

SD 法による汚泥減容化概要解説

2021 年 10 月 1 日
株式会社 小川環境研究所

はじめに

活性汚泥は有機性汚濁排水処理の最も汎用的で有用な処理装置です。処理の主役は好気性微生物ですので、処理のメインは微生物による有機性汚濁物の酸化分解で、微生物は汚濁物を栄養化して増殖する。したがって余剰汚泥が発生するのは、活性汚泥が健全に働いていることの結果といえ、さらに、汚泥が増殖することで、処理水 COD を低減させる効果も、無視できない作用です。なので、活性汚泥プロセスとしては、微生物を自由に活動させて、結果として発生する余剰汚泥は、別途にエネルギー回収をすとかの方法で処理するほうが総合的に合理的、という考え方も成り立つと思いますが、現実的には、余剰汚泥の処理費は活性汚泥処理コストの非常に大きな割合を占めるので、余剰汚泥の発生量をできるだけ削減したいというニーズは大きい。余剰汚泥の発生量は、原水の基質や BOD 負荷条件はもちろん、通常運転における MLSS の取り方や曝気槽 DO の値でも余剰汚泥の発生量は増減しますが、もっと大きく確実に減少させたい、というのが汚泥減容化プロセスです。

汚泥減容化方法の概要

汚泥減容化方法は、簡単には整理ができないほど、いろいろなやり方が提唱されていますが、大別すると、以下ようになります。

- ①発生する汚泥量を抑制する方法としては、処理方法を変えて食物連鎖で発生量を抑制する方法。これには生物膜装置や 2 相活性汚泥や担体活性汚泥などがあります。
- ②また微生物製剤を添加したり、特定の微生物を活性化して発生量を抑制するタイプ。発生する汚泥量を抑制する方法は、比較的マイルドな効き目となるので、汚泥減容効果の評価法とともに汚泥の活性や COD 除去率などの評価法もきちんとする必要があります。
- ③発生した汚泥を再栄養化して活性汚泥に戻す方法は、再栄養化する手段がいろいろで、代表的なものはオゾンなどの酸化剤ですが、他にもアルカリや温度あるいは機械的な力で細胞膜を破壊など、いろいろですが、この場合は設備費やランニングコストがかかるので、費用対効果との検討と、処理水 COD は増加する方向なので、COD についても適否の検討対象になります。

SD 法は、分類上は①になります。

SD 法の技術的背景

SD 法は従来から知られている減容化技術の延長線上の現象を利用しています。その一つは、2 相活性汚泥に代表される細菌処理による余剰汚泥の減少効果と、もう一つは硝酸呼吸による余剰汚泥の発生量の低減効果です。

(2 相活性汚泥の作用)

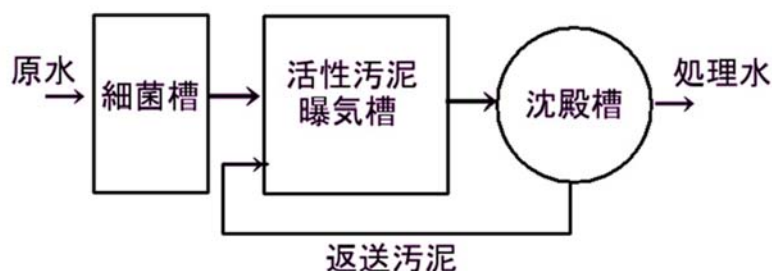
2 相活性汚泥は、活性汚泥の変形として、もうずいぶん前に開発された方式で、図 1 のように活性汚泥の曝気槽の前に、一過性の曝気槽をおいて細菌類で前処理するのが装置的な特徴の処理方式です。

一過性というのは、返送汚泥がないということで、活性汚泥の前におく曝気槽は、MLSS となる中位、最上位の微生物群の生成を抑制して、もっぱら細菌類で原水中の基質の大部分を処理する細菌処理槽で、後段の活性汚泥の曝気槽は、細菌槽で増殖した細菌類を捕食するという処理方式です。

このように細菌処理と活性汚泥処理を分離することで、余剰汚泥の発生量は全て活性汚泥で処理する場合と較べて相当低減できます。

前段の一過性の曝気槽の微生物をもっぱら細菌類にするには、微生物が増殖する速度の時間差を利用します。曝気槽の滞留時間を細菌が増殖するのに十分で MLSS 構成微生物が増殖するには短い時間に設定することで、細菌槽を維持しています。増殖速度は滞留時間のほかにも BOD 基質や BOD 負荷にも影響されるので、原水変動の大きい場合は、この細菌槽を細菌だけに維持することが難しく、バランスが崩れるとただの活性汚泥の曝気槽と同じになってしまう、という欠点を抱えています。原水変動が小さい場合には魅力的な方式です。

図 1 2相活性汚泥



(硝酸呼吸の作用)

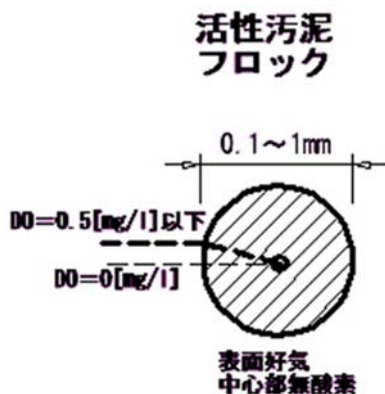
一般に曝気槽の DO は高くなるほど余剰汚泥の発生量は少なくなり、曝気槽 DO が低くなると余剰汚泥の発生量は大きくなりますが、曝気槽 DO が 0mg/l 近くまで低下すると、少し違った現象がでてきます。

DO が 0.3[mg/l] 程度以下になると、図 2 のように活性汚泥のフロック表面では好気状態ですが、フロック内部では無酸素の状態になります。また曝気槽内では流動分布によって酸素不足の部分が出てきます。

水に溶けた酸素が 0 になると、微生物は混合液中の硝酸イオンから酸素をとりこんで呼吸する硝酸呼吸と呼ばれる状態になります。硝酸から酸素をとるということは、硝酸が還元されて最終的に窒素ガスになるということで、これは生物脱窒処理法の無酸素槽での脱窒反応と同じ作用です。

微生物は硝酸呼吸による酸素で BOD を分解/栄養化するのですが、BOD と脱窒同時処理する形になりますが、硝酸呼吸で BOD を栄養化して獲得できるエネルギーは、好気条件で BOD を栄養化して獲得できるエネルギーより小さいため、増殖に回せる栄養分が小さくなり、余剰汚泥の発生量は通常の好気条件の活性汚泥よりずっと少なくなる、とされています。

図 2 : 曝気槽 $\text{DO} < 0.3\text{[mg/l]}$ の状態



SD法による汚泥減容作用の概要

さらにもう一步踏み込んで、活性汚泥の第1槽を若干酸素不足の状態に運転するとどうなるか？。

活性汚泥の第1槽を汚泥が必要とする酸素量の90%程度を供給し、第2曝気槽以降は通常の $DO \approx 2$ [mg/l]で運転する、ことがSD法の特徴です(図3参照)。

意図するところは、第1槽を酸素不足にすることによって2相活性汚泥の細菌槽の働きによる余剰汚泥削減効果と汚泥増殖量が小さい硝酸呼吸状態の特徴を、両立しようとするものです。

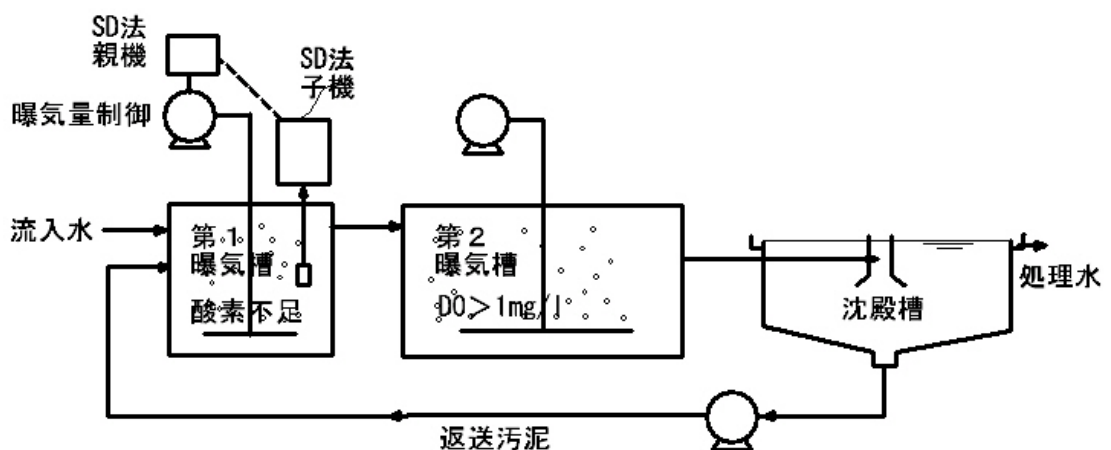
酸素不足にすると、細菌類とMLSS構成微生物との間で酸素の取り合いになりますが、形状が小さい細菌類のほうが比表面積が大きいので圧倒的に有利になり、細菌類の繁殖には、この程度の酸素不足は全く不利にはならず、酸素不足のしわ寄せはもっぱらMLSSを構成する微生物が受ける形となり、代謝が抑制される結果、多量のMLSSが存在していても実質2相活性汚泥の細菌槽と同様の作用となると考えられます。また、この程度の酸素不足状態では亜硝酸までの硝化は進行し、さらに後段の活性汚泥は好気領域で運転するため、生成した硝酸イオンは返送汚泥で第1槽に戻ってくるので、第1槽での硝酸呼吸法による余剰汚泥の削減効果もある。

第1曝気槽は原水が流入する槽なので、通常の活性汚泥でも意図せずに $DO=0$ [mg/l]の酸素不足状態になっていることがあります。余剰汚泥の減容効果を出すには、この酸素不足状態を常に必要酸素量の90%に維持することが必要になります。となると原水変動のある活性汚泥では、酸素不足の制御はマニュアル操作では実質的に無理で、自動制御が必要ですが、弊社は「極低DO制御システム」という曝気槽のDOを殆ど0[mg/l]で運転することで、BOD/脱窒同時処理する制御システムを発表していて、この制御システムは第1槽の曝気量の制御にも適用できます。

活性汚泥の曝気槽が、複数の曝気槽が連結している構造の場合で、第1槽の曝気量が制御できるようになっている場合は、容易にBODと脱窒同時処理しながら余剰汚泥も削減できる、という方法です。

実験室レベルでは下水基質の活性汚泥の場合、TOC除去率98%、T-N除去率85%のBOD脱窒同時処理の状態、50~70%程度余剰汚泥が減少する効果があります。

図3：SD法適用の活性汚泥



SD 法による汚泥減容導入手順

①実験室レベルでの汚泥減容化効果の確認

汚泥減容化の効果は、原水の基質や負荷状態、運転操作などで変化します。

弊社の活性汚泥培養テスト機で、貴社の原水と活性汚泥を使って、通常の運転操作と SD 法の運転操作での余剰汚泥発生量の比較ができます。

②SD 法の制御装置の貸し出し

実験室レベルでの汚泥減容化効果を確認後、曝気風量を制御する SD 法の制御装置を貸し出しが可能です。必要があれば SD 法の制御装置を使って、パイロットスケールでのテストができます。

③実機での第 1 曝気槽の曝気風量を管制室から制御可能に設備改良

操作盤からの入力信号で第 1 曝気槽の曝気風量を制御できるようにしてください。

(例えば、曝気ブロアーをインバータ制御とか、風量調節開度調整弁など)

曝気風量は原水変動に対し DO が一定になるように制御すべきもので、この改良は、汚泥減容化に関係なく、活性汚泥の運転管理上、また曝気動力の省エネ上、無駄のない改良です。

④実機への適用

SD 法の制御装置の子機を第 1 曝気槽に親機を管制室に設置して両者を LAN ケーブルで接続し、親機の風量制御の出力信号を、インバータ入力または開度調整弁の入力信号端子に接続すれば、実機でのテストが可能になります。

効果が確認できれば、SD 法の制御装置の貸し出しは継続可能です。

以上