡濃度と吸着量を*C_T*と*q_T*とすると、各成分と全成分における物質収支式は式(3)と(4)で与えられる。また、吸着定数*n_i*は成分によらず一定であると仮定すると、全成分における合計吸着等温線は式(2)、(3)、(4)より式(5)のように表される。

$$q_i = (C_{i0} - C_i)V/M \quad (3)$$

$$q_T = (C_{T0} - C_T)V/M \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{C_{i0}/C_{T0}}{(q_T/k_i)^n \cdot (1/C_{T0}) + 1 - (C_T/C_{T0})} = 1 \quad (5)$$

多成分系原水中の各成分の存在割合は、吸着強度(Freundlich定数) k_i に対して対数正規分布していると仮定する。この時、多成分系原水の吸着特性はFreundlich指数 $1/n$ 、 k_i の幾何平均値 μ と幾何標準偏差 σ によって規定され、式(5)により描くことができる。そこで、実験データに最も合う吸着強度分布($1/n, \mu, \sigma$)を探索し、次にその分布を用いて全成分の合計吸着等温線を式(5)に基づいて計算した。

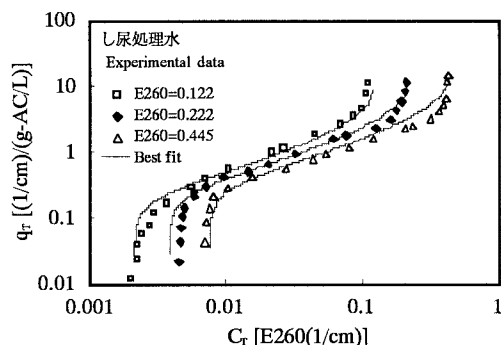


図1 し尿処理水中有機物の合計吸着等温線

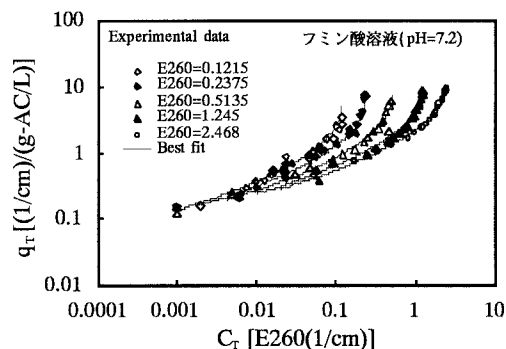


図2 フミン酸の合計吸着等温線

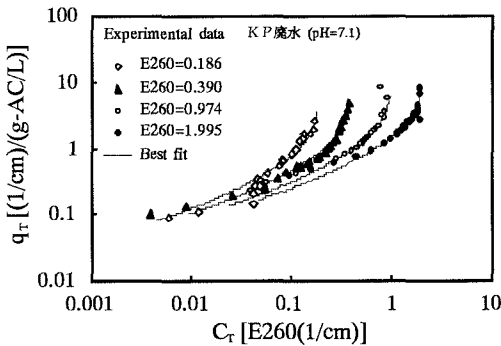


図3 K P 廃水中有機物の合計吸着等温線

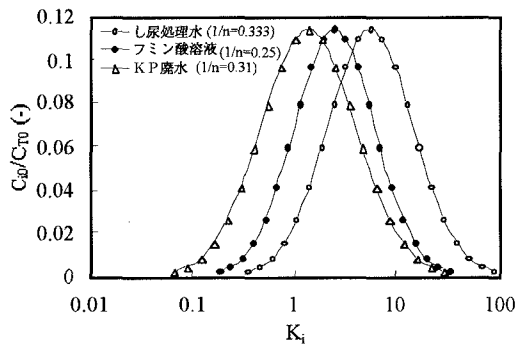


図4 各原水中有機物の吸着強度分布の比較

4. 結果と考察

図1～3は、これら3種類の原水における全成分の合計吸着等温線を示している。実験データと計算結果はそれぞれ記号と実線で表している。実験データから、いずれの原水においても、回分式吸着等温線は、初期濃度によって異なり、単成分系の吸着等温線のような初期濃度によらず一本化される特徴がないことが分かる。これは、多成分系の場合には吸着処理後の液相の残留成分の組成が吸着処理前の組成と異なり、その組成の変化に応じて平衡吸着量が決まっていることが原因である。また、いずれの場合にも、計算結果は実験データとよく一致しており、今回検討した方法は多成分系における全成分の合計吸着等温線を表現する上で有効であることを示した。

これらの計算より推定された各原水中有機物の吸着強度の分布を図4に示す。図より、有機物の組成は原水の種類によって異なり、吸着強度は、全体として尿処理水の方がフミン酸溶液とKP 廃水より大きかった。また、いずれの原水でも、有機物は吸着性の強い成分から弱い成分までの広い範囲に分布している。

図5は、一例として尿処理水中の各構成成分の残留率を、活性炭添加量をパラメーターにして示している。活性炭の添加量が少ない場合には、吸着性の強い成分がもっぱら吸着され、吸着性の弱い成分は吸着されず殆ど液相に残留している。吸着性の強い成分の吸着が、図1～3に見られたように、活性炭の添加量が少なく、平衡濃度が初期濃度に接近した領域では、平衡濃度に対して平衡吸着量が非常に高くなっていることの原因である。図6は活性炭添加後の水中に残留している有機物（多成分）の吸着強度の中央値 $k_{50\%}$ (50%値) が活性炭添加量の増加に応じてどのように変化するかを示している。活性炭添加量の増加に伴って、残留有機物の吸着強度が低下し、その低下は活性炭添加量が0.1g/L までには尿処理水の方が急激であった。こうした挙動も多成分系における有機物の吸着が吸着性の強い成分から弱い成分へ順次行っていくことを意味している。

5. まとめ

3種類の原水中の有機物を活性炭の吸着強度の大小より分割し、次に理想吸着溶液理論から誘導した全成分の合計吸着等温式を用いてこれら多成分系原水における全成分の合計吸着等温線を表現してみた。この手法は組成未知の多成分系有機物の組成分布を吸着強度の観点から検討したり、起源や初期濃度が異なる多成分系原水中の有機物の平衡吸着特性を比較したりする上で有効である。

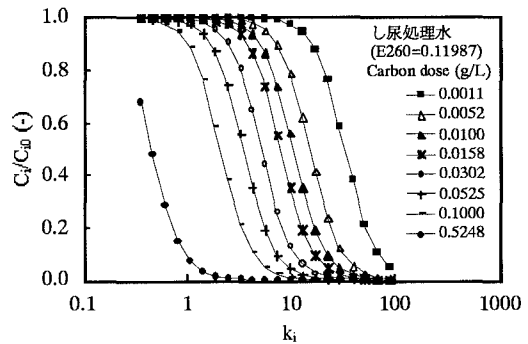


図5 尿処理水中各成分の吸着挙動

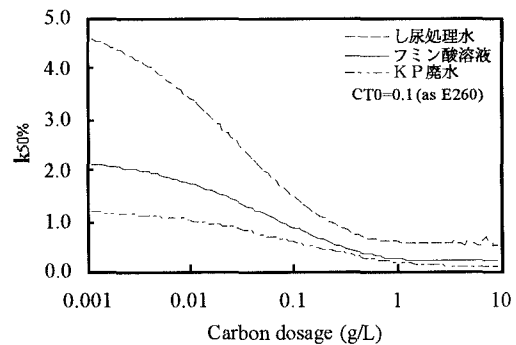


図6 活性炭添加量の増加に伴う残留有機物の平均吸着強度の変化