

泡沫分離水に含まれる界面活性剤の吸着除去に関する基礎的研究

宮崎大学工学部 正会員 鈴木祥広

宮崎大学工学部 大石貴行

宮崎大学工学部 正会員 丸山俊朗

1. はじめに

凝集剤とタンパク質のカゼインを用いた凝集・泡沫分離法は、下水中に含まれる懸濁物および洗剤等の界面活性剤を極めて効率的に泡沫として分離・除去できる¹⁾。したがって、回収した泡沫の消泡水、すなわち泡沫分離水中には凝集懸濁物汚泥と界面活性剤が高濃度に濃縮されていることになる。泡沫分離水率（原水量に対する泡沫分離水発生量の割合）は、3～5%程度である。凝集・泡沫分離法を連続下水処理システムに導入した場合²⁾、この泡沫分離水の処理・処分が重要な問題となる。泡沫分離水中の汚泥は容易に沈降分離できるものの、上澄水には界面活性剤が濃縮されているため、上澄水をそのまま原水へと返送を繰り返すと、泡沫発生量の増大を引き起こすと考えられる。

そこで本研究では、泡沫分離水に含まれる界面活性剤の除去を目的として、適切な吸着剤の選定、ならびに界面活性剤の吸着特性について検討した。

2. 実験方法

2.1 吸着剤選定実験

吸着剤として、シラス土、シリカゲル粉末、合成ゼオライト、粒状炭化下水汚泥2種、および粒状活性炭を用い、陰イオン性界面活性剤のLASを所定濃度に調整した原水（蒸留水ベース）に所定量の吸着剤を投入し、1時間振とう混合した。振とう後、メンブランフィルターでろ過して吸着剤を分離し、ろ液中のLAS濃度を測定した。

2.2 活性炭および炭化汚泥の吸着実験

活性炭および炭化汚泥については、界面活性剤の吸着特性を把握するため、ボールミルで45 μ m以下の微細粉末試料を作成し、吸着実験を行った。活性炭については、4種類の界面活性剤について調べた（表-1）。振とう時間は、吸着平衡となる48時間とし、その後、ろ過して、ろ液中の界面活性剤の濃度を測定した。また、実際の下水処理で回収した泡沫分離水に含まれた陰イオン性界面活性剤についても吸着特性も調べた。吸着等温線はFrendlich吸着等温式で整理した。

2.3 界面活性剤の分析方法

陰イオン性界面活性剤はCo-PADAP法で測定した。その他の界面活性剤は有機炭素濃度を測定し、既知濃度の有機炭素濃度から界面活性剤濃度を求めた。

3. 結果と考察

3.1 吸着剤の選定

各種の吸着剤を用いた場合における液相中の残留LAS濃度

表-1 実験に用いた界面活性剤

分類	名称	略称
陰イオン性	直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム	LAS
陽イオン性	塩化ベンザルコニウム	Benz-Cl
両イオン性	CHAPS	CHAPS
非イオン性	ポリオキシエチレンラウリルエーテル	PLE

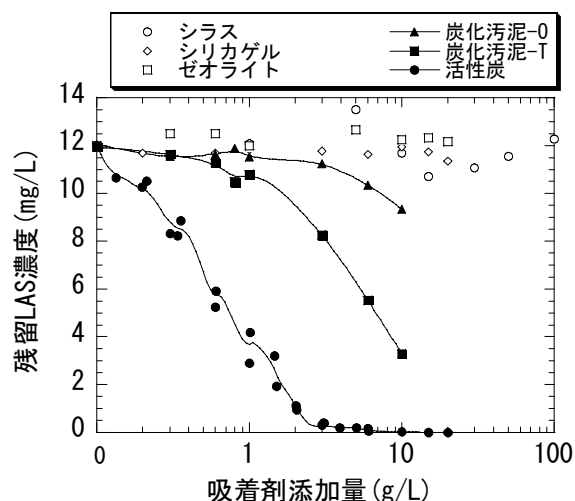


図-1 吸着剤添加量と残留LAS濃度の関係。

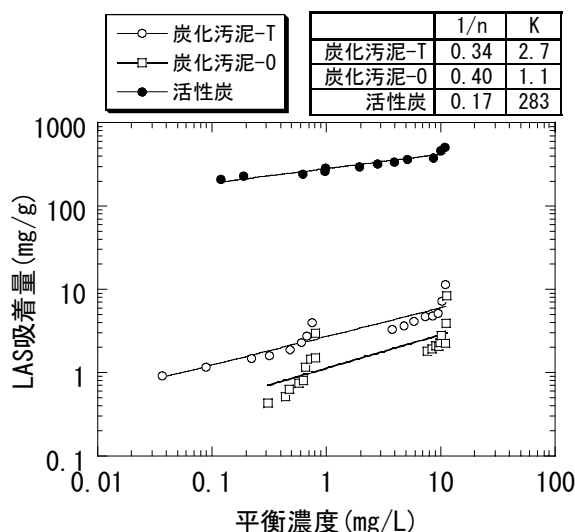


図-2 活性炭および炭化汚泥に対するLASの吸着等温線。

キーワード 泡沫分離水, 界面活性剤, 活性炭, 炭化汚泥, 吸着

連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1 TEL 0985-58-7339 FAX 0985-58-7344

の変化を図-1に示した。活性炭は最もLASの吸着性が高かった。炭化汚泥は、活性炭と比較すると吸着性は低いものの、LASを吸着することがわかった。また、炭化汚泥の種類によっても吸着性が大幅に異なることが示唆された。一方、シラス土、シリカゲル、およびゼオライトは、ほとんど吸着性がないことがわかった。

3.2 活性炭と炭化汚泥の吸着能力比較

図-2には、活性炭と炭化汚泥のLASに対する吸着等温線を示した。活性炭のLAS吸着量は炭化汚泥よりもおよそ2桁も大きくなった。Freundlich式の親和力を表す $1/n$ 値は、活性炭および2種類の炭化汚泥ともに、一般に吸着が容易であるとされる0.5以下であり、吸着剤として利用可能である。吸着容量を表す K 値についてみると、活性炭は炭化汚泥よりもおよそ2桁も大きくなった。活性炭と炭化汚泥の吸着能力を比較すると、吸着剤としては活性炭が圧倒的に優れていると判断された。

3.3 各種界面活性剤の吸着特性

活性炭について、各種の界面活性剤の吸着特性を検討した。図-3は各種界面活性剤の吸着等温線である。 $1/n$ は、いずれの界面活性剤においても0.2以下と極めて小さい値を示し、 K も近い値を示しており、活性炭は性質の異なる4種類の界面活性剤のいずれに対しても、極めて高い吸着性を有していることがわかった。なお、PLEの $1/n$ 値が負となったのは、いずれの実験区においても、すでに飽和吸着に達してしまったためであると考えられる。

3.4 泡沫分離水に含まれる陰イオン性界面活性剤の活性炭への吸着特性

下水の泡沫分離水に含まれる陰イオン性界面活性剤の活性炭に対する吸着特性を検討し、先に得られた単一成分のLASの場合と比較した。図-4は泡沫分離水と単一成分の場合のそれぞれの吸着等温線である。両者を比較すると、 $1/n$ は近い値を示したが、 K 値は泡沫分離水の方が約1/4に低くなった。泡沫分離水中には、多種多様な溶解成分が混在しており、これらとの競合吸着の影響を受けたためと考えられる。しかしながら、泡沫分離水中の溶解性有機炭素、E260、および色度の活性炭への吸着能と比較して、陰イオン性界面活性剤の吸着能は極めて高く、多様な溶解性物質が混在する泡沫分離水の中から選択的に界面活性剤を吸着し、液相から除去できることがわかった。

4. まとめ

- (1) 炭化汚泥は、活性炭と比較すると吸着能は低いものの、陰イオン性界面活性剤（LAS）を吸着する。
- (2) 活性炭は、陽イオン性、陰イオン性、両性イオン性、および非イオン性のいずれの界面活性剤に対しても、極めて高い吸着性を示す。
- (3) 下水の泡沫分離水において、活性炭は選択的に界面活性剤を吸着し、液相から除去できる。

謝辞：炭化汚泥を提供していただいた日本下水道事業団に謝意を表します。

参考文献

- 1) Y. Suzuki and T. Maruyama: Removal of suspended solids by coagulation and foam separation using surface-active protein, Water Research, 2002 in press.
- 2) 手金浩嗣, 丸山俊朗, 鈴木祥広：連続式泡沫分離処理システムにおける下水処理, 34回日本水環境学会年會講演集, 544, 2000.

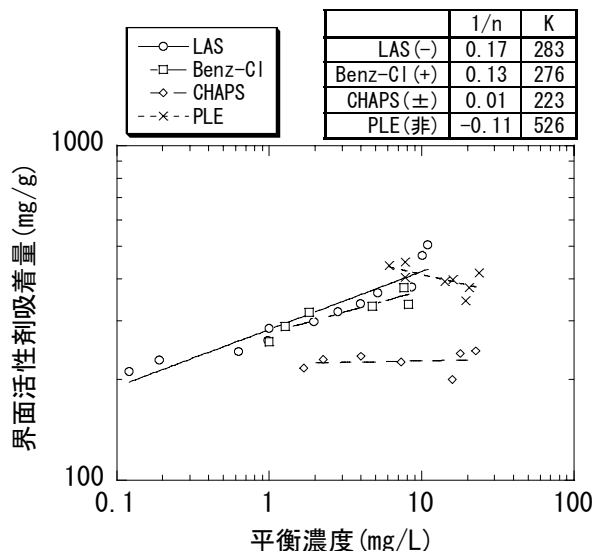


図-3 活性炭に対する各種界面活性剤の吸着等温線。

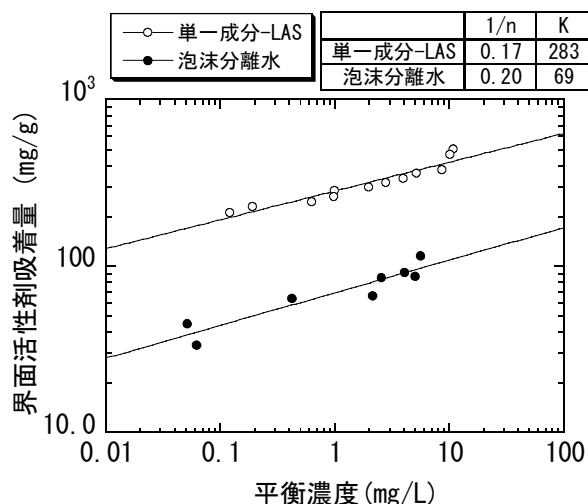


図-4 活性炭に対する泡沫分離水中の陰イオン性界面活性剤の吸着等温線。