

審査の結果の要旨

氏名 森田 穰

河川・湖沼等閉鎖水域における固形浮遊物・リン除去や、合流式下水の雨天時越流水浄化における固形浮遊物除去において、省スペース化を目的とした高速処理技術の開発は重要な課題である。そのような中、凝集剤により本来磁性を有しない汚濁物粒子に磁性粉を種付けした磁性フロックを生成して磁気分離する手法は、高速の固液分離装置として期待されている。特に、磁場領域に強磁性体金網を設置する高勾配磁気分離法（磁気フィルター）は更に効率を高める手段である。また、磁場発生源として、少ない消費電力で高磁場を発生させることができる超電導磁石を利用すれば、処理速度と除去性能を高めることが可能になると考えられる。本論文では、超電導磁石を利用した磁気フィルターの基本特性の解明とその連続化構造の構築を目的としている。加えて、当システムを実用化する上で必須な汚泥減容化と磁性粉回収再利用を実現可能な亜臨界水熱反応の条件解明を目的としている。

第1章は「緒論」であり、研究の背景、従来の研究の経緯、および本論文の目的と構成を述べている。

第2章は「磁性フロックの磁気分離捕捉特性解析」である。ここでは、磁性フロックの物性値、磁場勾配中に置かれた磁性フロック内の磁性粉の形態、及び流れ場と磁場が与えられた空間における磁性フロックの挙動特性について解析している。まず、磁性フロックの物性値分析では、磁性フロックの密度関数を考察し磁性フロックの磁化特性を導いている。次に、磁場勾配中に置かれた磁性フロック中の磁性粉の形態観察においては、磁性粉が棒状ないし針状のクラスターを磁場・磁場勾配方向に形成していることを確認している。ここで、フロックのような高い空隙率の凝集体粒子については、それに作用する磁気力が、内部に存在する磁性体（磁性粉粒子集合体）の磁場勾配中における形状により大きく依存することを議論している。以上の議論考察に基づいて、磁性フロックの軌跡計算を行い、実際に計測した軌跡の再現を確認している。

第3章は「磁気フィルターの分離特性」である。ここでは電磁コイルの印加磁場空間に磁気フィルターを多層固定設置し、構造パラメータの影響を実験的に解明している。まず、磁気分離特性がフィルター構造パラメータである充填率と長さの積に単純依存することを定性的にはあるが見出している。また、磁性フロックの磁化や分離内磁場強度等のパラメータについても実験的に検討し、同様の依存性を見出している。次に、第2章で述べた磁性フロックの軌跡計算に基づいて分離性能の計算を行い、実験結果との比較検討による考察を行っている。以上の議論考察で、磁気フィルターの分離性能が、充填率と長さの積、

及び分離計算から得られる捕獲断面積により記述できることを示している。

第 4 章は「回転磁気フィルターの連続処理特性」である。トーラス状に形成される強磁性フィルターは、高磁場空間と微弱磁場空間内に常に含んだ状態であるため、高磁場領域の出入り時の磁気力を低減し容易な連続回転が可能であることを利用している。ここでは、連続回転型磁気フィルター構造提案と実処理実験結果に基づく高速処理の実現可能性を実験的に検証している。

第 5 章は「実下水処理特性」である。本章は、第 4 章で検討した回転型連続磁気フィルターの一つの応用である実下水処理実験結果を説明し、合流式下水の雨天時越流水を実際に処理した結果と適用可能性を述べている。ここでは、下水の凝集処理において、水質が異なる原水データと凝集剤添加条件を変化させて浄化性能を分析し、磁性粉を効果的に磁性フロックに種付けする指針を述べている。その上で、凝集剤イオン濃度と固磁性粉を含む形浮遊物濃度の比で定義するパラメータを議論している。

第 6 章は「磁性粉の回収再利用並びに汚泥減容化の検討」である。システムの実用性向上を目的とし、亜臨界水熱分解を用いた汚泥分解処理減容化と磁性粉の回収と再利用可能にする条件を明らかにしている。

第 7 章は「結論」であり、本論文で得られた主な知見をまとめている。

第 2 章ではフロックのような空隙構造粒子に作用する磁気力について、内部の磁性体形状が与える磁気力の影響を、磁性安定条件も加えて統合的に明らかにしている点が評価される。また、第 4 章ではほとんど分かっていなかった磁気フィルターによる磁性フロック分離基本特性を明らかにしている点が評価される。第 4 章から第 6 章は応用的な内容であり、本格的実用化には至っていないが、新たなシステム構築を技術的に完成している点は評価される。このように、本論文はいくつかの新規的な物理的描像、および今後の進むべき方向性を示しており、該当分野における工学的寄与は非常に大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。