

1 はじめに

活性炭は様々な水処理分野で用いられているが、その運転、管理に重要なことは活性炭の処理能力および処理状況を把握・推定することであろう。ここではマイクロカラムを用い固定層吸着実験(カラム実験)を初期濃度、通水速度、被吸着物質を変化させて行うと共に回分式吸着実験(バッチ実験)より得られた吸着平衡式を用いて、カラム実験の流出・吸着モデル¹⁾を試みた結果を報告する。

2 実験材料および方法

2.1 実験材料 吸着剤として粒状活性炭(カルゴンF-400)を用いた。また被吸着物質には染料のメチレンブルー(MB)、アマランス(Ama)、界面活性剤のドデシルベンゼンスルホン酸(DBS)の所定量を純水に溶かして、それぞれ試料溶液とした。

2.2 検量線の作成 各試料溶液ごとの吸収スペクトルを測定し、最大吸収波長における吸光度に基づいて検量線を作成した。なお各試水の最大吸収波長は MB ; 665nm、Ama ; 520nm、DBS ; 222.5 nmであった。

2.3 バッチ実験 活性炭0.5gを入れた三角フラスコ(100ml)に段階的に濃度を変化させた試料(50ml)を加え振とう機で25℃、30分間の混合・接触を行った。接触後、上澄み液を10mlとり遠心分離後、所定の波長の吸光度を測定し平衡濃度を求めた。

2.4 カラム実験 活性炭10gをカラム($\phi=12.5\text{mm}$, $H=170\text{mm}$)に充填し試料を2ml/min (12BV/hr)で通水し一定量ずつ分取後、流出濃度を測定した。

また、バッチ実験の結果を用いてそれぞれのカラム実験について以下の仮定に基づいてシミュレーションを行った。

- 1) カラムを10段の吸着層に区分する。また、各吸着層内での混合は完全混合である。
- 2) 吸着容量はカラム実験の飽和吸着量(最終的な吸着量)とし、各段とも飽和吸着に達した時点でそれ以上の吸着は起こらない。
- 3) 1段目は一定量の試料が流入して吸着平衡に達した後、平衡液が次の段に流入するとした。また、各段の吸着平衡関係はそれぞれ独立している。
- 4) 各段の吸着量は、バッチ実験のFreundlich吸着等温式の変形式に基づいて算出した。
- 5) 全段が吸着飽和に達したとき、つまり流入濃度と流出濃度が一致した時点でシミュレーションを終了する事とした。

表-1 バッチ実験の結果

	Freundlich		変形式		吸着量 (meq/g) 負荷量(0.5meq)
	1/n	K	(1/n)'	K'	
MB	0.240	0.140	0.719	0.425	0.202
Ama	0.494	0.051	0.624	0.211	0.274
DBS	0.376	0.163	0.714	0.611	0.299

3. 結果および考察

3.1 バッチ実験 バッチ実験における平衡濃度と活性炭単位重量当りの吸着量からFreundlich吸着等温式を求めた。また、初期濃度と吸着量との関係に書き直した変形式を求めた。

$$Q = K \times C^{1/n} \quad (\text{Freundlich})$$

$$Q = K' \times C_0^{1/n'} \quad (\text{変形式})$$

[Q: 吸着量 (meq/g) C: 平衡濃度 (meq/l)

C₀: 投入量 (meq)]

各供試試料の両式における各係数および投入負荷量0.5meq時での吸着量は表-1に示すとおりであった。この表から明かなように活性炭への吸着性はDBS > Ama > MBなる関係が認められた。

3.2 カラム実験 カラム実験は、初期濃度、通水速度、被吸着物質を変えて行い、実験結果については各項目とも試料の投入負荷量に対する流出濃度の関係、カラム単位 (10g) の吸着量の関係という観点から検討を行った。

図-1はメチレンブルウを試料として通水速度を2ml/min (12BV/hr)、初期濃度0.67、1.38、2.76meq/lとした溶液での吸着実験の結果を示す破過曲線 (図1-a) においては初期濃度が高いほどやや破過点が早まる傾向が認められた。しかしながら、吸着曲線 (図1-b) に関してはほぼ一致する結果となった。

図-2はメチレンブルウを試料として通水速度を1.26、1.90、2.70 ml/min (7.56、11.40、16.20 BV/hr) の3段階での吸着実験を示す。ここでは初期濃度は2.76meq/lとした。通水速度が速いほど破過は早まる傾向が認められたが (図2-a) 速度による吸着量の変化は認められなかった。

カラム実験でのメチレンブルウ、アマランス、DBSの破過点および飽和吸着量は、表-2に示す通りである。飽和吸着量は0.7~0.8meq/g-A.C程度であるが、やや界面活性剤のDBSが染料より大きな値となった。なおこれらはバッチ実験から推定される吸着量に比べ大きい値となった。

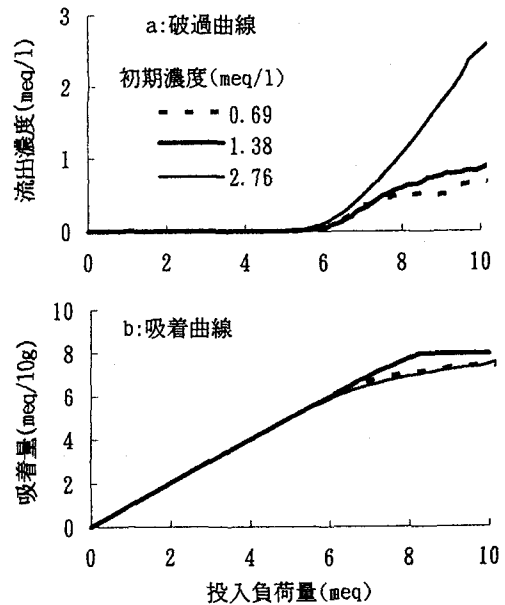


図-1 初期濃度と破過・吸着の関係 (MB)

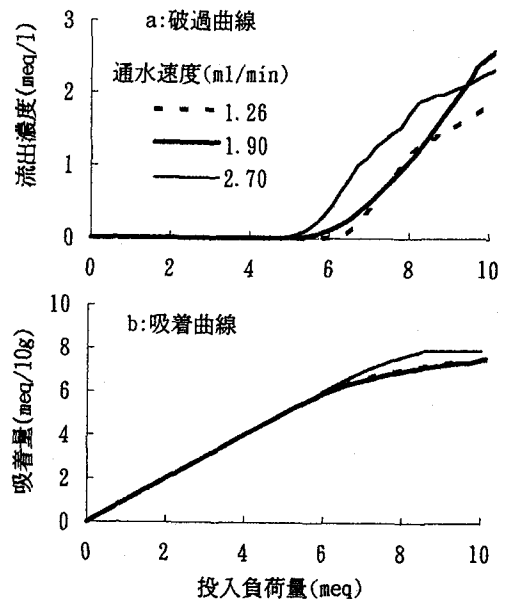


図-2 通水速度と破過・吸着との関係 (MB)

また、破過点吸着量は初期濃度の10%の流出が見られるまでの吸着量としたが、アマランスは他の二成分に比べやや低い値をとった。なおシミュレーションは表-2に示す飽和吸着量を用いて行った。

表-2 カラム実験の結果

	破過点吸着量 (meq/g)	飽和吸着量 (meq/g)
MB	0.67	0.79
Ama	0.16	0.71
DBS	0.48	0.84

図-3はメチレンブルーの初期濃度を $C_0=2.76$ meq/l、通水速度 $u=1.90$ ml/min (11.40 BV/hr) の条件下でのシミュレーション結果である。

図-3に見られるように、メチレンブルーの破過曲線および吸着量の計算値と実験値には若干の差異が認められたが10段の吸着平衡モデルにより破過および吸着の様相がほぼシミュレーションできているものと考えられた。

図-4はDBSの初期濃度を $C_0=2$ meq/l、通水速度 $u=2$ ml/min (12 BV/hr) の条件下でのシミュレーション結果である。破過点は実験値とほぼ一致したが(図4-a)、破過および吸着曲線はメチレンブルーの場合ほど一致しなかった(図4)。

4 まとめ

3種の有機物を用いたパッチおよびカラム実験を行った結果を要約すると、以下の通りである。

- 1) パッチ実験の吸着量は $DBS > Ama > MB$ であった。
- 2) カラム実験の吸着量は $DBS > MB > Ama$ でありパッチより吸着量は大きな値となった。
- 3) カラム実験の結果に対して多段平衡モデルによる解析を試みた。吸着曲線に関しては計算値と実験値がほぼ一致したが、破過曲線には若干の不一致が認められた。

参考文献；1) 中村、風間、坂本；土木学会第48回講演概要集Ⅱ-568 (1993)

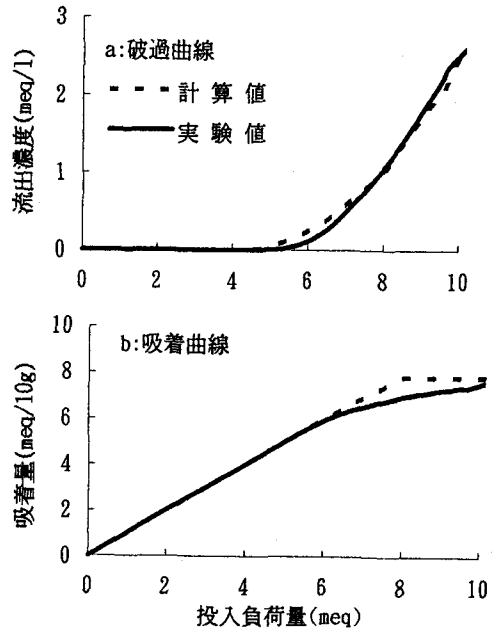


図-3 メチレンブルー吸着実験とそのシミュレーション

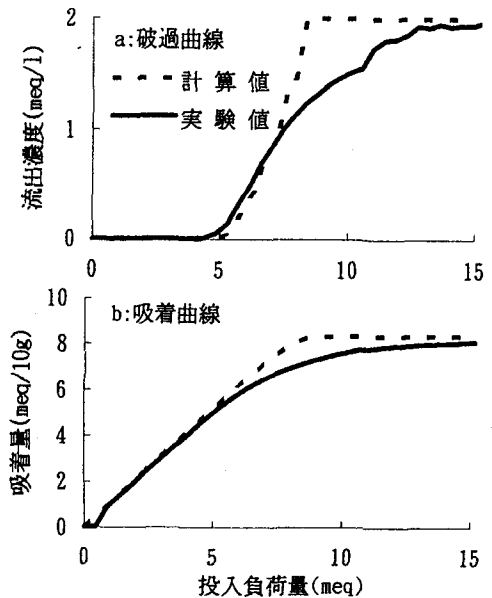


図-4 DBS吸着実験とそのシミュレーション