

氏名(本籍)	大 沼 正 郎 (富山県)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 2 5 1 号
学位授与年月日	昭和 4 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科専門課程	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	活性汚泥法による有機性廃液の処理に関する基礎的研究
	(主査)
論文審査委員	教授 松本順一郎 教授 河上 房義 教授 岩崎 敏夫 教授 前田 四郎

論 文 内 容 要 旨

活性汚泥法による有機性廃液の処理に関する処理系統は流系の組合せから構成されていて、その系内において、生物化学反応が営なまれている。従って、活性汚泥法により有機性廃液の処理をするには、系内における流動特性(流体の挙動)および活性汚泥の代謝特性(活性汚泥法の浄化反応理論)、これら兩者について研究をし、兩者間の有機的関連性を検討しなければならない。従来、これらは個別的にある程度検討されているが、兩者間の有機的関連性はほとんど検討されていない。従って、折角の研究成果が活性汚泥法の設計や管理にあまり利用されず、経験的根拠により、これらをおこなっている場合が多い。

本研究では、活性汚泥法により有機性廃液を処理する場合、本法の中心的役割をする曝気槽内の流動特性と活性汚泥の代謝特性について精細に研究をし、兩者間の有機的関連性を十分検討し、これらの結果を本法の設計や管理に役立せようとするものである。

第1章では、本研究の総論を記述した。本章では、研究の目的と概要を記述した。

第2章では、従来の研究者の成果を検討した。本章では、内外の文献を検討し、活性汚泥法により有機性廃液を処理する場合の問題点を提起した。活性汚泥法の代謝特性に影響を与える因子のうち、pH、酸素、温度、その他の因子をとりあげ検討した。活性汚泥法の処理効果を検討する指標として、曝気時間、BOD汚泥負荷、BOD容積負荷、その他の指標をとりあげ検討した。

第3章では、活性汚泥法の浄化反応理論について検討をした。本章の内容を2つに分類した。第1のものは、活性汚泥の有機物除去を数式でモデル的表現をしようとしたものと、第2のものは、活性汚泥の代謝特性に影響を与える因子をいくつかとりあげ、これらについて検討を加えたものに分類した。前者については、最初基質としてインスタントミルクを使い、回分試験を行なった。この実験結果から、活性汚泥の有機物除去についてモデル的表現をおこなう為に、1相説と2相説を比較検討した。その結果、特殊な活性汚泥法の場合を除くと、これは2相説のうち減衰増殖相で行なわれていると理解して十分であることがわかった。次に基質を下水、と場廃液、希釈し尿消化槽脱離液、豚ふん尿等、実際の有機性廃液を使って回分試験を行ない、BOD除去速度定数をもとめた。後者については、基質として希釈し尿消化槽脱離液を使って回分試験をした活性汚泥について、主としてワールブルグ検圧計を使って、0C、pHおよび温度が活性汚泥の代謝特性に与える影響を検討した。この結果から、活性汚泥の代謝特性に与える影響に関しては、pHと温度によるものが顕著であるが、0Cによるものはあまり認められなかった。

第4章では、デルタ応答法を使って、室内実験を中心に曝気槽内の流れ方向の流動特性を検討した。最初、室内実験を中心に、曝気時間および0Cが曝気槽内の流動特性に与える影響を検討した。これらの実験結果から、曝気槽内の流動特性はセルモデルで表現することが最も妥当であることがわかった。次に、実際の処理施設の曝気槽の流動特性をモデル的表現をすることを検討した。この結果、現段階ではセルモデルを使ってそれを表現することが妥当であることがわかった。

第5章では、下記状態の場合について、活性汚泥法の浄化指標と処理効率とを関連させ、これらを室内実験を中心に検討した。

- 1) 曝気槽内において、流体は完全混合している。
- 2) 曝気槽内において、酸素供給および攪拌は十分におこなわれている。
- 3) 曝気槽内において、活性汚泥による有機物除去は2相説のうち減衰増殖相でおこなわれている。

以上の状態において、標準式活性汚泥法のBOD除去率は式(1)のように示されることがわかった。

$$\text{BOD除去率} = 100 \left\{ 1 - \frac{1}{(1+r)(1+K T')^n - r} \right\} \dots\dots(1)$$

r : 返送比

K : BOD除去速度定数

T' : 曝気時間

n : セル数 (完全混合 n = 1)

浄化指標として、曝気時間、MLSS、BOD容積負荷、BOD容積負荷を主にとりあげ、これらと処理効率の関係を検討した。式(1)と実験結果から、処理効率を推定する指標として最も適当なものは、曝気時間とMLSSの積であることがわかった。従来いわれているように、処理効率はBOD汚泥負荷からのみ一元的に推定できないことがわかった。また、BOD容積負荷に関しては、これが必ずしも適当な指標ではないことがわかった。

また、活性汚泥法で有機性廃液を処理する場合、放流水BODをある値以下に処理することが困難となる値があり、希釈し尿消化槽脱離液の場合、これが10ppm前後となることがわかった。

第6章では、室内実験と実際の処理施設での現場測定を中心にして、活性汚泥法による有機性廃液を処理する場合について検討をした。前者では、標準式活性汚泥法とステップエアーレーション式活性汚泥法に関して、曝気槽内の流動特性を実際の処理施設のものに近づけるようにして検討した。すなわち、標準式活性汚泥法では、曝気槽を1または3枚の仕切板で等容積になるように仕切り、セルモデルを使ってその流動特性を表現できるようにした。ステップエアーレーション式活性汚泥法では、曝気槽を1枚の仕切板で等容積になるように仕切り、それぞれ仕切った曝気槽に等量の有機性廃液を流入させた。その他の曝気槽の状態に関しては、第5章のものと等しくした。また、有機性廃液として両者とも希釈し尿消化槽脱離液を処理した。後者では、希釈し尿消化槽脱離液とと場廃液を処理している処理施設について検討をした。

以上の状態では、標準式活性汚泥法のBOD除去率は式(1)、ステップエアーレーション式活性汚泥法のは式(2)のように示されることがわかった。

$$\text{BOD除去率} = 100 \cdot (1 - R) \dots\dots\dots(2)$$

$$R = \frac{1}{n(1+r)} \left\{ \frac{1}{(1+K_n T_n)^{m/n}} + \frac{1}{(1+K_n T_n)^{m/n} (1+K_{n-1} T_{n-1})^{m/n}} + \dots\dots \right. \\ \left. + \frac{1}{(1+K_n T_n)^{m/n} \dots (1+K_1 T_1)^{m/n}} \right\} + \frac{r}{(1+r)} \left\{ \frac{R}{(1+K_n T_n)^{m/n} \dots (1+K_1 T_1)^{m/n}} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

R	: BOD残存比	m	: 完全混合槽数
r	: 返送比	K_n	: BOD除去速度定数
n	: 分注点数	T_n	: ステップエアーレーション曝気時間

最初に、ステップエアーレーション式活性汚泥法と標準式活性汚泥法の曝気槽内におけるBODの挙動について検討をした。また、実際の処理施設では、分注点の個数はたかだか4個までであり、BOD除去率も70%以上は期待できるとし、この範囲で両者を比較した。この結果から、放流水のBODに関して、前者のものが後者のものより高いことがわかった。また前者では、曝気槽を流下するに従ってBODは高くなるが、後者ではそれは次第に低くなることがわかった。活性汚泥に対する負荷に関して検討をすると、前者のものが後者のものより均一であるために、前者の活性汚泥は後者のものより安定していることがわかった。

室内実験の結果から、曝気槽内の流動特性、BOD除去速度定数および曝気時間とMLSSの積から、活性汚泥法の処理効率が推定できることがわかった。また、現場測定からも、これと同様な結果が得られた。最後に処理効率を推測する簡便法として、図式解法を提案した。

第7章では、本研究の総括および結論を記述した。本研究の結果から、以下に示す結論が得られた。

- 1) 活性汚泥の有機物除去は、2相説のうち減衰増殖相でおこなわれ、しかもそれはpHおよび温度に影響されることが大きく、OCに影響されることは少ないことがわかった。
- 2) 現在のところ、曝気槽内の流動特性はセルモデルを使って表現することが最も妥当であることがわかった。
- 3) 活性汚泥法により有機性廃液を処理する場合、処理効率は曝気槽内の流動特性、BOD除去速度定数および曝気時間とMLSSの積から推定できることがわかった。
- 4) 処理効率を推定する指標として、曝気時間とMLSSの積が最適であり、BOD容積負荷は必ずしも良好な指標でないことがわかった。
- 5) 活性汚泥法で有機性廃液を処理する場合、放流水BODをある一定値以下にすることが困難となる値があり、希釈し尿消化槽脱離液の場合、これが10ppm前後であることがわかった。
- 6) ステップエアーレーション式活性汚泥法と標準式活性汚泥法に関して、両者はそれぞれ特徴もっているので、曝気槽の型式を選択するには、細心の注意が必要であることがわかった。

審査結果の要旨

活性汚泥法は有機性廃液の最も基本的処理法であり、わが国においても広く用いられている。活性汚泥法の実施方式としては標準法のはかに種々の変法があるにも拘らず、複雑で微妙な浄化機能については、学術的にみて組織的な解明が未だなされていない。本論文は、曝気槽内流体の混合特性と活性汚泥の代謝特性について精細に研究し、更に進んで両者の有機的関連性に基づいて浄化機能を解明したもので、7章よりなる。

第1章は総論である。第2章では従来の研究を概観し、これに対する考察を行なっている。

第3章は活性汚泥法の浄化反応理論に関する研究であり、BOD除去は2相説で表現するのが妥当であることを示し、更にpH、水温、OC(酸素供給能)などが活性汚泥の活性度に及ぼす影響を明らかにしている。

第4章は曝気槽における流体の挙動に関する研究である。混合モデルとして拡散モデルとセルモデルを用い、デルタ応答法によって検討し、セルモデルが混合モデルとして妥当であることを明らかにしている。

第5章では曝気槽内流体が完全混合している場合の浄化効率と種々の浄化指標の関係について検討している。その結果、著者は曝気時間とMLSS(曝気槽混合液浮遊物質濃度)の積が浄化効率を推定する指標として最適であることを明らかにしているが、これは第6章での研究の基礎となる重要な知見である。

第6章は曝気槽がn個の完全混合槽(セル)よりなる場合の浄化効果に関する研究であり、本研究の核心である。著者はまず、実用範囲では標準法が、ステップエアーレーション法より浄化効率が高く、すぐれていることを明らかにしている。次に回分試験によりBOD除去速度定数を知れば、標準法の浄化効率を曝気時間とMLSSの積および槽数nによって推定できること、および曝気槽が完全混合している場合を基礎にして容積効率から浄化指標を求めうることを明らかにしている。またステップエアーレーション法の浄化効率は、任意の完全混合槽の曝気時間とMLSSの積および槽数nによって推定できることを示している。更に回分試験からえたBOD除去速度線図を基にして、浄化効率を求める簡易な図式解法を提案している。これらは活性汚泥法の浄化機能を解明する上で極めて重要な知見である。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、不明確な点が多かった活性汚泥法の浄化機能を、流体の流動特性と微生物の代謝特性を有機的に関連させて解明したものであって、衛生工学上貢献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合格と認める。