

家畜排せつ物浄化処理指導マニュアル

● 目 次 ●

- はじめに
- 汚水処理用語の意味
- 1. 活性汚泥法の理論
 - 1－1. 活性汚泥法とは
 - 1－2. 微生物
 - 1－3. 酸素
 - 1－4. 栄養源
 - 1－5. 活性汚泥法の運転方式による分類
 - 1)：回分式活性汚泥法
 - 2)：連続式活性汚泥法
- 2. 各施設の基本的役割
 - 2－1. バースクリーン
 - 2－2. 沈砂槽
 - 2－3. 投入槽（汚水槽、原水槽、汚水ピット）
 - 2－4. スクリーン（固液分離装置）
 - 2－5. 汚水貯留槽（調整槽、流量調整槽、中継槽）
 - 2－6. 最初沈殿槽
 - 2－7. 曝気槽
 - 1)：曝気槽の大きさ
 - 2)：曝気槽の形
 - 3)：酸素供給量と空気量及び送風機
 - 2－8. 最終沈殿槽
 - 余剰汚泥生成量と返送汚泥量
 - 2－9. 消毒槽
 - 2－10. 汚泥貯留槽（汚泥濃縮槽）
 - 2－11. 汚泥脱水機
- 3. 活性汚泥法浄化処理施設の維持管理
 - 3－1. 処理能力を超えて汚水を投入しない
 - 3－2. 汚水の質を変えない
 - 3－3. 処理施設の維持管理
 - 3－4. 活性汚泥の維持管理
 - 1)：外観による観察
 - 2)：SV%（SV30）の測定

3－5. 活性汚泥の異常

1)：活性汚泥の流出

- ・活性汚泥のバルキング
- ・余剰汚泥の処理不良

2)：スカムの発生

3)：泡の発生

4)：季節による活性汚泥の変化

3－6. 処理水の処置

1)：透視度の測定

2)：消毒薬の追加補充

3－7. 余剰汚泥の処置

はじめに

最近の畜産経営を取り巻く環境は厳しく、社会情勢の変化により急速に変貌しつつあります。

農村部でも都市化が急速に進展し、混住化が進むなか、家畜ふん尿処理施設の整備が不十分なことから、水質汚濁等の問題が深刻化しており、畜産経営を継続するためには、畜産の環境問題の解決が大きな課題であります。

一方、平成11年11月1日には「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が施行され、平成16年10月31日までに畜産農家が自らの責任においてふん尿処理施設の整備をすることになったところであります。

このような状況を踏まえ、宮崎県畜産会（現宮崎県畜産協会）では、県をはじめ関係機関団体の協力を得て、県内で指導されている環境アドバイザーの方々を委員に、また（財）畜産環境整備機構の本多勝男先生を特別顧問にお願いし、「宮崎県家畜排せつ物浄化処理施設整備推進委員会」を平成13年3月に設置し本県の畜産経営に適した浄化処理施設の整備について検討しました。

特に今回は、豚尿汚水の浄化処理施設設置を推進するため、施設整備に関する推進方策や施設維持管理指導体制の検討を行い、地域の指導者や養豚農家向けの豚尿汚水処理指導マニュアル書を作成することになったところであります。

現在、豚の尿汚水の浄化処理方法は、簡易的な曝気方式（表面攪拌方式等）から嫌気処理法との併用などが考案、実用化されていますが、処理水の放流を前提とした場合、活性汚泥法以外の方法については、開発からまだ年月が浅く処理方法も様々で、整備を行う経営体はもちろん指導者も選定に苦慮している状況にあります。

指導マニュアル書は、浄化処理施設の設置推進、維持管理を目的として施設の名称、役割、資材、用語などを解りやすく解説しております。

県内の養豚農家や技術員が浄化処理施設を選定するときの手引き書として活用いただければ幸いです。

污水处理用語の意味

| あ行 |

亜硝酸細菌

硝化細菌のうち、アンモニアを亜硝酸まで好氣的に酸化できる細菌の総称。アンモニア酸化細菌ともいう。

亜硝酸態窒素 (NO₂-N)

アンモニアが酸化して硝酸になる中間生成物。

アンモニア態窒素 (NH₄-N)

タンパク質のような窒素を含む有機物が分解してなる窒素化合物である。アンモニア態窒素は、酸化されて亜硝酸態窒素を経て硝酸態窒素になる。

SS (Suspended solid)

浮遊物質（水中を浮遊している物質）または懸濁物質（濁りの原因物質）という。水を濁している不溶性の物質で、この値が高いほど、水の濁りが高いことになる。BOD、CODと深い関連性があり、汚泥生成量にも関係する。通常、ppm またはmg / リットルで表す。

SV (Sludge volume)

活性汚泥の沈降性や濃度などを示す指標で、活性汚泥沈殿率という。曝気槽内のおおよその活性汚泥量を推測する最も簡単で有効な方法である。活性汚泥を1リットルのメスシリンダーに入れ、30分間静置した後の沈殿した汚泥の割合を%で表したもの。30分静置したものをSV30という。例えば、1リットルのメスシリンダーの半分に活性汚泥が沈めば、SV50%となる。

SVI (Sludge volume index)

活性汚泥の沈降性を示す指標で、汚泥容量指標という。1 gの活性汚泥が占める容積をmlで表し、 $SVI = SV \times 10000 / MLSS$ の式で算出される。通常曝気槽のSVIは100～150である。高いSVI値は凝集性・沈降性の悪い軽い活性汚泥であることを示す。SVI値を測定することにより活性汚泥の異常を早期に発見することができる。

MLSS (Mixed liquor suspended solid)

活性汚泥法における曝気槽内の活性汚泥量をmg／リットルで表し、活性汚泥浮遊物質という。曝気槽の浄化能力を維持するために、量を適正に保つ必要がある。通常、3000～6000mg／リットルで管理されることが多い。

MLVSS (Mixed liquor volatile suspended solid)

MLSS（活性汚泥浮遊物質）のVS（強熱減量）をmg／リットルで表す。活性汚泥有機性浮遊物質という。MLSSの有機物量を表すことから、活性汚泥法における曝気槽内混合液の微生物量をMLSSよりも正確に示す指標として用いられる。

ORP (Oxidation-reduction potential)

汚水や曝気槽などが酸化状態（プラス）か、還元状態（マイナス）かを電位で示す指標。酸化還元電位ともいう。曝気が十分で、DOが高く、好氣的なものは電位が高く、逆に嫌氣的なものは電位が低い。例えば、酸素が十分に供給されている活性汚泥法の曝気槽はプラス100～500mV（酸化状態）の値を示すが、代表的な嫌気処理であるメタン発酵槽はマイナス200mV以下（還元状態）である。

汚濁負荷量

処理施設で処理すべき汚濁物質質量（BODやSSなど）。汚水量と汚濁物質濃度を乗じて求める。例えば1日当たりの汚濁負荷量は次式によって算出される。

汚濁負荷量（Kg／日）＝汚水量（m／日）×汚濁物質濃度（mg／リットル）÷1000

| かけ |

回分式活性汚泥法

曝気槽で汚水を一定時間浄化処理した後、曝気を停止して活性汚泥を沈殿させて上澄液（処理水）を得る活性汚泥処理方法。汚水の投入と処理水の排出を、回を分けて行う方法である。曝気槽が沈殿槽を兼ねるために、装置が簡単となる。豚舎排水では、曝気式ラグーンやオキシデーションディッチ法に應用されている。汚水の投入と処理水の排出を別々行う槽を持っている連続式活性汚泥法と区別される。

活性汚泥

汚水を浄化する能力を持った微生物の塊。活性汚泥の中には細菌、原生動物などいろいろな微生物が数多く生きている。MLSS は活性汚泥の量を表したものである。

活性汚泥処理施設

活性汚泥を利用した汚水処理施設。浄化槽のこと。曝気槽の中に活性汚泥を培養しながら、汚水を浄化処理する施設。

簡易曝気処理施設

簡易な曝気槽で尿汚水を曝気処理し、臭気の少ない液肥を生産する方法。曝気槽内に各種資材（腐食物質、岩石、微生物資材など）を浸漬・投入などして処理するものもある。低コストで、尿汚水の臭気対策になっているが、処理水を河川などに放流できる水質に浄化することは難しく、その用途は主に液肥となる。

凝集剤

凝集剤は、水の濁りや色を除去するために用いられる薬剤で、水中に懸濁する微粒子をくっつけてフロック（集塊）をつくらせ、沈降、濾過によって分離除去するのを容易にする作用がある。養豚排水の場合、主に脱水機を利用した余剰汚泥処理に使用するが、余剰汚泥は微細な浮遊物なので、そのままでは分

離が難しいため凝集剤を添加し、微細な浮遊物の集合体（フロック）をつくらせ、脱水処理を行う。凝集剤は、無機系と有機系（高分子系）に分けられる。また、脱水機には、ベルトプレス式、多重円盤式、スクリープレス式等様々なタイプがある。使用する凝集剤も機種、余剰汚泥の性状との相性もあるので、使用方法等については、メーカーと良く検討し、選択する必要がある。

1. 無機系凝集剤

塩化鉄、硫酸鉄、塩化アルミニウム、硫酸バンド等の無機質の凝集剤がある。これらは、凝集対象の微細な浮遊物（SS）や溶解物質と、プラス（+）イオン、マイナス（-）イオンの結合作用で集合体（フロック）を作る。有機系凝集剤と比較すると、集合体（フロック）が小さく壊れやすい、沈降速度が遅い等の特徴がある。凝集対象の液体の性状（pH、浮遊物質等）、脱水機との相性をみて、使用薬剤を選択する。

2. 有機系凝集剤（高分子系）

有機系凝集剤といえば、ほとんどが高分子系凝集剤のことである。天然高分子系と合成高分子系に分けられる。主流は合成高分子系である。高分子（ポリマー）とは有機化学製品であり、石油等を原料として自然界で作られる有機物よりもかなり分子量の大きい化合物である。特徴として、イオン活性が大きく浮遊物質や溶解物質と結合、吸着しやすく、少量の添加で著しく凝集を促進する。凝集原理は、イオン結合および細長い糸状物質で浮遊物質や溶解物質を吸着するものである。無機系と比較すると集合体（フロック）が大きく、沈降速度が速い等の特徴がある。イオン性別に分類され、カチオン性（+イオン）、アニオン性（-イオン）、ノニオン性（中性）がある。凝集対象の液体の性状（pH、浮遊物質等）、脱水機との相性をみて使用薬剤を選択する。

イオン性別高分子凝集剤の効果

ポリマー	適 性 pH	適 正 懸 濁 物 質
カチオン性	強酸性～中性	有機物、コロイド分散系
アニオン性	中性～アルカリ性	無機質
ノニオン性	弱酸性～弱アルカリ性	無機質、無機・有機混合系

嫌気性処理

酸素が存在する状態で生存が困難な嫌気性微生物が活動して汚水中の汚染物質の分解を行う一連の方法。メタン発酵処理（消化処理ともいう）は、嫌気性処理の代表的なものである。

原生動物

単細胞動物の総称。大きさは5～250 μm 。污水浄化処理施設における活性汚泥などに多数存在し、細菌とともに污水の浄化に重要な役割を果たす。

好気性処理

空気の存在下で生育、増殖する好気性細菌、カビ類、原虫類、藻類、プランクトンその他の好気性微生物により有機物を分解し、污水の安定化を図る方法。活性汚泥処理は、好気性処理の代表的なものである。

酸化

酸素と化合して酸化物をつくること。例えば、炭素が酸化されると二酸化炭素に、アンモニアが酸化されると、亜硝酸や硝酸になる。

COD（Chemical oxygen demand）

有機物による汚れを示す重要な指標のひとつ。日本語では化学的酸素要求量という。水中の有機物を酸化剤（過マンガン酸カリウム）によって化学的に酸化するときに必要な酸素量で表す。単位は、ppm またはmg／リットルで表す。BOD と同じ汚れを示す指標であるが必ずしも一致しない。測定が BOD よりも短時間でできる。排水基準としては、海域及び湖沼に排出される排水に限って適用される。

糸状菌

視覚的に糸状を呈する微生物群の総称。污水处理では、浅い水底に群落をつくり、あるいは水中に分散した糸状の群体を生じる細菌を糸状菌と称している。活性汚泥のバルキング（膨化）を引き起こす原因微生物であり、汚泥の沈降性の良否を判定する指標生物となっている。

硝酸細菌

硝化細菌のうち、亜硝酸を硝酸まで好氣的に酸化する一群の細菌の総称。亜硝酸酸化細菌ともいう。

硝酸態窒素（NO₃-N）

硝酸態窒素とは、硝酸塩をその窒素量で表したものである。硝酸性窒素ともいう。硝酸化成作用の過程で微生物（硝酸細菌、亜硝酸細菌）の働きにより亜硝酸から生成される。水中の硝酸態窒素は、主としてタンパク質などの分解によって生じたアンモニア態窒素が、硝化細菌群の作用によって酸化される際の最終生成物であるため、污水处理においては汚濁物質の浄化を知るうえの指標となる。

スカム

汚泥、汚水の貯留槽、浄化槽の腐敗槽などで、消化分解の進行とともに大腸菌、尿素分解菌などにより発生した炭酸ガスが浮遊物とともに槽の表面にできた厚いスポンジ質の層をいう。

全窒素（T-N）

無機態および有機態窒素の総量を表す。無機態窒素とは、アンモニア態および亜硝酸態、硝酸態窒素をさす。有機態窒素とは、タンパク系窒素、非タンパク系の有機性窒素をさす。

| た行 |

滞留時間

汚水などが処理施設に滞留する時間。例えば、1日当たり 5m^2 の汚水を、 10m^2 の曝気槽で処理すれば、汚水の滞留時間は2日間となる。曝気時間（エアレーション時間）、HRT（水理学的滞留時間）ともいう。

大腸菌

人および動物の腸内とくに大腸に多数存在する細菌で、ふん尿に汚染された所に広く存在し、汚染の指標となる。

脱窒

無酸素状態で、脱窒細菌が有機物をエネルギー源として亜硝酸態窒素や硝酸態窒素を窒素ガスなどに還元する作用。硝化作用と組み合わせることによって汚水中の窒素を除去することができる。

DO（Dissolved oxygen）

水中に溶解している酸素濃度。溶存酸素という。活性汚泥は酸素を必要とするので、活性汚泥法の重要な制御指標となる。一気圧、 20°C で純水の飽和DO濃度は $8.84\text{mg}/\text{リットル}$ である。

透視度

水の透明度を示す指標のひとつ。汚水が浄化されるほど透明になることから、浄化の程度を簡単に判断する指標に用いられる。透視度計に水を入れ上部から透視し、底部に置いた標識板の二重十字が識別できる水の高さ（cm）を透視度という。

| は行 |

曝気

水に空気を送って酸素を供給すること。活性汚泥法では曝気槽の中に下部からブロワーで空気を送ったり、表面を攪拌したりして曝気を行う。エアレーションともいう。

曝気槽

活性汚泥処理施設の活性汚泥と汚水を混合・攪拌し、曝気を行い反応させる槽。曝気槽が活性汚泥処理施設の中心的な役割を果たす。汚水が浄化されるとともに活性汚泥が増殖培養される。

バルキング

膨化ともいい、活性汚泥法において最終沈殿槽で汚泥が沈降しにくくなり、上澄水が得にくくなる現象をいう。糸状菌の増加にともない発生する。原因としては高濃度汚水の投入、腐敗汚水の投入、投入BOD量の過負荷、曝気槽の溶存酸素不足等がある。

BOD（Biochemical oxygen demand）

有機物による汚れを示す重要な指標のひとつ。生物化学的酸素要求量という。微生物によって分解されやすい有機物量の指標となる。汚水処理の目的は、このBODを低下させることを目的としている。単位は、ppm またはmg／リットルで表す。CODと同じ汚れを示す指標であるが必ずしも一致しない。測定がCODと比較すると時間がかかる（5日間）。一般的な排水基準として適用される。

BOD汚泥負荷

曝気槽内の単位ML SS当たり、1日に処理されるBOD量。単位はBOD－Kg／ML SS－Kg・日。活性汚泥の微生物量に対するBOD負荷量を表すもので、BOD容積負荷よりも正確な指標として、曝気槽の設計および運転管理に用いられる。

BOD容積負荷

曝気槽の単位容積当たり、1日に処理できるBOD量。単位は $\text{BOD-K g} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 。

曝気槽の設計などに用いられる重要な指標。豚舎排水の場合、 $0.5 \text{ K g} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ 以下のBOD容積負荷で運転されることが多い。1日に 150 K g のBODを処理する場合（汚濁負荷量 150 K g ）、BOD容積負荷 $0.5 \text{ K g} / \text{m}^3 \cdot \text{日}$ ならば曝気槽の容積は 300 m^3 必要と算出される。

ppm (parts per million)

水中の汚濁物質濃度を表す単位。百万分率。ある物質の量が全体の百万分のいくつ存在するかを表す。例えば、 1 ppm は $1 \text{ mg} / \text{リットル}$ または $1 \text{ g} / \text{m}^3$ となる。 $10,000 \text{ ppm}$ が 1% になる。

pH

水が酸性かアルカリ性かを示す指標。 $\text{pH} 7$ が中性であり、 7 より上がアルカリ性、 7 より下が酸性である。

富栄養化

水中の窒素やリン濃度が増加し、それとともにプランクトンや藻などの生産量が増加すること。赤潮やアオコなどの被害を引き起こすことがある。窒素やリンの規制の根拠となっている。

返送汚泥

連続式活性汚泥法において、曝気槽内のMLSSを一定濃度に維持するために、沈殿槽から引き抜いて曝気槽に返送し循環利用する活性汚泥のこと。MLSS濃度と返送汚泥量には次のような関係がある。

$$\text{MLSS 濃度} = \{ (Q1 \times S1) + (Q2 \times S2) \} \div (Q1 + Q2)$$

$$\text{汚泥返送率} = Q2 \div Q1 \times 100$$

Q1：曝気槽流入汚水量／日

S1：曝気槽流入汚水のSS濃度

Q2：返送汚泥量／日

S2：返送汚泥のSS濃度（一般的に $10,000 \text{ ppm}$ に設定）

| や行 |

余剰汚泥

活性汚泥法において、増え過ぎて不要となった活性汚泥。活性汚泥はBODやSSを処理しながら自ら増殖するため、余剰汚泥が発生する。余剰汚泥は引き抜いた後、たい肥化など別途処理する。

| ら行 |

連続式活性汚泥法

曝気槽に沈殿槽を併設し、曝気槽で汚水の浄化を行い、沈殿槽で活性汚泥を沈殿させて上澄液（処理水）を得る。回分式活性汚泥法と違って、汚水の投入と処理水の排出を連続的に行うことができる。下水処理では一般的な活性汚泥処理方法であり、豚舎排水でも標準活性汚泥法、長時間曝気法、二段曝気法などに応用されている。

1. 活性汚泥法の理論

1-1. 活性汚泥法とは

畜産汚水は、尿溜に貯めておいてもきれいにはならないものです。汚水は黒い色になって、臭いガスが湧いてきて公害の原因となります。そうなる前に、尿溜にブローアで空気を送ってかき回すと、数日で臭いと濁りが少ない液に変化するのです。

空気を送ることを曝気と呼び、曝気を行う機械（装置）を曝気装置、曝気を行う槽を曝気槽と呼んでいます。

さらに、効率よく、きれいな水にするためのシステムを、活性汚泥法による浄化処理施設と呼んでいます。

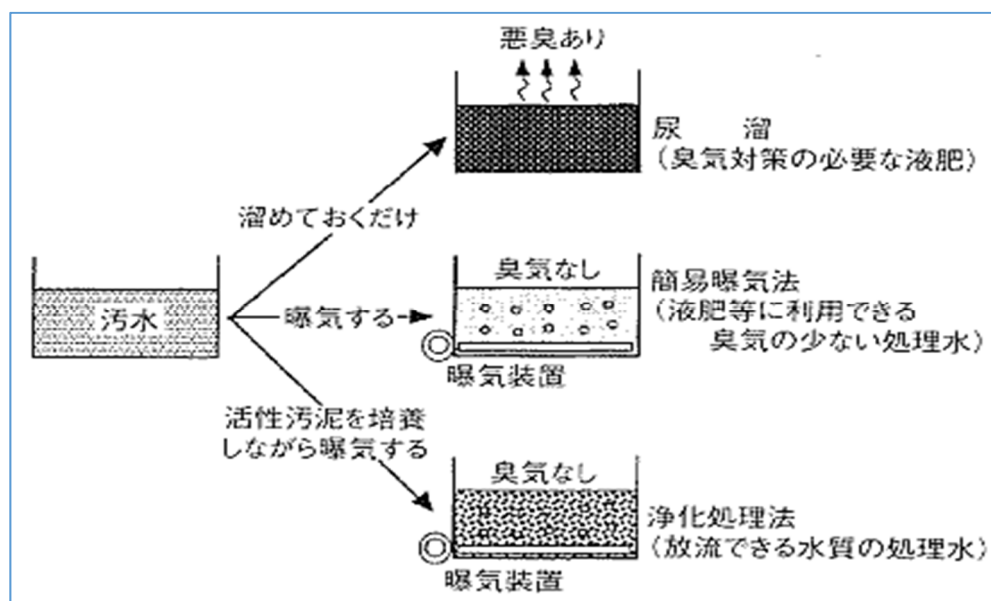


図1. 尿溜、曝気処理、浄化処理

1-2. 微生物

活性汚泥法で重要な役割を果たすのが活性汚泥と呼ばれる微生物です。

畜産汚水に適した多くの種類の微生物が、曝気槽の中で増殖し、水をきれいにするために活躍しています。

この微生物が、働きやすい環境を作ってやるのが活性汚泥法には重要です。それには、酸素と栄養源が必要です。

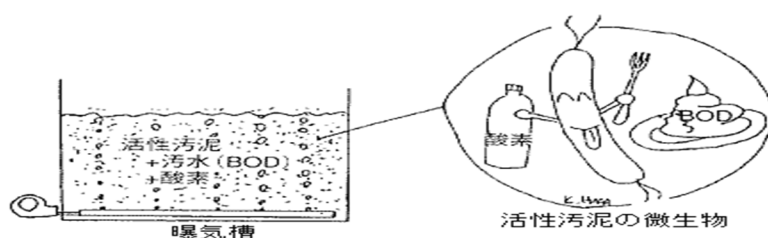


図2. 活性汚泥の微生物は BOD と酸素が好き

1－3. 酸素

微生物が生きていくための酸素は、曝気で供給されます。

酸素は十分に送ることが重要ですが、多すぎるとランニングコストの上昇や、システムの不具合が生じることがあります。

最近では、この酸素量（溶存酸素量：水の中に溶け込んだ酸素量）を適正に保つために溶存酸素計（DO メーター）を備えたシステムもあります。

1－4. 栄養源

微生物は、水の中の汚濁物質（BOD、SS など）を餌として増殖し、その結果、水をきれいにします。

そのため、活性汚泥を維持するのに、汚濁物質は必要なものですが、微生物が食べる以上に があると微生物は食べきれずに汚濁物質が残ることになります。

また、汚濁物質が少な過ぎると、微生物が生き残ることはできません。

曝気槽に投入する汚濁物質量を適正に保つ必要があります。この点については、後の維持管理の項で述べます。

1－5. 活性汚泥法の運転方式による分類

活性汚泥法は、その運転方法によって大きく二つに分類されます。

1）：回分式活性汚泥法

曝気槽で「曝気」しているときは、微生物が汚濁物質を盛んに食べているときです。

曝気を止めると、活性汚泥は「沈殿」し、きれいな上澄液が得られます。この上澄液を処理水として「排出」して、また汚濁物質を「投入」します。

この「曝気」「沈殿」「排出」「投入」の四つの行程を一定時間に行うシステムを「回分式活性汚泥法」と呼んでいます。

回分式活性汚泥法は、一つの曝気槽が、沈殿槽を兼ねているため、沈殿槽が必要ありません。

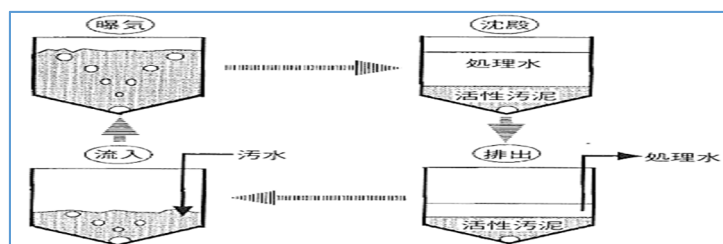


図3. 回分式活性汚泥法は4サイクル

2)：連続式活性汚泥法

回分式活性汚泥法では、「曝気」を止めないと処理水が得られません。それに対し、「曝気」を止めずに連続して、曝気槽に汚濁物質を投入して運転する方式を「連続式活性汚泥法」と呼んでいます。

連続式では、沈殿槽や、返送汚泥装置が必要となりますが、連続的に効率よく処理できる利点もあります。

連続式では、曝気を連続して運転するのが普通ですが、最近のシステムでは、ランニングコストを抑えたり、嫌気（酸素がない状態）によって、窒素を減ずる（脱窒）効果をねらって、間欠曝気を行うシステムもあります。

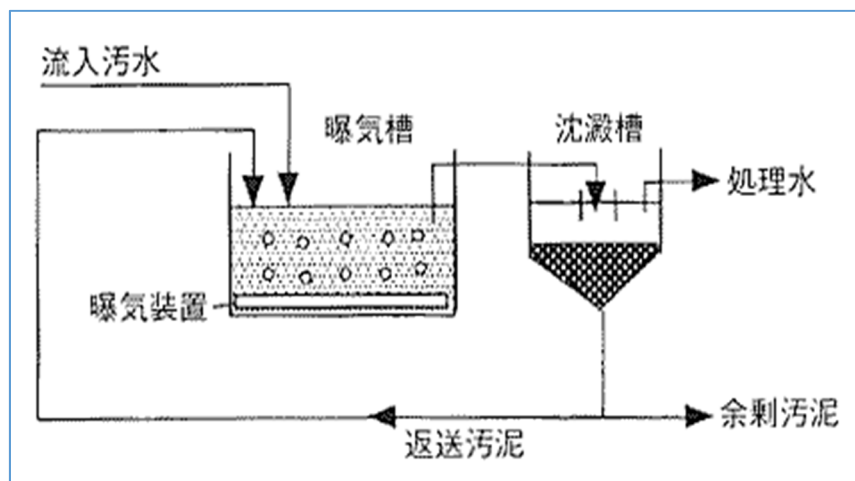


図4. 連続式活性汚泥法のフローチャート

2. 各施設の基本的役割

2-1. バースクリーン

汚水を施設に投入する際、枯れ葉など大きな浮遊物が混入すると、パイプの詰まりなどを起こしますので、浮遊物を除くように設置されたスクリーンです。

有効間隔20mmから30mm程度で、60度程度の傾斜角を付けます。
定期的に掃除をしますので、あまり深いところに設置すると大変です。

2-2. 沈砂槽

未消化繊維等のやや重い固形物も、パイプの目詰まりや、ポンプの故障の原因になりますので、取り除く必要があります。

2-3. 投入槽（污水槽、原水槽、污水ピット）

次のスクリーンにかけるための污水の一時貯留槽です。スクリーンの能力によって槽の大きさが決まり、スクリーンの能力が高い場合には、污水ピット程度の大きさがあれば良いこととなりますが、通常1日分貯留としています。

污水が沈殿しないように攪拌装置が必要です。これには、エアーを送り込むより、スクリーンへの送水ポンプ能力を大きめにして、戻り水を利用して攪拌するほうが経済的です。

豚舎からの污水を貯留するので、臭いが外に漏れないよう可能な範囲で密閉構造としたほうが良いでしょう。

ポンプの点検、管理を容易にするために、ポンプが引き上げられる様な構造と、管が取り外しやすい配管工法など、工夫しておくことも良いでしょう。

2-4. スクリーン（固液分離装置）

污水に含まれる大きめの固形物（飼料クズ、豚毛等）を分離します。網目の大きさは1mm間隔前後（16メッシュ）とすることが多いようです。網目が小さすぎると分離せず污水が上滑りしますので注意が必要です。

スクリーンの網目の大きさをメッシュ（mesh：1インチ当たりの目数）と言う単位で表しますが、一般には16メッシュが1mm間隔になります。

投入槽からの配管は、スクリーンの能力に合わせて流量調整が必要ですが、この場合、管が詰まり易いバルブ式とせずに、流量調整箱などで行うようにし

ます。

2-5. 汚水貯留槽（調整槽、流量調整槽、中継槽）

最初沈殿槽または曝気槽に投入する流量を調整するために設置する槽です。

一般的には1日分貯留可能な容量としています。回分式運転の場合には、特に、1日分を貯留できる容量が必要です。

最初沈殿槽または曝気槽への投入量を一定に保つために、流量調整箱を備えています。

ポンプのトラブル対策として、予備ポンプは必要です。

配管の途中にバルブ等を設置すると管詰まりの原因になります。流量調節は、バルブではなく、流量調整箱で行うようにします。

その他、配管方法など投入槽と同じ工夫をしておきます。

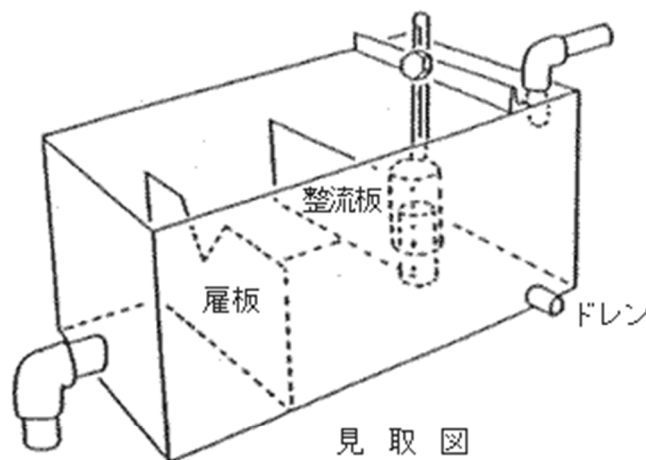


図5. 流量調整箱

2-6. 最初沈殿槽（第1沈殿槽）

曝気槽に投入する前に、汚水を静置して、濃縮部分を除去する槽です。

滞留時間は3時間以上として設計し、沈殿しやすいように水面積負荷 $20\text{ m}^3/\text{m}^2$ 以下、越流堰負荷 $50\text{ m}^3/\text{m}$ 以下を確保します。

汚泥引き抜き用のエアリフトポンプまたはポンプが設置されています。

汚泥が集まるように、底を傾斜60度程度のホッパー型とするか、汚泥集めのためのかき寄せ機が必要です。

うまく汚泥が抜けないとスカム発生の原因となります。

スカムが頻繁に発生するような場合、流出を防ぐためには、バッフル（邪魔板）を越流堰の前に設置します。

2-7. 曝気槽

微生物による取り込み消化を行うために、空気を送り込む槽で、最も重要な役目を果たす槽です。

・ 1) : 曝気槽の大きさ

効率的に汚濁物質を浄化するためには、曝気槽の大きさは重要です。

曝気槽の大きさは容量で表しますが、曝気槽の容量を決めるときは、「BOD容積負荷」で計算されます。

BOD容積負荷とは、曝気槽容積 1 m^3 当たりの1日BOD量 kg (1日BOD投入量/曝気槽容量) で表され、 0.4 kg/m^3 程度で運転されることが多いようです。

BOD容積負荷が小さいことは、処理能力が低いことを意味するのではなく、負荷の変動や水温の変化に対する安定化をねらったものであり、BOD容積負荷が大きいほど、処理能力が高いシステムとされますが、負荷の変動に対する安定性が弱く、維持管理に注意が必要です。

畜産の現場においては、専門の管理者を置けないことから、負荷の変動に強いシステムが望ましく、BOD容積負荷は 0.5 kg/m^3 以上にならないようにしたいものです。

BODを浄化するのは、曝気槽ではなく、曝気槽内の微生物なので、曝気槽内にどの程度の量の微生物が働いているかを知るために、MLSS濃度は重要な意味があります。

MLSS濃度は、通常 3000 mg/リットル から 6000 mg/リットル 程度で設定され、低いと微生物が少なく浄化処理が上手く進まず、高いと沈殿分離が上手く行えません。

MLSS 1 kg が1日に処理するBOD量 kg を「BOD-MLSS負荷」と呼んでいます。通常は 0.1 kg から 0.2 kg 程度で設定されますが、低い設定ほど安全であると言えます。



箱 形



オキシデーションディッチ（楕円形）



ラグーン（すり鉢形）

曝気槽の形は、箱形、円形、楕円形、すり鉢形などさまざまですが、運転方式の違いで異なります。

回分式では、主にオキシデーションディッチ（楕円形）、ラグーン（すり鉢形）が使われ、連続式では、主に箱形が使われています。

曝気槽は、酸素を供給すると同時に、汚水の滞留を防ぐために、活性汚泥と汚水の混合液を循環させなければなりません。そのために、槽の形状に合わせた曝気装置が必要です。

オキシデーションディッチは、楕円形の水路で汚水を効率よく循環するように機械式曝気装置（機械によって水面を攪拌し酸素を送り込む方式や、水流を起こして、その陰圧で空気を送り込む方式）が多く用いられます。そのため、比較的浅い水深（2m以内）で、設置面積が広く必要です。

ラグーンでは、池のような大きな曝気槽で、低い負荷量と長時間運転が行われ、円形の中央から四方に拡散するような機械式曝気装置が用いられます。

箱形では散気式曝気法（ブローアーと散気装置（ディフューザー）を用いて曝気槽の底から空気を拡散する方式）が行われるため、比較的水深を深く（4m前後）採ることができ、敷地面積も少なくてすみませんが、水深が深いために大型のブローアーが必要です。長時間曝気法（低BOD負荷、大容量の曝気槽で長時間の処理を行い、余剰汚泥の発生を少なくし、管理を容易にする方式）、二段曝気法（標準活性汚泥法を直列に2段につなぎ高性能をねらった方式）など効率を高めた施設もあります。

3）：酸素供給量と空気量及び送風機

曝気槽で必要とされる酸素量（酸素供給量）は、一般に次の式で計算されます。

$$O_2(\text{kg}/\text{日}) = a L r + b S$$

a = BOD酸化係数：畜産では 1.0

$L r$ = 除去BOD量：kg/日

b = 呼吸作用係数：畜産では 0.03

S＝曝気槽内の総MLSS量：（曝気槽容量 m^3 ×MLSS濃度 kg/m^3 ） kg
必要酸素量から空気量への計算は、次の式で簡易に求められます。

空気量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）＝ O_2 （ $\text{kg}/\text{日}$ ）÷ $0.28\text{kg}/\text{m}^3$ ÷（ 0.06 ：酸素溶解率）
＊気温 20°C の時 1m^3 の空気に 0.28kg の酸素が含まれるとして計算しています。

酸素溶解率は、曝気方式によって異なりますが、散気装置のカタログ等で確認が必要です。空気量が求められれば、送風機（ブロアー）のカタログから適正機種を選定します。この場合 10 から 20% の余裕を持った機種を選びます。

曝気槽と曝気装置は、活性汚泥法の核心とも言うべき部分です。選定の際には十分検討しましょう。

2-8. 最終沈殿槽（第2沈殿槽）

曝気槽で増殖した微生物（活性汚泥）を沈殿させ、上澄み液を放流段階に繋ぐ槽です。

槽の大きさは、曝気槽流量と返送汚泥量（曝気槽の微生物量を一定に保つために必要な汚泥を曝気槽に戻す）の合計した沈殿時間分の容量が必要です。

そのほか最初沈殿槽と同じ条件が必要です。

なお、回分式運転では、曝気槽が沈殿槽を兼ねるため、省略されることがあります。

余剰汚泥生成量と返送汚泥量

余剰汚泥生成量は曝気槽の運転条件によって異なりますが、特にBOD容積負荷によって大きく影響されます。

BOD容積負荷が大きいほど余剰汚泥発生量も多くなり、汚泥引き抜き量が多くなります。

つまり、高効率施設では、余剰汚泥発生量が多いものです。

曝気槽から最終沈殿槽へは、ポンプかオーバーフローで移送されますが、曝気槽のMLSS濃度を一定（3000mg/リットルから6000mg/リットル程度）に保つために、沈殿汚泥（微生物）を返送します。曝気槽の混合液のSV%を観察するのは、このためにも必要な管理です。

沈殿した汚泥のMLSS濃度は通常10000mg/リットルであり、曝気槽内のMLSS濃度とは次の関係があります。

$$\text{曝気槽MLSS濃度} = \{ (Q1 \times S1) + (Q2 \times S2) \} \div (Q1 + Q2)$$

Q1＝曝気槽流入汚水量

Q2＝返送汚泥量

S1＝曝気槽流入汚水のSS濃度

S2＝返送汚泥のSS濃度（10000mg/リットル）

2-9. 消毒槽

放流水の大腸菌数は、3000個/ミリリットル以下と定められており、曝気槽から流れてきた上澄み液を放流するために、消毒します。

一般には、有効塩素70%程度を含む固形塩素消毒剤が用いられます。

処理水中に3から10mg/リットルの塩素が溶けるように消毒薬を補充します。

例えば処理水中に5mg/リットルの塩素が溶けるようにした場合、処理水1 m³当たり7 g程度の消毒薬が必要となります。

2-10. 汚泥貯留槽（汚泥濃縮槽）

最初沈殿槽と最終沈殿槽から引き抜いた汚泥を汚泥脱水機にかける前に貯留する槽です。

汚泥脱水機で処理する量を少なくするために汚泥貯留槽の前に、沈殿させて汚泥を濃縮する機能を備えている場合（汚泥濃縮槽）があります。この場合、12時間から24時間の沈殿で、水分97%程度にまで濃縮が可能です。汚泥濃縮槽は沈殿による濃縮なので、沈殿槽の構造が必要です。

2-11. 汚泥脱水機

沈殿槽で引き抜いた汚泥は水分が98%程度の汚泥で、取り扱いが困難であることから、これを水分85%程度に脱水するための機械です。

ベルトプレス、スクリュープレス、遠心分離など機種はさまざまですが、能力をカタログ等で確認して選定します。

凝集剤添加のためのタンク、ポンプ等が必要です。

分離した液部は、汚濁物質を含んでいることから、曝気槽以前の処理行程に戻します。

固形部分は、水分調整後、たい肥舎等でたい肥化处理することになります。

さて、活性汚泥法の理論と施設の役割を述べてきました。

活性汚泥法は、決して魔法の槽ではありません。投入された汚濁物質（BOD等）を、微生物の力を借りて分離しやすい形に変え、きれいな上澄みを得るための施設です。

ほとんどの場合、システムによって量は異なるもののある程度の固形物を生み出します。もし、ふん尿混合のシステムを設置した場合、投入汚水に含まれるのと同じ位の量の汚泥の処理が必要な場合もあります。

活性汚泥浄化処理施設に投入する前に、分離できるものは可能な限り除いておくことが、施設を小さくし、運転を楽にする上で重要なのです。

3. 活性汚泥法浄化処理施設の維持管理

活性汚泥法浄化処理施設は、設置する段階で、汚水の量、質、運転方法等が計算され設計されています。常に正常に運転するためには、この設計に従って管理することが重要です。

3-1. 処理能力を超えて汚水を投入しないこと

汚水の量は、ほとんどの場合、飼養頭数で決まります。肥育豚の1日当たり排泄量は、ふん尿混合で5.7リットル程度ですが、今回の設計では、設計に用いる汚水の量を肥育豚1頭1日当たり15リットルで設計しています。飲み水のこぼれや、豚舎洗浄水等を考慮した値です。

設計の頭数を超えると、施設の能力以上に投入量が増えるので、浄化できません。

一貫経営では、母豚1頭当たりの肥育豚を10頭として設計しております。母豚の頭数を10倍して、肥育豚頭数として換算します。

表1. 浄化処理施設の規模算定に用いる設計緒元数値
(畜産環境整備機構：1998)

畜種	尿汚水量 L/頭・日	BOD g/頭・日	SS g/頭・日
肥育豚	15	50	80
搾乳牛	60	350	350

繁殖経営では、哺乳中の子豚と母豚を合わせて肥育豚3頭分として、離乳後30から40kgまでの子豚は、肥育豚3分の1に換算します。繁殖豚は、雄、雌ともに肥育豚2頭分に換算します。

表2. 肥育豚への換算方法

哺乳中の子豚と母豚は合わせて肥育豚3頭分に換算
離乳後体重30～40kg程度までの子豚は肥育豚1／3頭分に換算
繁殖豚は雄も雌も肥育豚2頭分に換算
一貫経営の場合は繁殖母豚の数を10倍して処理対象肥育豚頭数に換算

3-2. 汚水の質を変えないこと。

処理対象となる汚水の質（BOD量、SS量）は、豚舎構造、ふん尿分離状況で大きく異なります。今回の設計では、肥育豚1頭1日当たりBOD量50g、SS量80gとして設計しております。汚水の質は、処理施設を設計する際に非常に重要な値で、現状を実測して設計した方が正確と思われがちですが、実測の場所、時期、方法で著しく異なり、非常に困難です。

設計に用いた数値は、多くの実測値をもとに安全性を考慮した設定値であり、一般に行われているスクレイパーでふん尿分離した汚水の値です。スクレイパーの故障や、損耗によってふん尿分離が上手く行われず、設定値から大きく外れることは避けなければなりません。これら機械の保守点検、整備を常に行い正常運転に心がけることが重要です。

また、腐敗汚水は、活性汚泥処理の効率を著しく悪化させるため、施設を新設する際には、既設の尿溜などは利用しない方が好ましいようです。

畜舎で使用する消毒薬などは、一般的な使用量であれば影響はないのですが、伝染病対策などで大量の消毒薬を使用した場合などは、別途処理することが必要です。

3-3. 処理施設の維持管理

活性汚泥法浄化処理施設は、汚水に酸素を送り込んで、微生物が効率よく働き、浄化するように設計されています。そのためには、常に定量の空気を送り込む必要があります。

設置されている曝気装置や、ブローアー、ポンプなどは、定期的に点検し、補修、交換が重要です。特に散気管の目詰まりは、空気の供給量を少なくするだけでなく、ブローアーにも負担を強いることとなりますので注意しましょう。

必要な空気量が供給されているかどうかは、曝気槽の中に溶けている酸素量を測ることで確認できます。これはDOメーター（溶存酸素計）で測定し、一般には2mg/リットル程度あれば十分です。

3-4. 活性汚泥の維持管理

活性汚泥処理施設が正常に管理されるためには、活性汚泥が良好な状態で管理されている必要があります。

活性汚泥の状態を把握するコツは、活性汚泥になじむことです。活性汚泥は生き物なので、家畜と同じように、毎日、状態を観察し、変化に気付くようにしましょう。

- 1) : 外観による観察

色：褐色から、茶褐色が良好な状態で、赤褐色が最良です。ふん尿色に近いほど過負荷又は酸素不足の状況を示し、黒色に近いと活性汚泥の腐敗（嫌気状態＝酸素不足）を示しています。

泡：曝気は泡の生産であるのですが、良好な状態であれば、発生した泡は速やかに消えるものです。発生した泡が消えずに曝気槽表面を覆うほど残留するのは、泡に粘性があるためで、粘性は、活性汚泥の微生物が変化したために起こるものです。したがって、多量の泡の発生は、過負荷、濃厚汚水の投入、酸素不足によって、微生物相が変化したことを示しています。

臭い：良好な活性汚泥はほとんど臭いがなく、わずかに土臭、かび臭がする程度です。ふん尿臭がするほど、過負荷、酸素不足の状況を示しています。腐敗臭（どぶ臭さ）は活性汚泥の腐敗（酸素不足）、曝気槽の対流不足（よどみによる）などが考えられます。

- 2) : SV% (SV30) の測定

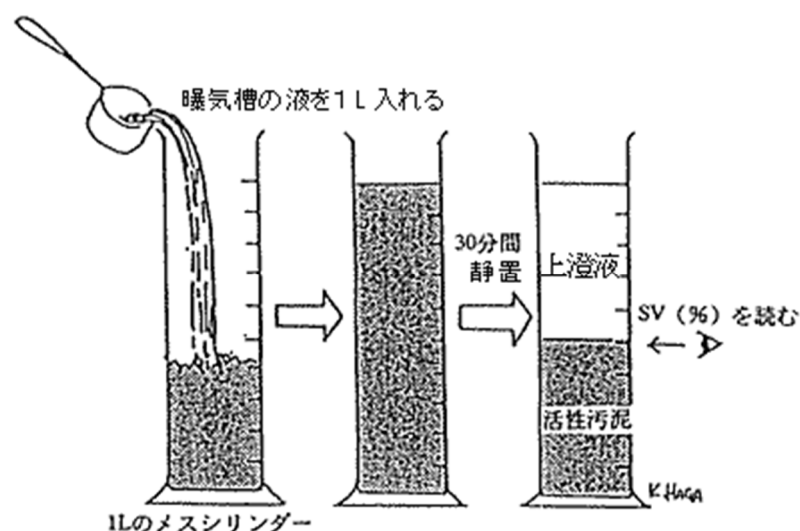


図6. SVの測定方法

1リットルのメスシリンダーに曝気槽の混合液（曝気中の液）を取り、30

分間静かに置き、活性汚泥の凝集（活性汚泥が集まる）、沈降（活性汚泥が沈む）、量（見た目の%）を見ます。

良好な活性汚泥は、上記のSV%の測定の際に、最初の10分間で沈降量の50%程度が沈降し、次の10分間で残りの沈降量の2/3程度が沈降します。静かに置いておくことで、活性汚泥は凝集、沈降し、きれいな上澄みと活性汚泥が分離します。SV%は、この時の沈殿部分の容積を%で読みとります。

SV%は、通常の場合、30%から60%の範囲で運転されますが、SV%が高い場合には曝気槽の酸素不足（微生物の量に対して）や沈殿槽での活性汚泥の越流が発生し、良好な処理水が取れない状態になります。このような状態になる前に、余剰汚泥の引き抜きを行います。

3-5. 活性汚泥の異常

- 1)：活性汚泥の流出

活性汚泥法は、前述のとおり微生物に汚濁物質を食べさせ、増殖した活性汚泥を分離し分離水（処理水）を放流するシステムです。

活性汚泥の流出とは、この分離が上手くできていない状態です。この原因は、いろいろと考えられますが、処理システムに原因がある場合（沈殿槽の容量不足、水面積負荷、越流堰負荷、曝気の過不足等）と処理行程の不備による場合（活性汚泥のバルキング、余剰汚泥の処理不良、気候変化による活性汚泥の変調等）およびこれらの複合の場合などです。

汚泥流出の原因がはっきりしないとその対策は立てられないでしょうが、システムに原因がある場合には、根本的な対策が必要と考えられ、ここでは処理行程に原因がある場合を想定して述べます。

活性汚泥のバルキング：

バルキング（膨化）とは、微生物が集団（フロック）を作らずばらばらになって沈殿せず、上澄みである処理水が得られない状態です。

フロックができて沈降はするが、その深さが十分ではない状態とは異なります。

曝気の不足によるバルキングは、曝気槽にある活性汚泥と、投入した栄養分（BOD）の量に対して、酸素量が少ない場合に発生します。つまり曝気槽の中が嫌氣的状態になって嫌気性菌が多くなることによって

起こるもので、正常な活性汚泥でなく小型の原生動物が忙しく動き回っている状態が見られます。このようなときの処理水は、灰褐色、透視度不良でひどいときには臭気さえ発生します。対策は、投入汚泥量を少なくする。曝気量を増やすなどですが、最も多い原因は、処理施設に対して飼養頭数が多すぎたり、ふん尿分離が悪くなった場合と思われます。

曝気の過剰による解体は、曝気槽に入ってくる栄養分（BOD）が少ないにも関わらず酸素を供給し続けた場合に発生します。酸素が多く、栄養分が少ないと微生物が痩せてきてフロックを作らずバラバラの状態になるもので、この場合には、曝気量を少なくしてバランスを採る必要があります。

粘性バルキングは、過曝気によるバルキングとは逆に、微生物が肥満の状態が発生し、活性汚泥が少なく、栄養分と酸素が十分ある場合に発生します。特に、水温が低く活性汚泥の働きが鈍くなった場合に起こりやすいようで、冬場は、活性汚泥の量をやや多めにし、微生物に与える栄養分を少な目に管理することが重要です。

その他、phの異常によるもの、細菌相の変化によるものなどさまざまですが、前に述べた活性汚泥の状態を観察し、異常を早期に見出し原因を究明し、早めに対策を実施する必要があります。

余剰汚泥の処理不良：

活性汚泥法は、曝気槽において、微生物が栄養分を取り込んで、自らを増やし、分離しやすい状態を作り出すシステムであることを述べましたが、この増えた微生物を適正処理（余剰汚泥の処理）する必要があります。

曝気槽では、能力を十分発揮させるために、活性汚泥濃度（MLSS濃度）を一定に保つ必要があり、そのために余剰汚泥を引き抜くのです。

曝気槽のMLSS濃度は、それぞれのシステムで設計時に定めていますが、通常、3000mg／リットルから6000mg／リットル程度で運転されます。

MLSS濃度の測定には、前に述べたSV%を70から100倍して計算します。

汚泥の引き抜き過ぎは微生物を減少させ、結果として過負荷の状態になり処理能力を低下させることとなります。また、引き抜き不足は、汚泥が多すぎて、沈殿汚泥が流出したり、微生物の量に対して空気が不足することとなります。

常にSV%を測定し、最適な状態を保つように心がけましょう。

- **2) : スカムの発生**

スカムとは、固形物がその他の溶解物質、気体と混合して、見かけ上の比重が小さくなり、水面に浮いたものです。

これには、いくつか原因が考えられますが、大きく分けると原水での発生、曝気槽での発生、沈殿槽での発生になります。

原水での発生は、嫌気発酵によるメタンガスとSSが絡み合って浮き上がるものです。これを防ぐには、嫌気状態にならないように、汚水を攪拌して、曝気槽に投入することです。特に連続式活性汚泥法では、原水槽にはいつも汚水が溜まっているので、滞留が起こらないよう注意が必要です。

曝気槽でのスカムの発生は、比較的少ないのですが、糸状菌が増殖したことによって起こることがあります。この場合には施設業者に依頼して対策をした方がよいでしょう。

沈殿槽での発生は、槽の底部にある沈殿污泥が、ガスの発生により浮上するものです。この場合には越流堰の前にバッフルを設置し、越流を防止することができます。越流堰とバッフルの間のスカムは、シャワーで再沈殿させますが、越流堰内のスカムはそのまま放置しておくとう腐敗するため手作業かバキューム等で除いて処理します。

- **3) : 泡の発生**

曝気槽での管理が良好な場合には、曝気で生じた泡は速やかに消えます。しかし、微生物相が変化し、曝気槽の液が粘性をもった場合には発生した泡は消えず、表面を覆うほどになります。この場合もほとんどが投入污泥量が多すぎたり、酸素供給不足で過負荷の状態になっているか、MLSS濃度のコントロールが十分でないことによるものです。日常管理を十分行い、適正運転している場合に発生する泡については神経質になることはありません。

- **4) : 季節による活性汚泥の変化**

活性汚泥による処理は、一種類の微生物による処理ではなく、複数の微生物が関係しており、高温で働く微生物と低温で働く微生物が存在しているのです。つまり、活性汚泥は水温変化に合わせて、それまでの中心となる微生物から、新たな水温環境に適した微生物に変化するように管理する必要があります。季節の変わり目は、この変化に対応するように注意が必要です。

また、活性汚泥は高温で良く働き、低温になると働きが落ちるとも言われております。微生物の反応速度は10度上がるごとに2倍になると

言われており、水温が摂氏15度と25度を比較すると、微生物が2倍必要と言うことになります。

以上のことから、これらの変化に対応して、秋を迎えるころから、曝気槽のMLSS濃度を高める（6000mg/リットルから8000mg/リットル）ように管理し、春から夏にかけて、MLSS濃度を低下する（3000mg/リットルから4000mg/リットル）ように管理するのです。

3-6. 処理水の処置

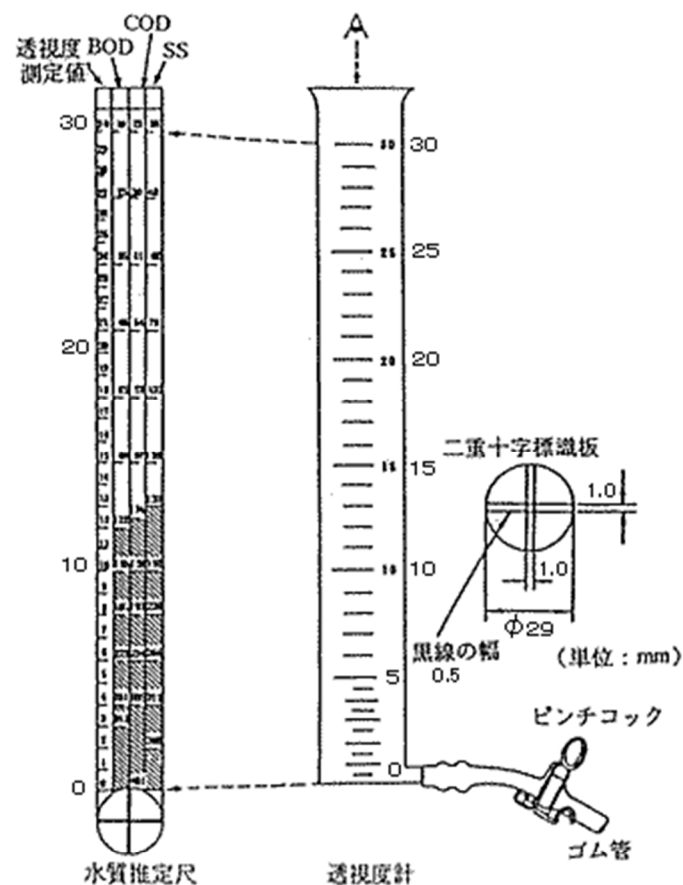


図7. 透視度計と水質推定尺を用いた簡易迅速水質判定

・ 1) : 透視度の測定

透視度とは、ガラス製透視度計に処理水を入れて、底部の二重十字がはっきりと見える水の高さを言います。

処理水の水質と透視度は関係が深く、透視度が高いとBOD濃度は低いのです。

一般に、透視度20以上を目安に施設の維持管理を励行します。

放流可能な処理水の水質は、透視度が13程度であり、これより低い透視度である場合には希釈水を加えるなど応急処置をとるとともに、原因を見つけて早急に対応する必要があります。

- 2)：消毒薬の追加補充

放流する処理水は、大腸菌数が3000個／ミリリットル以下とされています。通常の運転を行っている場合にはこの基準を満たしますが、何らかの異常があった場合、他の放流基準は満たしても、大腸菌数が多いことも考えられます。このために、放流水は塩素剤等で消毒することが普通です。消毒薬剤については、施設で異なりますので、必要に応じて追加補充しましょう。

3-7. 余剰汚泥の処置

活性汚泥法による浄化処理は、曝気を行い、微生物に汚濁物質を採食させて、自らを増やし、沈殿しやすい物質に変えて、分離する方法です。

このため、どのような施設においても、量の多少はあっても沈殿物（余剰汚泥）が発生し、その処理が伴うものです。

余剰汚泥の引き抜きについては、前述のとおりですが、引き抜いた汚泥は、たい肥舎等で処理する必要があります。

今回の施設についても、水分98から99%の余剰汚泥が1日に数トン発生するのです。

これらの汚泥は、そのままでは発酵もしないので、通常は脱水機等で水分85%程度まで減少させ、その後たい肥舎で堆肥化するようにしています。

このたい肥舎については、污水处理施設には含まれませんので、それぞれの農家で対応が必要です。