

氏名	いそ がみ ひさ し 磯 上 尚 志
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)
学位記番号	論エネ博第 22 号
学位授与の日付	平成 14 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	超電導磁石を利用した磁気分離水質浄化技術に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 塩路昌宏 教授 石山拓二 助教授 白井康之

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、湖沼の植物プランクトンや下水処理等に適用できる、小型でかつ水中汚濁物の高速・高除去率処理が可能な新しい浄化システムの実用化を目指し、超電導磁石を利用した磁気分離水質浄化技術に関する研究成果をまとめたもので、7章から構成されている。

第1章の緒論では、本研究で対象とする磁気分離水質浄化技術が、従来の凝集沈殿法と比較して、単位面積当たりの処理量が大きく高除去率のシステムとして有望であることを言及し、さらに磁気分離技術、超電導技術に関する従来の知見を概観、比較することによって超電導磁石を利用する磁気分離水質浄化システム実用化の可能性を明らかにしている。また、連続浄化運転の必要性、低コストで安定性の高い超電導磁石冷却技術の確立など、超電導磁石を利用する際の技術課題を考察し、本研究において解明すべき事項ならびに論文の概要を示している。

第2章では、磁場発生源として超電導磁石を利用した磁気分離部を試作するとともに、これを用いて湖沼水中の植物プランクトンや下水中の浮遊物質の除去実験を行った結果を示し、本手法の高除去率性能を実証している。さらに、添加磁性粒子が多いほど、磁場強度を大きくするほど除去率は大きくなるが、磁性粒子と磁気フィルタとの両者が磁化飽和する磁場強度領域では除去率は一定となることを明らかにしている。

第3章では、磁石両端の高磁場領域に回転運動可能なフィルタを設置することにより、従来不可能であった磁気分離水質浄化システムの高速度連続運転を実証している。また、前処理における攪拌時間が従来の凝集沈殿法の1/10以下であることから、本浄化法の採用により大幅な省スペースとなることを示唆している。さらに、下水の連続処理実験の結果から、有機物の除去率は原水中の微小有機物割合に大きく依存することを明らかにし、本技術の下水処理への適用として、合流式下水処理場の雨天時越流水処理が最も適しているとの結論を得ている。

第4章では、第3章で記述した連続運転構造をさらに発展させ、大容量処理を可能にする大口径磁石を対象として、ツイン型磁石の間に往復運動可能なフィルタを設置することによりフィルタにかかる力を低減できることを示し、試作システムにより水中汚濁物の高除去率連続浄化運転性能を実証している。さらに、冷凍機の冷却配管を磁石周りに効果的に配置すれば、大口径のツイン型磁石を一つの冷凍機で安定的に冷却できることを明らかにしている。

第5章では、超電導磁石冷却用の冷凍機に用いる低コスト熱交換器として、銅球を充填して拡散接合する方法を提案するとともに、その伝熱特性と圧力損失特性の評価結果に基づき、本熱交換器が冷凍機に適用可能であることを示している。また、必要以上に充填層の熱伝導率を高くしても熱交換器の温度効率の向上は期待できないことを解析的に証明している。

第6章では、固体窒素を含浸した高温超電導磁石を用いてパルス状の過電流を通電する実験を行い、固体窒素の熱容量が超電導破壊時の発熱による温度上昇を抑制し、超電導回復プロセスに大きく貢献することを明らかにしている。また、擾乱が加わった際の超電導磁石の過渡的な電圧挙動を解析的に模擬する手法を提案し、急峻なパルス状過電流ほど固体窒素の効果が発現すること、対象とする擾乱に適した固体窒素層厚さが存在すること、などの設計指針を提示している。

第7章の結論では、本研究で得られた成果を要約し、水中汚濁物を対象とした高速・高除去率の水質浄化システム実用化

の可能性が拓けたこと、本手法が超電導技術を活用するものとして有望であることを記述するとともに、今後の研究の方向性および課題についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、湖沼水中の植物プランクトン除去や下水処理に適用できる小型高性能水質浄化システムの実用化を目的とし、超電導磁石を利用した浄化技術の確立に関して行った研究の結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

- 1) 超電導磁石を利用した省エネルギー磁気分離装置を試作し、植物プランクトンや下水中浮遊物質を高除去率で処理できることを実証するとともに、除去率に対する磁性粒子、磁場強度、等の影響を明らかにした。
- 2) 簡素な構造で連続運転が可能な超電導磁気分離装置として回転フィルタ式構造を提案し、その有効性を実証するとともに、本技術による前処理必要時間は従来の凝集沈殿方式の1/10以下であることを示し、省スペースに適していることを示唆した。また、有機物除去における被除去物の粒径と除去率との関係を明らかにした。
- 3) 大容量処理用としてフィルタ部の磁気力を小さくできる往復フィルタ式構造を提案し、試作システムにより連続浄化運転を実証した。さらに、本構造に適した冷却方式を考案し、ツイン型の大口徑磁石を一つの冷凍機で安定冷却できることを実験的に示した。
- 4) 超電導磁石冷却用冷凍機の低コスト化を目的とした銅球充填熱交換器を提案し、その伝熱特性を実験的に評価するとともに、理論的に温度効率を推算する手法を示し、本熱交換器が冷凍機に適用可能であることを示唆した。
- 5) 過渡的擾乱に対する超電導磁石の安定性向上を図るために、冷凍機冷却高温超電導磁石の巻線間に少量の固体窒素を含浸した実験を行い、固体窒素の熱容量が超電導破壊時の発熱による温度上昇を抑制して超電導回復プロセスに大きく貢献することを示した。また、固体窒素の効果が有効に働く条件を理論的検討により明らかにした。

これらの研究は、超電導技術の実用に先駆的な役割を果たすものであり、磁気分離水質浄化技術の発展に大きく寄与するとともに、浄化特性の解明、高浄化率連続運転のための種々の提案と実証、超電導磁石冷却安定性向上など、得られた知見は学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年12月10日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。