

フェノール水溶液の粒状活性炭吸着処理 に及ぼす活性炭粒径の影響

岐阜大学工学部 正会員 湯浅 晶 〇正会員 田中 理博

1. 研究の背景と目的

水中の溶解性有機物の除去のための粒状活性炭充填層濾過では、吸着処理効率（活性炭の利用効率）は除去対象有機物群の吸着特性のみならず活性炭の粒径や通水操作法に左右される。実際の水処理用の活性炭は幅広い粒度分布を有しており、最初の活性炭充填時の逆流洗浄（微粉炭除去）やその後の定期的な逆流洗浄（閉塞懸濁質の除去）のため濾層内の活性炭は粒度により成層している。したがって下降流固定層法では流入水は小粒径から大粒径の活性炭へと順次接触していく。一般に活性炭の粒径は吸着速度を支配するので破過曲線の形状にも大きな影響をおよぼす。本研究では、フェノール水溶液の固定層活性炭吸着処理における層内の粒度成層が破過曲線に及ぼす影響について検討することを目的としている。

2. 理論的考察^{1) ~ 5)}

粒内拡散速度が大きくほぼ液境膜拡散律速で吸着が進行する場合には、通水開始後まもなく定形の吸着帯が完成し、ほぼ一定の速度で固定層内を移動していく。破過開始時間（処理水濃度が C_0 となる時間） t_B 、吸着帯の長さ Z_L 、吸着帯の移動速度 U_s はそれぞれつぎのように与えられる。

$$t_B = (Z_L - Z_s/2)/U_s \quad \text{---(1)} \quad Z_s = H_T \cdot N_T \quad \text{---(2)} \quad U_s = (C_0/Q \cdot \rho_s) u \quad \text{---(3)}$$

移動単位数 N_T は吸着等温線のみに依存し、活性炭の粒径に影響されない。移動単位高さ H_T は一般に粒径 d_p の $3/2 \sim 5/3$ 乗に比例する。したがって粒径が小さいほど吸着帯の長さは短く、破過開始時間が遅くなり、破過曲線は鋭く立ち上がった形状となる。

大小2種類の粒径の活性炭を混合して充填した固定層（下降流）について平均粒径を仮定して計算した吸着帯の長さや破過曲線の位置は、大小の粒子それぞれ単独の場合の中間となる。しかし大小2種類の活性炭が成層していると固定層の上層（小粒径の活性炭層）では短い吸着帯が完成するが、時間の経過につれて下層（大粒径の活性炭層）へと移動していく途中で長さが変化し下層の大粒径に見合った長い吸着帯となり、結局は破過曲線が下層の大粒径の活性炭に支配されることが予見される。

幅広い粒径分布を有する活性炭が成層している固定層（下降流）の場合には吸着帯が定形とはならず、時間の経過につれて吸着帯が段々と長くなりながら下層へと移動していき、破過曲線はやはり下層の大粒径の活性炭に支配されることが予見される。

3. フェノール水溶液の固定層吸着実験

破過曲線が層の出口側の活性炭の粒径に支配されることを検証するために、表1に示す条件でフェノール水溶液の固定層吸着実験を行った。活性炭はFiltrosorb-400（米国Calgon社）を使用した。流入水のフェノール濃度は100mg/Lである。Run1とRun2は大小2種類の活性炭をそれぞれ単独で充填した。Run3では、大小2種類の活性炭を等量ずつ完全に混合して充填した。またRun4では、大小2種類の活性炭を等量ずつ成層充填した。いずれも下降流で通水した。Run 5, 6では表2に示す粒径分布を有する活性炭を充填し、それぞれ下降流と上昇流による比較実験をおこなった。なおRun 6では活性炭層の上端を金網で固定した。

4. 実験結果と考察

図1にRun1, 2, 3の破過曲線を比較して示す。大粒径の活性炭(Run1)に比べて小粒径の活性炭(Run2)の方が破過開始時間が遅く、破過曲線は鋭く立ち上がった形状となる。また大粒径と小粒径の活性炭の等量・完全混合の場合(Run3)には、これらの中間の破過曲線となることが示される。図2はRun1とRun4の破過曲線を比較したものである。大小2種類の活性炭の等量・成層充填の場合(Run4)の破過曲線は大粒径の活性炭の場合

(Run1)とほぼ重なっており、破過曲線が下層の大粒径の活性炭に支配されることが明らかである。

幅広い粒径分布を有する活性炭固定層によるRun 5 とRun 6 の結果を図3に示す。破過曲線は層の出口側の活性炭の粒径に支配され、出口側の粒径が大きい下降流 (Run 5)よりも出口側の粒径が小さい上昇流 (Run 6)のほうが破過の開始時間がおそく活性炭利用効率が高くなることが明らかである。

引用文献

- 1) W. J. Weber, Jr., Physicochemical Processes for Water Quality Control, 242 Wiley-Interscience (1972)
- 2) 橋本健治, 水処理技術, 13, 2, 37 (1972)
- 3) T. K. Sherwood et. al., Mass Transfer, 241, McGraw-Hill (1975)
- 4) J. J. Carbery, A.I.Ch.E. Journal, 6, 3, 460 (1960)
- 5) E. J. Wilson & C. J. Geankoplis, Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, 5, 1, 9 (1966)

表1 固定層吸着実験条件

	活性炭量・粒径・ 充填条件	層高	空塔流速・ 流向
Run 1	大粒径 250g	82.0 cm	10 cm/min 下降流
Run 2	小粒径 250g	99.7 cm	
Run 3	大粒径 125g 小粒径 125g (混合)	89.5 cm	
Run 4	大粒径 125g 小粒径 125g (成層)	91.4 cm	
Run 5	Original 240g (成層)	80.0 cm	30 cm/min 下降流
Run 6	Original 240g (成層)	80.0 cm	30 cm/min 上昇流

大粒径 : $d_p = 1.19 \sim 1.41 \text{ mm}$
 小粒径 : $d_p = 0.59 \sim 0.71 \text{ mm}$
 Original : $d_p = 0.42 \sim 1.68 \text{ mm}$ 表2参照
 カラム内径 : 3.1 cm

表2 活性炭の粒径分布

粒径 (mm)	重量%
0.42 ~ 0.50	3
0.50 ~ 0.59	4
0.59 ~ 0.71	12
0.71 ~ 0.84	12
0.84 ~ 1.00	19
1.00 ~ 1.19	19
1.19 ~ 1.41	24
1.41 ~ 1.68	7

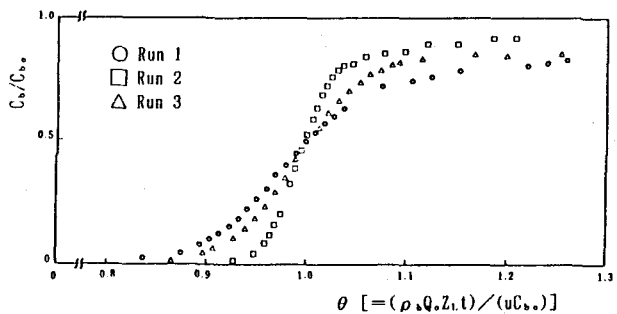


図1 破過曲線の比較 (Run 1, 2, 3)

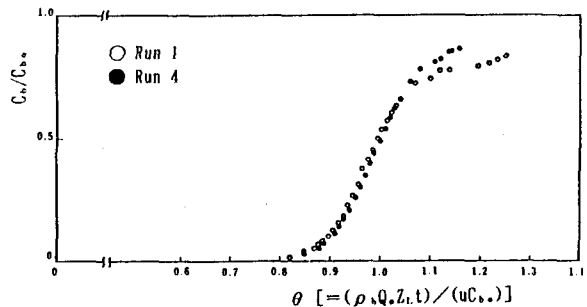


図2 破過曲線の比較 (Run 1 & Run 4)

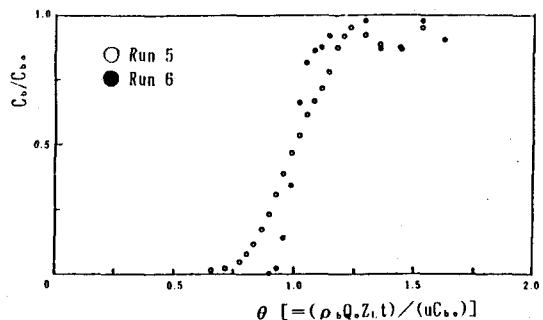


図3 破過曲線の比較 (Run 5 & Run 6)