

既設小型浄化槽の間欠曝気運転による

省エネ及び透視度の改善

- 浄化槽侍 Joker SOW -

まえがき

昨今、二酸化炭素やメタンガス、亜酸化窒素を主とした温室効果ガス (GHG:Greenhouse Gas) によって地球温暖化が問題となり、世界中で早期の取り組みが必要といわれている。

浄化槽を含めた水処理分野も例外ではなく、運転に際しては多くのエネルギーを消費しており、結果として温室効果ガスを排出している。

国の施策により、中型や大型の浄化槽では間欠曝気運転を含めた機器の更新を行い、省エネ化をすることで補助金を出す施策もあるが、小型合併浄化槽に関しては、そのような施策もなく、また小型合併浄化槽での間欠曝気運転についての知見も多くない。

そこで今回行った小型合併浄化槽での間欠曝気運転の取り組みと結果を報告する。

1 水処理の消費電力エネルギー

昨今、地球環境を考える上で、化石燃料を用いた発電、そしてその電気エネルギーの使用にあたり大きな意味合いがある。ご存知の通り、主に火力発電にて多くの化石燃料が使用されることで、大気中に多くの二酸化炭素が排出され、地球温暖化の一因となっている。

小型合併浄化槽でのブロワーの消費電力量は決して少なくない。近年のブロワーは省エネ化も図られてはいるが、既存の浄化槽に対しても何らかの方法で省エネ化を促すことが、重要であり、二酸化炭素排出の削減に努めることが急務であると考えます。

2 後生動物による浄化不良

浄化槽はセプティックタンク(腐敗槽)とは異なり、二次処理として好気処理を行う。近年、浄化槽内に生息する後生動物が二次処理に影響を与える事例が報告されている。

この報告において「後生動物」とは、サカマキガイやモノアラガイ、ヒラマキガイに代表される「貝類」、タマミジンコやマルミジンコ、広義でのケンミジンコやカイミジンコである「ミジンコ類」、まだ処理に影響を与えているか確定的ではないが、貧毛類である「ミズミミズ類」とする。

これらの後生動物は、腐敗槽での嫌気処理では問題にはならなかったが、生物膜法を主体とした小型合併浄化槽の好気部で繁殖し、生物膜を捕食や解体させることで、処理能力の低下や透視度の悪化を引き起こしている報告もある(※1)。これらの後生動物は、浄化槽の清掃や点検の際に容易に移植してしまい、拙者が行った浄化槽管理士へのアンケートでは、全国的にもサカマキガイは約3割程度の浄化槽で発生しているという回答が多かった。またサカマキガイ等の貝類よりも、ミジンコ類、ミズミミズ類は移植がされ易いと考えられるため、おそらく3割以上の浄化槽で発生している可能性が高い。

貝類については、移植に注意を払えば抑えることが可能である。さらには手間はかかるが比較的容易に完全駆除が行える。しかしミジンコ類とミズミミズ類は、完全駆除や移植を防ぐことは個体の小ささ故に非常に困難である。

また法定検査や点検の際には、後生動物の生息の確認と生物膜の生成状況の確認が十分に行われているとは言い難く、浄化不良(透視度悪化)の原因が突き止められていない場合もある。

3 間欠曝気運転の導入

(1) 間欠曝気運転を導入する要因は以下の事例が考えられる。

1) 省エネ

→ブロワーの稼働時間を減らすことで、消費電力量を減らすことが出来る。そのことで電気料金の削減と、二酸化炭素排出の削減が行える。

2) 透視度改善

→後生動物や生物膜量の影響で透視度が低下している場合には、間欠曝気運転を用いて、低DO運転と、曝気槽内の水流を停止させる時間を保つ。その事により、後生動物の繁殖の抑制と生物膜の生長を促し、透視度の改善・向上が見込まれる。

3) 騒音対策

→夜間などでブロワーの駆動音が気になる際に、時間帯に応じてブロワーを停止させる。

4) 過曝気対策(低pH対策)

→低負荷現場で尿の割合が多い場合、硝化反応が進みpHが低下する事がある。曝気を停止させ、

酸素の供給を制御することで硝化反応を制御し、pHの上昇させる事が見込まれる。

5) ブローの長寿命化

→ブローの稼働時間を減らすことで、内部部品の消耗が減る。その事により、故障が減り寿命を伸ばすことが期待できる。(※2)

導入目的の中では重複する現場もあるが、3) 騒音対策、4) 過曝気対策(低 pH 対策)については明確に効果はあるが、事例が少ない為に省略させていただく。また5) ブローの長寿命化に関しては、長期の調査が必要なために省略させていただく。

今回の間欠曝気運転導入の取り組みのなかで、主な目的は1) 省エネ、2) 透視度改善の2点の何れか、もしくは両方に該当するため、その2点に絞って説明と結果を報告する。

(2) 使用機器

既存のブローにコンセントタイマー(名称:プログラムタイマー、タイマースイッチなど、以下コンセントタイマーと呼ぶ)を取り付けることで、既存の小型合併浄化槽へも容易に導入が可能である。市販されている多くのコンセントタイマーは、15分毎にON・OFFの設定が可能で、24時間のサイクルとなる。タイマー動作の機能としてコンセントタイマー自体も、電力消費が発生する。ただ多くの商品は1.5W(ワット)以下であるため、コンセントタイマーの消費電力量については省略する。その他、多くの場合で風雨にさらされる可能性が高いため、防水・防雨型のコンセントタイマーが望ましい。写真-1、2は今回使用したコンセントタイマーの例である。

コンセントタイマー例(写真-1)
浄化槽ブロワ間欠運転ユニット



コンセントタイマー例(写真-2)
ILK-24T



4 間欠曝気運転を導入した小型合併浄化槽の内訳

この数年で、小型合併浄化槽での間欠曝気運転の報告も増えてきてはいるが、試験的な導入に留まっており、より実用的な運転の検証結果報告が望まれるところであった。

そこで今回、主に10人槽以下の家庭槽で管理者の了承を得て、2021年5月頃から2023年4月頃までに浄化槽のプロワーにコンセントタイマーを順次取り付け、間欠曝気運転の前後は毎月1回以上の点検を行った。間欠曝気運転の基数は全197基で、10人槽以下が187基、11人槽以上が10基である。今回はその内、10人槽以下の187基に絞って報告する。また報告の中で、間欠曝気運転の導入から1年未満の浄化槽もあるが、設置からの稼働時間等の平均を算出し、年間での想定を出している。その他、流入水量についても調査しているが、これは上水道の量水器の値を読み、期間中の平均値を1日あたりとして割り出したものである。

小型合併浄化槽の内訳を、「構造例示型」「コンパクト型」「モアコンパクト型」の3通りに分け、構造例示型以外は型式別に実施基数を表-1、また10人槽以下の目的別・人槽別を表-2、内訳として構造例示型の目的別・人槽別を表-3、コンパクト型の目的別・人槽別を表-4、モアコンパクト型の目的別・人槽別を表-5に記す。

表-1

型式別 全187基					
構造例示型	基数	コンパクト型	基数	モアコンパクト型	基数
嫌気ろ床接触ばっ気方式	119	CS型	6	CA型	13
		CE型	4	CF型	1
		CXN型	2	CF II型	1
		CXW 2型	3	KTG型	2
		GPC型	3	KZ型	4
		GPH型	1	KZ II型	3
		HY型	3		
		KJ型	7		
		MCP型	3		
		NSR型	4		
		NSR II型	3		
		浄化王型	5		
小計	119	小計	44	小計	24

表-2

間欠曝気運転基数 (10人槽以下)			
人槽	目的別		小計
	透視度改善	節電	
5	34	4	38
6	3	1	4
7	47	18	65
8	17	9	26
10	28	26	54
小計	129	58	187

表-3

構造例示型

人槽	目的別		小計
	透視度改善	節電	
5	9	1	10
6	3	1	4
7	19	9	28
8	17	9	26
10	28	23	51
小計	76	43	119

表-4

コンパクト型

人槽	目的別		小計
	透視度改善	節電	
5	16	2	18
6	0	0	0
7	19	5	24
8	0	0	0
10	0	2	2
小計	35	9	44

表- 5

モアコンパクト型

人槽	目的別		小計
	透視度改善	節電	
5	9	1	10
6	0	0	0
7	9	4	13
8	0	0	0
10	0	1	1
小計	18	6	24

5 省エネ目的での導入

(1) ブロワーの消費電力量の現状

間欠曝気運転を導入した構造例示型（透視度改善と節電目的）であれば、著者の管理する現場では平均値で5人槽 53W、6人槽 76W、7人槽 71W、8人槽 78W、10人槽 93Wのブロワーが稼働している。仮に7人槽で80Wのブロワーが24時間稼働している場合は1ヶ月で約58kWh、年間では約700kWhの消費電力量となる。電気単価を31円/kWh（※3）として計算すると、約21,700円/年の電気代となる。二酸化炭素排出量は、排出係数を0.449 kg-CO₂/kWh（※4）と仮定すると、年間で約317kgとなる。おそらく多くの管理者は電気料金と、二酸化炭素の排出を認識していない状況と思われる。

この様にブロワーの消費電力量は決して少なくないため、浄化槽の使用実態にあったブロワーの稼働が必要と考えられる。またブロワーの寿命は一般的に10年～20年ほどであり、中には20年以上稼働している物も珍しくない。つまり最新式の省エネ型ではなく、消費電力量が大きいブロワーが現在も多く稼働している状況であり、他地域の多くの現場でも同様と推察される。

(2) 導入基数と結果

187基の内、省エネ目的では構造例示型（嫌気ろ床接触ばっ気方式）43基・コンパクト型9基・モアコンパクト型6基の計58基で間欠曝気運転を導入した。これらの浄化槽は間欠曝気運転の開始前から、安定して透視度が30度以上の現場である。そして結果として、稼働時間等の調整を経て、58基の全ての現場で透視度が低下することなく、浄化槽の運転を行うことが出来た。

そして構造例示型、コンパクト型、モアコンパクト型に分けて、ブロワーの稼働時間を比較すると表6となり、人員比0と流入水量不明の10基を除くと表-7となる。容量や人槽が大きくなるほど、稼働時間の削減する効果が高いことが確認できる。合わせて構造例示型でのブロワーの稼働時間と「人員比」、計画流入水量と実流入水量との比を示した「計画水量比」の相関を調査した。その結果、人員比の決定係数が0.364（図-1）に対して、計画水量比では0.602（図-2）となり、計画水量比の方が相関が高いことが確認できた。このことから構造例示型で省エネ目的の間欠曝気運転を導入するに当たり、計画水量比を元にブロワーの稼働時間を決定することが好ましいと考えられる。

間欠曝気運転導入による省エネ効果を算出するために、全187基のブロワーの型式を調査し、

消費電力を確認した。ブローアによっては、東日本 50Hz と西日本 60Hz での周波数の違いにより消費電力が異なるものもあったため、そのブローアについては中間値をとり、消費電力とした。

(例 テクノ高槻製 XP-80 東日本 50Hz 51W 西日本 60Hz 58W → 中間値 54.5W)

間欠曝気運転による省エネを目的とした 58 基は、合計で電力消費量約 30,700kWh/年の削減が行えた。1kWh を 31 円と仮定すると電気料金は約 951,700 円/年の削減となる。これは二酸化炭素排出量にして、約 13,780kg/年である。平均で 73.3%のブローアの稼働時間を削減できた。

また回帰式から読み取ると、計画水量比が 0.1 増加する毎に、ブローア稼働時間は約 1 時間 12 分の増加が確認できる。

表-6 浄化槽タイプ別のブローア稼働時間

	構造例示型	コンパクト型	モアコンパクト型	計(平均)
基数	43	9	6	58
平均人員対比	0.21	0.14	0.20	0.20
平均計画水量比	0.32	0.16	0.28	0.29
平均稼働時間	5時間48分	6時間30分	11時間6分	6時間24分
平均稼働時間削減率	75.8%	72.9%	53.8%	73.3%

表-7 浄化槽タイプ別のブローア稼働時間(人員比 0 及び流出水量不明を除く)

	構造例示型	コンパクト型	モアコンパクト型	計(平均)
基数	38	5	5	48
平均人員対比	0.22	0.21	0.20	0.22
平均計画水量比	0.32	0.20	0.28	0.31
平均稼働時間	5時間42分	7時間36分	11時間6分	6時間24分
平均稼働時間削減率	76.3%	68.3%	53.8%	73.3%

図-1 平均稼働時間と人員比

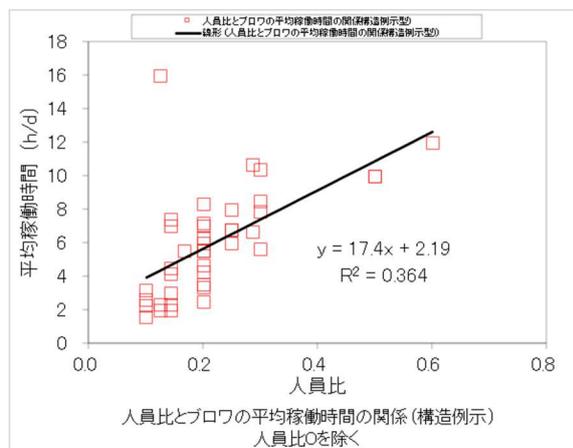
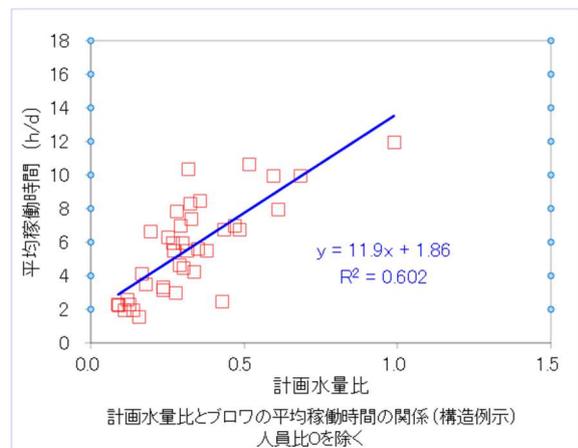


図-2 平均稼働時間と計画水量比



※人員比 0 と上水道の漏水を除く

4) 流入水量 約 700~1,000L/日

稼働時間 12 時間/日

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						■	■	■	■	■	■	

このような稼働パターンを設定することで、朝や夜などの流入が見込まれる時間帯にはブローアを稼働させ DO の確保を行い、昼の流入が少ない時間帯にはブローアを停止させる事が可能である。また昼にブローアを停止させる事で、通常の点検時間帯にどの程度 DO が低下しているか測定も容易に行え、維持管理が容易となる。上記のパターンは嫌気ろ床接触ばっ気方式の実績から導き出しているが、流入水量が少なればコンパクト型やモアコンパクト型でも同様の稼働パターンで対応できる。また冬季と夏季と比較すると、酸素消費量が夏季では増加する傾向にあるため、ブローア稼働時間を増やす必要がある。目安として冬季と比べ、2割前後増やすことが必要である。

通常、低負荷の浄化槽では曝気槽の生物量は少なく、DO の減少は酸素消費よりも、嫌気槽からの流入による DO の低下の要因が多い。また、この稼働パターンはなるべく曝気槽の DO を低下させない、つまりは少ない稼働時間で DO を維持するための設定である。反対に、曝気槽内の DO を下げ嫌気状態にする事においては不向きな事から、次に指摘している透視度改善目的での後生動物への対応としては難しい。

6 透視度改善目的での導入

近年、後生動物の影響により処理水の透視度が悪化している事例が見受けられる。維持管理要領書などでも対策の記載はあるが、既存の対応方法では非常に難し面がある。そこで間欠曝気運転の導入により、透視度改善に繋がった報告もある。(※5)

(1) 透視度と改善の定義

透視度の測定については工業排水試験方法 (JIS K 0102) により、測定方法の定めはあるが、透視度は程度を求めるものであるために、測定者によって誤差が大きい測定である。その誤差を少なくするために、岐阜県環境管理技術センターが考案した標準液を基準として採用した。

例 ポカリスエットと水道水を 1:2 の割合で混合 → 透視度 16.0 度の標準液

ポカリスエットと水道水を 1:3 の割合で混合 → 透視度 30.0 度の標準液

※混合直後は白濁と発泡がみられるため、数分置いてからの測定が望ましい。

また透視度悪化とは、処理水槽・沈殿槽から採水した処理水が20.0度未満を指すものとし、安定した処理を求める場合であれば、透視度は30度以上である事が望ましいとされている。この報告における透視度改善の定義として、30度以上を凡そ3ヵ月以上連続して測定された場合である。

(2) 透視度悪化の要因

小型合併浄化槽は下水道や中型・大型合併浄化槽と比べると、流入基質の平均化がされ難く、使用者の生活様式に影響を受けやすい特性がある。よって流入基質が原因となる場合は、使用者へのヒアリングは非常に重要である。その他、様々な透視度悪化の原因となるものを記載する。

1) 毒性物質(洗剤等)の流入、2) 過負荷(人員過多・食べ残しや飲みし、嘔吐や油脂などの流入、ペットのし尿の流入)、3) し尿の流入割合が高い、4) 流入基質の栄養バランスが悪い(BOD:N:P)、5) 汚泥のキャリーオーバー、6) 流入水量の過多(HRT不足)、7) 散気量(DO)の過不足、8) 貯留汚泥量の超過、9) 後生動物による影響、10) バイオマスの過不足、11) 汚泥の腐敗・スカムの可溶化、12) 浄化槽の破損や循環水量等の運転の不備、13) 入浴剤などの着色料の流入

透視度の悪化はこの様に種々な要因があるが、間欠曝気運転が有効な要因は、9) 後生動物による影響、10) バイオマスの過不足の2点である。そして透視度悪化の要因を確認することで、間欠曝気運転が有効か否かを事前に判断する事が可能である。

(3) 後生動物について

1) 貝類

予てから、サカマキガイを代表とする貝類やミジンコ類の影響で、透視度が低下する報告がある。浄化槽メーカーの維持管理要領書などにもサカマキガイとミジンコへの対処方法も記載はされているが、対応は難しいのが現実である。

まずサカマキガイなどの貝類は、間欠曝気運転での対策で、コンパクト型とモアコンパクト型ではある程度は透視度の改善が見込めるが、嫌気ろ床接触ばっ気方式では、十分な効果があるとは言えない。また、貝類は手間が発生するが比較的容易に完全駆除が行えるために、間欠曝気運転での対応よりも完全駆除を目指した方が先決であると考えている。また完全駆除を行うことで、他の浄化槽への移植を防ぐこともできる為、対策としての効果が高い。

2) ミジンコ類

ミジンコ類であるが、著者の現場ではタマミジンコ・マルミジンコ、そして分類上はミジンコの仲間ではないが、カイアシ亜綱であるケンミジンコ、貝虫類であるカイミジンコが生息している。特にケンミジンコとカイミジンコは、多くの浄化槽内で見られ、透視度の悪化の要因である可能性が高い。特にケンミジンコについては、分散状細菌を発生させる事で透視度の低下を招くと報告されている。(※1)

3) ミズミミズ類

小型合併浄化槽でのミズミミズ(貧毛類)の影響について、報告はほぼ見受けられない。しかしながら好気槽(部)には多くミズミミズが生息している現場もあり、拙者が報告した動画(※5)では、ミズミミズに付いても透視度悪化の要因となっている可能性が高い。

今回、上記の動画内でも紹介している代表的なミズミミズの同定の為に、ゲノム解析を行った。ゲノム解析の結果、イトミミズ科の *Allonais paraguayensis* であることが判った。ただし *Allonais paraguayensis* についての文献は非常に少なく、詳しい生態などについては不明な点が多い。

(4) 生物膜の生成・増加

間欠曝気運転を行った場合、好気部(槽)では接触材や生物濾過担体ともに、生物膜(生物膜量・バイオマス)が増加する(写真-3~6)。これは曝気を停止させることで、生物膜の生成に必要な細胞外ポリマー(EPS)の剥離を防ぎ、生長を促す為だと考えられる。これは間欠曝気運転時だけでは無く、エア抜きなどで曝気強度を下げ、旋回流を緩やかにした場合でも生物膜の生長を促す事が可能であるが、経験上、間欠曝気運転の方が生物膜の生長・増加が見込まれる。間欠曝気運転とエア抜きを組み合わせる方法もあるが、DO不足に陥る場合もあるために注意が必要となる。またエア抜きのみでの対応では、十分にDOを下げる事が出来ない事、エアバランスが崩れ易いために、意図したDO管理は難しい面がある。

生物濾過槽(部)を有した小型合併浄化槽の場合は特に生物膜が肥大化し過ぎる事があり、生物濾過槽(部)の詰まりや、生物膜や汚泥由来のSSが増加、または腐敗により透視度が悪化する可能性もある。その為に点検の際には、曝気の停止時間や逆洗時間・汚泥移送などの設定も合わせて考慮する必要がある。

(写真-3) 嫌気ろ床接触ばっ気方式
KGN3型 10人槽



(写真-4) 嫌気ろ床接触ばっ気方式
HS型 5人槽





※透視度 30 度以上は便宜上、透視度 30 度として表している。

2) コンパクト型 CS 型 (※8)

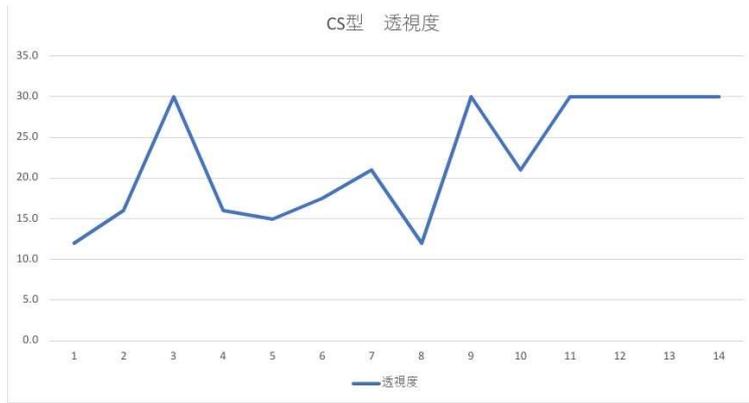
7 人槽 使用人員 2 人 流入水量 0.82 m³/日

※2022 年 11 月 より間欠曝気運転開始

好気槽にはサカマキガイとケンミジンコが多く繁殖しており、担体には生物膜が少なかった。逆洗を行い、採水してみるとサカマキガイの糞が多くあり、生物膜を捕食していることが確認できた。こちらの間欠曝気運転導入前は透視度も 30 度を下回ることが多かったが、導入後はサカマキガイとケンミジンコの量も減少し、担体に付着する生物膜の量も増加、そして安定して透視度 30 度以上を保つことが出来た。特に生物濾過槽(部)を有する型式は、沈殿槽・処理水槽の DO も重要となる。流入負荷が多い場合は、沈殿槽・処理水槽の DO が 1.0mg/L 以下に低く保たれることで、後生動物の影響が出にくい、反対に流入負荷が少ない場合は、DO が高くなり後生動物が繁殖し、水処理に影響が出る場合がある。このような場合は、処理水が白濁し、発泡も見られる場合もあり、一見すると洗濯洗剤などの毒性物質の流入と判断を誤る場合もある。正確な判断をするためにも、逆洗を行い生物膜や後生動物の状況を確認することは重要である。

稼動時間 14 時間/日

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	■	■			■	■	■	■	■	■							■	■	■	■	■	■	



※透視度 30 度以上は便宜上、透視度 30 度として表している

(5) 稼働パターン

省エネ目的では、曝気槽内の DO を維持する稼働パターンが重要であるが、後生動物への対応では DO を効率よく下げ、目安として DO0.2mg/L 以下の時間を確保しつつ、浄化処理に影響が出ない様に DO を供給する事が重要である。また隔膜式 DO 計の多くは、ブロワー停止中の曝気槽や沈殿槽・処理水槽では水流が無いために、そのままでは正しく測定が出来ない可能性がある。測定の際には、センサー部を動かし流速を与えて測定する必要があるので留意すること。

嫌気ろ床接触ばっ気方式の稼働パターンは、おおよそ省エネ目的と同じパターンで問題ないが、透視度の改善がみられない場合は、下記のコンパクト型・モアコンパクト型と同じ様な稼働パターンを試すと良い。

コンパクト型・モアコンパクト型

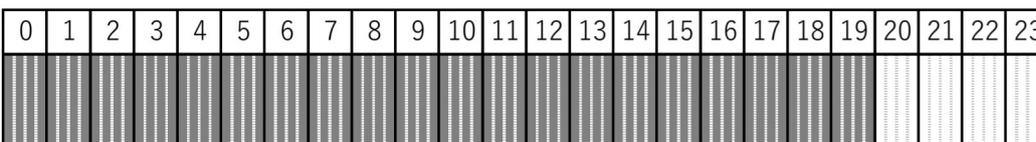
・流入水量 約 500L/日

稼働時間 16 時間/日



・流入水量 約 1,000L/日

稼働時間 20 時間/日



(6) 循環水量の役割と効果

間欠曝気運転を行ううえで、ブロワーの稼働時間と同等に循環水量の設定も重要な意味を持つ。その役割を効果を記す。

1) 曝気槽内の DO を効率的に下げる

流入水量が少ない現場はブロワーを停止させるだけでは、思い通りに曝気槽が嫌気状態にならず、後生動物へ対応が難しい場合がある。無理にブロワーの停止時間を長し嫌気状態を長くすると、好気処理が十分に行えず透視度が改善しない事例もある。その様な際は循環水量を多目に確保し、嫌気槽の処理水を好気槽へと流入させることで、効果的な低 DO 運転が可能となる場合がある。

2) 曝気槽・沈殿槽(処理水槽)の SS や汚泥の移送

通常の運転でも行われている設定であるため詳細は省くが、間欠曝気運転の場合でも同様に曝気槽・沈殿槽(処理水槽)の SS や汚泥の移送効果が得られる。特に生物濾過槽を有する浄化槽の場合は逆洗時の汚泥移送は非常に重要である。

3) ミジンコ類やミズミミズ類の移送

循環水量を多目に設定することで、曝気槽内のミジンコ類やミズミミズ類を移送し、個体数を減少させることが可能である。しかし、実際の運転では循環水量を増やすことで HRT(水理的滞留時間)の減少に伴い、透視度の悪化する場合が多くあり現実的ではない。

4) 一次処理への希釈水

処理水を一次処理へ循環させることで、一次処理槽の希釈が行えると考えられている。しかし、今回の検証では希釈水が処理全体に影響を与えているか否かまでは確認が取れていない。

5) pH 調整の効果

間欠曝気運転時の透視度改善としての意味合いとしては薄いですが、循環水を廻すことで、脱窒による pH の上昇や、VFA(揮発性低級脂肪酸)を含む有機酸の蓄積を防ぐことで pH の上昇が見込まれる。

これらが循環水の効果としてあげられるが、基本として 1) 曝気槽内の DO を効率的に下げる効果と 2) 曝気槽・沈殿槽(処理水槽)の SS や汚泥の移送の意味合いが強い。この 2 点を注意深く点検を行い、運転を行うことで透視度改善の効果が得られやすい。

また、省エネを目的とした嫌気ろ床接触ばっ気方式での間欠曝気運転の場合、放流水や沈殿槽でスカム・SS が認めなければ、循環水(常時汚泥返送)を 0～1Q の設定する事が好ましい。その事で DO を高く保てるが、反対に窒素除去は低下する可能性がある。コンパクト型やモアコンパクト型では 0～4Q の設定でも問題なく運転が行える場合が多かった。

(7) 透視度改善目的での結果

透視度悪化の原因の確認と、ブロワーの稼働時間の調整や適切な維持管理を行うことで、透視度改善目的で導入した 129 基の内、97 基は改善した。割合では約 75.2%の改善であり、透視度改善効果の高い方法だと確認できた。そして多くの現場で生物膜量の増加とミジンコ類やミズミミズ類の減少が確認できた。

内訳として、コンパクト型 35 基内 28 基の改善であり、改善割合は 80.0%、モアコンパクト型 18 基内 11 基の改善であり、改善割合は約 61.1%、嫌気ろ床接触ばっ気方式では 76 基内 58 基改善は 76.3%であった。

モアコンパクト型での改善率が低い点について検討を行ったが、人員比や計画水量比等のデータとしては明確な要因を確認できなかった。モアコンパクト型以外でも透視度の改善がみられなかった浄化槽については、ブロワー稼働時間等の調整が適切でなかった可能性が原因と考えられる。今後も注意深く、槽内の状態の確認と管理を行うことで、透視度の改善に繋がると考えられる。また嫌気ろ床接触ばっ気方式での未改善 18 件あったが、上記の稼働パターンでは改善しなかった。ブロワー稼働時間を減らし対応しようとする、好気処理に十分な時間が確保できず、反対に好気処理の為にブロワー稼働時間を増やすと、後生動物や生物膜への影響が出てきた為である。この点についての対策は、今後の研究に期待したい。

7 間欠曝気運転を導入する判断の目安

間欠曝気運転の導入にあたり、どのような点に留意し、導入を判断するかであるが、省エネ目的と透視度改善目的とで異なる。

(1) 省エネ目的

省エネ目的での間欠曝気運転導入にあたり、計画流入水量と実流入水量の割合や人員対比で、導入の判断を行う。端的には透視度が安定的に 30 度以上かつ、嫌気ろ床接触ばっ気方式の場合、計画水量比が 0.5 以下であれば導入を推奨でき、導入後も容易に透視度の維持が行えると考えられる。また稼働パターンは上記の「5 省エネ目的での導入- (3) 稼働パターン」を参考にしたい。

(2) 透視度改善目的

上記にもあるが透視度悪化の原因が、後生動物による場合と生物膜量による場合であれば、透視度の改善を見込むことができる。その確認の為に、曝気槽（生物ろ過槽）の逆洗を行い、生物膜や汚泥の状態、後生動物の繁殖状況の確認が必要である。また計画水量比がおおよそ 1.0 以下であれば、稼働時間を調整することで対応可能と考えられる。

透視度改善を目的とした間欠曝気運転では、好気処理の正常化と、処理能力をわずかに向上させる事を意図したものである為に、一次処理の機能が低下している場合は、透視度向上の効果は得られにくいので注意が必要である。

8 間欠曝気運転の懸念事項

間欠曝気運転では、利点して省エネや透視度改善などの効果が得られるが、反対に懸念事項も生じるため、その対策も必要である。

(1) 臭気

間欠曝気運転でブロワーを停止されることにより、臭が発生するとの申告が稀にある。原因として、1)ブロワー停止中に曝気槽内で腐敗が起こり、曝気が再開した際に槽内が攪拌、そして臭が発生する場合。2)ブロワー停止中は、槽内への送風が無くなることで臭気の希釈・拡散が無くなる。結果として臭気を感じる場合がある。しかし何れの場合も、通常の間欠曝気運転では、臭気を感じられる程の事は基本的にはない。もし臭いが出ると申告があった際は、流入管にエルボを取り付けて水封をする、マンホール部の気密性を高める、ブロワーの稼働時間の変更等で、臭気対策は可能である。

(2) 導入費・維持費

間欠曝気導入にあたり、コンセントタイマーの購入が必要となる。多くの場合で屋外での使用が想定されるために、防雨型の商品が望ましい。コンセントタイマー購入の初期投資が発生するが、省エネによる経済的なメリットが得られるために、導入に際しての敷居は低いと考えられる。また故障についてもリスクが伴うが、購入から1年間の保証も付いている場合が多い。その他にコンセントタイマー自体の消費電力量も懸念されるが、こちらも多くの商品で1.5W以下であるため、年間で計算しても400円程度(※3)であり、経済的メリットが損なわれることはないと考えられる。

(3) 散気管(ディフューザー)の詰まり

間欠曝気運転にあたり、曝気停止中に散気管内部に汚水が入り込むことで、生物膜・汚泥が散気管内部で生成し、散気管が詰まる懸念がある。間欠曝気運転の開始から2年ほど経過した現場も多々あるが、散気管の詰まりは発生していない。もし今後、詰まりが発生したとしても、散気管の詰まり抜き作業やディフューザーの交換の費用が掛かるが、間欠曝気運転での省エネ(節電)効果の方が上回ると想定される。

(4) 点検回数の増加

これまで述べたように間欠曝気運転の導入により透視度改善が図れる。しかし、今回紹介した稼働パターンや目安を参考にしていた場合でも、間欠曝気運転導入前と比べて透視度が悪化する可能性もある。その為、透視度が改善し安定的な運転ができるまでは通常よりも短い頻度で点検・管理を行うことが望ましい。

(5) 処理水の透視度が良好でもBODが高い可能性

一般的に透視度が良好でもBODが高く検出される場合として、硝化菌の影響があるが、間欠曝

気運転では腐敗による場合も考えられる。これは散気不足により好気(酸化)処理が十分に行えていない場合である。小型合併浄化槽の通常の点検では、ORP(酸化還元電位)を測定する事は少ないと思われるが、可能であれば合わせて測定する事が望ましい。ORPの測定が困難な場合は沈殿槽・処理水槽の臭いやDOを測定する事で、およその判断が可能である。ただし型式によっては沈殿槽・処理水槽のDO測定の際に、センサー部が浄化槽底部に引っかかる場合もあるので留意する必要がある。

(6) 温室効果ガス(GHG:Greenhouse Gas) 排出量の増減

間欠曝気運転によって二酸化炭素の約25倍の温室効果があるとされるメタンガスや、約300倍の亜酸化窒素(N₂O)が増減する可能性がある。しかし、小型合併浄化槽での間欠曝気運転での知見は少なく、今後の調査に期待したい。

9 まとめ

間欠曝気運転の導入により187件での検証の結果、全体では約55%のプロワー稼働時間(電気消費量)の削減が行えた。合計で電力消費量約67,170kWh/年の削減、1kWhを31円と仮定すると電気料金は約2,082,270円/年、これは二酸化炭素排出量にして約30,160kg/年の削減である。平均で55%のプロワーの稼働時間を削減できた。ただし消費電力量については、付帯しているプロワーの消費電力によって変動がある為、留意していただきたい。

また内訳として、省エネを目的とした58基は、合計で電力消費量約30,700kWh/年の削減。電気料金は約951,700円/年の削減、二酸化炭素排出量は約13,780kg/年の削減。プロワーの稼働時間は平均で73.3%の削減ができた。

透視度改善を目的とした129基は、電力消費量は36,470kWh/年、電気料金は約1,130,570円/年、二酸化炭素排出量は約16,380kg/年の削減。プロワーの稼働時間は平均で47.1%の削減ができた。

また透視度改善の結果であるが、129基中97基が透視度改善がみられ、75.2%の改善率であった。これは後生動物の抑制と、生物膜の増加により透視度が改善したと考えられ、間欠曝気運転は、非常に有効な手段であることが改めて確認された。しかし、改善が見られなかった浄化槽も32基(24.8%)あり、今後は更に有効的な透視度改善方法・運転方法の確立が求められる。

今後、人口減少とともに小型合併浄化槽の人員比も更に低下が予想される。流入水量も減少することで、過剰となる曝気を制御する必要が出てくる。また後生動物の移植等により、生息割合も今後増加が想定される。その対策として、間欠曝気運転が非常に有効な方法であることが今回の報告で示された。

なお、国内のみならず、浄化槽を海外に輸出するうえでも、消費電力量等の維持費や、浄化性能の維持の観点で後生動物への対応が非常に重要であると考えられる。そして、既存の浄化槽の省エネとして間欠曝気は非常に重要で、管理者・使用者に省エネを訴えるとともに、その省エネ

で二酸化炭素排出がどの程度削減できるか説明を行い、環境問題に関心を持ってもらえるよう啓発する事が重要だと考える。我々、浄化槽関係者が率先して、啓発等を行うことで、未来が変わってくると信じている。子供たちのために、出来ることを真剣に考えて、今すぐ行動する必要がある。

我々、一人一人の行動が持続可能な社会と

地球環境の未来を創ると信じているでゴザル！

10 引用文献・資料

- ※1 月間浄化槽 (536), 14-18, 2020-12 日本環境整備教育センター 小型浄化槽におけるミジンコの発生状況と水質改善事例 吉田 恵也
- ※2 フジクリーン工業株式会社 維持管理 Q&A <CE/CEN/CENeco 型編> P.31 Q53 A53
- ※3 全国家庭電気製品公正取引協議会「電力料金目安単価」令和4年7月22日改定分より
- ※4 中部電力 2021年度二酸化炭素排出係数(調整前)実績より
- ※5 YouTube 浄化槽侍 JokerSOW 「■間欠曝気運転 CA型■ 透視度改善の巻でゴザル！」
<https://youtu.be/BMgqGhSvpjU?si=fv0g4GDkfeBj0IJu>
- ※6 YouTube 水質守「■生物膜量や後生動物の確認■ 色々な型式のまとめ」
https://youtu.be/6WZdwZT7Q0Q?si=aJe0_u5kARir0y4T
- ※7 浄化槽侍 JokerSOW 「■間欠曝気運転 構造例示型■ 導入事例の巻 嫌気ろ床接触ばっ気方式 10人槽」 <https://youtu.be/ZV9WH-GbZS4?si=zq6GgabejHMLekAo>
- ※8 浄化槽侍 JokerSOW 「■CS型 間欠曝気運転■ サカマキガイとケンミジンコ対策の巻」 <https://youtu.be/iG8PMvoCtiw?si=4TtSZqrgZVFGkB-U>