

三井共同建設コンサルタント 正員・高橋 雅洋
 東北大学 工学部 正員 佐藤 敦久

1 緒言

流動層処理方式は固定層処理方式と比べて処理水質の安定性、低コストなどの利点をもつといわれ、水処理の分野では期待される新しい処理方式であるが、吸着機構などについては十分な評価がなされていないのが現状である。そこで本研究は、流動層方式による活性炭吸着処理の評価を目的として実験を行なったものである。

2. 流動層の混合特性に関する実験

実験装置の概略を図1に示す。濾過塔は内径12cm、長さ150cmであり、整流部はガラスビーズ(平均径2mm)を10cm充填し、その上下面に金属多孔板(開口比0.42、孔径2mm)を入れたものを用いた。センサーは外径1cmの管に白金を取り付けたもので、濾過塔断面の中央に設置した。トレーサーはNaCl溶液を用い、瞬間的に注入し、電気伝導度の変化を測定した。ここでは時間濃度曲線に対する塩素イオン吸着の影響が一様であると仮定し、次式で示すGilliland法によって混合拡散係数を求めた。

$$\ln \frac{C}{C_0} = -\frac{U}{D} \cdot X + \text{const.}$$

ここで、 C : 濃度(%) C_0 : 原水濃度(%) U : 層内流速(=通水速度/平均空隙率)(cm/sec) D : 混合拡散係数(cm²/sec) X : 管軸方向距離(cm)

活性炭は平均径(Dp) 0.083cmの球状炭を用いた。また実験条件は、活性炭静止層高10cm、20cm、40cmについて、膨張倍率1.5、2.0、2.5、3.0倍で行なった。

次に実験結果を述べる。図-2によれば、混合拡散係数は層内流速の増加に伴ないS字型の増加傾向を示している。

また静止層高20cmのときがいちばん拡散がよいといえる。

図-3によれば、ベクレ数(Dp%)の差は静止層高10cmのときがいちばん大きく、静止層高20cmのときがいちばん小さく、また混合状態がいちばんよいといえる。また膨張倍率2.5倍のとき、いちばん混合状態がよい。これは層内流速1.7~2.5cm/sec、すなわち平均空隙率75~80%程度の人に相当する。図-4によれば、時間濃度曲線は立ち上がり早く、時間経過に伴い徐々に減少している。すなわち流れと逆方向の大きな混合が起っていると考えられる。

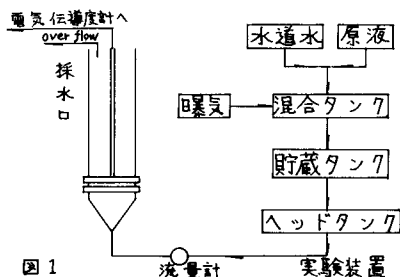


図1

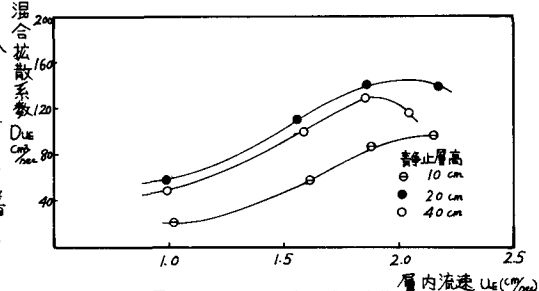


図2

層内流速と混合拡散係数

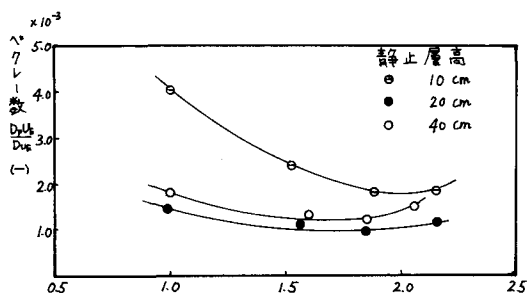


図3

層内流速とベクレ数

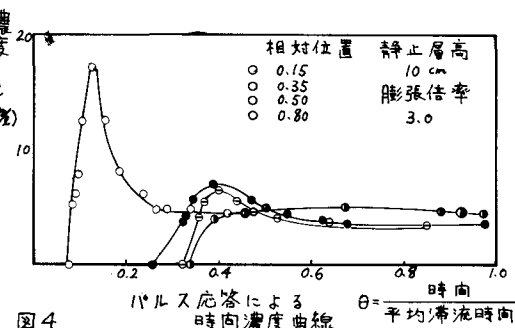


図4

パルス応答による時間濃度曲線 $\theta = \frac{\text{時間}}{\text{平均滞留時間}}$

3. 流動層処理方式による吸着処理実験

実験装置は 図-1 に示すものを用い、実験は曝気によって残留塩素を除去した水道水とメチレンブルー原液を混合させたものと原水として連続通水し、吸着が定常状態に達するまで行なった。分析は分光光度計によった。実験条件は表-1 に示す通りである。

静止層高	原水濃度	膨張倍率
10 cm	20 mg/l	2.25.3
20 cm	60.110 mg/l	2.25.3
40 cm	110 mg/l	2.25

表1. 実験条件

次に実験結果を述べる。図-5 によれば、濃度分布曲線は層高の低い部分で急激な減少傾向を示す。また固定層吸着の場合のように時間経過に伴ない曲線形が右に凸になることなく、常に左に凸の曲線形を示している。すなわち本実験のように静止層高の小さい流動層吸着の場合は、活性炭粒子の上下方向の混合が十分行なわれており、常に流入口付近の濃度の高い、吸着の起こりやすい部分で大部分の吸着が行なわれていると考えられる。また定常状態に達するまでの時間は、原水濃度によっても異なるが、6~12 時間程度である。

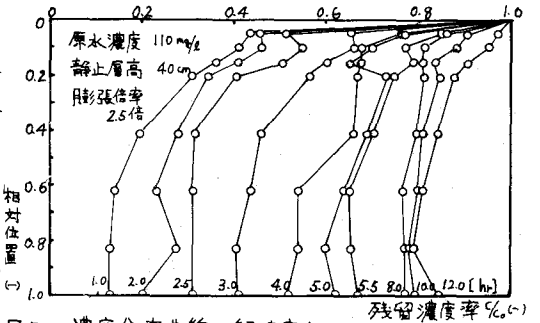


図5 濃度分布曲線の経時変化

図-6 によれば、初期時（実験開始から一時間）の吸着量は静止層高10cm、20cmとも膨張倍率2.5倍のとき最大となる。これは図-3の結果と考えると、初期時吸着では混合状態を高める操作が比較的有効に働いているのではないかと考えられる。ただし20cm、原水濃度110mg/l、2倍の場合は2.5倍、3倍に比べて初期時における濃度が高かったため吸着量が大きくなったものと思われる。

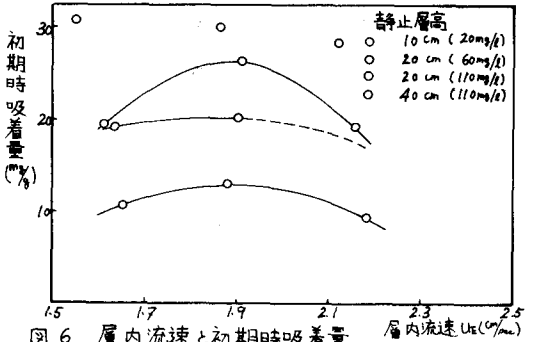


図6 層内流速と初期時吸着量

図-7によれば、定常状態までの吸着量は、初期時と異なり、層内流速が増加するにつれて、減少傾向を示している。これはメチレンブルーのような高分子化合物の吸着では吸着速度が遅いので層内流速が大きくなるにつれて減出が起こるのではないかと考えられ、混合状態を高める操作は負の影響要因であると思われる。原水濃度による影響としては、静止層高20cm、原水濃度60mg/lと110mg/lの場合と比較すると、110mg/lの場合のほうが定常状態までの吸着量が小さい。しかしこの差は層内流速の増加に伴ないだいに小さくなることからわかる。

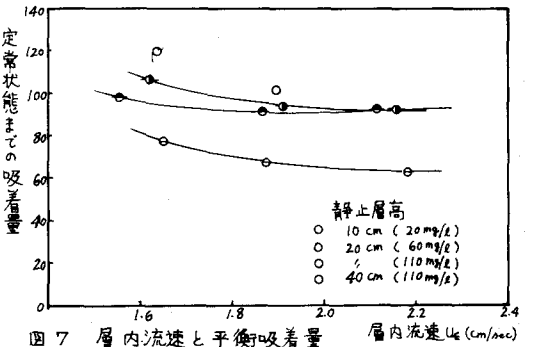


図7 層内流速と平衡吸着量

4. 結論

流動層の混合は逆混合が主であり、混合拡散係数は20~160 cm²/sec程度であった。また層内の平均空肉率55~80%のとき、最も流体の混合状態がよいと思われる。また流動層方式による吸着では、流入口付近で大きな吸着が起こり、吸着帯が存在しないと思われる。

【参考文献】

- (1) E.R.Gilliland; 「Gas and Solid Mixing in Fluidized Bed」 Ind. Eng. Chem. vol.41 (1949)
- (2) 下山修三; 「固液系および固液系反応」 化学工学, vol.29, No.11 (1965)
- (3) 熱田誠一他; 「石油系粒状微粒炭による流動床処理実験」 水道協会雑誌 第489号