

多成分吸着平衡に関する IAS 理論と簡易モデルについて

岐阜大学工学部 (正) 湯浅 晶 ○(正) 田中 理博 (学) 村瀬 泰基

1. 目的 多成分系原水の活性炭吸着処理における各成分の吸着等温線は、各成分の吸着性の強弱と存在割合に大きく左右される。本研究は、ある微量成分の濃度変化が各成分の吸着等温線に与える影響を理解するために、IAS 理論を用いてシミュレーションを行なったものである。

2. IAS (Ideal Adsorbed Solution) 理論

IAS 理論は、固液界面での吸着相が理想溶液であると仮定して導かれた多成分系吸着平衡の理論である¹⁾²⁾。各成分の単成分系での吸着等温線がフロイントリッヒ式

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

で表わされる場合には、多成分系における平衡関係式は次式で与えられる³⁾。

$$C_i = (q_i / q_i^s) (\pi / k_i)^{n_i} \quad (2)$$

ただし、全吸着量 $q = \sum q_i$ (3)

$$\text{表面圧 } \pi = (RT/A) \sum n_i q_i \quad (4)$$

ここで C_i (mol/l), q_i (mol/g) は成分 i の濃度と吸着量。R: 気体定数, T: 絶対温度, A: 活性炭の比表面積 (cm^2/g)。表面圧 π (dyn/cm) は吸着による固液界面の張力減少分を表わす。

これらの式と、回分吸着における物質収支式

$$q_i = (C_i^s - C_i) / m \quad (5)$$

とを連立させて解くことによって、ある活性炭添加量 m (g/l) での回分吸着における各成分の平衡濃度 C_i と吸着量 q_i を計算することができる。

3. 仮想原水の設定 表 1 に示すように、単成分系吸着特性 (フロイントリッヒ型とする) の異なる 25 の成分からなる原水を仮想した。成分番号 21~25 は微量成分として想定されたものである。この原水に対して活性炭添加量を 0.01~10 (g/l) と変えた場合の吸着平衡状態を数値計算により求めた。微量成分の No. 21, 23, 25 についての吸着等温線を図 1 に示す。前報⁴⁾で示したのと同様に、吸着性の強い成分 (No. 25) に比べて吸着性の弱い成分 (No. 23 と 21) ほど吸着量が著しく低下する (特に初期濃度 C_i^s の近傍) ことが示されている。

4. 微量成分の濃度変動の影響 表 1 における No. 23 の成分 (中程度の吸着性の微量成分) の初期濃度が 0.2, 0.5, 1, 2, 10, 20, 30, 50 ($\mu\text{mol/l}$) と変化した場合

の仮想原水について数値計算を行なった。ただし他の成分の初期濃度は表 1 と同じままである。成分 No. 23 の吸着等温線は図 2 (a) (b) に示すように大きく変化する。No. 23 の成分よりも吸着性の弱い成分 No. 21 の吸着等温線に及ぼす影響を図 3 に示す。No. 23 の成分の初期濃度の変動範囲が 0.2~2 $\mu\text{mol/l}$ の場合には、ほとんど影響を受けないものの、10~50 $\mu\text{mol/l}$ と増加するにつれて、No. 21 の成分の吸着量が低下していくことが示される。しかし、No. 23 の成分よりも吸着性の強い No. 25 の成分の吸着等温線にはほとんど影響を与えない (図 4)。

全成分合計量の吸着等温線に対しては、図 5 に示すような影響を及ぼすが、全吸着量 q と表面圧 π の相関にはほとんど影響しない (図 6)。その結果、図 7 に示すように各成分の q_i/C_i と q_i の相関にもほとんど影響を与えない。したがって前報⁴⁾で提案したように、多成分系における任意の成分 i の吸着平衡関係が全吸着量 q をパラメーターとする直線平衡

$$q_i = f_i(q) \cdot C_i \quad (6)$$

で近似表現されたとする簡易モデルは、微量成分濃度が大きく変動しても、ほぼ成立することが明らかとなった。

表 1. 仮想原水の組成

成分番号 i	単成分吸着等温線フロイントリッヒ定数 k_i	初期濃度 C_i^s	単成分系における C_i^s に対する平衡吸着量 q_i^s
1	1.0	0.3	2.0
2	2.0	0.3	4.0
3	5.0	0.3	10.0
4	10.0	0.4	25.1
5	15.0	0.3	29.9
6	20.0	0.2	31.7
7	20.0	0.3	39.9
8	20.0	0.4	50.2
9	20.0	0.5	63.3
10	40.0	0.2	63.4
11	40.0	0.3	79.8
12	40.0	0.4	100.5
13	40.0	0.5	126.5
14	70.0	0.2	110.9
15	70.0	0.3	139.7
16	70.0	0.4	175.8
17	70.0	0.5	221.4
18	100.0	0.2	158.5
19	100.0	0.4	251.2
20	150.0	0.3	299.3
21	5.0	0.35	5.0
22	10.0	0.35	1.0
23	20.0	0.35	20.0
24	50.0	0.35	50.0
25	100.0	0.35	100.0

ただし、 C_i , C_i^s [$\mu\text{mol/l}$], q_i^s [$\mu\text{mol/l}$] とする。

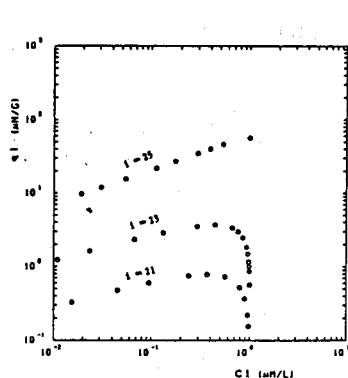
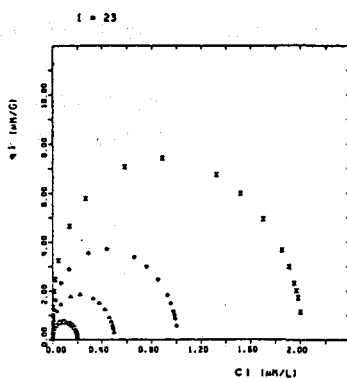
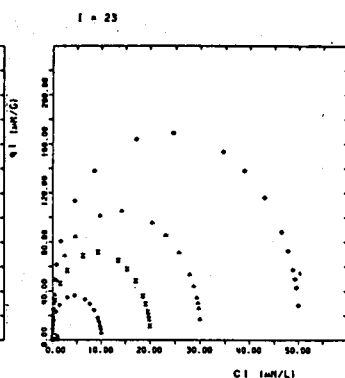


図1. 各成分の吸着等温線



(a)



(b)

図2. No. 23の吸着等温線の変化

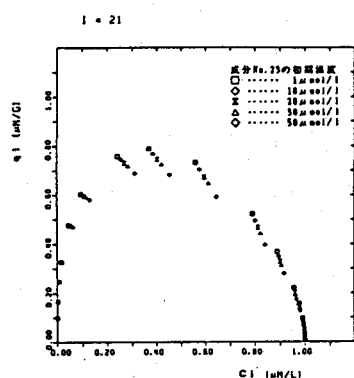


図3. No. 21の吸着等温線

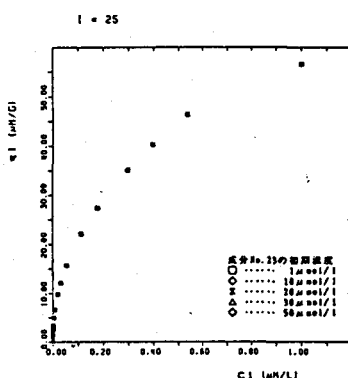


図4. No. 25の吸着等温線

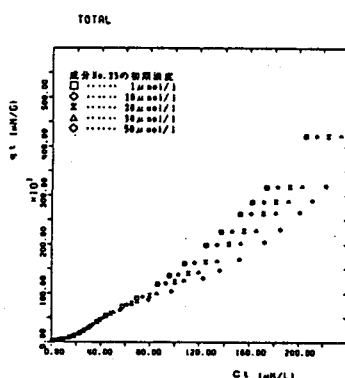


図5. 全成分合計量の吸着等温線

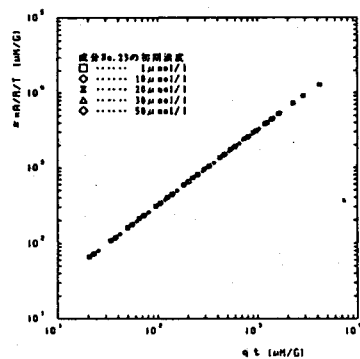


図6. q_i と π の相関

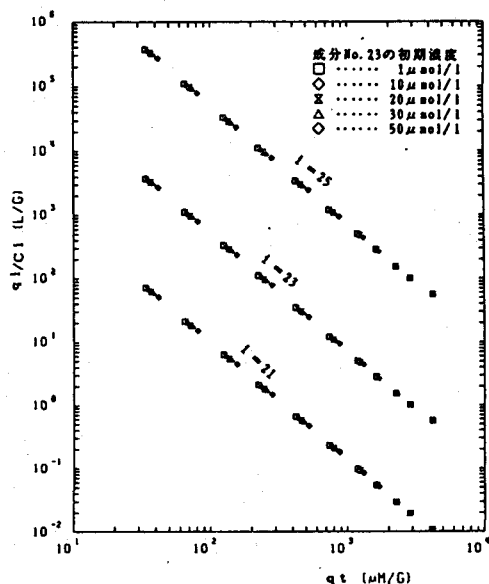


図7. q_i と q_i / C_i の相関

参考文献

- 1) AIChE Journal, Vol. 11, pp. 121-127 (1965).
- 2) AIChE Journal, Vol. 18, pp. 761-768 (1972).
- 3) Environmental Science & Technology, Vol. 19, pp. 1037-1043 (1985).
- 4) 土木学会第43回年講, II部, pp. 834-837.