

多成分系吸着平衡モデルによる破過曲線のシミュレーション

岐阜大学工学部 学生員○浅田 真一

岐阜大学工学部 正 員 湯浅 晶

岐阜大学工学部 正 員 東海 明宏

1. はじめに

今日、水処理の中で固定層や流動層を用いた活性炭充填層による連続吸着処理は、水中有機物の除去手段として広く応用されている。活性炭の使用時間が長くなるにつれて有機物の除去能力は低下し、様々な成分が破過してくる。本研究では、吸着性の異なる様々な成分からなる多成分系原水を完全混合反応槽により連続通水吸着処理をした場合のシミュレーションを行い、全成分分計量および各成分の破過特性について検討した。

2. 計算方法

多成分系原水の連続吸着処理のシミュレーションは以下の仮定に基づいて行った。

① 各成分の単成分系吸着等温線は、Freundlich式で表される。

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

② 多成分系での競合吸着平衡関係は、IAST (理想吸着相溶液理論) モデルで表される。

$$M \frac{dq_i}{dt} = Q (C_{0i} - C_i) \quad (2)$$

③ 反応槽は完全混合槽であり、④ 吸着反応速度は非常に速く (物質移動速度律速とはならない) と仮定し、反応槽内の液相濃度と吸着量は瞬時に平衡に達する。

$$C_i = \frac{q_i}{q_t} \left[\frac{1}{K_i n_i} \sum (n_j q_j) \right]^{n_i} \quad (3)$$

ここで、 q_i : i 成分の活性炭吸着量 ($\mu\text{mol/g-AC}$)、 C_{0i} , C_i : それぞれ i 成分の流入濃度 ($\mu\text{mol/L}$)、 n_i , K_i : Freundlich定数、 M : 活性炭量 (g-AC)、 t : 時間 (hr)、流出濃度 ($\mu\text{mol/L}$)、 Q : 流量 (L/hr) とする。

組成を仮定した原水について、式(2)を陽形式で差分化し、各時刻ステップ毎に式(2), (3) による非線形連立方程式をNewton-Raphson法により線形近似し、LU分解法 (クラウト法) を用いて解くことにより、破過曲線のシミュレーションを行った。

3. 計算例

I) 模擬原水の組成の設定

吸着性の異なる様々な有機成分の組成を仮定した

原水を表1と表2のようにに設定した。

表1 原水Aの組成 (20成分)

i	K_i	$1/n_i$	C_{0i}	i	K_i	$1/n_i$	C_{0i}
1	5	0.5	5.0	11	150	0.5	5.0
2	10	0.3	5.0	12	200	0.3	5.0
3	15	0.5	5.0	13	300	0.5	5.0
4	20	0.4	5.0	14	400	0.4	5.0
5	30	0.2	5.0	15	500	0.2	5.0
6	40	0.4	5.0	16	600	0.4	5.0
7	50	0.3	5.0	17	800	0.3	5.0
8	60	0.2	5.0	18	1000	0.2	5.0
9	80	0.4	5.0	19	1500	0.4	5.0
10	100	0.3	5.0	20	2000	0.3	5.0

表2 原水Bの組成 (10成分)

i	K_i	$1/n_i$	C_{0i}	i	K_i	$1/n_i$	C_{0i}
9	80	0.4	5.0	14	400	0.4	5.0
10	100	0.3	5.0	15	500	0.3	5.0
11	150	0.5	5.0	16	600	0.2	5.0
12	200	0.4	5.0	17	800	0.4	5.0
13	300	0.2	5.0	18	1000	0.3	5.0

※ $K(\mu\text{mol/g})$, $C(\mu\text{mol/L})$

原水Aでは、 K_i の値を10~2000 ($\mu\text{mol/g}$) と広い範囲に設定し、原水Bと比較して原水Aでは、 K_i の値をより広い値に設定し、極めて吸着性の低い成分をも含むような組成とした。いずれの原水も成分番号 i の値が増加するにつれて、おおむね吸着性が強くなるように設定した。各成分の流入濃度 C_{0i} は $5.0 (\mu\text{mol/L})$ とした。数値計算の時刻みは $Q \cdot \Delta t / M = 2 (\text{L/g-AC})$ とした。

II) 破過曲線のシミュレーション結果

原水Aと原水Bの破過曲線を図1に示す。吸着性の弱い成分を含む原水Aの方が破過の開始が速くなることが示される。

原水Aと原水Bの各成分の破過曲線を図2と図3に示す。原水Aの成分番号 $i=1$ のように、吸着性の非常に弱い成分は通水初期からほとんど吸着されず

に流出する。成分番号*i*=17のように、吸着性の強い成分は典型的なS字状の破過曲線を示している。また、中程度の吸着性の成分は、破過するにしたがい、流出濃度/流入濃度比 (C_i/C_{0i}) が1を超える現象を示している。これは吸着性の強い有機成分の流入により、一度活性炭に吸着していたものが脱着したことを示している。 C_i/C_{0i} 比が1.05を超える現象は、原水Aでは*i*=6~20の合計15成分にみられ、また原水Bでは*i*=16以下の成分にみられた。

原水Aと原水Bにおける同一の有機成分の破過曲線を比較した例を図4に示す。各成分の流入濃度は $C_{0i}=5$ ($\mu\text{mol/l}$) と共通であるが、競合する成分群が変わることによってある成分の破過特性が変化することを示している。このことは、実際の原水中のバックグラウンド有機物の変動によって、特定の微量成分の吸着破過特性が大きく変化すること

を意味している。

4. おわりに

連統通水吸着処理における多成分系原水の破過特性について検討した。全成分合計量でみた場合、原水中で競合する有機物群の吸着特性によって様々な破過特性が示されることが分かった。原水中におけるある特定の有機成分に着目した場合も、バックグラウンド有機物の影響を受けることによって様々な破過特性 (例えば脱着現象) が示されることが分かった。

《参考文献》

(1) 湯浅 晶: 水中の微量有機成分とバックグラウンド有機物の競合吸着モデルの開発, 平成2年度化学研究費補助金 (一般研究C) 研究成果報告書, 1990

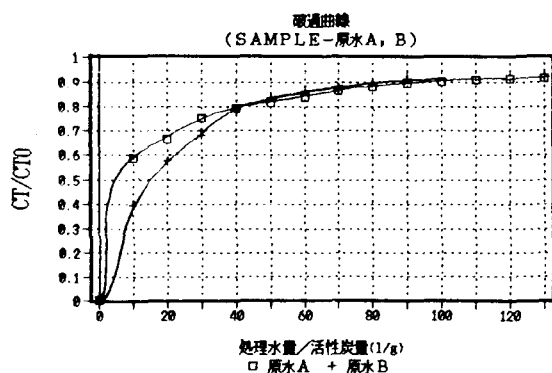


図 1

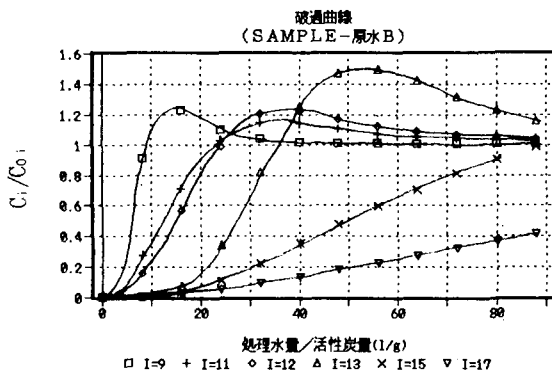


図 3

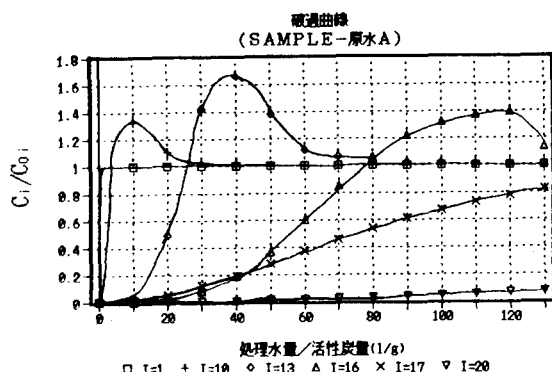


図 2

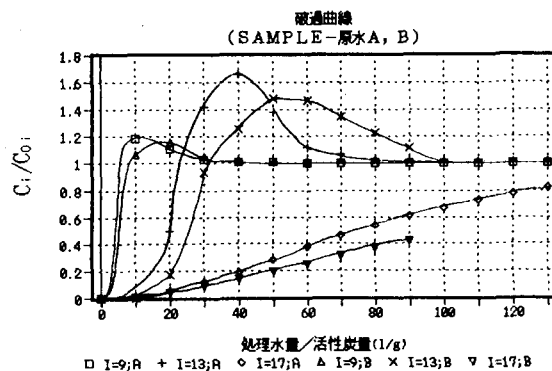


図 4