

農業集落排水処理施設の維持管理基礎講座 (第5回 汚泥管理と微生物 (その2))

1. はじめに

前回に引き続き、「汚泥管理と微生物」についてお話しします。前回は、「微生物等の量を調整したり、微生物等の健康状態（微生物の構成員や年齢）を管理する」ことが浮遊生物法における汚泥管理であること、活性汚泥のフロック、活性汚泥の状態と沈降性の関係、についてお話ししました。

今回は、前回の話を踏まえて、汚泥管理で行うSV試験時にフロックを観察するときのポイントと汚泥引抜き作業について微生物等の視点でお話しします。

なお、前回では「微生物と小動物（後生動物）」を「微生物等」をいいましたが、今回は「微生物」といいます。

2. SV試験と汚泥の性状

活性汚泥の沈降性を判断する代表的な指標としては、SVとSVIがあります。まずは復習を兼ねて、SV試験の測定方法を確認します。

(1) SV₃₀

SV(Sludge Volume)は汚泥沈降率といい、1L(内径約65mm)のメスシリンダー内の活性汚泥が占める容量を数値化(割合)した指標です。具体的な手順は、活性汚泥を1L(内径約65mm)のメスシリンダーにとり、静置したときに時間の経過とともに下降する活性汚泥によって形成される上澄みと活性汚泥の境界面(汚泥界面)の位置を読み取り(〇

〇〇mL)、読み取った数値を10分の1にし%で表示します。静置後30分経過後に読み取るSVのことをSV₃₀と呼び、一般的な指標として使用します。

SV試験では、汚泥界面の位置が振動や風のような外乱に影響を受けます。また、メスシリンダーに直射日光が当たると、部分的に水温が上がり水の流れ(対流)が生じ活性汚泥の沈降を妨げることがあります。SV試験は、メスシリンダーを振動や風の影響がなく、直射日光の当たらない水平な所に置くことが必要です。図-1に、SV試験のイメージと観察のポイントを示します。

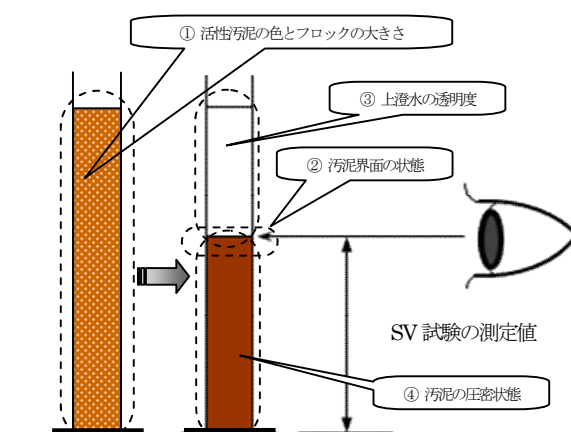


図-1 SV試験のイメージと観察ポイント

SV試験といえばSV₃₀のことだと思いがちですが、実は、SV₃₀だけがSVではなく、他にもSV₅やSV₁₀、…、SV₆₀…、etc.のように様々なSVがあります。SVは目的や活性汚泥の性状(微生物の状態)に合わせて、読み取る時間や希釈(希釈SV)等を工夫すると、独自の指標として活用できる指標でもあります。

図-2は、3処理施設(F地区、S地区、O地区)

の活性汚泥について、経過時間0分から60分のSVを測定し、その結果をグラフ化したものです。

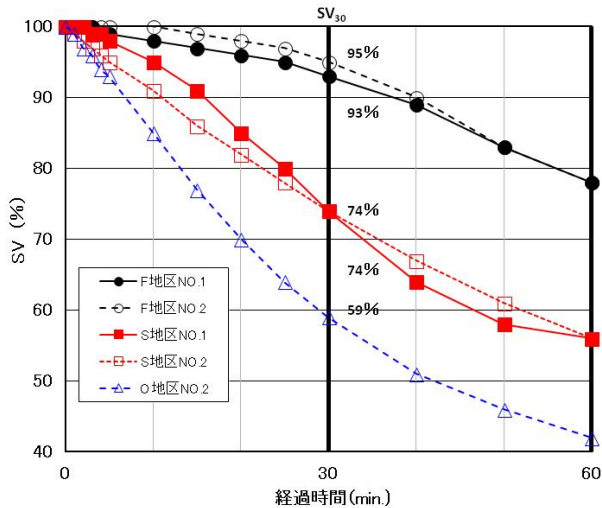


図-2 経過時間とSVの関係

グラフからSV₃₀の数値は、F地区NO.2の95%が最大でO地区NO.2の59%が最小になっています。O地区ではSV試験開始直後から汚泥界面が下降し0~30分の下降量が30~60より大きくなっていますが、F地区では開始直後は汚泥界面がなかなか下降せず30~60分の下降量が大きくなっています。このように、SV₃₀の数値は処理施設によって大きく異なり、活性汚泥の沈降性に違いがあることが確認できます。

図-2から汚泥界面の下降には処理施設によって違いがあること、つまり活性汚泥の沈降性には違いがあり、維持管理する処理施設がどのような沈降パターンなのかを確認することは、活性汚泥の系外流出を防止する上でも大事な情報であることが判ります。

(2) SV試験時の汚泥観察

SVを測定するとき、活性汚泥をメスシリンダーに入れたら直ぐにその場を離れるのではなく、暫く活性汚泥の沈降状況を観察することをお勧めします。活性汚泥の沈降状況を直接観察できるので、活性汚泥の性状(汚泥性状)について、多くの情報を得ることができます。是非、注意深く観察してください。

図-1にも示していますが、SV試験時に観察する項目と分類の目安を表-1に示します。

表-1 SV試験時の観察内容

| 観察項目 | 分類の目安 |
|-------------------|--|
| ① 活性汚泥の色とフロックの大きさ | 1) 活性汚泥の色(茶色) <ul style="list-style-type: none"> ・明るい ・暗い 2) フロックの大きさ(塊、粒状感) <ul style="list-style-type: none"> ・大きい ・小さい 3) フロックの形状 <ul style="list-style-type: none"> ・丸みがある ・不定形(不揃い) |
| ② 汚泥界面の状態 | 1) 界面の形状 <ul style="list-style-type: none"> ・平ら(水平) ・凸凹(でこぼこ) ・片寄っている 2) 界面の状態 <ul style="list-style-type: none"> ・明確 ・不明瞭 |
| ③ 上澄水の色と透明度 | 1) 上澄水の色 <ul style="list-style-type: none"> ・無色 ・白濁 ・黄色味がかっている 2) 透明感(上から汚泥界面を覗く) <ul style="list-style-type: none"> ・明瞭 ・不明瞭 ・確認できない |
| ④ 沈降した活性汚泥の圧密状態 | 1) 沈降した汚泥の状態 <ul style="list-style-type: none"> ・均一(濃淡なし) ・不均一(濃淡あり) 2) 空隙の有無 <ul style="list-style-type: none"> ・空隙なし ・小さな空隙 ・大きな空隙 3) 汚泥の色 <ul style="list-style-type: none"> ・濃い ・薄い |

3. SVI と SV₃₀ の関係

(1) SVI

SV 試験で測定した SV₃₀ の数値から活性汚泥の沈降性をある程度評価できますが、試験時の MLSS 濃度によって数値が大きく左右されるため、「MLSS 濃度に大きな変化がない」という条件が付きます。どんなに沈降性が良い活性汚泥でも MLSS 濃度が高くなると、SV₃₀ の数値は高くなり沈降性が悪いという評価になります。そのため、他の処理施設と比較する場合や、季節による MLSS 濃度の調整を行った後に、SV 試験で活性汚泥の沈降性を評価する場合は注意が必要です。

SVI (Sludge Volume Index) (Sludge Volume) は汚泥容量指標といい、1g 当たりの活性汚泥が占める容量を表します。SVI は活性汚泥の沈降性を評価する一般的な指標であり、数値が高いほど 1g の活性汚泥の容量が大きくなることを意味します。MLSS 濃度を加味した指標であり、返送汚泥量の調整にも利用されます。SVI は、次の式で計算します。

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{\text{SV}_{30} (\%)}{\text{MLSS (mg/L)}} \times 10^4$$

SVI の値は、活性汚泥の膨化 (バルキング) の指標としてよく用いられます。標準活性汚泥法の場合は、SVI が 150mL/g 以上になるとバルキングの恐れがあり 200mL/g 以上はバルキング状態と判断されます。

(2) 沈降性の評価

農業集落排水処理施設でも SVI をバルキングの指標として使用することはできますが、標準活性汚泥法の数値をそのまま農業集落排水処理施設に適用することはできません。長時間ばっ気法の農業集落排水処理施設では汚泥性状が異なるため、標準活性汚泥法の膨化の基準値は使えません。

バルキングの恐れがある SVI の数値は、以下のとおり異なっているので注意が必要です。

『下水処理施設 SVI=150 mL/g 以上』

『農業集落排水処理施設 SVI=250 mL/g 以上』

表-2 は、図-2 の処理施設の SV₃₀ と MLSS 濃度から SVI を計算した結果です。図-2 では SV₃₀ が最も小さい O 地区の活性汚泥が最も沈降性がよいと判断しましたが、SVI では S 地区の活性汚泥の方が O 地区より沈降性が良いという結果になります。

表-2 活性汚泥の沈降性の比較

| | SV ₃₀ (%) | MLSS (mg/L) | SVI (mL/g) |
|--------------|-------------------------|----------------|---------------|
| F 地区 NO.1 | 93 | 3,590 | 259 |
| F 地区 NO.2 | 95 | 3,430 | 277 |
| S 地区 NO.1 | 74 | 3,990 | 185 |
| S 地区 NO.2 | 74 | 4,450 | 166 |
| O 地区 NO.1 | 59 | 3,010 | 196 |

このように、SV₃₀ は同じ処理施設において、MLSS 濃度の差が小さい活性汚泥の沈降性は比較

できても、他の処理施設や同じ処理施設の過去のデータと比較することはできません。このような場合は、SVIで比較するのが適切です。

なお、SVIの算出に用いるMLSS濃度は分析機関で分析したMLSS濃度で計算すべきですが、校正等適切に管理されたポータブルMLSS計で測定した数値で代用することも可能です。ただし、定期的に、MLSS濃度を分析した試料をポータブルMLSS計で測定し、分析結果で測定値を補正する等の工夫を行うことが必要です。

(3) 希釈SV

希釈SV(%)とは、SV₃₀がおおむね30%以上の場合に処理水等で2～4倍に希釈した活性汚泥を用意し、SVを測定する方法です。

この方法は、活性汚泥を希釈することでMLSS濃度が原因で悪くなっている沈降性を改善し、活性汚泥の性状に起因する沈降性を明らかにする方法です。SV試験の結果は、同じ希釈倍率同士で比較することが必要であり、SVIを算出する場合は希釈SVで得られたSV₃₀に希釈倍率で乗じてから、SVIを算出する必要があります。

4. SV₃₀と微生物の関係

沈降性が良くない活性汚泥をSV試験時の観察内容(表-1を参照)から分類すると、4種類に分けることができます。

1つ目の状態は、フロックの大きさが小さく全体的に色が薄くフロック間の空隙が目立ちます。汚泥

界面は不明瞭で凸凹があり、上澄みには微小なフロックが点在し、黄色味がかかった状態になっています。このような活性汚泥は、栄養が不足し栄養失調となった細菌がフロックから離脱している状態です。第4回でお話した図-3の解体(5)に相当します。BOD-SS負荷が低過ぎたり、余剰汚泥の引抜きを怠るとこの様な症状を引き起こします。MLSS濃度を低くし、ばっ気時間を短くしてください。

2つ目の状態は、フロックの形状が不揃いで、色に濃淡があり、上澄水が白濁しています。細菌の増殖が活発でフロックに収まり切れない細菌が多い状態で、図-3の分裂したての細菌(1)に相当します。BOD-SS負荷が高過ぎるときに見られるので、微生物を増やすことが急務となります。MLSS濃度を高くし、ばっ気時間を増やしてください。

3つ目は、フロック間の空隙がほとんどなく汚泥界面が平らで上澄みが綺麗なのに、汚泥界面が下がらない状態です。SV₃₀が高いので一見沈降性が悪い活性汚泥のように感じられますが、MLSS濃度が高いのが原因です。活性汚泥の沈降性は良好なので、SVIを計算すると数値は小さくなるはずですが、MLSS濃度を低くし、ばっ気時間を調整してください。

最後の4つ目は、通常とは違う微生物(糸状性細菌)が増殖している場合です。症状は増殖している細菌によって様々ですが、上澄水は綺麗なことが多いです。対策は増殖している細菌によって異なりますが、多くの場合、余剰汚泥引抜き量を多くしMLSS濃度を下げ、ばっ気時間を調整(DO濃度を2.0mg/L

以上に)すると、症状が軽減します。症状が重篤で沈殿槽や回分槽から活性汚泥が流出する現象が見られる場合は、専門家（JARUS 等）に連絡し、対策について指導を受けてください。

5. 余剰汚泥の引抜きと微生物

沈降性の良い活性汚泥は、角の取れた形状で大きさも大きく色がやや濃いフロックになっています。このような状態の活性汚泥は、微生物の増殖量と余剰汚泥引抜き量のバランスが良好で、世代交代が順調に進んでいるフロックであるといえます。

余剰汚泥の引抜き作業は、処理の過程で増殖した微生物を処理系統から取り除き、生物反応槽の MLSS 濃度を調整することを目的とした汚泥管理ですが、微生物の観点から見ると、余剰汚泥の引抜き作業は活性汚泥の沈降性に関連していることが判ります。

活性汚泥の沈降性は活性汚泥の性状によって差が出ますが、性状に関わる微生物の構成員や年齢（世代交代）に大きく関わるのが余剰汚泥の引抜きなのです。微生物の増殖に必要な増殖時間は、微生物によってそれぞれ異なりますが、余剰汚泥の引抜きを適切に行わないと、通常の状態では増殖しない細菌が増殖したり、年齢が高い微生物の割合が増えて、活性汚泥の性状を悪化させます。正常で若い微生物で構成された活性汚泥は、沈降性のよい性状になります。この状態を維持することに、余剰汚泥の引抜きが大きく関わっています。

余剰汚泥の引抜き作業を汚泥の系外搬出量とい

う視点だけで考えると、活性汚泥の性状の維持という処理性能に重要な要因が見えなくなってしまうます。SV₃₀やSVI、余剰汚泥の引抜きといった汚泥管理に微生物の視点を加えると、普段行っている汚泥管理が微生物にとってとても重要な作業であり、微生物に関する多くの情報を得ることができることに気付いて頂けたでしょうか。

今回は、有機物の除去について話をします。