

|           |                                                                                                                     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | アドゥ イエデス アクパ フランスワ<br>Adou Yedes AKpa Francois                                                                      |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (工 学)                                                                                                           |
| 学 位 記 番 号 | 工 博 第 2096 号                                                                                                        |
| 学位授与の日付   | 平成 13 年 11 月 26 日                                                                                                   |
| 学位授与の要件   | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当                                                                                             |
| 研究科・専攻    | 工 学 研 究 科 環 境 地 球 工 学 専 攻                                                                                           |
| 学位論文題目    | Filtration removal of reverse micelle humic substances using a polypropylene medium<br>(フミン質の逆ミセル化によるポリプロピレン媒体ろ過除去) |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 松 井 三 郎      教 授 森 澤 眞 輔      教 授 津 野      洋                                                           |

### 論 文 内 容 の 要 旨

世界的な水資源の枯渇問題への対策として、行政や科学界、および環境保護団体等は、廃水の浄化および再利用が重要であるとの認識を強めている。また、廃水の再利用は、それによる環境への負荷量を減らすこと、水資源を遠隔地の水源から求める場合に比べて経済的に有利であることなどからも、現在、注目されている。しかし、廃水中には多種多様な微量汚染物質が含まれているため、再利用する前にそれらを除去する必要がある。

従来の研究から、二次処理水、三次処理水の農業用水源としての安全性は、食物への病原菌や微量元素による汚染の面からは充分であると示唆されている。しかし、疎水性有機化学物質(HOC)等に代表される微量有機汚染物質に関する安全性についての報告はほとんどない。疎水性有機化学物質の多くは、有毒性、発がん性、内分泌攪乱性等を有しており、それらの廃水中からの除去は、廃水の再利用のためには必要不可欠である。

本論文は、廃水中に含まれる HOC を、プラスチックのリサイクルにより得られたポリプロピレン(PPL)を、ろ過・収着剤として利用して除去する方法を開発した結果について取りまとめたものである。PPLに関する従来の研究から、PPLの直接使用した場合あるいはPPLにn-ヘキサンをコーティング(PPL-HEX)した場合、下水二次処理水中の溶存形態のHOCを効率的に除去できることが報告されている。しかし、これらの系ではフミン質(HS)で代表される溶存性有機物質(DOM)に収着している結合態のHOCの除去はできないことも示されている。このことから、HSを除去することが、HSに収着している結合態HOCも除去可能とになる。そこで、本研究では親水性基と疎水性基を持つ陽イオン性界面活性剤を廃水に混合することにより、HSを核とする逆ミセルを生成させ、疎水性の高いPPLに収着させるという方法を新たに開発した。本論文は、以下に示す七章により構成されている。

第一章は緒論であり、本研究の背景、対象および目的について述べている。

第二章では、文献考察を行っている。まず、フミン質、界面活性剤、およびPPLについて詳述している。また、ろ過処理技術および吸着処理技術についてまとめている。

第三章は、実験方法についての章である。まず、本研究における対象汚染物質と界面活性剤の選定方法について述べている。また、本研究で行った、回分式収着実験および規模の異なる二種類のカラム式連続実験の実験方法についてまとめている。

第四章では、本研究で採用したモデルについての説明を行っている。すなわち、物理化学モデルとシステムモデルといった二種類の異なる数理モデルに対する理論について述べている。

第五章では、実験結果についてまとめている。本実験から得られた最も大きな成果は、PPLが陽イオンとHS間の電荷中和反応によって形成された浮遊物質だけでなく溶存化合物も除去できることを明らかにした点である。このとき、PPLの除去効率は界面活性剤とHSの逆ミセル形成時間に依存するが、約10分間の攪拌時間でも高い除去効率が得られることを示した。また、物理的パラメータ(流速、カラム高さ、カラム直径)および化学的パラメータ(pH、界面活性剤濃度、イ

オン強度)の除去効率への影響についても述べている。さらに、下水二次処理水を用いた実験から、界面活性剤を下水二次処理水へ混合することで、PPLによってHSとそれに結合しているHOCを除去するという本処理システムが充分実用可能であることを確認している。

第六章では、第四章で提示した数理モデルと第五章の実験結果との比較を行っている。そして、両者の比較を基に、溶存物質と浮遊物質の両方の除去を考慮に入れた包括的なモデルを新規に構築している。

第七章は、結論の章である。本研究で得られた成果についてまとめ、本処理システムのさらなる改善のために必要と考えられる研究展開についての示唆を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、廃水中に含まれるフミン質(HS)の新規除去法の開発結果についてまとめたものである。本研究の特徴は、プラスチックのリサイクルにより得られたポリプロピレン(PPL)を、ろ過・収着剤として利用した点である。PPLは、親水性の部位を有するHSを除去できない。しかし、本研究では親水基と疎水基を持つ陽イオン性界面活性剤を添加し、HSを核とする逆ミセルを形成し、疎水性の高いPPLに収着させるという方法を開発した。本論文で得られた主な成果を以下にまとめる。

1. PPLが陽イオンとHS間の電荷中和反応によって形成された粒子状物質だけでなく溶存態有機化合物も除去できることを実験的に明らかにした。この結果は、本処理システムの理論を実証したものである。
2. PPLによるHSの除去効率は界面活性剤とHSの逆ミセル形成効率に依存するが、約10分間の攪拌時間でも高い除去効率が得られることを示した。これは、PPLによる除去装置の前に、界面活性剤とHSとの結合を行わせるための大きな反応槽の設置が必要でないことを示唆する重要な結果である。
3. 物理的パラメータ(流速、カラム高さ、カラム直径)および化学的パラメータ(pH、界面活性剤濃度、イオン強度)のHS除去効率への影響についてまとめた。この結果、操作・設計因子の除去効率への影響を把握することができた。
4. 数理モデルと実験結果との比較を行い、そこから、溶存物質と浮遊物質の両方の除去を考慮に入れた包括的なモデルを新規に構築した。このモデルの構築により、ベンチスケールの実験結果をスケールアップした処理装置に適用することが可能である。

以上、これらの研究成果は、廃水中のフミン質除去に対する新たな処理システムの構築を示すものであり、その学術的意義、工学的意義は少なくないと言える。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年9月21日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。