

ミニカラム法による水中フミン酸の吸着試験

岐阜大学工学部 学生員 ○ 菅沼 優巳
 岐阜大学工学部 正 員 湯浅 晶
 岐阜大学工学部 正 員 東海 明宏

1) はじめに

水道原水中に存在するフミン酸などの腐植物質はトリハロメタン (THM) などの有機塩素化合物の前駆物質であることから、活性炭吸着処理における主要な除去対象物であり、フミン酸の破過特性により粒状活性炭の寿命が大きく左右される。一般に固定層吸着破過曲線は、流入濃度、活性炭粒径、粒内拡散係数、固定層内滞留時間などの多くの要因に支配される。本研究ではミニカラム法による吸着試験により、フミン酸の破過曲線に及ぼす空塔滞留時間の影響について検討した。

2) 吸着モデル

固定層吸着プロセスを解析するための基本式は、押し出し流れモデルと粒内表面拡散律速モデルを与えると以下のように与えられる。

$$u \cdot \frac{\partial C}{\partial z} + \rho_b \cdot \frac{\partial q}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{3D_s}{r_p} \left[\frac{\partial q_r}{\partial r} \right]_{r=r_p} \quad (2)$$

$$\frac{\partial q_r}{\partial t} = \frac{D_s}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 \cdot \frac{\partial q_r}{\partial r} \right] \quad (3)$$

ここで、以下のような無次元化をはかると、

$$R=r/r_p \quad (4) \quad q_R=q_r/q_0 \quad (5)$$

$$\bar{C}=C/C_0 \quad (6) \quad \bar{q}=q/q_0 \quad (7)$$

$$\bar{q}_R=q_R/q_0 \quad (8) \quad \xi=z/L \quad (9)$$

$$\theta=t/T=\rho_w \cdot Q_u \cdot t/M_a \quad (10)$$

式(1)~(3)は、次の式(11)~(13)となる。

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \xi} + N_1 \frac{\partial \bar{q}}{\partial \theta} = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial \theta} = 3 \cdot N_2 \cdot \left[\frac{\partial \bar{q}_R}{\partial R} \right]_{R=1} \quad (12)$$

$$\frac{\partial \bar{q}_R}{\partial \theta} = \frac{N_2}{R^2} \cdot \frac{\partial}{\partial R} \left[R^2 \cdot \frac{\partial \bar{q}_R}{\partial R} \right] \quad (13)$$

ただし、

$$N_1 = \frac{q_a}{C_0/\rho_w} \quad (14)$$

$$N_2 = \frac{D_s \cdot T}{r_p^2} \quad (15)$$

$$T = \frac{\rho_b \cdot L}{\rho_w \cdot u} = \frac{M_a}{\rho_w \cdot Q_u} \quad (16)$$

C:濃度 (g/cm³), q:吸着量 (g/g), u:空塔流速 (cm/s), ρ_b :活性炭充填密度 (g/cm³), z:層深 (cm), t:時間 (s), D_s :粒内表面拡散係数 (cm²/s), r_p :活性炭粒子半径 (cm), q_r :粒内吸着量 (g/g), L:カラム長 (cm), C_0 :流入濃度 (g/cm³), q_0 : C_0 に平衡な吸着量 (g/g), M_a :活性炭充填量 (g), Q_u :流量 (cm³/s), ρ_w :流体の密度 (g/cm³),

無次元化時間 θ (処理水量/活性炭量比) に対する破過曲線は、式(11)~(13)に示されるように、吸着平衡分配パラメータ N_1 と吸着速度パラメータ N_2 に支配される。 N_1 が一定の条件下で活性炭粒径 r_p が一定であれば、破過曲線は式(16)の反応時間パラメータ T に支配され、さらに ρ_b が一定の場合は空塔滞留時間 L/u に支配される。

3) ミニカラム試験

粒状活性炭F400 (Calgon社) を粉碎して、0.074~0.149mm (代表径0.11mm) にふるい分けた活性炭を、テフロン製ミニカラム (内径0.6~0.8cm, 長さ3.53~19.92cm) に充填し、一昼夜蒸留水を通水して完全に湿潤させた後に50mg/Lのフミン酸 (Aldrich Chemical社) 水溶液を通水した。ただしフミン酸原水はKH₂PO₄とNa₂PO₄を各々0.01M添加してpH7.1前後に調整し、0.2 μ mメンブランフィルターでろ過してから用いた。表1に示すように $L/u=0.87\sim9.62$ min の条件で実験を行った。この条件は、実規

模の粒状活性炭（粒径約1mm）では L/u
 $=100\sim1000\text{min}$ といったかなり大規模な吸
 着処理装置の通水試験に相当する。

図1に紫外部吸光度 E_{260} （波長260nm,
 1cmセル）による破過曲線を示す。破過曲
 線は空塔滞留時間 L/u に大きく左右され
 ることが明かである。色度及びTOCによ
 る破過曲線も同様に L/u に大きく左右さ
 れた。 E_{260} の流出率 C/C_0 が0.1, 0.2
 , 0.3, 0.4, 0.5に達するまでの破過時間 θ
 と空塔滞留時間 L/u の関係を図2に示す。
 一般に単成分系カラム吸着では、 L/u の
 値が増加するに連れて無次元化破過時間 θ
 はほぼ一定値に漸近する。しかしながら吸
 着性の異なる様々な成分の混合物であるフ
 ミン酸の場合には、図2に見られるように
 かなり長い空塔滞留時間 L/u で運転を行
 っても、破過時間 θ は一定値とはならず、
 活性炭の寿命は L/u に大きく左右される
 ことが明かである。

4) おわりに

ミニカラム法試験によりフミン酸の固定
 層吸着における粒状活性炭の寿命に及ぼす
 空塔滞留時間の影響を明らかにした。

このミニカラムは実規模の装置では数カ
 月を要する吸着試験を短縮するのにきわめ
 て有効であり、様々な種類の原水の吸着試
 験に適用しうると考えられる。

参考文献

1) J. C. Crittenden; T. E. S. T. Environ.
 Sci. Technol., Vol. 19, No. 11 (1985)

2) 湯浅他; 水道協会雑誌

Vol. 52, No. 7 (1983)

表 - (1)

固定層滞留時間 (min)	0.87	1.91	2.91	4.47	9.62
活性炭量 (乾燥) (g)	0.482	1.013	1.55	2.547	5.067
活性炭層高 (cm)	3.53	7.06	10.59	9.96	19.92
カラム内径 (cm)	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8
流量 (ml/min)	1.15	1.05	1.03	1.12	1.04

フミン酸50mg/L水溶液における破過曲線

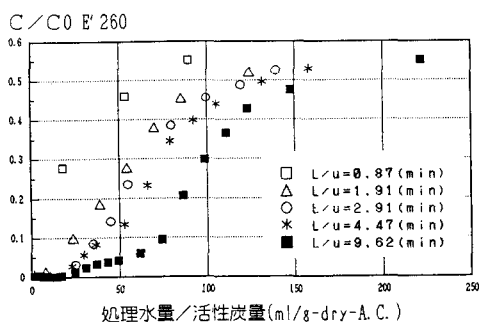


図 - (1)

E'_{260} の固定層滞留時間と $\theta \cdot t_{1/1}$ との関係

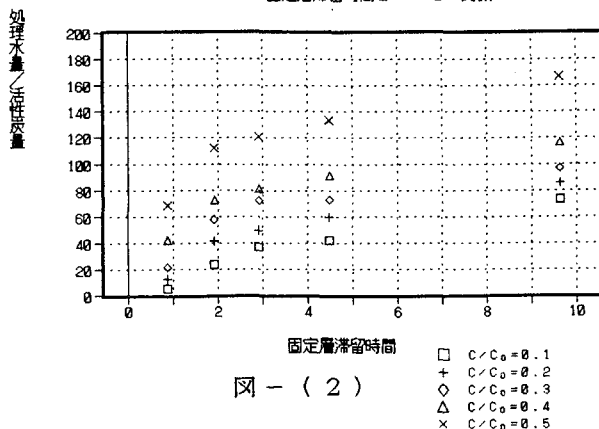


図 - (2)