

[ 別 紙 2 ]

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

アラビ モガダム セイヤド モハマド レザ

論文提出者氏名 Alavi Moghaddam Seyed

Mohammad Reza

本研究は、廃水処理の中心技術である活性汚泥法での固液分離として不織布でできた粗い目の膜を利用するという新しい技術を確認するための工学的基礎研究として位置づけられ、「STUDY ON OPERATIONAL PARAMETERS AND MICROBIAL POPULATION STRUCTURE IN COARSE PORE FILTRATION ACTIVATED SLUDGE PROCESS (目の粗い濾布を固液分離に用いた活性汚泥法における運転操作因子と微生物群集構造に関する研究)」と題する。

下水処理など一般の廃水処理で用いられる活性汚泥法では固液分離技術として沈殿池を用いるのがふつうであり、活性汚泥（処理をになう微生物）の沈降性が悪化した場合に処理性能が著しく損なわれるバルキングと呼ばれる現象が運転管理上の重大な問題となっている。これに対する一つの技術的解決策として開発されたのが本研究で対象とする不織布分離活性汚泥法である。本法では不織布自体が固液分離を担うわけではなく、その表面に形成された生物膜がろ過の主体となるものである。処理水質としては精密ろ過に劣るものの、小さな水頭差でろ過が可能であり、初期投資やランニングコストを大幅に削減することができる可能性がある。処理水質は、精密ろ過膜に比べて特に SS や濁度の点で不安定になるものの、許容範囲内といえるので、不織布による濾布を固液分離に用いた活性汚泥法は、革新的で環境にも優しい水処理技術であるといえる。本論文は、不織布を固液分離に用いた活性汚泥法のもつ最大の弱点である膜の目詰まりの機構に焦点を当て、運転操作因子が処理性能や微生物群集構造に与える影響を調べることで、および、汚泥の性状と濾布の目詰まりの関係を調べることを目的としておこなった実験的研究の成果をとり

まとめたものであり、9章からなる。

第1章は「INTRODUCTION」であり、本研究の対象技術である粗い目の濾布を固液分離に用いた活性汚泥法、および関連技術である膜分離活性汚泥法の技術的意味づけを論じ、本研究の目的を述べている。また、本論文の構成を説明している。

第2章は「LITERATURE REVIEW」であり、関連する既存の知見をまとめている。不織布を用いた活性汚泥法は日本で開発された新しい技術であり、現在も自治体の下水処理の現場や関連企業において実証研究が進められている。その現状や本技術の特徴をまとめている。また、類似技術である膜分離活性汚泥法との差異について整理し、さらに、本研究が微生物の群集構造と処理性能の関連を論じようとしていることから、活性汚泥法に関する微生物の群集構造解析手法に関するレビューをおこなっている。

第3章は、「MATERIALS AND METHODS」であり本研究で用いた実験・分析の手法について記述している。

第4章からは実験結果が述べられており、まず第4章は「COURSE PORE FILTRATION ACTIVATED SLUDGE PROCESS」と題して、実験室内に設置したパイロットプラントにより本装置の基本性能や汚泥収率の評価を行った結果が示されている。結論の一つとして、沈殿池による固液分離をおこなう標準活性汚泥法では障害となる糸状性微生物の発生が本法においては安定した固液分離に寄与することが示され、本法の新たな可能性を示唆する結果となった。なお、本研究での実験では無為な運転上のトラブルを避けるため、ヘッド差ではなくポンプによる吸引で処理水を引き抜くこととし、また逆洗浄はやらない方針で装置を設計した。そのような装置の妥当性も確認したことになる。

第5章は「EFFECT OF IMPORTANT OPERATIONAL PARAMETERS ON THE PERFORMANCE OF COARSE PORE FILTRATION ACTIVATED SLUDGE PROCESS」であり、不織布膜表面における流量フラックス・曝気強度・汚泥滞留時間(SRT)・汚泥性状などの因子がプロセスの処理性能、とくに固液分離性能の安定性に与える影響を実験的に検討した結果が示されている。これらの因子の処理性能に与える影響を定量的に示すことができたと言える。

第6章は「MICROBIAL COMMUNITY ANALYSIS OF COARSE PORE FILTRATION ACTIVATED SLUDGE PROCESS UNDER DIFFERENT SRT」と題し、第5章で扱った実験において、微生物群集の構造が処理性能にどのように影響するかを論じている。微生物群集構造の指標として、糸状性微生物の種類と量、微小動物の種類と量、微生物由来細胞外ポリマーの量を取り上げ、それらと特に膜目詰まりとの関連について検討した。結果的に、糸状性微生物の量が固液分離の安定性に非常に強く影響していることが示された。また、微小動物の種類や量は、固液分離の安定性にはあまり影響せず、また、精密ろ過において目詰まりに影響する重要な因子である細胞外ポリマーは、本法においては処理水質にとくに強い影響を与えるものではないことも示された。

第7章は「PERFORMANCE AND MICROBIAL COMMUNITY ANALYSIS OF

COARSE PORE FILTRATION ACTIVATED SLUDGE PROCESS FOR CARBON AND NITROGEN REMOVAL」である。ここでは、栄養塩除去を目指して汚泥濃度をできるだけ高く維持したパイロットプラントを運転し、その処理性能および微生物群集に関して検討している。結論として、第4－6章で得られた結論をさらに追認できたことに加え、汚泥濃度を最大 10,000mg/L 程度にまでは上げることができる可能性を示した。

第8章は、本論文の中核をなす章であり、「COARSE PORE FILTRATION MECHANISM AND CLOGGING」と題する。本章では、第4章から第7章までの結果を総合して、本法における膜目詰まりのメカニズムとその影響因子について論じている。目詰まりに対してもっとも強く影響する因子は糸状性微生物の量と汚泥濃度であり、これらの状況により目詰まりの程度を3タイプに分類できることを示した。そして、これまでの常識では望ましくないとされているものの本来の有機物除去能力は非常に高いとされる糸状性微生物を、本法では積極的に利用できる可能性を提案している。

第9章は「CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS」であり、本研究全体を総括し得られた結果をとりまとめると、今後おこなうべき研究やそのための戦略について提言している。とくに、糸状性微生物を積極的に利用することにより、ある種の工場排水処理や中間的な固液分離が必要な処理プロセスにおいて本技術が新しい可能性を提示していることを指摘しているのは本研究の大きな成果と言える。

粗い目の膜による固液分離を活性汚泥法において用いることは、土地の少ない東京のような高密度都市においては沈殿池の代替技術として、また途上国にあってはエネルギーのからない小型簡易固液分離技術として発展してゆく可能性があり、さらに本研究の結果から、これまでの活性汚泥法では嫌われていた糸状性微生物を積極的に利用することで全く新たな技術分野を開拓する可能性も出てきた。また、本法が最終的な処理水質を安定して保証するプロセスというよりは、簡便な固液分離技術としてプロセスの途中で固液分離が必要なケースにおいて威力を発揮する可能性も指摘している。結果的に、本技術がこれまで想定されていた枠組みを越えて新たな使い方の可能性を持っていることを示すものである。以上のような観点から、本研究は都市工学とりわけ環境工学の発展に大きく寄与するものである。

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。