

氏 名	北 尾 高 嶺
	きた お たか ね
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 182 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 衛 生 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	活性汚泥法の浄化機構と浄化機能とに関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 岩 井 重 久 教 授 合 田 健 教 授 高 松 武 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、有機性汚水の処理法として現在最も広く用いられている活性汚泥法の、曝気槽内での微生物反応による汚水浄化の機構に関して、基礎的ならびに実証的な研究を行ない、これに基づいてこの処理法の浄化機能を論じたものであって、まえがき、七章および結語からなっている。

第一章においては、活性汚泥法に関する技術的ならびに理論的な発展の過程を概観し、この処理法が過去においてどのような目的を指向しながら現在にいたったかを明らかにした。またとくに、比較的近年における活性汚泥法の研究と技術との発展の動向についてやや詳細に展望し、現在におけるその研究上の中心課題を明示し、本論文の対象範囲とその意義および目的について述べている。

第二章以下第六章までが本論文の主要部であるが、これは大別して三つの部分に分けることができる。すなわち、第二章から第四章までにおいては、活性汚泥微生物に対する外的要因としての種々の環境因子のうちで、基質の濃度とその組成とに注目し、これらが活性汚泥の微生物反応に及ぼす影響について検討し、活性汚泥による汚水の浄化機構の一端を究明し、その結果を実験式的に表示することを試みた。一方、第五章では活性汚泥微生物の内的要因に着目し、活性汚泥の化学的組成と活性度との定量的な関係の把握を中心として種々の問題点を解明し、また第六章では本論文において得られた主要な成果が、実際の処理装置の機能を予測する際にどの程度に適用し得るかを実証的に検討している。

まず第二章においてはBODのような総括的な汚濁指標を用いて浄化機構の数式的表示を試みた従来の研究を批判し、問題とされる諸点を指摘した。すなわち、活性汚泥曝気槽内での基質濃度は、基質の除去速度がその濃度に関して必ずしも一次反応または零次反応であるとみなし得るような濃度領域にあるとは限らないので、この両者を包含し得るような Monod 式を反応式として適用することが妥当であり、しかも数種の基質の混合液に対する総括的除去速度は、個々の基質の除去速度の和として示されるべきであると述べた。また、こうした課題を追究するための基礎的研究として、汚水中の BOD 物質を構成する個々の有機化合物の除去機構を明らかにし、それを基礎として一般的に多数の基質が共存する場合の浄化機構

を推論した。その結果、通常の基質の場合は、Monod の基質除去式に含まれる飽和定数は非常に小さくなるので、単一の基質を多量に含む汚水では、その基質除去過程は基質濃度に関して示されること、二種以上の基質を含む廃水では、浄化の進行に伴う基質の組成変化が浄化速度に安して支配的な影響を与えること、さらにまた多種多様な基質を含む廃水の浄化過程を総括的な汚濁指標の関数として数式的に表わす場合には、基質の量的な因子（すなわち基質濃度）だけの関数として浄化速度を表わすことには疑問があり、質的な因子に対する考慮として、浄化速度中のパラメータの時間的変化を数式中に組み込む必要があることなどを指摘した。また同時に、基質濃度が浄化速度に与える影響を知る上で目やすとなるパラメータとしての飽和定数を実験的に定めるために、基質除去に伴って消費された酸素量からこれらを推定する方法を示した。

第三章においては、第二章で得られた結論に基づき、種々雑多な有機物を含む汚水の浄化過程を数式的に表示しようと試みた。すなわち、本来単一の基質を含む培地中での基質濃度と基質除去速度の関係式として示された Monod 式を、種々雑多な基質を含む汚水に対して適用するためには、どのような補正が必要であるかを知ろうとした。そのために基質除去速度を支配する因子として、基質の組成が浄化速度に与える影響と基質濃度が浄化速度に与える影響を分離して把握し、それらを実験式的に表示しようとした。その結果、基質組成の影響としては、基質の最大除去速度（基質濃度が十分に大きいときの基質除去速度）は基質の除去率の関数として示されること、また基質濃度の影響に関しては、種々雑多な基質からなる汚水においては、見かけの飽和定数が単一の基質のそれよりもはるかに大きくなるので、基質濃度の浄化速度に対する影響は無視し得ないことをそれぞれ明らかにし、それらの結果を総合して筆者独自の浄化反応式を提示した。しかし、飽和定数を基質の除去率の関数として表わすことは、実験精度上の限界があるために、本研究ではその平均値をもって代表させるに留め、その値の時間的変化を把握するには至らなかった。

第四章では、活性汚泥による汚濁物質の生物吸着に関して研究し、そのうちでもとくに問題となる溶解性汚濁物質の生物吸着現象について論じている。ここでは、まず生物化学分野において行なわれた多くの研究を精査考察した結果、活性汚泥生物による生物吸着は生物学ないしは生物化学的な反応を必ず伴う現象であり、基質の初期除去の反応においてさえも、生物体内に取り込まれた基質の大部分は酵素反応によってただちになんらかの変化を受けた状態で貯蔵されるので、基質の初期除去もその後に行なわれる基質除去と本質的には差異がないという見解を述べた。また、その実験的な証明として、活性汚泥と基質とを接触させた際の別期における基質の除去過程が、従来の生物吸着に関して示された一、二の反応式よりも、第三章で筆者が提示した基質除去式によってより合理的に表わされることを示している。さらに、液相から生物体内へ基質が輸送される際の基質除去速度は、活性汚泥フロック表面の液境膜での基質の拡散抵抗には支配されず、活性汚泥生物の細胞膜を基質が透過する速度によってほぼ律速されることを明らかにしている。

第五章の前半においては、活性汚泥の活性度をその組成によって定量的に表わすことを中心課題として、活性汚泥の窒素含有率と活性度の間にはほぼ比例関係が認められ、活性汚泥の活性部分量を示す間接的な指標として、活性汚泥中に含まれている窒素量を用い得ることを示している。また、活性汚泥のりん

含有率と活性度の関係についても実験的検討を進め、両者に相関関係は認められるが比例関係は認められず、活性汚泥中のりんの量で活性部分を代表させることには疑問があり、窒素の方が活性部分を示す指標として有用であること、また活性汚泥中の窒素、りんの両者の含有率が同時に変化する場合には、両者のうちでより重要な影響を与える成分の含有率が活性度を支配することなどを指摘している。さらに、活性汚泥曝気槽内での窒素化合物およびりん酸イオンの挙動を追跡し、活性汚泥による窒素およびりんの摂取は、炭素源基質の除去に比べて相対的な遅れを生じる場合が多いことを見出し、この点に着目して活性汚泥の循環使用のサイクルの合理的な決定方法を提示し、同時に窒素やりんの有効な補給方式を新しく提案している。

第五章の後半では、活性汚泥からの溶解性物質の溶出作用についての実験の結果を述べ、処理水質に影響を及ぼす種々の因子に検討を加え、処理水質の向上という面から見た最適の操作条件の決定方法を見出している。

第六章においては、製薬工場廃水のパイロット・プラントによる処理実験から、回分処理実験の結果が連続処理の効果を予知する資料として利用し得ることを明らかにし、連続処理における BOD 負荷と BOD 除去率との関係を与える式を示している。

第七章は以上の成果を総括し、こうした研究が今後進むべき方向について、筆者の考えを述べたものである。

論文審査の結果の要旨

活性汚泥法による曝気槽内で汚水が浄化される機構を解明することは、この装置の設計・運転上の基礎を与えるものとして重要な意味を持つので、従来から種々研究されていたがいまだに明瞭でない点が多い。こうした諸点をさらに明確にするために、著者は汚濁物質の時間の経過に伴う質的变化に着目して綿密な処理実験を行ない、その結果について解析を試みた。

まず、汚濁物質が一成分だけからなる系に対する浄化機構についての詳細な実験的検討から、汚水を構成する個々の成分別の浄化過程を明らかにし、それらが零次反応に非常に近い Monod 型の基質除去式に従って除去されることを指摘している。ついで、こうした一成分系の浄化過程の複合結果として表われる多成分系の浄化過程について、これを総括的に取り扱う場合の種々の問題点を検討し、これらの諸点の解決にあたって相互に著しく矛盾をきたさないように留意しながら、しかも比較的単純な反応式で表わそうと試みた結果、四つのパラメータを含む実験式を提示することができた。この反応式は Monod 式の補正形として表わされているので数式的にはやや複雑となったが、パラメータの値が基質濃度によって変化するという従来の式の欠点を取り除いたために、かなり広い基質濃度領域にわたって適用可能であり、基質除去過程を精確に表わし得るものとして評価される。また著者はこの式を用いて BOD 負荷と浄化効率の関係式を導いたが、これは従来から経験的な指標値として慣用された BOD 負荷に関し、理論的な根拠を示したものとして注目される。

つぎに活性汚泥の生物吸着について究明し、これまで生物吸着として取り扱われていたような初期の基質除去も、それに引き続いておこる基質除去との間に本質的な差異はなく、両者を区別して扱う必要性が乏

しいことを明らかにしたが、これは接触酸化法などの処理法に対して新しい意義づけを加えたものといえる。また著者はこの問題に関連して、活性汚泥法による基質除去の律速段階は基質が汚泥生物の細胞膜を透過する段階であって、基質が細胞表面まで伝達される段階ではないことを明らかにしている。このことは、曝気混合の度合が変化すると、それに応じて曝気槽内での基質濃度分布が変わるために曝気槽全体としての基質除去速度が変化することはあり得ても、局所的な混合の強弱はその部分での基質除去速度に影響を与えないことを意味し、こうした知見は工学的に参考になると思われる。

さらに著者は活性汚泥生物にとって重要な栄養素である窒素とりん化合物との挙動、ならびに活性汚泥中での両者の含有率と活性汚泥の活性度の関係について、多くの有用な知見を得ている。とくに、曝気槽内での窒素およびりんの影響作用は、炭素源基質の除去作用に比べて時間的に遅れを生じる場合が多く、曝気時間などの操体条件の決定に際しては、その遅れを考慮に出れなければならないことを指摘している。これは、従来のように BOD 負荷のみによる設計法の欠点を補う上での一つの方針を見出したものであるといえる。同時に著者は窒素、りんなどの補給方式に関して検討し、上記の時間的遅れを根拠として、これらの栄養源を再曝気槽内に加えるという方式を提案しているが、この方式は米国においても Gaudy らが著者と独立にほぼ同時期に提案しており、これは栄養源の不足した工場廃水などの処理において実用上有益な考案であると思われる。

以上を要するに、本論文は活性汚泥の微生物反応について、実際の装置による実験からは解明し難いような基礎的現象の機構を実験室規模の回分処理実験を中心として究明し、多くの新しい知見を得ると同時に、活性汚泥法による污水处理装置の設計・運転上に必要な資料と指針とを与えたものであって、これらの結果は学術上ならびに工業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。