

氏 名	ジョン 鄭 晋 ウー 宇
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2443 号
学位授与の日付	平成 17 年 1 月 24 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 工 学 専 攻
学位論文題目	DEVELOPMENT OF BIOLOGICAL FILTRATION PROCESS FOR EFFECTIVE ADVANCED TREATMENT OF SEWAGE (生物膜ろ過反応器による下水高度処理法の開発)
論文調査委員	(主 査) 教 授 津 野 洋 教 授 田 中 宏 明 教 授 藤 井 滋 穂

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、沈砂池越流水および二次処理水を対象とした高度処理・三次処理のための、維持管理が容易で省スペースである効率的な生物膜反応器を開発し、その反応器の操作・設計因子を論じた結果をまとめたものであって、5章からなっている。

第1章は序論であり、研究の位置付け、研究の背景および目的について言及し、下水処理分野における、生物膜ろ過反応器の処理特性および過去の研究例を比較しながら、文献考察を行い、本研究の意義を提示している。

第2章では、前凝集・生物膜ろ過反応器（脱窒ろ床、硝化ろ床および仕上げろ床）で、硝化液を前凝集沈殿池の下部へ循環させることで、凝集生汚泥を有機物源として活用することを試み、パイロットプラント規模の反応器を用いて実下水を対象に連続処理実験を行い、本反応器の処理特性の把握を行うとともに、凝集生汚泥について回分式実験を行いその基礎特性の把握を試みている。その結果、ろ床部の空塔水理学滞留時間 3.0～3.5h で、SS 濃度が 3mg/L 以下、T-ATU-BOD 濃度は 5mg/L 前後、窒素濃度は 2mgN/L 以下、リン濃度は 0.5mgP/L 程度の処理水が安定して得られ、硝化液を脱窒ろ床へ循環させるフローと同程度の処理時間で、同様の処理水質が得られることが示されている。また処理水量あたりの逆洗汚泥量および逆洗排水量の処理水量に対する割合も、同程度であることが示されている。そして、流入 S-COD_{Cr}/S-N 比が 5 mgCOD/mgN の場合、処理水量 1m³あたりに必要なメタノールは、約30%削減可能であることが示されている。

第3章では、二次処理水を対象に SS および窒素除去を目的とした生物膜ろ過反応器（硝化ろ床および仕上げろ床）による三次処理法の開発を試みている。パイロットプラント規模の生物膜ろ過反応装置を用いて二次処理水による連続処理実験を行うことにより、処理特性を検討し、実際の処理施設の設計・操作因子に関する検討を実験的に試みている。その結果、仕上げろ床のろ床部空塔水理学滞留時間 0.37～2.3h で、SS 濃度が 3mg/L 以下、T-ATU-BOD 濃度は 5mg/L 前後、窒素濃度は 5mgN/L 以下の処理水が安定して得られることが明らかにされている。しかし、仕上げろ床部空塔水理学滞留時間が 0.24h（ろ過速度が 202m/d）の条件下では、SS 濃度が流出水で 6mg/L まで上がることもあったことや、ろ床中間部で 3～5mgN/L 程度の酸化態窒素が残存し、水温 18℃ における潜在的脱窒活性が 4kgN/(m³-ろ床・d) 程度であったことから、このろ過速度条件が低水温期における限界であると判断されている。そして、仕上げろ床のメタノール添加制御は NO_x-N 濃度の変動が大きい場合、COD/N 比に基づく制御よりも McCarty 式に基づく制御が適切な量のメタノールを添加でき、安定した処理をすることが明らかにされている。

第4章では、生物膜による水質変換機能およびろ過による固形性成分の捕捉機構を表現しうる生物膜ろ過反応器のモデルにより、第3章での二次処理水を対象とした実験についての条件で計算を行い、その適用性および本反応器の設計・操作因子を検討している。その結果、17ヶ月におよぶ実下水による連続処理運転について、SS 除去、有機物除去、硝化、脱窒処理および付着微生物濃度の増減の様子がおおむね再現できること、また、窒素濃度、S-COD_{Cr} 濃度、DO 濃度いずれも、層別分布を再現できることからモデルの適用性が検証されている。そして、NO_x-N の変動が大きい場合、メタノール添

加量の制御は、COD/N 比に基づく制御よりも McCarty 式に基づく制御が適切な量のメタノールを添加でき安定した処理を期待できること、負荷変動のシミュレーションにより低水温においての硝化ろ床はアンモニア負荷として $0.5\text{kgN}/(\text{m}^3\text{-ろ床}\cdot\text{d})$ が、仕上げろ床は $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷として $4.4\text{kgN}/(\text{m}^3\text{-ろ床}\cdot\text{d})$ が限界であることが示されている。

第5章では、結論であり、本研究で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、沈砂池越流水および二次処理水を対象とした高度処理・三次処理のための、維持管理が容易で省スペースである効率的な生物膜ろ過反応器を開発し、その反応器の操作・設計因子の確立を目標に研究した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. 前凝集・生物膜ろ過反応器（脱窒ろ床、硝化ろ床および仕上げろ床）で、硝化液を前凝集沈殿池の下部へ循環させることで、凝集生汚泥を有機物源として活用することを試みた結果、硝化液を脱窒ろ床へ循環させるフローと比較して、同程度の処理時間で同様の処理水質が得られることを示し、また、仕上げ槽での脱窒に必要なメタノール量を30%程度削減可能であることを実証した。
2. 二次処理水を対象に SS および窒素除去を目的とした生物膜ろ過反応器（硝化ろ床および仕上げろ床）による三次処理法の開発を試みた。その結果、仕上げろ床のろ床部空塔水理学滞留時間 $0.37\sim 2.3\text{h}$ で、SS 濃度が 3mg/L 以下、T-ATU-BOD 濃度は 5mg/L 前後、窒素濃度は 5mgN/L 以下の処理水が安定して得られた。ろ床部空塔水理学的滞留時間が 0.24h （ろ過速度 202m/d ）の条件下が、仕上げろ床流出水の SS 濃度、水温 18°C における潜在的脱窒活性から、低水温期における限界であると判断された。
3. 仕上げろ床のメタノール添加制御は $\text{NO}_x\text{-N}$ 濃度の変動が大きい場合には、 $\text{COD}_{\text{Cr}}/\text{N}$ 比に基づく制御よりも McCarty 式に基づく制御が適切であることを明らかにした。
4. 生物膜による水質変換機能およびろ過による固形性成分の捕捉機構を表現しうる生物膜ろ過反応器のモデルの適用性を実証し、本反応器の設計・操作因子を明らかにした。

以上要するに、本論文は、下水から有機物とともに窒素等を効率的に除去しうる高度処理・三次処理のための効率的な生物膜ろ過反応器を開発したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。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16年12月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。