

粒径分布をもつ活性炭を用いた固定層吸着と流動層吸着の効率比較実験

岐阜大学工学部 正会員 湯浅 晶
岐阜大学大学院 学生員 石田 宏
岐阜大学大学院 学生員 ○ 渡辺 素充

1. はじめに

連続吸着プロセスの設計にあたっては、固定層法と流動層法のいずれかを選択しなければならないが、これを決定する因子として有機物の除去効率あるいは活性炭の利用効率が挙げられる。すでに各処理法の効率比較が均一粒径の活性炭を用いて行なわれており、流動層法では充填塔内で活性炭の完全混合が生じることが原因となり、固定層法に比較して処理効率が著しく低下することが示されている。しかし、実際の処理に用いられる活性炭は、決して一定の粒径にそろえられたものではなく、幅広い範囲の粒径分布を有している。本研究では、実際のプロセスに使用されるような粒径分布を有する活性炭を用いることが処理効率に与える影響について、実験に基づき検討した。

2. 実験概要

実験は下降流方式の固定層吸着(RUN1)と流動層吸着(RUN2)、更に上昇流方式ではあるが活性炭を機械的に固定した上昇流方式の固定層吸着(RUN3)の3種類について行った(図4)。各々の操作条件を表1に示す。使用した活性炭は米国CALGON社製Filtrisorb 400で、表2の様な粒径分布を有する。この活性炭充填時には十分逆洗を行った。被吸着質は吸着速度が比較的大きいとされるフェノール(濃度100mg/l)を用いた。流速は流動層における流動状態(図1)を調べ、また予備実験より各々の実験において極端な過負荷状態でないことを確認した上で決定した。活性炭の平衡吸着量を知るために前もって吸着等温線を求め(図2)、またこの吸着等温線より、活性炭粒子の完全混合を仮定した流動層の限界破過曲線を次式を用いて求めた。

$$\frac{df(C)}{d\tau} = C_0 - C$$

$f(C)$: 吸着等温式
 τ : 単位活性炭重量あたりの通水量
 C_0 : 流入濃度
 C : 流動層出口濃度

限界破過曲線とは、処理効率を最大とするような理想的な条件のもとで操作した場合の破過曲線である。均一粒径の活性炭を用いた場合にみられる完全混合状態が生じる流動層では、この破過曲線が決まる処理効率よりも高い処理効率を得ることはできない。

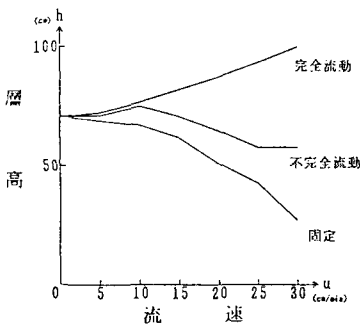


図1 流動層における流動状態

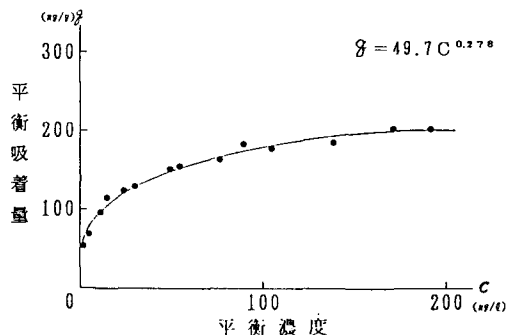


図2 吸着等温線

表1 操作条件

No.	RUN 1	RUN 2	RUN 3
層 種 別	固定層 下降流	流動層	固定層 上昇流
被吸着質	フェノール		
原水濃度 (mg/l)	100		
通水速度 (cm/min)	30		
活性炭の乾燥重量(g)	240		
実験層高 (cm)	80	100	80
膨 張 率	1.00	1.25	1.00

表2 粒径分布

粒径分布(μ m)	乾燥重量(%)
1.68 ~ 1.41	7
1.41 ~ 1.19	24
1.19 ~ 1.00	19
1.00 ~ 0.84	19
0.84 ~ 0.71	12
0.71 ~ 0.59	12
0.59 ~ 0.50	4
0.50 ~ 0.42	3

3. 実験結果と考察

図3-1に粒径分布を有する活性炭を用いた連続吸着処理の破過曲線を示す。横軸に単位活性炭重量あたりの通水量 τ ($l/AC-g$)、縦軸は流入濃度に対する流出濃度の割合を示している。図3-2では、各実験(破過濃度 $C/C_0=0.1$ とした場合)の処理効率を示す。

【固定層下降流と上昇流の比較】 下降流に比べて上昇流は破過が遅く傾きが急な破過曲線を示すため処理効率が良い。この原因は吸着カラム上部には粒径の小さな活性炭が、下部には粒径の大きな活性炭が滞積することによって考えられる。吸着速度は粒径が小さいほど大きくなること、また破過曲線の形状はカラム出口側における活性炭吸着速度の影響を強く受けることから、下降流ではカラム出口側の吸着速度が小さい活性炭の影響を受けて破過が早く生じ、上昇流では吸着速度が大きい活性炭の影響を受けるため破過が遅くなったと考えられる。

【流動層法と固定層法との比較】 流動層法は、固定層上昇流に活性炭粒子の流動化の影響が加ったものであり、その処理効率は固定層上昇流よりも低下する。しかし活性炭粒子の完全混合を仮定した流動層の限界破過曲線と比較すれば、流動化の影響による処理効率の低下は小さいといえる。これは粒径分布を有する活性炭を用いた場合、活性炭粒子の混合状態が上部では小粒径の活性炭、下部では大粒径の活性炭が混合する様な多区間混合(図4)となることによるものと考えられる。これら、カラム出口側の活性炭吸着速度が大きいこと、流動化状態が多区間混合となることの2点の影響を受け、流動層でも比較的高い処理効率を得ることができ、本実験の条件では一般的な下降流方式の固定層よりも高い処理効率となった。

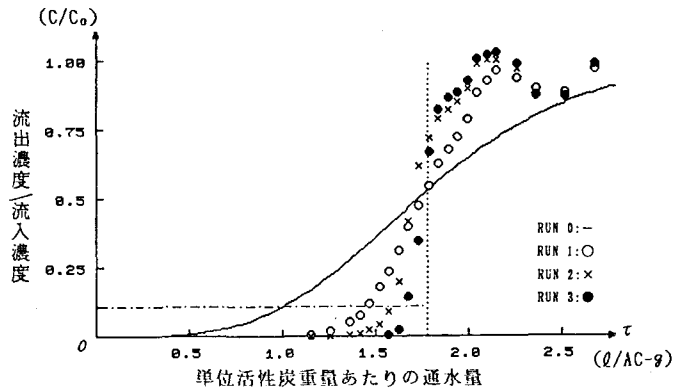


図3-1 連続吸着処理の破過曲線

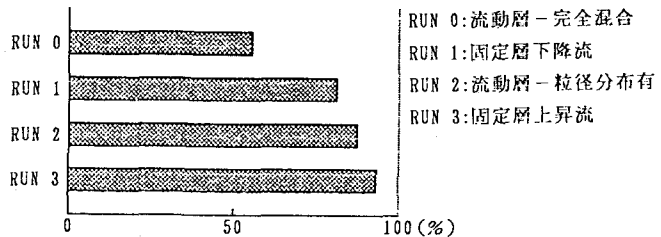


図3-2 処理効率

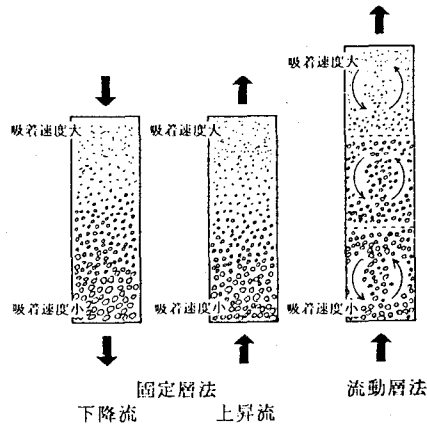


図4 概念図

4. あとがき

粒径分布を有する活性炭を用いた場合、流動層法の処理効率が均一粒径のものに比べて著しく改善され、固定層法との効率の差が縮まることを示した。さらに、操作条件によっては逆転する可能性もあることを示した。今後は、粒径分布を種々に変えることにより得られる破過曲線、処理効率について、比較・検討する必要がある。

参考文献 1) 湯浅・丹保:水協誌No.583 2) 湯浅・丹保:水協誌No.585 3) 湯浅・新野・丹保:水協誌No.586