

【23】

氏名(本籍)	小 <sup>こ</sup> 西 <sup>にし</sup> 秀 <sup>ひで</sup> 則 <sup>のり</sup>	(石川県)
学位の種類	農学博士	
学位記番号	博甲第175号	
学位授与年月日	昭和58年3月25日	
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当	
審査研究科	農学研究科	応用生物化学専攻
学位論文題目	液循環塔型気体巻き込み装置とその活性汚泥処理への応用	
主査	筑波大学教授	農学博士 小林次郎
副査	筑波大学教授	農学博士 上田清基
副査	筑波大学教授	農学博士 高橋穰二
副査	筑波大学教授	農学博士 山澤新吾

論 文 の 要 旨

微生物，とくに好気性微生物の関与する反応装置としては，研究段階のものを含めると多くの型式が提案され，また実用化されている。好気性微生物反応は，酸素源として多くは空気，場合によっては高濃度酸素を用いることから，気液接触反応装置と考えることができる。

従来，多く用いられてきた微生物反応装置として通気攪拌槽あるいは気泡塔があるが，いずれも装置の大型化にともない，通気に要する所要動力は非常に大きい。その所要動力をを軽減することは省エネルギーの見地から望ましいことであるが，その実現は容易ではない。

本研究は，液槽の液に外部から液を流入することにより，流入液に同伴されて液槽の液に気泡を巻き込ませる一方，液槽の液を下降流として流下させて巻き込み気泡を槽下部まで達せしめる原理を応用したものである。ここでは，液槽を塔型とし，液の流下は濡壁塔方式をとり，液が濡壁部を流下して塔内液に流入させて気泡を塔内液に巻き込ませる。塔内液の流速を巻き込ませた気泡の上昇速度以上にして下降流を形成させて気泡を塔下部まで到達させ，塔下部に直結した気液分離槽で気泡を分離する。液はポンプにより塔上部に循環供給し，分離された気泡は塔内を上昇して気液混相部表面から散逸させる新しい装置に関するものである。

本装置は気泡塔の一種と考えることができるが，その物理的特性，微生物反応への応用の可否については何ら研究されていないことから，これらについて研究を行ったものである。

本研究は，巻き込み気体の気液混相部における観察にもとづいて物理的性質の基礎的検討を行い，

ついて微生物反応の一例として下水の高濃度活性汚泥処理について検討したものである。

第1部では、巻き込み気泡の挙動について観察し、これにもとづいて平均ガス・ホールドアップの実験式を求め、実験値との比較検討を行った。

第2部では、巻き込み気泡の混合特性についてモデルを設定し、そのモデルにもとづいて物質収支式を求め、これを解くことにより混合特性のパラメーターである気体巻き込み速度、気液混相部における塔半径方向の気泡交換速度、おくれ時間を求め、気体巻き込み速度および気泡交換速度それぞれについては次元解析により定式化し、混合特性の検討を行った。

第3部では、酸素移動特性として、気泡の混合特性のモデルとほぼ同様のモデルを設定し、そのモデルにもとづいて物質収支式を求め、これを解くことにより液相酸素移動容量係数を求め、これを次元解析により定式化した。

第4部では、上述の物理的性質にもとづいて、下水の高濃度活性汚泥処理を行い、対照実験と比較検討した結果、対照実験が酸素移動律速になったが、本装置ではMLSS濃度が6,000 ppmでも酸素移動律速にならず、高濃度酸素を用いなくとも高濃度活性汚泥処理ができる結果を得た。また、COD除去速度式を求めて検討を行った。

第5部では、酸素移動効率を求め、従来の気泡塔と比較検討し、実用化についての指針を与えた。

### 1. 巻き込み気体の挙動とガス・ホールドアップ

巻き込み気体の気液混相部における挙動として、気泡の合一、分散のない気泡安定域、気泡の合一を生じてスラッシング状態になる気泡不安定域および両者の中間の状態の気泡遷移域の3領域が観察によってたしかめることができた。

気泡安定域では、循環液流速の変化に対する平均ガス・ホールドアップの変化が、平均ガス・ホールドアップに比例し、循環液流速に逆比例する結果になった。気泡不安定域では平均ガス・ホールドアップが減少し、これを平均ガス・ホールドアップの関数として微分方程式を導き、その関数形を決定して解析解を求め、あわせて係数を装置の幾何学的形状、操作条件の関数として次元解析を行い、定式化した。その結果、計算値と実測値とは±20%の範囲で一致する結果を得た。また、その値も通常の気泡塔とほぼ等しい結果となった。

### 2. 巻き込み気泡の混合特性および気体巻き込み速度

巻き込み気泡の観察結果から、気泡の混合特性に関して2相交換モデルを設定して微分方程式を導いた。式を解くことにより気体巻き込み速度および塔半径方向の気泡交換速度を求めた。また、おくれ時間は別の式から求めた。気体巻き込み速度および気泡交換速度について装置の幾何学的形状、操作条件を因子として次元解析を行い、それぞれについて実験式を得た。実験式および微分方程式から求めた混合特性の計算値と実測値はほぼ一致する結果を得た。

類似の既往の研究では、気泡の混合特性はピストン流であり、本装置では気泡の塔半径方向の交換が大きいことから完全混合に近い混合特性を示し、また気体巻き込み速度も同程度であり、気液接触効果は充分期待できる結果を得た。

### 3. 酸素移動特性について

酸素移動特性としての液相酸素移動容量係数について、物理吸収の値が望ましいが、本装置では塔高が高いため従来の測定法を用いることができなかつた。そこで、通気攪拌槽を用い、希薄亜硫酸ソーダ法による反応吸収が物理吸収に近似できる条件の検討をした結果、イオン強度が  $3 \times 10^{-2} \text{mol/l}$  以下では物理吸収に近似できる結果を得た。

ついで、気泡の混合特性と同様のモデルを設定して定常状態の微分方程式を導き、これらの式と平均ガス・ホールドアップ、気体巻込み速度、気泡交換速度それぞれの計算値を用いて数値計算を行い、酸素移動容量係数を求めた。さらに、これと幾何学的形状および操作条件との関係式を次元解析により求めた結果、 $\pm 20\%$  の範囲で整理することができた。また、酸素移動容量係数の値は  $20 \sim 140 \text{ l/hr}$  の値を得、従来の気泡塔の値に比してかなり大きい値を得た。

#### 4. 下水の高濃度活性汚泥処理への応用

上述の結果から、本装置が下水の高濃度活性汚泥処理に適していると考えられたので、合成下水を用い、MLSS濃度が  $2,000 \sim 6,000 \text{ ppm}$ 、CODが  $600 \text{ ppm}$  前後の実験条件で実験を行った結果、本装置ではMLSS濃度が  $6,000 \text{ ppm}$  でも充分の溶存酸素が存在し、酸素移動律速にはならなかつた。一方、対照実験ではMLSS濃度が  $2,000 \text{ ppm}$  でも溶存酸素濃度の存在しない期間がかなりあつた。ついで、COD除去速度について検討した結果、多基質の同時資化反応速度式であらわすことができ、初期除去、グルコース、ペプトンそれぞれに対応する速度の和として明確にあらわすことができた。したがって、本装置を用いることにより、高濃度酸素を用いることなく、高濃度活性汚泥処理ができることを明らかにした。

#### 5. 酸素移動の動力効率について

本装置と従来の気泡塔との酸素移動に関する動力効率を比較した結果、従来の気泡塔に比して小さい値となつた。しかし、上述の諸式を用いて計算した結果、塔高を高くすることにより従来の気泡塔と同程度またはそれ以上の値を得ることができるとの結果を得た。また、一般的に同一の反応容積の場合、塔数の増加は動力効率の向上には寄与しない結果となつた。

## 審 査 の 要 旨

好気性微生物反応装置として、従来通気攪拌槽あるいは気泡塔が用いられてきた。これら装置では通気に要する所要動力が大であり、また気体圧縮機を用いることから設備費および保守管理費もかなり大きい。

気体圧縮機を使用しない装置として液循環塔型気体巻込み装置が研究段階として提案されているが、これらはどれも装置構造が複雑であつたり、他の動力が必要になつたりする欠点を有している。

本研究では、塔下部に気液分離槽を直結させることにより、構造が単純で操作も容易な新しい液循環塔型気体巻込み装置について、物理的性質である平均ガス・ホールドアップ、巻込み気泡の混合特性、酸素移動特性の検討を行い、これらの結果にもとづいて下水の高濃度活性汚泥処理を行い、

その成果をあげることができた。

平均ガス・ホールドアップについては、従来定式化は行われていない。本研究では巻込み気泡の三領域の流動状態について実験式ではあるが微分方程式を得、その解析解を求め、さらに次元解析により係数の関数を明らかにしたことは評価することができる。

巻込み気体の混合特性について、塔内気泡は下降流と上昇流を形成し、さらに両者の間に気泡交換があることを観察によってたしかめ、これにもとづいて二相交換モデルを設定して微分方程式を導き、これを解くことによって混合特性の因子である気体巻込み速度、気泡交換速度を求め、さらに過渡応答のおくれ時間を求め、混合特性を予測できる結果を得たことは評価することができる。

酸素移動特性として、混合特性と同様のモデルを設定し、塔高の高いことから静圧の影響を考慮して微分方程式を導き、上述の結果を用いて微分方程式を解き、液相酸素移動容量係数を求めた。さらにこれを次元解析により定式化して整理したことについては評価できる。

液相酸素移動容量係数の値からして、従来の高濃度酸素を用いた下水の高濃度活性汚泥処理にかわって、本装置を用い、酸素源として空気を用いて下水の高濃度活性汚泥処理を行うことが予測された。そこで、これを実験的に確認した結果、充分用い得る結果を得たことは意義あることと評価することができる。

酸素移動の効率についても言及しており、本装置について実用化の指針を示したことも評価することができる。

よって、著者は農学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。