

異常時における活性汚泥の挙動について

下水道水質課 ○佐々木 史

1. はじめに

東日本大震災以降、各職場では危機管理の重要性が再確認されています。水再生センターでは、緊急時には、自家発電設備による電力確保などの対応が成されます。しかし、災害時などに万が一、電力の確保ができなくなってしまう場合、反応タンクへの送風が停止し、活性汚泥にも何らかの変化が生じてしまうと考えられます。下水の流入が停止した場合には、活性汚泥のエネルギー源も無くなってしまうことになります。

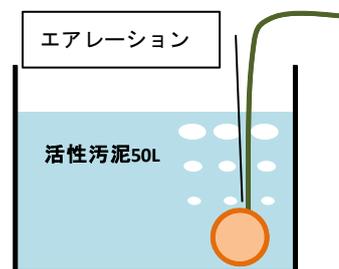
そこで、反応タンクで良好に水処理を行うために必要である空気と有機物が欠如した状況では、活性汚泥はどのくらいの期間で性質が変化していくのかを調査しました。また、それに伴う活性汚泥の処理機能の低下について把握できたので報告します。

2. 実験内容

下水処理において最も大切な働きをしている反応タンクでは、微生物を主体とした活性汚泥が下水と混合しており、活性汚泥中の微生物は、空気中の酸素を使って下水中の有機物を分解し、エネルギーとして取り込んで成長・増殖をしています。そのため、反応タンクには常時空気が送り込まれています。微生物が下水処理において健全に機能するためには、餌である有機物と酸素が必要です。そこで、活性汚泥にその餌と酸素を与えない環境を作り出し、観察を行いました。

2-1 実験装置

実機を用いることが難しいため、稼働中の反応タンクから活性汚泥を採水し、テーブル実験規模の装置を使用しました（図1）。試料には都筑水再生センターの標準活性汚泥法を用いている系列の活性汚泥を使用しました。



※パターン①及び③はエアレーション無

図1 実験装置

2-2 実験条件

実験は、電力や下水の流入が停止した状態、微生物にとっては酸素と餌不足という状態を、簡易的に再現するため、①エアレーションを行わずに有機物である下水を一定量加え続ける、②エアレーションを行い下水は加えない、③エアレーションを行わず下水も加えない、という3パターンについて行いました。（表1）各パターンの条件で約2週間観察を続けた後、すべてのパターンについて、エアレーションを約1週間行い、水質と活性汚泥の変化を観察しました。（以下、各パターンを①、②、③とします。）

2-3 測定項目

汚れの指標である水中の窒素分とリンの測定等を行い、活性汚泥の変化を見るために、顕微鏡を使った活性汚泥中の生物を計数試験しました。（表2）

表1 実験条件

	実験開始～16日目		17日目以降
	エアレーション	下水	
パターン①	×	○※1	エアレーション※2のみ行う
パターン②	○	×	
パターン③	×	×	

表2 測定項目

測定項目
NO3-N、NO2-N、NH3-N、PO4-P、活性汚泥中の生物群集、pH、温度、mlss

※1 1日あたり1Lの初沈流出水を加えた。 ※2 吐出風量約2.0L/minのエアポンプを使用した。

3. 結果と考察

3-1 水質変化

各パターンについての水質分析結果を図2に示します。

窒素分については①と③はほぼ同じ変化を辿っています。嫌気状態に置かれているため、硝化は進まず、また、汚泥の腐敗や細菌による分解が進み、アンモニアは増加しています。

実験開始から16日目(☆)のエアレーション開始直後から硝化が始まり、アンモニアが酸化されているため、嫌気状態が2週間続いても、硝化を司る細菌が生存していたことが分かります。

②については、酸素豊富なため、硝化が進んでいます。途中、有機物を得られなくなった微生物が活性汚泥に含まれる有機性窒素を分解し、アンモニアが発生していたものと考えられます。

りん成分でも、①と③は同じ挙動を示しています。りん蓄積細菌(以下PAO)に取り込まれていたりんが、嫌気状態で放出され、再度好気状態になることにより、PAOに取り込まれている過程が分かります。②については、過分なエアレーションと有機物不足により、一度は取り込まれていたりんが放出されています。

また、②について、窒素とりんの変化を合わせてみると、実験開始後約一週間で、アンモニアの増加とりんの放出が起こり、有機物が不足していることが分かります。

3-2 活性汚泥中の微生物

各パターンについての活性汚泥中の微生物数の変化について、図3に示します。①と③は同じ傾向にあり、酸素不足が続くことにより数が減っていきます。特に16日目のエアレーション再開以降、微生物数が急激に減りました。②では、徐々に数は減少しましたが、8000匹/ml程度で落ち着きました。①と③については4、5日目、②では1週間程度で、微生物数が減少したと分かる変化が生じています。

次に①から③について、出現率と数が大きかった微生物について、表3と4に示します。全てのパターンにおいて、ピキシディキュラという微生物が上位でした。ピキシディキュラは通常透明から褐色をした殻をもったアメーバの仲間で、形状は半円形を成しています(図4)。ピキシディキュラは環境の急変に弱く、色が黒く変色してしまうとされています。今回の実験でも、嫌気条件下にした①と③では、実験開始3日目からピキシディキュラは黒く変色し、その後もエアレーションを再開するまで黒いままでした。しかし、エア

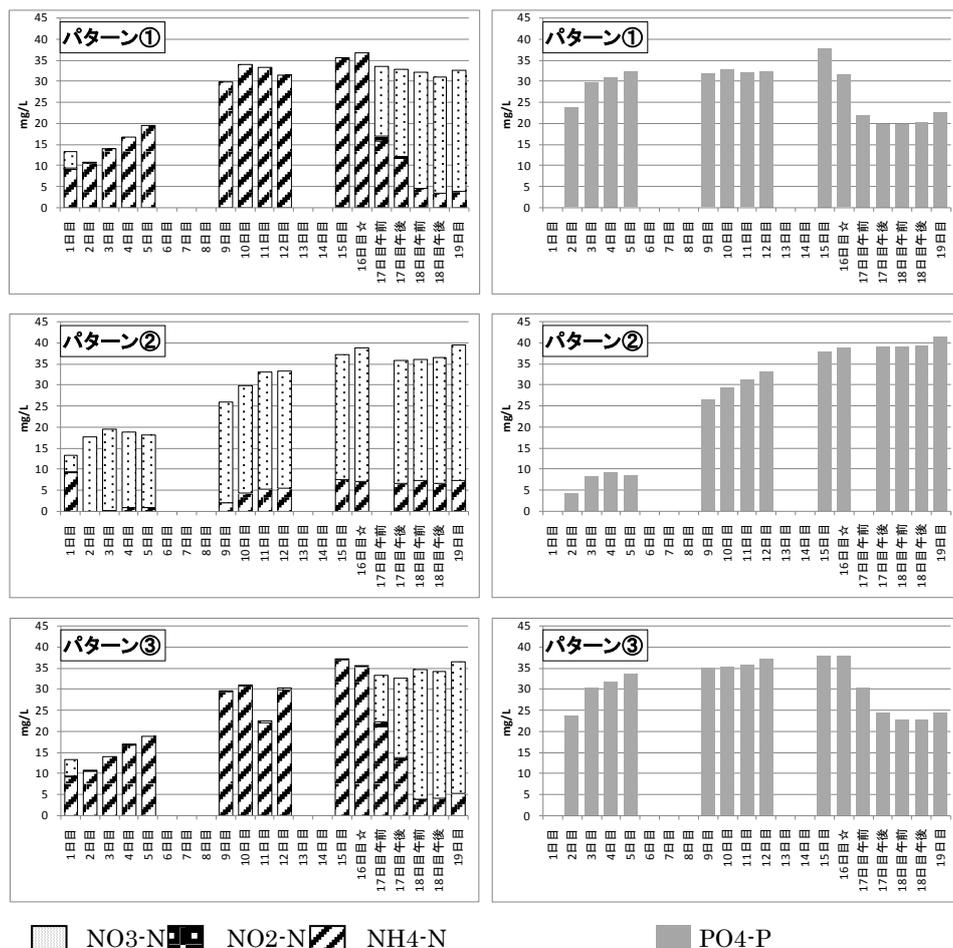


図2 窒素成分とりん成分の挙動

レーション再開後は、ピキシディキュラはほとんど出現せず、生物の総数が減ったのはこのことに起因します。嫌気状態で確認されていたピキシディキュラが、その後のエアレーションによる環境の変化に耐えられなかったと考えられます。

ピキシディキュラの黒色化が始まった3日目には、すでに弱っていたと推察すると、健全な働きをしている微生物の数はかなり少なくなり、活性汚泥としての機能は著しく衰退していたと考えられます。

エアレーション再開後1週間で、①と③については嫌気状態とは変わって泳動の多い微生物が増えてきており、②については解体が進んでしまい、特定の微生物の急増が認められました。

3-3 活性汚泥の外観等

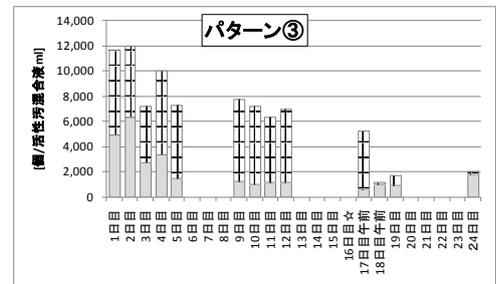
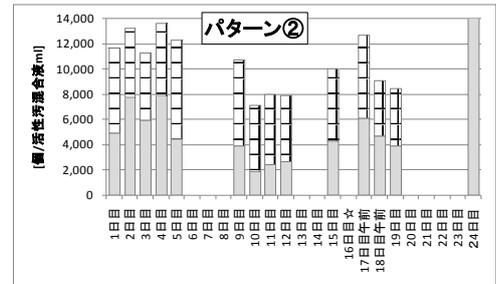
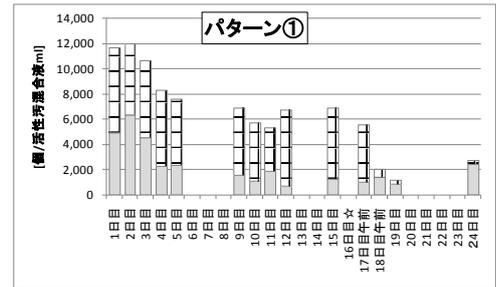
エアレーションをしなかった①と③では、実験開始3日目頃から腐敗とともに硫黄物が堆積し、黒味がかかってきており、同時期から強い硫化水素臭が発生してきました。黒味を帯びた活性汚泥は、エアレーション2日後には②とほぼ同じ色だったことから、活性汚泥中の硫化物はほとんど酸化等を起こしたと考えられます。ただし、エアレーション開始直後は硫化水素臭がかなり強く感じられました。

4. まとめ

実験結果から、活性汚泥はエアレーションを停止してから2~3日後に、原生動物や後生動物の生物相や性質に変化がみられることが分かりました。実機の場合には、容積が大きいことから、一概に同じとは言えませんが、活性汚泥そのものは上記日数で何らかの影響を受けることが分かりました。

またエアレーションのみを行っていても、1週間前後でりんが発生することが分かりました。

これらの結果から、災害時だけでなく、設備の工事や故障などで反応タンクの機能を停止しなければならない場合に、静置状態で2~3日を目安に再開できることが水質管理上安全な復旧のため重要だと判断できます。また、同様の理由で空爆気を行う場合にも、1週間を限度とし、それ以降では、反応タンク内の水質に急激な悪化が予想できるため注意が必要です。



▨ ピキシディキュラ ■ その他

図3 微生物数(原生動物+後生動物)

表3 出現数ベスト3

	パターン①	パターン②	パターン③
1位	ピキシディキュラ	ピキシディキュラ	ピキシディキュラ
2位	アルセラ	ユーグリファ	アルセラ
3位	パラメキウム	アルセラ	アスピディスカ

表4 出現頻度ベスト3

	パターン①	パターン②	パターン③
1位	アルセラ	アルセラ	アルセラ
	ピキシディキュラ	ピキシディキュラ	ピキシディキュラ
2位		ユーグリファ	
3位	ユーグリファ		ユーグリファ



図4 ピキシディキュラ