

用・廃水中有機物の固定層活性炭吸着特性に関する研究

岐阜大学工学部 ○学生員 山下 将広
 岐阜大学流環研 正会員 湯浅 晶
 岐阜大学工学部 正会員 松井 佳彦
 岐阜大学大学院 学生員 李 富生
 岐阜大学大学院 学生員 渡辺 智洋

1. まえがき

用廃水中の有機物は、物理・化学的性質が異なる様々な有機成分から構成されている。活性炭によるこのような有機物の吸着性を検討する場合には、厳密には吸着性の異なる多成分群として扱う必要がある。本研究では、水中の全有機物を吸着強度により5つの仮想成分に分割するモデル¹⁾と液境膜・細孔内表面拡散モデルに基づき、活性炭固定層における有機物全体の流出挙動を検討すると共に、吸着処理前後の試料水中の有機物を分子量により分画し、それぞれの分画分の流出挙動を検討した。

2. 実験と解析

(1) 実験

固定層吸着実験は、RSSCT (Rapid Small Scale column Test) 法に基づいたミニカラム(直径 4mm, 長さ 10mm)を用いて 20℃に調節した恒温室で行った。原水は、北海道空知郡北村の泥炭池水および岐阜県各務原市のし尿処理場の生物処理水およびその凝集処理水を用いた。析出しやすい成分を除去するために、原水を pH 5.5 に調整した後 0.2 μm のフィルターでろ過し、そのろ液を pH7.0 に再調整した。実験直前に、各種の原水を所定の濃度に蒸留水で希釈し、その希釈水の pH と電気導率を調整してから実験に供した。活性炭は、カルゴン社の F400 を 75~150 μm に粉碎したものを使用した。水質指標は、波長 260nm, 390nm における紫外外部吸光度 ($E_{260}(1/cm)$, $E_{390}(1/cm)$) を用いた。吸着処理前後の試料水中有機物の分子量分布は、高速液体クロマトグラフ (日立カラム GL-W520-X) によって測定した。

(2) 解析

有機物全体の流出挙動の数値解析については、押し出し流れ・液境膜・細孔内表面拡散モデル(PFHSDM)に基づき、各仮想成分 ($i=1\sim5$) の物質収支式と表面拡散式の連立式から計算を行った。ただし、各仮想成分の平衡吸着容量特性は、理想吸着溶液理論に基づく IAST-Freundlich 式によって表すことにした。ここで、単成分系溶液の場合における各成分の吸着定数($K_i, 1/n$)および、その存在割合(C_{i0}/C_{T0})は有機物の吸着強度による分割方法²⁾によって求められた。

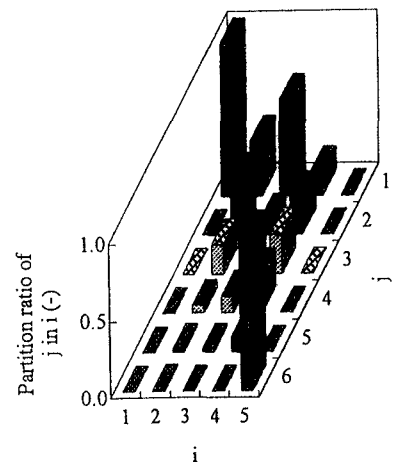
その結果を表1に示す。吸着速度特性においては、液境膜拡散係数 k_f は成分ごとに、Sherwood 数 (Sh), schmidt 数 (Sc), Reynolds 数 (Re) の関数として Wilson-Geankoplis の相関式から求めた。ただし、各仮想成分の分子量は吸着強度(K)と分子量の相関式³⁾から求めた。また、各成分の表面拡散係数 D_{si} は、他の成分の影響を受けないという仮定に基づき、全成分の破過曲線の計算結果と実験結果の比較から探索した。

また、各分子量分画有機物の流出挙動の解析については、その平衡吸着特性を検討した場合と同様に、各分画有機物は吸着特性が異なるいくつかの仮想成分から構成されている考え⁴⁾に基づき、前者の流出挙動を再現した。図1は、平衡吸着特性から求められた、仮想成分数を5にした場合における各仮想成分 (i) に対する各分画有機物 (j) の分配率を示している。

表-1 各成分の吸着定数および存在割合

吸着成分 No.	K_i (l/cm ³)/(g/l)	C_{i0}/C_{T0} (-)	K_f (cm/s)	D_{si} (cm ² /s)	
				$C_{T0}=0.0779$	$C_{T0}=0.3057$
1	1.3209	0.0269	0.0040	5.97E-12	1.61E-11
2	2.3942	0.2334	0.0043	1.58E-11	4.28E-11
3	4.3395	0.4794	0.0049	1.48E-11	3.99E-11
4	7.8654	0.2334	0.0063	4.82E-12	1.3E-11
5	14.256	0.0269	0.0099	5.53E-13	1.5E-12

$$1/n = 0.27267 \quad D_{si} = a \frac{C_{i0}}{K_i C_{i0}^{1/n}} \quad (a = 7.0^{\circ}\text{E}-10)$$

図-1 仮想成分 (i) に対する各分画有機物 (j) の分配率

3. 結果と考察

図2は、泥炭地水の場合の有機物全体の流出パターンを示している。計算結果については、初期濃度 $E_{260}=0.0779$ の場合はベストフィティングの結果、初期濃度 $E_{260}=0.3057$ の場合にはベストフィティングによって探索された係数 (D_{ai}) と K_i, C_{i0} および n_i の関係式 (表1) に基づき予測した結果である。実験結果より、流出時間の増加に伴って有機物全体の流出率が上昇しており、その値は初期濃度の高いものほど高くなっている。実験結果と計算結果は、ほぼ一致していることが分かった。このことは、吸着強度の大小による有機物の分割方法が、固定層における有機物全体の破過特性を再現させる上で有効であることを意味している。図3は、初期濃度 $E_{260}=0.0779$ における各仮想成分の流出パターンを示している。各成分の流出挙動は吸着強度により異なり、吸着成分の弱い成分、すなわち K_i の小さい成分の流出が非常に速くなっている。また、 $i=1$ と 2 の成分においては流出率が1.0以上に越えた区間もみられた。これは、強い成分の吸着により弱い成分が徐々に排斥されてくることによるものと考えられる。

図4は、吸着時間と有機物の分子量分布の関係を示している。吸着の進行に伴って有機物は徐々に流出するが、分子量の大きいものの方が流出が速く、有機物は低分子から高分子の順に選択的に吸着されていることが分かる。次に、分子量分布のパターンから有機物全体を6つの分子量のグループ ($i=1\sim6$) に分画した。原水中有機物の各分画の分子量と割合および、吸着の進行に伴う各分画の流出挙動の計算値と実験値を表2と図5に示す。計算値は図1と図3の結果に基づき計算されたものである。この図より、計算値と実験値との差が小さく、今回提案した解析法は各分子量分画有機物の流出パターンを予測する上で有効であることを示した。

し尿処理場の生物処理水およびその凝集処理水においては、有機物全体の流出率を比較したところ、前者の方が流出率が高く、凝集処理は活性炭への負荷を低減させるのみならず、吸着効果の増加にもつながることが示唆された。また、分子量分画ごとの流出挙動においては、泥炭地水の場合と類似したところもあるが、吸着性の順位については、若干の相異がみられた。

4. まとめ

数種類の原水中有機物の固定層活性炭における吸着特性を有機物全体および分子量分画ごとから検討した。有機物全体をいくつかの仮想成分に分割することによって、多成分の観点からその破過特性を再現した。また、各仮想成分に対する各分子量分画有機物が占める割合、すなわち、分配率の概念を導入することによって、後者の流出挙動の予測を実現した。

[参考文献]

- 1) 湯浅, 李, 松井, 海老江: 環境工学研究論文集, Vol.33, pp.123~132, 1996
- 2) 植松, 湯浅, 松井, 李, 渡辺: 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 1996

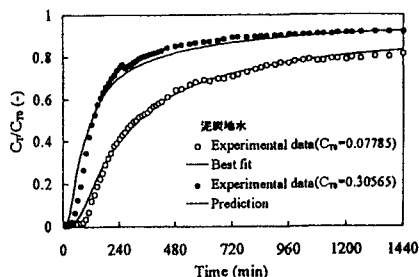


図-2 全成分の流出挙動の実験値と計算値の比較

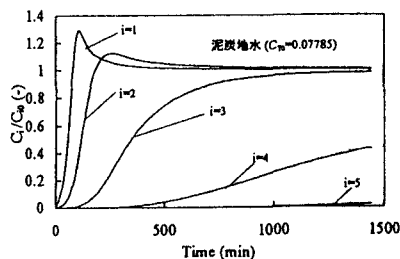


図-3 各仮想成分の流出挙動

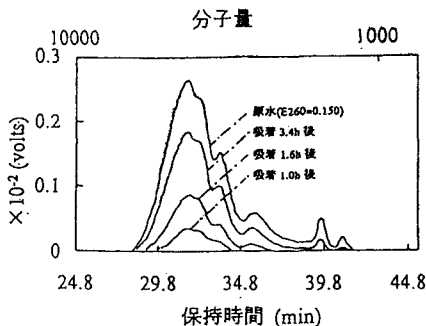


図-4 吸着時間と分子量分布の関係

表-2 各分画の分子量と割合

成分No.	分子量	C_{i0}/C_{T0}
1	4123.4	0.451
2	3756.2	0.193
3	3188.5	0.173
4	2412.4	0.127
5	1420.7	0.040
6	1221.0	0.017

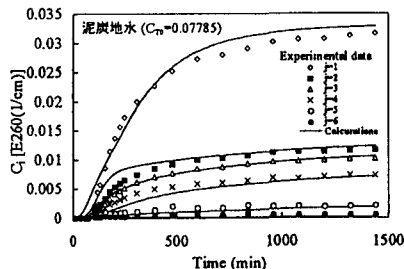


図-5 各分画の流出挙動の実験値と計算値の結果