

粉末生物活性炭を組み込んだ精密ろ過システムにおける難分解性有機物及び色度の除去特性

東京大学工学部 O 徐 奎汰、大垣 眞一郎
建設省土木研究所 鈴木 穰

1. はじめに

近年だんだん深刻になっている水不足の現状によって下水処理水が重要な水源として認識されている。このように二次処理水の再利用のため、膜処理システムが多く適用され、様々な汚染物質に対する高い除去率を示している。しかしながら、膜処理のみによっては二次処理水の中に溶存されている難分解性有機物はほとんど除去できず、他の処理プロセスとの組み合わせが要求される。粉末生物活性炭を組み込んだ精密ろ過システムは処理水の再利用のための高度処理プロセスの一つである。その主な特性は二次処理水に含まれている難分解性溶存有機物を除去すること、そして逆洗水は排出せず接触槽に循環させシステムの中で処理することである。本稿では粉末生物活性炭を組み込んだ精密ろ過システムにおける難分解性溶存有機物除去の特性を実験的に検討した。

2. 実験装置及び方法

実験装置を図-1に示す。流入水は粉末生物活性炭接触槽で生物活性炭と混合し、この混合液を循環ポンプで送り、膜モジュールと接触槽の間を循環しながらろ過を行う。膜ろ過は空気洗浄型外圧型クロスフロー方式で、15-18分に一回空気逆洗を行った。ろ過圧力は55 kPaで一定に保つように設定された。膜の仕様を表-1に示す。また、粒径44 μ mの活性炭を用いた。活性炭は実下水二次処理水を注入し、シデイングを行った。実験に使った原水は合成二次処理水で、蛋白質、炭水化物、フミン、タンニン、リグニン等その組成を表-2に示す。

表-1 膜の仕様

材質	形態	孔隙	ろ過面積
ポリプロピレン	中空糸	0.2 μ m	0.1 m ²

表-2 原水の組成 1)

(unit: mg/L)

Substances	Composition
Beef extract	1.802
Peptone	2.703
Nitro humic acid	4.246
Tannic acid	4.175
Sodium lignin sulfonate	2.427
Sodium lauryl sulphate	0.942
Arabic gum powder	4.695
(NH ₄) ₂ SO ₄	7.1
K ₂ HPO ₄	7.0
NH ₄ HCO ₃	19.8
COD _{Cr}	17.3
TOC	9.8

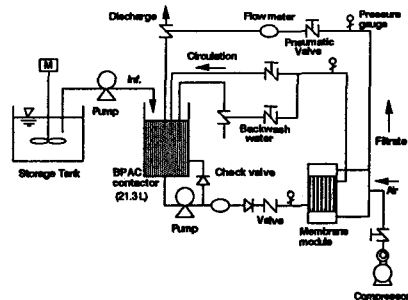


図-1 実験装置の概要図

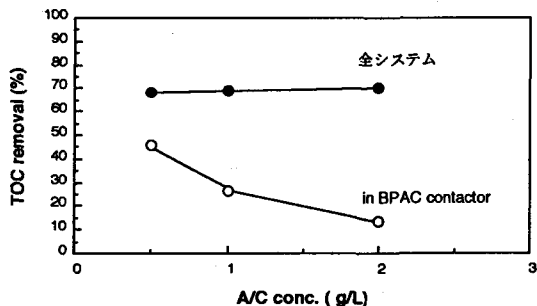


図-2 システム内初期活性炭濃度変化による有機物除去率

3 結果 及び 考察

3.1 有機物と色度の除去

本実験で有機物除去は生物活性炭接触槽と膜モジュールでの二か所で起る。システム内初期粉末活性炭濃度を0.5 g/L から 2.0 g/L まで高めると生物活性炭 接触槽 よりも 膜 モジュールでの除去率が高い。この結果を図-2に示す。これは膜モジュールでの活性炭の蓄積のためと考えられる。初期活性炭濃度を20 g/Lまで増加した時の有機物及び色度 除去の経時変化を図-3に、そして、この時の活性炭接触槽内固形物濃度変化を図-4に示す。定常状態で運転開始20日まではTOC除去率は生物活性炭接触槽で47%、のこり53%中の90%が膜モジュールで 除去され全体的に95%である。しかし、その後TOC除去率は接触槽で17%、膜モジュールで84.2 %であった。20日以後に総固形物の濃度は落ちる反面、揮発性固形物の濃度は一定に維持されるので、接触槽内の活性炭の濃度が減少して、膜モジュールに蓄積されると考えられる。この結果、接触槽でのTOC濃度が上がることになる。その上に微生物の代謝過程で生じる安定な低分子の中間生成物又は微生物の自己分解によって放出される 高分子成分の有機物もTOC濃度の増加に寄与すると考えられる。また色度の場合初期活性炭濃度が 20 g/Lの時波長 280 nm、膜モジュール流出水は平均 吸光度 0.024であり、93 %の高い除去率を示す。

3.2 システム内の 活性炭 分布

図-5に示すようにシステム 内の初期 活性炭 濃度を20 g/Lに上げた場合は膜 モジュール内に蓄積した活性炭量は初期注入量の74%であり、初期活性炭 濃度 0.5 g/Lに対するシステム内活性炭の分布は 添加した活性炭量の35%が接触槽内で浮遊し、膜モジュールに蓄積された量は48%、そして、システムのパイプ中を循環される量及び各種バルブにくっついた量が各々10%と7%である。このことから活性炭量が多いほど膜 モジュールに蓄積する量の比は大きい。

3.3 粉末 生物 活性炭の 吸着特性

生物 活性炭と新しい 活性炭の多成分混合有機物の吸着特性を図-6に示す。生物 活性炭の等温吸

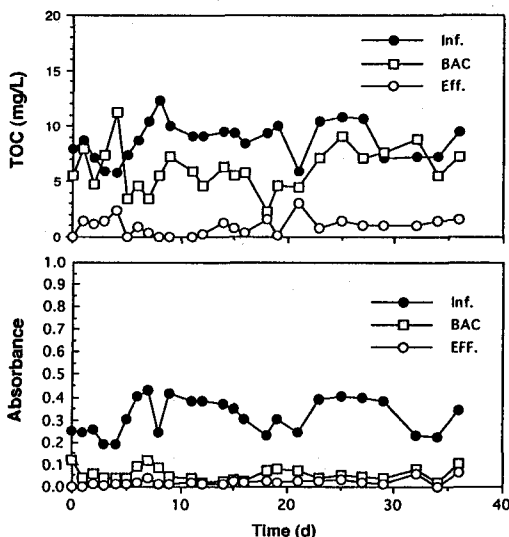


図-3 初期 活性炭 濃度 20 g/Lでの 有機物 及び 色度 除去の 経時変化

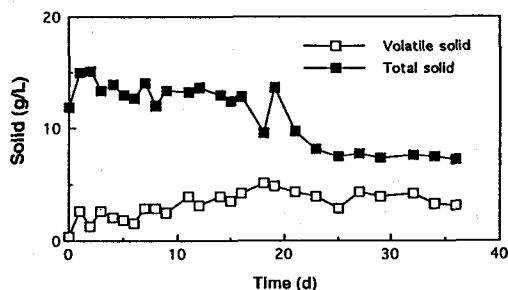


図-4 初期 活性炭 濃度 20 g/Lでの 生物 活性炭 接触槽内 固形物 濃度の 経時変化

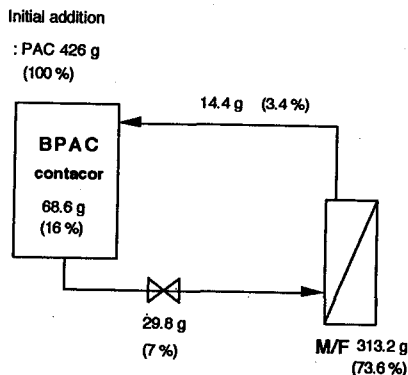


図-5 システム内活性炭の分布

着線は定常状態でシステム内初期活性炭濃度の変化による有機物の除去量より計算した。生物活性炭の見かけの有機物吸着量は新しい活性炭の等温吸着実験結果より3倍多い。これは生物活性炭吸着とともに生物分解の結果である。生物活性炭混合液による原水中の有機成分各々に対して、その分解バッチ実験を行ったところ、ペプトン以外の物質がほとんど初期吸着によって除去される。さらにシステムで流入水中の有機成分は生物活性炭に吸着され、徐々に分解されると考えられる。

3.4 生物活性炭ケーキの阻止特性

本システムにおける有機物の除去が主に膜モジュールで起るのを解明するため、孔径 $0.2\mu\text{m}$ のミリポアメンブレインフィルタの上に活性炭ケーキの厚さを変え、各有機物に対する過実験を行った。新しい粉末活性炭とシステムから取った生物活性炭を用いてケーキ層の厚さを変化させた時の有機物の阻止率を図-7および図-8に示す。膜のみ(横軸=0のデータ)では有機物の阻止率は10%以下で非常に低い。しかし、活性炭ケーキが付くと活性炭に吸着されやすい物質は阻止率が60%以上に増加するが、フミンとアラビアゴムなど吸着されにくい物質は活性炭ケーキの厚さ2mm程度でも阻止されない。新しい活性炭ケーキの場合は有機物の阻止はほとんどが活性炭吸着によるものと考えられる。一方、生物活性炭の場合はケーキ層の厚さが大きくなるほど、その阻止率はすべての有機物に対して線型の関係を示している。これにより本システムでの主な有機物の除去は膜モジュールで起きているものと考えられる。

4. まとめ

本システムを使って有機物及び色度の除去に対する実験を行なったところ次のことが分かった。粉末生物活性炭を組み込んだ精密ろ過システムにおける初期活性炭の濃度を増やすことによって難分解性有機物の除去率が高くなって、その除去が主に膜モジュール内で起る。生物活性炭接触槽での有機物除去率が低くなる原因として膜モジュール内蓄積するために槽内活性炭量が少なくなることである。そして活性炭の吸着能がなくなった生物活性炭接触槽で有機物濃度がある値以上、高くならないのは生物活性炭に吸着された難分解性有機物が微生物によって長い接触期間の間に徐々に分解される結果であると考えられる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所; バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発報告書(下水道編), p 192, (1992)

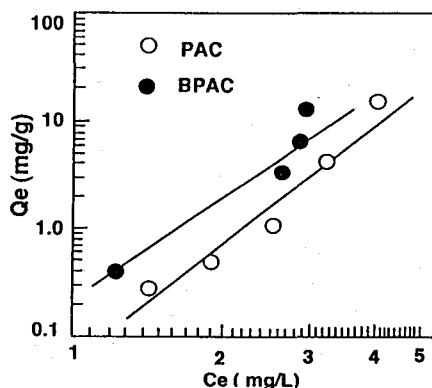


図-6 生物活性炭と新しい活性炭のプロントリッヒ等温吸着線

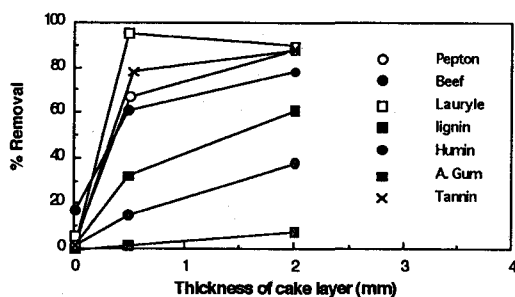


図-7 粉末活性炭ケーキ層厚さ変化による有機物阻止率

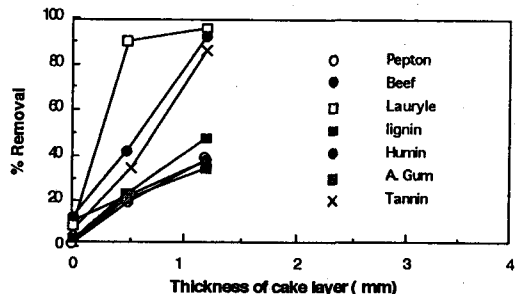


図-8 生物粉末活性炭ケーキ層厚さ変化による有機物阻止率