

氏名(本籍)	やまもと やすひろ 山本 泰弘(埼玉県)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博甲第2826号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	生物ろ過法における多孔質セラミックス担体の効果と窒素・リン除去機能の強化に関する研究
主査	筑波大学教授 工学博士 松村 正利
副査	筑波大学教授 工学博士 田中 秀夫
副査	筑波大学教授 農学博士 佐藤 誠吾
副査	筑波大学教授 農学博士 前川 孝昭

論文の内容の要旨

生活排水対策として水道未整備地域では小規模浄化槽が整備されてきたが、栄養塩類除去機能を持たない浄化槽の普及が、公共用水域の富栄養化現象を著しく増大させた大きな要因であり、水環境修復のためには小規模浄化槽においても窒素・リン対策が重要である。本研究ではこれらの背景に鑑み、 $10.0\text{m}^3 \cdot \text{日}^{-1}$ 以下の小規模生活排水処理における窒素・リン除去技術確立のために、ビール醸造技術から開発された多孔質セラミックス担体を充填した生物ろ過法の処理機能解明を行うと同時に、得られた知見をもとに、実証試験および実用化のための解析を行い、生物ろ過法における最適システムの確立を目的として検討を行った。

まず、生物ろ過法における生活排水の処理特性を検討するための基礎実験を行い、得られた最適条件から生物ろ過法処理システム実用化のための設計諸元を求めた。この結果、生物学的窒素除去を導入した生物ろ過法では、従来法と比較して酸素溶解効率が高くなるために散気量および消費電力量を削減できること、従来法の4倍程度のBOD容積負荷 $1.3\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{日}^{-1}$ 以下で高い処理性能が得られるために装置のコンパクト化が図れることがわかった。窒素除去のための最適循環比は3.0～4.0、T-N除去率は75%であった。なお、循環処理は有機物および窒素除去性能の向上と、pH低下抑制による微生物生息環境の最適化の効果を有していることがわかった。

次に生物ろ過法に導入するリン除去システムとしての濃厚鉄塩注入法および鉄電解法における最適条件を求めた。この結果、両方法とも最適Fe/Pモル比は2.0でT-P除去率が95%程度得られることがわかった。濃厚鉄塩注入法は塩化第2鉄6水和物を70℃に維持することで鉄として $320,000\text{Fe mg} \cdot \text{L}^{-1}$ の濃厚塩化第2鉄溶液となったが、実装置化時における維持管理を考慮して、 $160,000\text{Fe mg} \cdot \text{L}^{-1}$ に調整することにした。

鉄電解法は電極の不動態化を防止するために電極の極性を転換すること、電極極性転換時間を30分以上にすることで100%の鉄溶解効率を得られること、80%以上のT-P除去率を得るために必要な電流量は721mAと求められた。また、実際の個別家庭で容易に起こり得ると考えられる負荷変動と循環比の変動が、鉄電解法を導入した生物ろ過法の処理性能に及ぼす影響を検討した結果、最適循環比は通常負荷では3.0～4.0、負荷が高くなると2.0～3.0であり、この条件下で高い有機物、窒素、リン除去性能が得られることがわかった。研究の結果、濃厚鉄塩注入法および鉄電解法は生物ろ過法の窒素・リン同時除去システムに導入するリン除去法として十分適応できることが明らかになった。

また、研究成果をもとに開発した生物ろ過法処理システムについて、個別家庭に設置した実施における処理

性能をフィールド調査によって調査評価した。この結果、基礎研究成果である $BOD\ 10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下、 $T-N\ 10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下の処理性能が地域差や季節変動に左右されることがなく得られており、生物ろ過法処理システムの普及は水環境改善に大きな役割を果たしていることが明らかになった。

最後に生物ろ過法における窒素・リン同時除去システム開発を目的として、研究成果で得られた最適条件をもとに濃厚鉄塩注入法、鉄電解法およびアルミニウム電解法を生物ろ過法処理システムに導入して実証試験を行った。実証実験の結果、 $BOD\ 10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下、 $T-N\ 10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下、 $T-P\ 1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下の処理性能が得られた。生物ろ過法への物理化学的リン除去法の導入はリン除去性能に加えて、有機物除去性能を向上させることがわかった。特に、嫌気ろ床・生物ろ過法への鉄電解リン除去法の導入は実施の個別家庭排水で起こりやすい負荷変動や循環比の変動等に処理性能が左右されず、簡易な維持管理のもとで高い処理性能が安定して得られることから、極めて実用性の高い処理法であることが明らかになった。また、鉄電解法で発生するリン酸鉄含有汚泥は、嫌気ろ床槽内に貯留してもリンの再溶出は起こらず、汚泥貯留容量を増やさず汚泥管理できることから、実施として普及した場合も処理性能、維持管理、汚泥管理面で効果的であることがわかった。同時にインシャルコスト、ランニングコストなどの費用効果を試算した結果からも極めて実用性の高い処理法であることが明らかになった。

生物ろ過法を用いた窒素・リン同時除去システムを面的整備することによって、水環境の修復に大きな効果を発揮することが示唆された。

今後の課題として、窒素・リン同時除去システムが普及により、リン含有率の高い汚泥量が増加することから、汚泥処分方法に関する検討の必要がある。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は処理対象排水量 $10.0\text{m}^3\cdot\text{日}^{-1}$ 以下の小規模の生活排水における有機物および窒素・リン高度処理技術の開発を目的とした。

処理方法として多孔質セラミックス担体を充填した生物ろ過法に着目し、生物ろ過法を用いた窒素・リン同時除去システムにおける処理機能の解明を行った。また、生物ろ過法に導入する物理化学的リン除去法における基礎的研究を実施し、実用化のための最適条件を明らかにした。これらの基礎的知見に基づいて開発した処理システムを用いて実証試験を実施することにより、高い BOD 、 $T-N$ 、 $T-P$ 処理性能が得られた。さらに、維持管理性および汚泥権利面からも極めて実用性の高い処理システムを確立した。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。