

## 論文の内容の要旨

論文題目 膜分離型高濃度粉末活性炭処理システムの開発に関する研究

氏名 金 漢承

近年、浄水処理への膜分離技術の応用が広がっている。膜分離の主な除去機構は篩い効果であり、濁度やバクテリアなど膜の公称孔径より大きな物質は完全に除去することができるが、ウィルスなどの膜の孔径より小さい粒子や農薬、トリハロメタン前駆物質、界面活性剤、消毒副生成物、異臭味物質などの溶存性物質は原理的には除去できない。

本研究では、膜分離技術の特性を最大限発揮させ、かつ上記のような微量有機物質等を効率的に除去するプロセスとして、吸着性に優れた粉末活性炭と組み合わせ、生物学的な処理特性も併せ持つ高度浄水処理装置の開発を目的として基本的運転処理特性を解析した。

本システムは、原理的には凝集剤を使用しないシステムであるので、発生浄水汚泥量の抑制、薬品添加による副次的な作用の低減など、高度浄水プロセスとして期待できるシステムである。

以下論文の構成に沿い、成果を取りまとめて述べる。

第1章では、研究の背景と目的および論文の構成について述べた。

第2章では、水処理における活性炭吸着と膜分離の原理や応用および活性炭と膜の組み合わせに関する既存の研究について述べた。

第3章では、実験に用いた活性炭や対象物質である大腸菌ファージQ $\beta$ と下水二次処理水成分の有機物の詳細や分析方法、実験装置と運転方法について述べた。

第4章では、活性炭に対する大腸菌ファージQ $\beta$ と下水二次処理水成分の吸着特性、純水と粉末活性炭混合液の膜ろ過特性を調べ、次の結果が得られた。

(1) 大腸菌ファージQ $\beta$ は活性炭に対して一次反応式に従う吸着パターンをあらわすことがわかった。吸着反応速度はpHに依存し等電点であるpH5.3付近で吸着速度が急激に増加することが確認された。活性炭への吸着性は一般有機物より低く、大腸菌ファージQ $\beta$ を十分に除去するには高濃度の活性炭を使う必要があることが明らかになった。

(2) 人工下水二次処理水は活性炭への吸着特性が有機物ごとに大幅に異なることがわかった。特にアラビアゴムのような高分子物質は活性炭への吸着速度や吸着容量が非常に低いことから、実際の処理に当たっては処理装置の処理性能や処理効率に及ぼす影響が高いと考えられる。従って、吸着性の異なる成分を多く含む原水を処理する場合、成分ごとの処理特性を調べる必要がある。

(3) 純水と粉末活性炭を用いて行ったろ過実験からは、活性炭濃度が高いほど、流速が

高いほど膜差圧の上昇が早く、流束1m/d以上ではその影響がより大きくなることがわかった。このことから、安定的にろ過運転を行うためには、適切な活性炭濃度と流束を設定する必要があることが示唆された。

第5章では、大腸菌ファージQ $\beta$ および人工下水二次処理水の原水を用いて、連続処理における活性炭濃度の影響など運転特性を調べ次の結果が得られた。

(1) 大腸菌ファージQ $\beta$ を用いた連続処理実験で、膜だけではQ $\beta$ の除去は不十分であった。活性炭濃度10g/Lでは約2log(99%)の除去率、活性炭濃度40g/Lでは3log(99.9%)の除去率が得られた。病原性ウイルスの指標としての意味で、十分な除去率を得るためには、活性炭を高濃度で使う必要があることを示唆している。

(2) 人工下水二次処理水を対象とした実験で、活性炭濃度0g/L、10g/L、40g/Lにおける膜抽出有機物量は0.38mg/m<sup>2</sup>、0.28mg/m<sup>2</sup>、0.064mg/m<sup>2</sup>となり、活性炭濃度が高くなるほど有機物の膜への負荷が低くなることが分かった。

(3) 活性炭濃度40g/Lの場合、硝化反応が見られた。硝化反応は主に微生物の作用であることから、活性炭添加により、槽内の微生物が高濃度で保持できることが示唆された。

(4) 活性炭濃度が高いほどろ過継続時間が長くなった。このことから、活性炭ケーキ層によるろ過抵抗よりは有機物の膜への負荷によるろ過抵抗が大きいことが明らかになった。

第6章では、人工下水二次処理水の成分を易分解性系、フミン系、高分子系グループに分けて連続処理実験を行い、次の結果が得られた。

(1) 易分解性系では活性炭を添加することにより水質改善効果とろ過継続時間延長効果がともに得られた。生物分解と活性炭吸着による効果が期待された。

(2) フミン系でも、活性炭添加で両方の効果が得たものの、ろ過継続時間が次第に短くなる現象が見られた。これは、吸着の進行とともに活性炭表面の性質が膜と付着しやすくなって、膜ろ過抵抗を上昇したと判断される。

(3) 一方、アラビアゴムが含まれている高分子系では、活性炭添加による水質改善効果はあったが、膜ファウリングを起こしやすくなりろ過継続時間は活性炭なしの系より短かった。その原因物質はアラビアゴムであり、水中または活性炭表面に吸着したアラビアゴムは糊のように作用し活性炭同士を集塊させ、短時間でケーキ層抵抗を上昇させたと考えられる。

(4) グループごとの処理特性を考慮したモデルを用い、実験結果に対する物質収支をよく説明できた。原水成分の特性を十分知ることにより、処理水質の予測ができることが示唆された。

第7章では、多摩川下流部にある玉川浄水場の原水を用いて連続処理実験を行い、次の結果が得られた。

(1) 実河川水を用いて行った実験結果は、人工下水二次処理水を用いた実験結果の傾向とよく一致していた。

(2) 濁質の除去に関して、活性炭の有無および流束の変化に関係なく流出水の濁度は0.1 NTU前後で安定した水質が得られた。

(3) 膜差圧の変化については、活性炭を高濃度(40g/L)で添加することによるファウリング抑制効果が明らかに見られた。しかし、活性炭濃度4g/Lの場合はその効果が見られなかったため、高濃度活性炭を導入する必要があることを確認した。また、流束を低く維持することにより、ろ過継続時間が長くなったことから、流束がろ過抵抗に大きく影響することがわかった。

(4) TOCとE260の除去からみた水質の改善効果については、流束を変化することによる除去率の変化は殆ど見られず、流束は処理水質には影響しないことが示された。一方、活性炭添加による処理水質への影響は大きく、活性炭濃度が高くなるほど処理水質もよくなることが確認された。

第8章では、本論文の結論を取りまとめた。