

氏名	Lee	Yong	Doo
	李	容	斗
授与学位	博士（工学）		
学位授与年月日	平成4年3月27日		
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第1項		
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻		
学位論文題目	高分子凝集剤による上水汚泥の固液分離に関する研究		
指導教官	東北大学教授 佐藤 敦久		
論文審査委員	東北大学教授 佐藤 敦久	東北大学教授 須藤 隆一	
	東北大学教授 柳澤 栄司	東北大学教授 野池 達也	

論 文 内 容 要 旨

現在、浄水システムはほとんどが急速砂ろ過であり、水資源が悪くなりつつ、高速凝集沈殿による水酸化物を多く含む多量の上水汚泥が発生している。浄水場の沈殿池汚泥、急速ろ過池の逆流洗浄排水および浄水場内の雑排水として排出される上水汚泥は1970年より施行された「水質汚濁防止法」（1976年一部改正）あるいは「廃棄物の処理および清掃に関する法律」等によって規制されることになり、その処理処分が余儀なくされた。すなわち、水質汚濁防止法の特定施設の指定で人の健康を害する物質や濁度成分など生活環境に関わる被害を生ずる恐れのあるものは排出することが制限され、廃棄物の処理および清掃に関する法律において上水汚泥は他の産業廃棄物とともに産業廃棄物としての取扱いがなされ、少なくとも含水率を85%以下に処理して処分することが義務づけられた。これによって、上水汚泥は公害発生源としての可能性をもったことになり、汚泥の含水率を低下させるための処理をして安全な形で浄水場外に処分する必要に迫られたわけである。ところで上水汚泥はそのほとんどが原水中に含まれる懸濁粒子と凝集剤に由来する水酸化アルミニウムから成る凝集体であり、非常に脱水の困難な汚泥となっている。また、水道水源として利用している公共水域の水質汚濁の進行、特に湖沼・ダム湖などの富栄養化により微生物や藻類などの有機物が混入し、いっそう難脱水性に拍車をかけ、各浄水場ではこの上水汚泥の処理に苦慮している。

法律の施行により各浄水場では上水汚濁処理のためいろいろな処理施設を導入してきたが、それから約20年経過しており、現在それらを見直す時期にきているといわれている。つまり、上水汚泥

の処理施設は維持管理時代に入って、これからは運用上の効率化をはかるべく省エネルギーや経済性を重視していかなければならない。

一方、最近「飲む水」や「安全な水」から「おいしい水」へと住民の要求が高まっており、各浄水場では高度処理装置の設置が迫られていて、その浄水プロセスが変化してきており、浄水・排水プロセスのより合理的な運用が望まれている。そのため、その分汚泥処理のコストダウンが必要となってきた。

有機系の高分子凝集剤（以下本論文ではポリマーという）は、懸濁液に少量添加するだけで強じんなブロックを形成し、ブロックの沈降速度が大きく、汚泥量が減少し汚泥の脱水性がよくなることが知られている。日本では紙パルプ工業や化学工業等の工場排水処理や下水汚泥処理などの汚泥調質に多用され、汚泥の低含水率化に多いに役立っている。

上水道において、日本ではポリマーに微量だけ残存するモノマーの毒性の問題があり、現在浄水工程において使用されていないが米国では多く使われている。今後日本においてもポリマーは、主凝集剤、凝集助剤、ろ過助剤、汚泥調整剤として使用の増加が見込まれていくであろうが、毒性の見地から考えれば汚泥調整剤としての使用がもっとも期待され、上水汚泥の脱水性の向上、処理コストの低減が見込まれる。

しかし、調質プロセスにおけるポリマーの最適注入量を自動制御することは最大の問題点として残っており、従来調質状態を制御することはできず、脱水されたケーキの濃度と処理能力を評価することによりポリマー注入量を制御してきた。また、調質時の残留ポリマーと脱水性の関係は五十嵐ら¹が尿処理汚泥を用いた場合の報告があるが、未だ明らかになっていない。調質時にポリマーの注入量によっては、ろ液中にポリマーが残留することがある。ポリマーを含んだ処理水が処理場外あるいは返流水として水処理に返流された場合、環境汚染また処理プロセスに悪影響をおよぼすことが考えられる。したがって、調質時のポリマー注入量をろ液中にポリマーが残留しない状態で最良の脱水性を表す時点を求める必要があり、そのためには調質汚泥中の残留ポリマーと脱水性の関係を明らかにする必要がある。残留ポリマーの定量法としてはコロイド滴定、ゲルパーメイションクロマトグラフを用いる方法、ルミネッセンス滴定法などの種々の方法があるが、いずれも試料によって感度が低いこと、測定時間が長いこと、オンライン計測が不可能であることなどの問題点がある。

一方、調質時にポリマー注入量は重要な因子であるが、その他に攪拌条件、汚泥性状も調質効果に大きな影響を与え、結果として最適ポリマー注入量は条件により変化すると思われるが、それに対する研究例は少ない。従来、ジャーテストのような非常に低攪拌強度を与えて最適ポリマー注入量あるいは最適ポリマーの選定を行ってきたがその妥当性に根拠がない。また一方、調質時の脱水性改善効果の指標はCST値により評価したが、これが実際のプロセスに対してそのまま適用していいのかが疑問である。

そこで本研究は、高分子凝集剤による上水汚泥の調質機構を明らかにし、調質・脱水プロセスの効率化を図ることを目的とした。そのため流動誘導電位法を発展させ適性な薬注システムの開発を目指してその可能性を検討し、調質時の攪拌条件による調質機構を明らかにした。また調質された

汚泥がどのような脱水圧力領域で最も効率的に脱水されるかを明確にすることにより調質汚泥の最適脱水プロセスを検証した。

以上のことにより高分子凝集剤による上水汚泥の固液分離性について評価を行った。

本論文は以下の6章から構成されている。

第1章「総論」では本研究の背景および目的についてのべた。

第2章「高分子凝集剤の特性と既往の研究」では実際水処理に使われている凝集剤の種類と構造による凝集機構と特性を調査して問題を提起し、研究課題を整理した。

第3章「流動誘導電位器による最適ポリマー注入量の検討」では、調質時における最大の問題である最適ポリマー注入量の決定方法を求めるため、従来コロイド滴定での終点の検出することのみを用いられていた流動誘導電位法をさらに発展させ、調質時の間隙水中の流動誘導電位より直接残留ポリマーの検出ができる測定法を開発した。この残留ポリマー測定の方法を用い、連続流れによる流動誘導電位の特性を検討し、調質時の最適化制御のためオンライン計測システムの可能性を明らかにした。

第4章「汚泥調質の機構と脱水特性」では、調質プロセスにおける最適攪拌条件と調質機構を検討した。従来の調質時における最適ポリマー注入量を決定するとき、ジャーテストのような非常に低攪拌強度を与えて行って来たが、その妥当性は疑問であるため、調質時における重要な操作因子である攪拌強度と時間およびポリマー濃度を変数とし、調質汚泥のフロックの物性を重力脱水レベルでの脱水性に及ぼす影響と、攪拌時での残留ポリマーの挙動およびフロックの破壊に対する脱水性の変化について評価を行い、調質時の最適攪拌条件を明らかにした。また、汚泥濃度と攪拌槽の滞留時間に関する Gt 値に注目し、 G と t の割合と脱水性の関係を検討し、 G と t の割合の最適範囲を明らかにすること、 Gt とポリマー注入量の関係を検討した。

第5章「調質汚泥の固液分離特性」では、3、4章までに調質方法を検討したが、そのときの脱水性改善効果の指標は CST 値である。これが実際の脱水プロセスに対してそのまま適用していいのかが疑問であるため、調質汚泥の圧力に対する脱水特性の変化を定率ひずみ圧縮実験により検討し、調質汚泥は圧縮性に比較し透水性の改善に著しい効果が認められ、特に低い圧力レベルでの脱水性の改善に著しい効果が見られることを定量的に明らかにした。また、定圧と模擬ベルトプレスで調質汚泥を脱水した場合、一般にベルトプレスの脱水性が良好であるが、最適に調質された汚泥では定圧脱水とベルトプレスのような変圧脱水の差は小さくなることが知れた。この時に、攪拌条件を変えて調質を行うと脱水性にも影響を及ぼすことから最適な調質方法は、脱水時にかかる圧力によっても影響されることが示された。またポリマー種類も脱水方法と密接な関係があることが明らかになった。

第6章は「総括及び結論」である。

審査結果の要旨

固液分離の困難な汚泥の脱水性を改善するために行われる有機高分子凝集剤による汚泥調質を効率的に行うには、最適薬注制御と脱水性の把握が不可欠である。本論文は、上水汚泥、下水汚泥およびカオリン汚泥を用いて、調質過程での凝集制御と攪拌操作による脱水性の変化および高圧脱水における固液分離性について実験的検討を行い、これらの結果より調質過程のオンライン計測の可能性と調質フロックの固液分離性について評価したもので、全編6章よりなる。

第1章は総論で本研究の背景と目的について述べている。

第2章では既往の研究を整理している。

第3章では、流動誘導電位計を用いて、汚泥調質時の残留ポリマーの定量法を開発し、調質工程でのオンライン計測および制御の可能性を示している。これは今後の各種汚泥の調質の最適制御を行う上で重要な成果である。

第4章では調質時の攪拌操作が脱水特性に与える影響を評価し、攪拌強度 G 、攪拌時間 t および汚泥濃度 C による攪拌操作と脱水操作の妥当性を検討し、調質工程での操作に関する多くの知見を得ている。

第5章では調質汚泥の高圧条件下での脱水特性を詳細に検討するとともに模擬ベルトプレス脱水実験を行って調質汚泥の脱水操作条件に関して重要な知見を得ている。

第6章は総括および結論である。

以上、要するに本論文は、有機高分子凝集剤による汚泥の調質工程での凝集条件およびオンライン計測・制御と固液分離性を評価するとともに汚泥の脱水に関して基礎および応用に有用な指針を示したもので水道工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。