

2004年 1月 8日

環境・生命工学専攻	学籍番号	995022	指導教官氏名	木曾 祥秋
申請者氏名	朴 珉壽			藤江 幸一
				北田 敏廣

論文要旨(博士)

論文題目	メッシュろ過分離活性汚泥法による排水処理システムの開発に関する研究
------	-----------------------------------

(要旨 1,200字程度)

河川や湖沼、海域の有機汚濁物質については、近年改善の傾向がみられず、環境に対する有機汚濁負荷の低減が強く求められている。また湖沼、内海、内湾などの閉鎖性水域における水質汚濁は、富栄養化によるものが多く、その対策が大きな課題となっている。しかしながら、日本における下水道の普及率は65.2%(平成14年度)弱と低く、今日では水質汚濁の主たる原因が生活系排水となっている。したがって、発生源において処理を行う小規模排水処理施設や小型合併処理浄化槽の普及率は増加傾向にあり、省スペース、低コスト、および高度な処理技術の確立が求められている。

本研究では、生活系排水処理を高度化するための安定した処理水質と活性汚泥を高濃度に保持できる新たな固液分離システムの開発を目的とし、(1)活性汚泥法と同様のシステムにメッシュろ過分離法を組み合わせた連続流入-連続ろ過式の「メッシュろ過分離活性汚泥法」と、(2)回分式活性汚泥法にメッシュろ過分離法を組み合わせた「メッシュろ過一回分式活性汚泥法」の二つタイプの処理システムについて、実験的な検討を行った。なお、小規模処理施設においても有効な汚泥濃縮法の開発を目的とし、メッシュろ過による汚泥濃縮操作を回分式で行う方法についても検討を加えた。

本論文は7章より構成されており、各章は以下のようにまとめられる。

第1章では、生活系排水における生物学的処理の機能とその特徴および問題点について検討し、処理水質を改善するための重要な課題である固液分離について論じた。その課題を解決するため、近年膜分離法が開発されてきたが、複雑な設備と高いランニングコストなどが必要のため、小規模処理施設での適用が困難である。このような観点からみると、低い水位差のみでろ過が可能で、簡易な操作で高濃度の活性汚泥を保持、分離・濃縮が可能であり、膜素材やランニングコストも安価であるなどの利点を有するメッシュろ過分離活性汚泥法が提案でき、これらの特長に基づいたそれぞれの研究課題について論じた。

第2章では、メッシュろ過分離法の特性に関する基本的な知見を得るため、細孔径の異なる3種類のナイロンメッシュ(100 μ m、200 μ m、500 μ m)をろ過分離材として使用したろ過分離

モジュールを製作し、各々のメッシュろ過分離材による SS 阻止特性に関する基本的な検討を行った。

3 種類のナイロンメッシュの中では、100 μm のメッシュが最も固液分離機能が高く、ろ過開始 10 分後には、SS が 10mg/L 程度の清澄なろ過水が得られ、供給汚泥濃度にほとんど影響されずに、有効活性汚泥ダイナミック膜が形成されることが示された。Flux=0.5m/day、MLSS=10,000mg/L の条件において、水位差を 40mm 以下に維持すれば、ばっ気洗浄が有効であることが示された。長期間安定した活性汚泥ダイナミックを維持するためには、低い水位差でろ過を行うことが必要であるといえる。

第 3 章では、メッシュ分離材を使用した連続処理方式のろ過分離型反応装置を製作し、長期間連続運転による排水処理特性とろ過分離特性の検討を行った。さらに、生物学的処理の高度化を目的とし、間欠ばっ気条件での BOD・窒素同時除去特性と凝集剤添加によるリン除去特性についても検討を加えた。人工汚水 (BOD:200mg/L, T-N:50mg/L, T-P:5.7mg/L) を反応槽内 (有効容量:25L, 有効膜面積:0.11m²/unit, HRT: 4hr, 6hr) に連続的に供給した。連続/間欠ばっ気条件のいずれにおいても処理水の SS、BOD、COD は 10mg/L 以下と良好な処理特性が得られた。なお、HRT=6hr、ばっ気:無ばっ気=72:48min の間欠ばっ気条件では、最大 84% の高い窒素除去率が得られた。小規模排水処理施設では、汚水の流量・水質の変動が大きく、凝集剤を用いる場合、流入負荷の変動に伴って添加量を調整することは困難である。しかしながら、メッシュろ過分離活性汚泥法の高い固液分離特性に着目すれば、単独反応槽に添加した凝集剤は生物反応槽内に保持されるため、間欠的に凝集剤の添加によっても安定したリン除去効果が期待される。凝集剤 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$ を添加することによるリン除去特性では、MLSS 濃度が 5,900~12,300mg/L の範囲で不規則に変化しても、膜閉塞が生じず、水位差約 5mm を維持し、安定した汚泥分離が可能で、凝集剤の添加比を Al/P=2.5 とした場合、1 日の平均除去率は 85.2% であった。

第 4 章では、メッシュ状のろ過分離材の固液分離特性に着目し、小規模な浄化槽においても有効な汚泥濃縮法を開発することを目的とした。しかし、汚泥濃縮を目的とする場合、濃縮汚泥濃度は従来のろ過分離活性汚泥法に比べて高く、流動性が著しく低下することが考えられるため、連続ろ過操作は困難である。また、小規模な排水処理施設においては簡易な装置および操作が重要であると考え、メッシュろ過による汚泥濃縮操作を回分式で行う方法について検討を行った。ここでは、重力濃縮とろ過を併用するタイプの濃縮装置を作製し、活性汚泥の分離濃縮特性について、メッシュの目開き (100 μm 、200 μm 、500 μm)、ろ過時間、汚泥濃縮率、ろ過分離水の水質等に及ぼす供給汚泥濃度 (3,000~9,000mg/L) の影響について実験的検討を行った。いずれのメッシュにおいても 6~7 時間で、初期 SS 濃度が 3,000mg/L の場合は 15~20 倍、9,000mg/L では 8~9 倍に濃縮することができた。ろ過分離開始直後の流

出水では多くの SS を含んでいるが、100 μm と 200 μm のメッシュの場合では、ろ過開始 5 分後の平均 SS は 7mg/L 以下となり、直接放流することも可能であると考えられる。汚泥回収率も供給汚泥の SS が 9,000mg/L では 97%以上であり、供給汚泥濃度が高い方がより効率的に濃縮を行うことが示された。

第 5 章では、汚泥分離を回分式で行う方法の有効性が前章で示されたことに基づき、回分式活性汚泥法 (SBR) にメッシュろ過を組み合わせたシステムを提案し、基礎的な処理特性について実験的検討を行った。ばっ気条件 (連続と間欠ばっ気)、HRT (24hr、16hr、12hr)、流入原水 (人工汚水と実排水) などを変化させて、本システムにおける安定した処理を可能とするための操作条件を明らかにすることを目的とした。人工汚水を用いた場合、連続と間欠ばっ気条件では処理水の SS、BOD、COD の平均値はすべて 10mg/L 未満で清澄で良好な水質が得られたが、間欠ばっ気条件でのろ過時間が連続ばっ気条件より長くなる傾向が見られた。実排水の処理特性においては、実際の排水中に含まれる繊維状物質等を前処理として 100 μm のメッシュでろ過し反応槽に供給した場合には、安定したろ過時間と良好な処理水質が得られ、実際生活排水処理への適用可能性が示された。

第 6 章では、反応槽内で流動する汚泥からの細胞外ポリマー (Exocellular Polymer: ECP) が付着汚泥層の水透過特性に影響を及ぼす因子の一つと考え、前章に述べた処理実験における種々の条件における活性汚泥および付着汚泥層の ECP が水透過性に及ぼす影響を検討した。槽内水の pH が増加すると、流動汚泥中の ECP 中の糖類含有量が減少し、このとき付着汚泥層のろ過抵抗は増加する傾向が見られた。これは、ECP 中の糖類含有量の減少により、汚泥間の結合力が弱くなり、汚泥ブロックが微細化して付着汚泥層を緻密化するためと考えられる。また、間欠ばっ気条件では連続ばっ気条件の運転に比べて、ろ過時間が長くなる傾向が示されたが、間欠ばっ気条件での ECP (糖 + タンパク質) 量は、連続ばっ気条件時より著しく少ないことが示された。間欠ばっ気条件によるろ過速度の低下も、流動汚泥中の ECP (糖 + タンパク質) 量と相関関係あることが指摘された。また、膜閉塞時に形成されたメッシュ上のゲル層のろ過抵抗も、ECP (糖 + タンパク質) 量と強い相関関係が認められ、ECP は付着汚泥層の透水性を支配する因子であると考えられる。

第 7 章では、本研究に得られた結果と今後の課題についてまとめた。