

東北大学工学部 正員 佐藤敦久
名古屋市役所 正員 〇和田康三

1. はじめに

現在の下水処理法の主なものは活性汚泥処理であるがこれでは都市下水の河川に与えるBOD負荷は大きく突状にあわなくなりはじめている。そこでBOD除去に効果のある活性炭に着目しその吸着の特徴を知り、汚床の設計のための総括物質移動係数 K_F を求めることを目的とした。

2. 実験理論

物質移動を考える時、化学工学では次の式が使われる。

$$\frac{\partial g}{\partial t} = K_F a_F (C - C^*)$$

ここで g は単位重量当りの被吸着物質重量、 a_F は比表面積(cm^2/g)、 C は被吸着物質濃度、 C^* は g の時の吸着平衡濃度で $g = HC^*$ 、 H はHenry定数である。また今回の実験はバッチ式で行なったので連続の方程式は次のようになる。

$$m \frac{\partial g}{\partial t} = -V \frac{\partial C}{\partial t}$$

この3式より g 、 C^* を消去すると

$$\frac{\partial^2 C}{\partial t^2} + K_F a_F \left(\frac{m}{V} + \frac{1}{H} \right) \frac{\partial C}{\partial t} = 0$$

となる。この微分方程式を $t=0$ で $C=C_0$ 、 $t=\infty$ で $C=C_e$ の境界条件で解くと

$$C = C_e + (C_0 - C_e) \exp \left\{ -K_F a_F \left(\frac{m}{V} + \frac{1}{H} \right) t \right\}$$

となる。

3. 実験方法

総括物質移動係数 K_F の性質を知るために単一物質溶液としてフェノールを溶かしたものを使用し、下水としては船岡屎尿処理場の活性汚泥処理水を用いた。試料1 l をビーカーにとりジューテスタで100rpmの速度で搅拌している中に12時間以上10mlの蒸留水にひたしておいた活性炭を適量加え、設定時間ごとに10mlを採水した。固液分離は0.45 μ mメンブランフィルターを用い、20秒以内に終るようにつとめた。平衡曲線はFreundlich式にのるものとし実験により求めた。フェノールの分析は270m μ に特有の吸光があることを利用して直接比色で行なった。下水の分析はTOCを用いた。

4. 実験結果及び考察

吸着速度式を変形すると

$$2.303 \log \frac{C - C_e}{C_0 - C_e} = -K_F a_F \left(\frac{m}{V} + \frac{1}{H} \right) t$$

となり横軸に時間 t 、縦軸に $2.303 \log \frac{C - C_e}{C_0 - C_e}$ をとると直線になることがわかる。

そこで片対数グラフに実験結果を図示したものが図1～図5である。

図1を見ると粒状活性炭の粒径が大きくなるにしたがい傾斜が緩くなっている。理論式に従って K_F を求めると表1のようになり K_F の値は粒径に関係なくほぼ一定となっており理論式がなり立っていることがわかる。

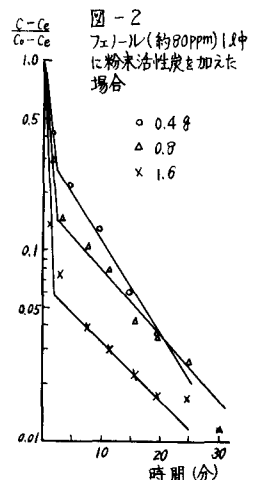
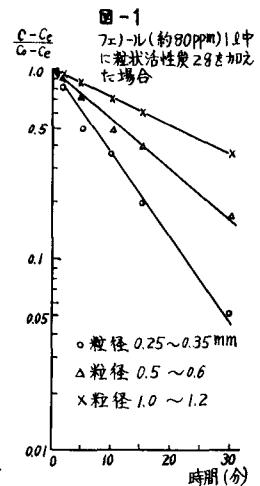


表1

粒径	平均径	比表面積	傾斜	$m/V + 1/H$	$K_F a_F$	K_F
0.25 ~ 0.35	0.30	112	0.106	2.06×10^{-3}	51.7	0.462
0.50 ~ 0.60	0.55	61.3	0.0605	"	29.3	0.478
1.0 ~ 1.2	1.1	30.6	0.0318	"	15.5	0.507

しかし30分あたりから測定値は上の方にづれてくる。これは粒子表面の境界膜が律速段階であったのに対し30分ごろから次第に粒内拡散律速になったためと思われる。次に粉末活性炭を重量を変えて入れた場合を図2に示す。これを見ると吸着が2段になって行なわれていることがわかる。*1段の $K_F a_F$ を求めてみると表2のようになる。

表2

活性炭量	傾斜	m/V	$1/H$	$m/V + 1/H$	$K_F a_F$
0.4g	0.445	0.4×10^{-3}	0.0637×10^{-3}	0.464×10^{-3}	0.960×10^3
0.8	0.605	0.8	0.0572	0.857	0.706
1.6	0.998	1.6	0.0488	1.60	0.625

これから $K_F a_F$ はほぼ同じ値と考えてよいであろう。ここまでは理論式に一致することがわかった。ところが*2段の吸着となると重量が大きくなるにしたがって傾斜が小さくなる傾向があり、理論式に矛盾する。そこで0.25~0.35粒状活性炭の添加重量を変化させた場合と初期濃度を变化させた場合の実験を行なった。この結果を図3、図4に示す。これから K_F を計算してみると表3のようになり K_F は添加重量が多くなるにいたがい減少する傾向があることがわかった。

表3

1L当りの活性炭重量(g)	傾斜	$m/V + 1/H$	$K_F a_F$	a_F	K_F
0.4	0.0469	0.464×10^{-3}	101	112	0.902
0.8	0.0552	0.857	64.4	"	0.574
2.0	0.106	2.05	51.7	"	0.462

また初期濃度を変えた場合の K_F の計算結果を表4にのせる。これを見ると初期濃度が小さくなると K_F が小さくなることがわかる。

表4

フェノール濃度 (ppm)	傾斜	$m/V + 1/H$	$K_F a_F$	a_F	K_F
74.7	0.0469	0.464×10^{-3}	101	112	0.902
17.0	0.0297	0.450	66.1	"	0.589

以上の結果の相乗効果のために粉末活性炭の*2段階の吸着が吸着速度式に矛盾するようになったのであろう。このことから K_F は定数ではなく少なくとも初期濃度と活性炭添加重量の関数と考えられる。

次に下水に粒状活性炭を添加した場合の結果を図5に示す。これを見ると20分程度まではよく直線になっているがその後ひどく測定データがばらついている。この原因と考えられるのは下水は複合溶液で互いに干渉すること、一度吸着された物質が他のより吸着されやすい物質と入れかわりがおきるため20分以後のデータがばらつくものと考えられる。 K_F の計算結果を表5に示す。

表5

活性炭粒径	傾斜	$m/V + 1/H$	$K_F a_F$	a_F	K_F
0.25 ~ 0.35	0.0163	2.23×10^{-3}	7.33	112	0.0654
0.5 ~ 0.6	0.00794	"	3.56	61.3	0.0581
1.0 ~ 1.2	0.0132	"	5.92	30.6	0.194

K_F の値が1.0~1.2の粒径のものでかなり大きな値を示しているが他の2つではほぼ等しい値となっている。このことから初期において理論式が下水についてもある程度成り立つことがわかった。

5. おわりに

理論的に求めた物質移動式が初期において、フェノール、原水共に成り立っていることがわかった。しかし総括物質移動係数 K_F は初期濃度、活性炭重量の影響を受けるのでさらに実験を重ねなければ実際の活性炭汚床を設計するためには使えない。実験の方向がわかったことが収穫である。

