

農業集落排水処理施設の維持管理基礎講座 (第2回 ばっ気時間設定の考え方)

1. ばっ気の過不足判断は慎重に

保守点検時に最も注意を払う事項の1つに、ばっ気不足(酸化不足)があります。ばっ気時間が短いあるいは生物反応槽内の攪拌が不十分でDO(溶解酸素)が上がらない等の理由で、酸化処理が不十分になり放流水質が悪化する状態を指す表現です。この様なときに、ばっ気時間を長くしたりばっ気風量を増やすことは正しいのですが、水質が悪くなった理由や原因がはっきりしない状況で、とにかくばっ気時間を長くし様子を見ようという考え方は事態を悪化させる危険があり、注意が必要です。実は、農業集落排水処理施設では、酸化不足が原因で水質が悪化するケースは少なく、ばっ気のし過ぎで水質を悪化させていることの方が多いのです。

酸化不足は確かに処理としては問題な状態ですが、まずはばっ気不足なのかあるいはばっ気し過ぎなのかをハッキリ確認することが最も重要です。

2. ばっ気不足の症状

では、ばっ気不足かどうかの判断はどうしたらよいか、浮遊生物法についていくつか紹介します。以下の症状が認められたら、酸化不足の可能性がります。

- ① 沈殿槽(回分槽の沈殿・排出工程)でやや大きい(30~50cm程度)汚泥塊が浮上している。汚泥は灰黒色と黒が混じっています。特に、浮上した汚泥をひっくり返した裏面。

- ② 上澄水が白く濁っている。光に当てると、細かい点が多数動いているのが観察できます。

- ③ ばっ気工程時にばっ気槽や回分槽の一部が大きく盛り上がっている等、攪拌状況が偏っているあるいは部分的である。

症状が進行すると、

- ④ ばっ気槽や回分槽からアンモニア臭や腐卵臭がします。

なお、より確実に判断する方法として、簡易分析方法でアンモニア性窒素(NH₄-N)を測定する方法があります。沈殿槽あるいは回分槽の上澄水を採取し、色が濃い青(インドフェノール青吸光光度法)になれば酸化不足です。

これ以外の場合は、ばっ気のし過ぎを疑ってください。

3. ばっ気時間の設定方法

ばっ気の過不足を確認したら、次は適切なばっ気時間の設定になります。設定するには、次の点を守ってください。

- ① 沈殿槽のある間欠ばっ気方式の場合は、沈殿槽直前の生物反応槽のばっ気終了時のDOを測定する。
- ② 回分槽の場合は、最後のばっ気工程終了時のDOを測定する。
- ③ DOは同じ場所で測定し、水深は50cmより深い位置にする。

測定したDOの数値が0.5mg/L以下の場合、ばっ気時間が短い可能性があります。DOが0.5~

2.0mg/L の場合、ばっ気時間がほぼ適切な状態に近いと考えられます。一方、DO が 2.0mg/L 以上の場合は、ばっ気時間が長すぎる可能性があります。

DO が 0.5mg/L 以下の場合、DO が上昇し 0.5～2.0mg/L になるまでばっ気時間を長くします。

DO が 2.0mg/L 以上の場合は、DO が 0.5～2.0mg/L になるタイミングを目安にばっ気時間を短くします。ばっ気時間を短くするときは、ばっ気不足にならないよう慎重に調整して下さい。ただし、これはあくまで目安であり、より正確にばっ気時間の過不足を判断するには、やはり簡易分析方法でアンモニア性窒素 (NH₄-N) を測定し、0.5mg/L 以下になるタイミングを見つけてばっ気時間を調整するとよいでしょう。

なお、ばっ気時間を設定するに当たっては、ばっ気をするときはしっかり（できるだけ多くの風量で）ばっ気し、ばっ気しない時間帯をできるだけ長くすることがポイントになります。

4. 微生物と酸素の関係

保守点検では、限られた予算内で維持管理をしなければならぬため、最も費用が掛かる汚泥処分費を削減するため系外搬出が制限されることも少なくありません。このような事態が続くと、ばっ気槽や回分槽に汚泥を溜め込むことになり、MLSS を徐々に高い濃度にして運転せざるを得ない状況になります。本来、MLSS は、施設に流入する汚水の濃度（性状）や水量に見合った濃度で運転するのが基本です。流入負荷（汚濁負荷量）とは関係ない理

由から MLSS を高くしなければならない状況は、活性汚泥の固液分離性の悪化を招き、維持管理性の悪い汚泥にしてしまう危険が伴うこととなります。

実は、維持管理費を削減するため、生物反応槽の MLSS を高くし汚泥の系外搬出量を少なくすることは、汚濁負荷量と微生物量のバランスを崩し処理を不安定にさせるだけでなく、消費電力量を増やすことにもなります。微生物は処理をしていない時でも、反応槽にいて酸素を消費します。微生物量が多い（MLSS が高い）ということはそれだけで必要な酸素が多くなり、ブロワの運転時間が長くなります。

具体的にどの程度酸素量が増えるのか、第1回でも紹介した酸素要求量（OD : Oxygen Demand）の次式から検討してみましょう。

$$OD = \frac{a \times (L_r - d \times N_D)}{\text{①BOD 除去に必要な酸素量}} + \frac{c \times N}{\text{②硝化に必要な酸素量}} + \frac{b \times S_a}{\text{③呼吸に必要な酸素量}}$$

ここで、

OD : 酸素要求量 (kg-O₂/日)

L_r : BOD 除去量 (kg-BOD/日)

S_a : 生物反応槽微生物量 (kg-MLVSS)

N : 硝化窒素量 (kg-N/日)

N_D : 脱窒窒素量 (kg-N_D/日)

また、JARUS 型施設では、a～d の係数に次の数値を使用します。

a=0.5 kg-O₂/kg-BOD

d=2.86 kg-BOD/kg-N_D

c=4.57 kg-O₂/kg-N

b=0.07 kg-O₂/(kg-MLVSS・日)

表-1 は、汚濁負荷率（計画汚濁負荷量の割合、）と微生物量（MLSS）で必要になる酸素量を、①BOD 除去に必要な酸素量、②硝化に必要な酸素量、③呼吸

に必要な酸素量毎に計算した例です。

各汚濁負荷率において、①BOD 除去と②硝化反応に必要な酸素量は MLSS が高くなっても変化していませんが、③微生物呼吸に必要な酸素量は MLSS が高くなると大きくなっています。具体的には、汚濁負荷率 30% のとき、MLSS が 3,000mg/L から 5,000mg/L に高くなると微生物呼吸に必要な酸素量は 17.01kg-O₂/日から 28.35kg-O₂/日 (比率は 46.0% から 58.7%) と大幅に増えています。つまり、ばっ気時間を適正に設定しても、MLSS が変化すると必要酸素量が変化し、ばっ気時間の再設定が必要になるということです。

維持管理費の削減において、ばっ気槽や回分槽の MLSS を低くすることは消費電力量を少なくすることであり電気代の低減になることを意味しています。

必要以上に MLSS を高くすることは、省エネルギーという観点からも避けるべきです。

次回は流入負荷と MLSS の関係について、お話しすることにします。

表 - 1 必要酸素量の内訳と汚濁負荷量と微生物量の関係 (例)

汚濁負荷率 (%)	MLSS (mg/L)	必要酸素量(kg-O ₂ /日)、()は割合(%)			
		BOD除去	硝化反応	微生物呼吸	合計
30	3,000	4.05(10.9)	15.92(43.0)	17.01(46.0)	36.97(100.0)
	4,000	4.05(9.5)	15.92(37.3)	22.68(53.2)	42.64(100.0)
	5,000	4.05(8.4)	15.92(32.9)	28.35(58.7)	48.31(100.0)
40	3,000	5.40(12.4)	21.22(48.6)	17.01(39.0)	43.63(100.0)
	4,000	5.40(10.9)	21.22(43.0)	22.68(46.0)	49.30(100.0)
	5,000	5.40(9.8)	21.22(38.6)	28.35(51.6)	54.97(100.0)
50	3,000	6.74(13.4)	26.53(52.8)	17.01(33.8)	50.28(100.0)
	4,000	6.74(12.1)	26.53(47.4)	22.68(40.5)	55.95(100.0)
	5,000	6.74(10.9)	26.53(43.0)	28.35(46.0)	61.62(100.0)
60	3,000	8.09(14.2)	31.83(55.9)	17.01(29.9)	56.94(100.0)
	4,000	8.09(12.9)	31.83(50.8)	22.68(36.2)	62.61(100.0)
	5,000	8.09(11.9)	31.83(46.6)	28.35(41.5)	68.28(100.0)
算出条件		<ul style="list-style-type: none"> ・汚濁負荷率 : 実汚濁負荷量 × 100 / 計画汚濁負荷量 ・BOD : 流入水 200mg/L、処理水20mg/L、除去率 90.0% ・T-N : 流入水 43mg/L、処理水15mg/L、硝化率 100% ・MLVSS/MLSS = 0.80 ・処理方式 : JARUS-₉₆型 (1,000人) ・運転工程 : 60分サイクル、攪拌工程40分、ばっ気工程20分 			