

氏 名	大 隅 欣 一 おお すみ きん いち
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 780 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	下水汚泥熱処理プロセスの設計に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 平 岡 正 勝 教 授 岩 井 重 久 教 授 末 石 富 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、わが国で始めて、熱処理プロセスを下水汚泥処理に適用し、パイロットプラントによる基礎実験から、泉北ニュータウンの下水処理場における熱処理プラントの設計、運転実験、問題点の改良を行い、下水汚泥の合理的処理プロセスの設計法の確立に至る研究成果を記述したもので、6章からなっている。

第1章は序論である。まず、熱処理法の諸外国における研究と実用化の状況について概述し、著者がわが国の下水汚泥に熱処理プロセスを適用した経過と現在のわが国の下水汚泥処理法の問題点をまとめて指摘している。

第2章は汚泥の熱処理法に関する基礎実験について述べたものである。パイロットプラントによる熱処理実験を正雀下水処理場および泉北下水処理場の初沈汚泥、余剰汚泥、消化槽汚泥およびこれらの混合汚泥、さらにし尿消化汚泥と混合したものについて、熱処理温度、熱処理時間を変えて行い、熱処理条件によるそれぞれの汚泥の沈降特性、脱水性、分離液の諸性質の変化を研究した。さらに熱処理分離液の活性汚泥処理実験を行った。

第3章は、正雀および泉北下水処理場の実施設計と建設の経過および運転結果について記述したものである。第2章の基礎実験に基づいて、熱処理プロセスに組合わせる予定の焼却プロセスをも含めて、下水汚泥処理プロセスのトータルシステムについての基本的考え方を明らかにし、一年間にわたる実プラントの運転実験の結果、明らかになった諸問題点を記述している。

第4章は、第3章で明らかになった問題点の解明とプロセスの改良による問題点の解決に関する諸研究について記述したものである。その1は、分離液の処理に関する実プラントを使った実験方法と結果を述べたもので、分離液の処理時間および汚泥返送率を種々変えた三種の方法について実験を行い、分離液の最適処理プロセスに関する基本的概念を明らかにし、処理法を確立した。

その2は、臭気対策に関するもので、触媒燃法とオゾン処理法による脱臭実験研究と、悪臭成分のガス

クロマトグラフによる分析結果について述べ、脱臭効果の解析と両法の経済比較を行い、オゾン処理法を採用した経過について記述している。

その3は熱交換器の改良について述べたもので、高温側に生じた腐蝕と摩耗の原因究明に関する詳細な研究経過と間接式熱交換方式の採用と運転の結果、良好な結果が得られ、熱交換器について生じた諸問題は殆ど解決できた事を示している。

第5章は汚泥の熱処理プロセスと焼却プロセスとを組合わせたクローズドシステムに対する考え方と設計について記述したものである。熱処理汚泥の熱却実験を、流動層炉と固定炉を用いて行い、熱収支計算により、汚泥の発熱量を熱却炉のボイラーで回収すれば、熱処理プロセスの熱源の70%をまかなえることを示している。

第6章は結論で、第1章より第5章迄の研究成果を要約して記述し、従来の薬注法とのコスト計算による比較を行い、わが国の下水汚泥処理における、熱処理プロセスの意義と今後の展望について見解を示している。

論文審査の結果の要旨

下水道の整備が進むにつれて、下水処理場において発生する下水汚泥の処理・処分が重要な問題となってきた。下水汚泥は地域の特性によって、その組成も若干異なるが、親水性コロイド組織の内部に多量の水分を含んでいるため、機械的脱水操作が極めて困難であり、多くの処理場において、下水汚泥乾燥重量に対して、濾過助剤として塩化第二鉄数%、消石灰20~30%混入することにより、水分75~80%迄脱水後、埋立処分あるいは熱却処理を経て埋立処分されているのが現状である。汚泥の熱処理プロセスとは、汚泥の加熱により、粒子の熱凝集、蛋白質の熱変性、ゲル構造の崩壊による内部水分の分離および有機物の加水分解による可溶性等の諸反応が進行して、汚泥から水分が分離される現象を利用して、汚泥の沈降分離性および脱水性を改善しようとするものである。これらの現象は古くから知られており、1911年に英国において試みられたのが最初であるが、本格的に下水汚泥処理への実用化が欧米諸国で試みられたのは1965年頃よりであった。本論文は、熱処理法を始めてわが国の下水汚泥処理に適用し、パイロットプラントによる基礎実験より、泉北ニュータウン下水処理場における熱処理プロセスの設計、建設、運転、問題点の改良、さらに焼却プロセスを組入れた合理的な汚泥処理プロセスの設計に至る諸研究の成果をまとめたものである。なお、泉北ニュータウンの熱処理プラントは、昭和45年より48年迄行われた土木学会の「下水汚泥の処理・処分」に関する研究プロジェクトのモデルプラントの一つに指定され、本論文の中心部分は、実規模プラントによる全国的な総合実験研究の一環として行われたものである。著者の得た主な結果を要約すれば、次の通りである。

(1) 初沈汚泥、余剰汚泥、消化汚泥およびこれらの混合汚泥の熱処理実験を行って、これら汚泥の熱処理条件による沈降特性、脱水性の違いを明らかにし、さらに熱処理温度、熱処理時間には、脱水汚泥の含水率、脱離液の生物処理への負荷、処理液の着色等の諸条件より、生物処理および焼却プロセスとの関連において最適条件が存在することを明らかにし、基礎実験および実プラント実験より、熱処理温度 180~200℃、熱処理時間30~45分を最適操作条件範囲として採用した。

(2) 熱処理分離液は BOD_5 値が約 $7000 \sim 8000 \text{ mg} / \ell$ と高く、全下水処理量に対して 0.5% の量である。分離液処理時間と返送汚泥の返送率を種々変化させて生物処理実験を行った結果、分離液は返送汚泥 300% を加えて希釈、 24 時間曝気処理した後、流入下水と混合し、通常のステップエアレーション法により処理する方法が最適であることを、生物処理機構との関連による考察より明らかにし、この方法の採用により、放流水に若干の着色が認められるが、放流水の BOD_5 値を $10 \text{ mg} / \ell$ 以下に保つことが可能であることを実験的に確めた。

(3) 実プラントによる一年間の長期運転実験により、基礎実験では予測されなかった、熱交換器の高温側に摩耗および腐蝕が起こることが明らかにされた。著者は熱交換器から反応塔に至る間の温度および圧力分布を詳細に測定し、熱交換器内の圧力変動による反応液の蒸発、凝縮が腐蝕の原因と推定し、これらの要因と有機物の管壁への付着、焼付を避けるため、汚泥—汚泥二重管熱交換方式を、高温汚泥（内管）—水（外管）および汚泥（内管）—高温水（外管）の二基の熱交換器の水側を閉回路にする熱交換方式に変え、さらに圧力のクッションタンクを連結することにより、熱交換器で生じた問題点を殆ど解決した。

(4) 熱処理に伴う悪臭対策として、触媒燃焼法とオゾン処理法の実験を行い、さらにガスクロマトグラフによる悪臭成分の分析により両法の有効性の確認と経済性の比較検討を行い、オゾン処理法を採用した。

(5) 熱処理汚泥の焼却実験を行い、実験結果と熱収支計算により、焼却炉に廃熱回収ボイラーを設置することにより、汚泥の発熱量を熱処理の熱源の約 70% 迄回收利用できることを明らかにし、熱処理プロセスと焼却プロセスとを組み合わせることにより、汚泥処理の合理的プロセスを設計できることを示した。

以上を要するに、本論文は、熱処理プロセスをわが国の下水汚泥に適用した際の諸問題点を、基礎実験および実プラントの長期実験によって明らかにし、これらの問題点を一つずつ克服することによって、わが国の下水汚泥処理における熱処理プロセスの意義と有効性を明らかにし、今後の下水汚泥処理プロセスの合理的設計への指針を確立したもので、合流式下水汚泥への適用性、分離液の処理等になお検討の余地が残されているが、学術上ならびに實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。