

(22) 下水の生物学的な高度処理に関する研究

——フロック形成メタン酸化性細菌による窒素、リンの除去——

(23) 石灰凝集沈殿によるリン除去(オ1報) (討 議)

荏原インフィルコ株式会社 遠矢 泰典

(22) 窒素、リンによる汚染は一種の微量汚染であり、これは栄養塩類の水系への流入によって河川、湖沼、内海などの閉鎖水域は広域的、かつ不可逆的な汚染をうけ、多くの水系が水資源としての価値を喪失しつつある。

このような現状から二、三年来、水系の富栄養化を防御するための処理技術が精力的に研究されており、そのいくつかは実用化の見通しがついているが、それぞれに問題点をかかえており、やはりとも完全なものであるとはいえない。

この研究は、従来の処理技術が宿命的にかかっている技術上の問題を解決するために新しい観点からメタン酸化性細菌のもつ生理的特性を有効に利用し、水系から栄養塩類を除去するための技術開発に関するものであり、着想の新規性に敬意を表するとともに今後の研究の発展に期待したい。今回、本研究の討議者として指名されたが、私自身メタン酸化性細菌に関する知識が皆無であり、十分に討議していただくだけの問題の指摘もできないので、本論文と J. C. Mueller の文献を参考にして全般的な問題について意見を述べてみたい。

1) 都市下水から窒素、リンなどの栄養塩類を除去することを前提として下水処理をクローズドシステムとしてとらえ、このシステムの合理的設計を行なうには生物酸化処理の過程で菌体中に蓄積された窒素、リンが再度溶脱してくるような汚泥処理方式、すなわち汚泥の嫌気性消化方式(汚泥の熱処理もこの範疇にはいる)は好ましくない。従ってこのプロセスではメタン酸化性細菌の炭素源として消化カスを期待することが必要で、これを天然カスに依存せざるを得ないので経済性に問題があるように思われる。

2) 次に消化カスを有効に利用できるとしてもクローズドシステム内での物質収支から二次処理水に含まれている窒素、リンに對して消化カスが過不足なく供給できるかどうか疑問である。(J. C. Mueller の実験データを基礎として試算してみるとわが國の処理下水中の窒素、リン濃度を基準にしても全く不足しているとの結果がえられる) また消化カスを利用する場合にはその中に含まれている硫化水素の毒性が憂慮される。

3) メタン酸化性細菌は好気性の自栄養性細菌であるが、難水溶性のメタンを処理下水に溶解させるために密閉式の処理槽が必要となるだけでなく、当然のことながら動力費が過大となることはさげられない。従って動力効率の高い気曝装置を新ためて開発しなくては経済性、菌体回収効率の点から実用化に問題があるように思われる。

4) J. C. Mueller の研究によればメタン酸化性細菌の窒素、リンの攝取率は 10~12:1 でありかなり限定された範囲にあるので、実際の処理下水についてはいずれか一方の栄養塩類とりのことを恐れがある。本研究では N:P=5~20:1 の範囲であれば窒素とリンは完全に除去されるというデータを示さ

れているが、これは回分試験による実験結果であるので、細菌学的に動的平衡状態がつくられる連続培養によってメタン酸化性細菌の栄養要求を再確認する必要があるように思う。

また活性汚泥処理で硝化が全く起らないように処理条件を調整することは現実的に可能であるので同菌が窒素源として $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ を利用できるかどうかも確認しておく必要がある。

5) この方式で窒素、リンを完全に除去するには2次処理下水について新たに5~10時間の培養時間をとらなければならぬが、現在の用地事情からこの適用にはかなりの制約があるように思われる。

6) この方式では2次処理下水からかなりの菌体が回収され、適当な価格で販賣されなければ原料費と運搬費がかさみ実用性に乏しい。もちろん、回収菌体を飼料として販賣できることもこのプロセスの前提条件であるが、そのためには処理下水中のリン酸塩濃度 30 mg/l , アンモニア性窒素濃度 350 mg/l の量的バランスがとれていないと処理コストは極めて過大なものとなるといわれる。(J.C. Mueller) 従ってこの方式を実用化するには除去対象の窒素とリンを2次処理下水に新たに加えて菌体の増収をはかるなければならず、処理目的に逆行することになる。

7) *Algal Harvesting* を含めてこの種の処理法では培養液から菌体を経済的、効果的に分離することが必要不可欠の条件であるが、メタン酸化性細菌は硫酸バントセオライトによる凝集沈殿によって完全に分離することができると報告されている。このように硫酸バントによる効果が期待されるのであれば、処理下水からリンを直接除去するほうが合理的であると考えられる。

(23) 水系の富栄養化の原因物質であるリンを除去する技術としては生物学的方法と物理化学的方法があるが、処理の確実さの点から物理化学的方法が研究の主流をなしており、この方法のなかでも凝集剤添加による化学的脱リン法は実用化の可能性のある方法としてアメリカをはじめわが国でも広く検討されている。

この論文はEPAの指導によって研究されている石灰凝集沈殿プロセスで、リン除去のメカニズムを解明することと研究の主要をおき、さらにリン除去に影響を及ぼす因子、石灰再生に伴う問題を追究したものであり、このプロセスは条件のコントロールが容易なこと、リン除去に引き続いてアンモニアの除去が可能なこと、汚泥の処理(石灰の再生)が容易なことなどが早急に確立すべき技術であると結論している。

われわれも凝集沈殿法によるリン除去の研究を行なっているが、また最終的な結論を述べていないのでここではこの問題に関する総括的な意見を述べることにする。

まずこの研究は石灰凝集沈殿プロセスによるリンの除去に限定されているが、3次処理が必ずとみられる現時点においてはリン除去プロセスを3次処理を含む下水処理システムの一構成因子としてとらえ、処理目的に合わせたシステムを想定して各種の実験を行なうべきであろう。

例えは現在の下水処理プロセスで最も経費がかかり、運転管理に技術と人手を要するのは汚泥処理である。従って新しい汚泥処理技術の早急な開発が要望されているが、これに先行して汚泥の発生量が少なく、しかも処理しやすい汚泥がえられるように親親のプロセスの改良が必要である。また現在の社会情勢から都市下水と工場排水との共同処理あるいは排水の混入は今後の問題としてさげすめる

いものと思われるが、このような前提条件において下水処理システムを考へ、その中のリン除去プロセスを考慮すれば本研究で述べられているように二次処理水についてリンを除去するプロセスが必ずしも理想的であるとはいえない。

次に当然のことながら二次処理は二次処理にくるべくしてシステムは複雑となり、運転管理に高度の技術が要求されるのでリン除去プロセスも処理技術および運転操作が比較的簡単なものが適用されるべきである。すなわち従来の二次処理プロセスとの関連においてその運営を有利にし、かつ二次処理を含めて全体のプロセスを複雑にしないことが必須の条件であるが、このような観点からすれば石灰凝集沈殿プロセスは pH 調整、リカーボネーションの工程が不可欠であり、必ずしも最適なプロセスであるとは思えない。

最後に本研究の結論の一つとして石灰凝集沈殿プロセスによるリンの除去は、液の pH が高いことから、これに続いてストリッピング法によるアンモニアの除去が可能であることを挙げているが、ストリッピング法では除去対象のアンモニアはそのまゝの形態で大気中に一時的に放散されるだけであり、微生物に利用される物質として再度地上の水系に還元されてくるので本質的な処理プロセスであるとはいえない。とくに多雨、多湿のわが国ではその適用には問題があるものと思われるので脱窒素との関連において石灰凝集沈殿プロセスを評価することには疑問がある。