

論 文 の 内 容 の 要 旨

論文題目 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)

氏名

アラビモガダム, セイヤドモハマドレザ

本研究は、不織布でできた濾布を用いて濾過モジュールを活性汚泥法における固液分離に用いたプロセスを開発し、その処理機構について論じたものである。これまで精密濾過膜による膜モジュールを固液分離に用いた、膜分離式活性汚泥法という手法が知られている。汚泥濃度を高く維持できるため、反応槽を小さくすることができ、また沈殿池も不要であるため、省スペース型の活性汚泥法として注目されている。本研究では、この精密濾過膜の代わりに、不織布でできた濾布を用いている。

不織布による濾布は、精密濾過膜と比べて目が粗く、目の形も不規則である。このため、20-30cm の水頭で処理水を引き抜くことが可能であり、膜分離に比べて、高フラックスでの処理が可能である。エネルギー消費を押さえることもできる。さらに不織布は、精密濾過膜に比べてはるかに安価であるため、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。当然処理水質は、膜分離式活性汚泥法に比べて、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うことが出来る。

そこで本研究では、本プロセスの運転操作因子が、処理性能や微生物群集構造に与える影響を調べることを目的とした。さらに、汚泥の性状と濾布の目詰まりの関係を調べることも目指した。これらの目的を達するため、本研究では以下の 3 段階に分けて実験を行っ

た。

第一段階では、プロセスの性能を概観し、汚泥収率をチェックすることを目的とした。目の粗い不織布でできた濾過モジュールを、有効容量 30L の実験室スケールリアクターに沈め、完全混合好気条件で運転した。水理的滞留時間 (HRT) は 7.5-8 時間、フラックスは 1m/d、流入 TOC は 100mgC/L に保った。濾布は、定期的に空気洗浄を行い、空気洗浄後 3 分間は処理水をそのまま排出せずリアクター内に循環させた。この運転の結果、目の粗い濾布を固液分離に用いた活性汚泥法では、8000mgMLSS/L という高 MLSS 濃度においてまで運転が可能であることが明らかとなった。また、流出水の SS、TOC、DOC、濁度は、バルキングが起こってからの方が改善するのが観察された。平均汚泥収率は、約 0.24kgMLSS/kgBOD_{removed} だった。汚泥収率が低かったのは、汚泥滞留時間 (SRT) が長かったことと、原生動物などの高次微生物が存在したためであると考えられる。

一方、東京都の下水処理場において、同様の実験をパイロットプラントスケールと実スケールの両方で行った。この結果、運転期間を通して安定した処理水質が得られることを確認した。

本研究の目的は、運転操作因子が処理性能に与える影響を調べることである。そこで第二段階では、まずフラックスや曝気強度、汚泥滞留時間などの運転操作因子が処理性能に与える影響を調べるため、短期実験と長期実験の二つの実験を行った。有効容量 10.5L の完全混合リアクターを 3 つ用意し、それぞれに不織布でできた目の粗い濾布を組み込んだ濾過モジュールを沈め、連続運転を行った。モジュールの空気洗浄や逆洗は行わず、不定期にモジュールをリアクターから取り外して洗浄した。まず、フラックスと曝気強度の影響を調べるため短期実験を、ついで汚泥滞留時間の影響を調べるため長期実験を行った。

短期実験の結果、フラックスは重要な因子であることがわかった。高いフラックスでは、汚泥が濾布モジュールの内側にまで入り込んでしまい、流出水質が低下した。この現象は、とくに MLSS 濃度が高いときに見られた。一方、曝気強度は、2-10L/min の間で変化させても、流出水質に大きな変化は見られなかった。

長期実験では、汚泥滞留時間をそれぞれ 10 日、30 日、75 日として、3 つのリアクターを運転した。75 日というのは、汚泥滞留時間を長くするため、余剰汚泥の引き抜きを行わずに運転したものである。しかし、水質の測定などで最低限の汚泥はサンプリングしているため、これを計算すると、平均汚泥滞留時間が 75 日と計算された。フラックスは 1m/d、流入 TOC は 100mgC/L とした。長期実験の結果、汚泥滞留時間 10 日と 30 日で運転したリアクターでは、流出水中の平均 SS はそれぞれ 1.7、2.9mg/L となり、そのほか濁度、TOC、DOC も許容範囲内におさまった。一方、汚泥滞留時間を長くした (75 日) リアクターでは、運転 80 日目以降から、濾布モジュールに目詰まりが観察され、流出水質が低下した。目詰まりが起こると、濾布モジュール内の負圧が大きくなり、汚泥が濾布を通過すること

が可能となって、流出水質が悪化したと考えられる。汚泥滞留時間を長くしたりリアクターにおける汚泥収率の最小値は、0.19kgMLSS/kgBODremoved であり、膜分離活性汚泥法 (MBR) や生物学的好気フィルター (BAF) でみられる収率とほぼ同じレベルだった。

長期実験ではさらに、異なる汚泥滞留時間で運転した場合に見られる微生物群集動態や微生物産生物質についても調査を行った。上記 3 つのリアクターについて、糸状菌の量や細胞外高分子物質、後生動物の存在を調べた。この結果、汚泥滞留時間を 10 日にコントロールしたリアクターにおいて、非常に多量の糸状菌が観察された。また、細胞外高分子物質ももっとも多く検出された。滞留時間を 10 日にコントロールしたリアクターは、もっとも流出水質が良好だったリアクターである。一方、濾布モジュールが目詰まりしたリアクターでは、MLSS 濃度が高く、糸状菌量は少なかった。また、*Pristina sp.* や *Tardigrade* などの後生動物が多く観察され、高い細胞外高分子物質濃度も観察された。fluorescence *in situ* hybridization (FISH) 法の結果から、増殖していた糸状菌の大部分は、Eikelboom の分類におけるタイプ 021N の第二群であった。

第三段階では、目の粗い濾布による固液分離を無酸素好気運転と通常的好気運転に用い、それぞれの運転において、処理性能や濾布の目詰まりと微生物群集との関係を調べた。好気運転での MLSS 濃度は、運転最後の数日で 10,000mg/L を超え、本研究を通しての最高濃度を記録した。これは、濾布モジュールの洗浄頻度を上げたためだと思われる。

糸状菌は、概して好気運転の方で多く観察された。FISH 法によると、これらの糸状菌は、運転開始から 30 日目まではタイプ 021N の第二群に属するものが大部分であった。しかし 30 日目以降は、FISH 法ではほとんど糸状菌は観察されなかった。30 日目以降に存在した糸状菌の分類は不明である。一方、無酸素好気運転で出現した糸状菌は、ほとんどが 021N の第二群に属するものであった。濾布の目詰まりは、無酸素好気運転では 65 日目から、好気運転では 70 日目から、観察された。目詰まりの程度は、無酸素好気運転における目詰まりの方がより深刻であった。

以上、目の粗い濾布を固液分離に用いた活性汚泥法を、様々な運転条件下で運転した結果、濾布の目詰まりは、重度、中度、軽度またはほとんどなしの 3 つのタイプに分類できた。重度の目詰まりは、無酸素好気運転における好気槽で用いた場合に観察され、濾布モジュールの投入後数時間で流出水質は悪化した。中度の目詰まりは、主に汚泥滞留時間を長くしたときの好気槽で観察され、濾布モジュールの投入後数日で流出水質が悪化した。目詰まりが軽度であるかほとんど起こらないときは、モジュール洗浄後数週間にわたって流出水質は安定して良好であった。このような状態は、汚泥滞留時間を 10 日または 30 日程度にコントロールしたときの好気槽で主に観察された。

糸状菌が少なく、かつ MLSS 濃度が高い状態の汚泥が、濾布目詰まりを引き起こす大きな要因であると思われる。