

# 処理水の性状に着目した水質悪化施設の原因究明フローの構築と早期改善への取り組みについて

公益財団法人鹿児島県環境保全協会 ○中島 進 大町 盛一郎

## 1. はじめに

本県では、平成 32 年度の基本検査の本格運用に向けて準備を進めており、基本検査の目的である早期改善を達成していくためには、水質悪化施設の原因究明と保守点検業者への的確な改善策を助言していくことが重要となる。送風機の故障や担体流出、接触材破損等明らかな外観上の不具合による水質悪化の原因の特定は比較的容易であるが、外観上の異常が一見しただけでは確認されない場合、水質悪化の主原因を見落とし改善に至らない場合もある。そこで、当協会では水質悪化施設の改善率の向上を図るため、昨年度から統一した原因究明の手法及び的確な改善策を助言できる仕組み作りに取り組んできた。

水質悪化の要因を特定する重要な考え方は、BOD 検体である処理水の性状を詳しく調べることである。処理水には、透視度、pH の他に、亜硝酸性窒素の GR 法（以下、「GR」という。）、臭気、色相、発泡、ORP 等、現場で簡易に知ることができる指標が多く含まれており、処理水から流入側へこれらの指標値の違いを比較していくことで、処理水の BOD 値を高めている主原因を特定することが可能である。

当協会では、この考え方をフロー化した原因究明調査票を作成し、検査員が検査時にこの調査票を使用することで、高い精度で水質悪化の原因を特定し、保守点検業者等への的確な改善策の助言ができる体制を構築中である。

今回は、処理水の性状に着目した原因究明フローの考え方と、原因究明フローの精度の検証、及び改善率の把握、並びに改善された事例等について報告する。

## 2. 処理水の性状に着目した原因究明フローについて

原因究明フロー（以下、「フロー」という。）の基本的な考え方は、透視度が高くても腐敗臭や下水臭が残存している場合は、BOD 値が高く、透視度が低くても無臭であれば BOD 値は低いという経験則に基づいている。図-1 にフロー図を示す。フローの流れは次のとおりである。

- (1) BOD と相関が高い指標から順次分岐していく。BOD と相関が高い指標として透視度<sup>1)</sup>、臭気<sup>2)</sup>、DO 等があり、中でも透視度が最も相関が高く、次いで臭気の有無・種類、そして DO と考えらえる。臭気の有無・種類の判断は個人差が大きいため、臭気と合わせて好気処理が十分に進行しているか否かを判断する重要な指標として GR を用いている。
- (2) フローに従い、処理水と二次処理槽内水の各指標値を比較することで、水質悪化の要因を、①生物量の減少による水質悪化、②底部汚泥の腐敗等による水質悪化、③好気処理不十分による水質悪化、④異常なしに

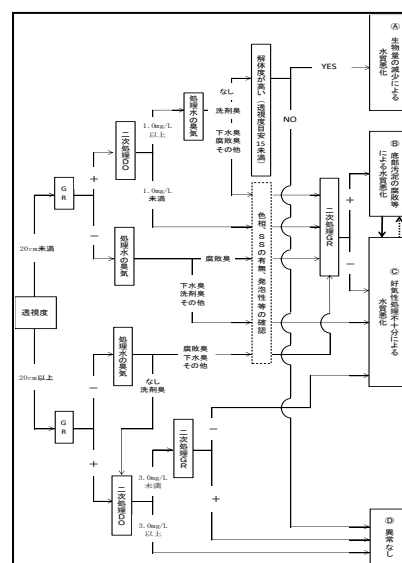


図-1 フロー

①生物量の減少による水質悪化、②底部汚泥の腐敗等による水質悪化、③好気処理不十分による水質悪化、④異常なしに

大きく分類することが可能となる。

- ④は、サカマキガイの生息や過ばっ気等による水質悪化で低負荷の施設で発生しやすい。
- ⑤は、二次処理槽の好気処理に異常がないが、底部汚泥の腐敗等による水質悪化で底部汚泥の移送不良等の施設で発生しやすい。
- ⑥は、二次処理槽の好気処理不十分による水質悪化で散気管の目詰まりや風量不足、流入負荷過多等の施設で発生しやすい。

表-1 処理水・二次処理槽内水の指標値の目安

水質悪化の分類	指標	処理水	二次処理槽内水
④生物量の減少	臭気	ほぼ無臭	ほぼ無臭
	GR	+	+
	DO	検出される場合が多い	高い
	ORP※	酸化側	酸化側
⑤底部汚泥の腐敗等	臭気	腐敗臭、下水臭等	ほぼ無臭
	GR	-	+
	DO	0	高い
	ORP※	還元側	酸化側
⑥好気処理不十分	臭気	腐敗臭、下水臭等	腐敗臭、下水臭等
	GR	-	-
	DO	0	低い
	ORP※	還元側～酸化側	還元側～酸化側

フローの最大の利点は、透視度、GR、臭気、DOの4つの指標から、水質悪化の要因を大きく3つに分類し、主原因を特定できることである。表-1に水質悪化の分類毎の処理水と二次処理槽内水のそれぞれの指標値の目安を示す。

なお本フローは、水質悪化施設の発生を未然に防ぐために、保守点検業者が日常の保守点検において現場で容易に活用できるものとするのも重要な要件としており、通常の保守点検作業の中で改善が可能な施設を対象としている。また、処理水と二次処理槽内水のORP値を比較することで底部汚泥等の腐敗の程度が推測できるので、ORPを合わせて測定することも有効である。

### 3. フローの精度検証について

フローを確立するために調査した801件の施設について、フローの精度検証を行った結果を表-2に示す。処理水BODが20mg/Lを超過した427件のうち、95.1 [(406 (151+54+201) / 427)]は、④、⑤、⑥に分類されるため高い精度といえる。分類別のBOD20mg/Lの超過率はそれぞれ、④85%、⑤93%、⑥98%であり、⑤と⑥は非常に高い精度であった。

表-2 フローの精度の検証

水質悪化の分類	処理水 BOD(mg/L)		合計
	20 超過	20 以下	
④生物量の減少	151 (85%)	26 (15%)	177 (100%)
⑤底部汚泥の腐敗等	54 (93%)	4 (7%)	58 (100%)
⑥好気処理不十分	201 (98%)	4 (2%)	205 (100%)
⑦異常なし	21 (6%)	340 (94%)	361 (100%)
合計	427 件	374 件	801 件

④のBOD20mg/L以下の26件を検証すると、いずれも流入負荷が低く、透視度が15cm未満でもBOD値が低い施設であった。⑤のBOD20mg/L以下の割合は94%と高い精度であったが、BOD20mg/Lを超過したものが21件あり、それらを検証すると、処理水の臭気はほぼ無臭で、GRは+、透視度は15cm以上であることからフローでは④に分類されたが、実際は④に属するものがほとんどであった。

### 4. 二次処理機能診断チェックによる主原因の特定

フローに従い④、⑤、⑥に該当した場合は、表-3に示す二次処理機能診断チェックを行い、主原因を特定する。例えば⑤に該当した場合は、底部汚泥の腐敗等による水質悪化の可能性が高いため、沈殿槽や二次処理槽底部の堆積汚泥厚、汚泥の性状確認、ろ過機能付型式であれば逆洗時の汚泥の性状等を確認する。なお、⑤と⑥は関連性が強いため、同時にチェックすることで主原因の見落としを防止

表-3 二次処理機能診断チェック表

水質悪化の分類	異常内容	確認項目	診断結果	異常スコア	判断基準		改善策
					異常スコア	改善策	
④生物量の減少	水中生物の生息状況	サカマキガイの生息状況	2	2	2	2	沈殿槽の底層部、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	沈殿槽の性状	沈殿槽の性状	3	3	3	3	沈殿槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	4	4	4	4	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	5	5	5	5	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	6	6	6	6	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	7	7	7	7	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
⑤底部汚泥の腐敗等	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	2	2	2	2	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	3	3	3	3	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	4	4	4	4	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	5	5	5	5	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	6	6	6	6	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	7	7	7	7	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
⑥好気処理不十分	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	2	2	2	2	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	3	3	3	3	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	4	4	4	4	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	5	5	5	5	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	6	6	6	6	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加
	二次処理槽の性状	二次処理槽の性状	7	7	7	7	二次処理槽の性状、二次処理槽内汚泥堆積物の増加

している（表中の矢印）。診断結果から該当する異常をチェックし、表中の改善策を保守点検業者に情報提供する。図-1のフローと表-3のチェック表は互いに連結しており検査員が現場で簡単に使用できるようにA4サイズ1枚の原因究明調査票となっている。

### 5. 改善率について

基本検査では、検査後改善が確認されたものについては検査結果に反映していくことにしている。表-4は、処理水BODが30mg/Lを超過した水質悪化施設について、本フローに基づき水質悪化の主原因を特定し、改善作業を実施後の改善率をまとめたもので、改善作業後約2週間までの改善率（表中のア）と、それを含めたそれ以後の改善率（表中のイ）を示す。①アの改善率は58.1%であり、②、③と比べて最も高かった。中でもサカマキガイの生息、循環水量過多の改善率が高かった。①はもともと低負荷の施設で起こりやすい水質悪化であり、的確な改善策（サカマキガイの駆除、循環水量の調整等）を

表-4 主原因別の改善率

分類	主原因	ア		イ		総件数
		件数	割合(%)	件数	割合(%)	
①	サカマキガイの生息	55	57.9	85	89.5	95
	循環水量過多	12	63.2	12	63.2	19
	生物膜の生成不十分	6	46.2	7	53.8	13
	過ぼっ気	2	100	2	100	2
	小計	75	58.1	106	82.2	129
②	底部汚泥の堆積	11	36.7	18	60	30
	生物ろ過部の閉塞	3	33.3	6	66.6	9
	小計	14	35.9	24	61.5	39
③	散気管の目詰まり	43	64.2	62	92.5	67
	循環水量過多	19	47.5	27	67.5	40
	流入負荷過多	5	21.7	14	60.9	23
	生物膜の生成不十分	3	23.1	8	61.5	13
	生物膜の肥厚化	5	100	5	100	5
	小計	75	50.7	116	78.4	148
総計		164	51.9	246	77.8	316

助言することで早期に改善が可能であることが分かった。 ※ア：約2週間後の改善率（検査結果へ反映可能期間） BODで判断  
イ：ア以降の改善率（検査結果へは反映不可） 透視度で判断

また、③アの改善率は50.7%であり、中でも散気管の目詰まり、循環水量過多の改善率が高く、的確な改善策（目詰まり通し、循環水量の調整等）の実施で早期改善が可能であった。なお、流入負荷過多等、使用状況による水質悪化は低い改善率であった。②アは35.9%で最も低い改善率であり、その原因として底部汚泥が堆積しやすいことや汚泥移送がされ難い、またはろ過部の閉塞の解消がしにくい構造が原因であったこと等が考えられる。また、イの改善率は、BOD値ではなく、保守点検業者からの透視度データで判断したものであり参考値ではあるが、①は82.2%と最も高く、次いで③78.4%、②61.5%であった。

### 6. 改善事例について

①、②、③に分類された水質悪化施設における改善前後の各指標値、改善策、及び改善までの期間の一例を表-5に示す。改善前後で、臭気、GR、ORPともに変化していることが分かる。フローを活用すれば、②と③が分類可能になるため、今まで見落とされていたと思われる底部汚泥の腐敗等による水質悪化の改善が期待される。表-6に、底部汚泥の腐敗による水質悪化施設の二次処理槽内水と処理水の各指標値の差異を示す。（社）山形県水質保全協会から、エアリフトポンプ型底部汚泥移送装置を使用し、水質が改善された事例<sup>3)</sup>の発表がなされたが、当協会においても同様に簡易汚泥移送装置（写真-1）を作成し、検査時に検査員が汚泥移送を実施、または

表-5 改善事例の一例

主原因(型式)	①生物量の減少	②底部汚泥の腐敗等		③好気処理不十分
	過ぼっ気(HS)	底部汚泥(XE)	ろ過部閉塞(CS)	散気管目詰まり(CE)
改善前	BOD(mg/L) 42	31	37	34
	透視度(cm) 2.5	12	30	13
	GR(処理水) +	-	-	-
	GR(二次処理) +	+	+	-
	臭気(処理水) ほぼ無臭	腐敗臭	腐敗臭	腐敗臭
	ORP(処理水) 190	-220	-250	-230
改善策	タイマーによる間欠運転	簡易汚泥移送装置により底部汚泥を移送(写真1参照)	ろ過部をステンレスパイプでエアブロー	真空式パイプクリーナーによる通し(写真2参照)
改善後	BOD(mg/L) 14	10	2.9	14
	透視度(cm) 20	30<	30<	30<
	GR(処理水) +	+	+	+
	GR(二次処理) +	+	+	+
	臭気(処理水) ほぼ無臭	ほぼ無臭	ほぼ無臭	ほぼ無臭
	ORP(処理水) 170	-150	-100	50
改善期間(日)	13	12	19	7

表-6 ②の典型的な指標値の差異

	二次処理槽内水	処理水
臭気	無臭	腐敗臭
GR	+	-
ORP (mV)	50	-280
DO (mg/L)	4.7	0
BOD (mg/L)	9.5*	31

※30分静置後の上澄み液

保守点検業者に当該装置を紹介することで水質悪化の未然防止を助言している。また、©の主原因では散気管の目詰りが多いため、真空式パイプクリーナー（写真-2）による改善方法を保守点検業者に紹介し散気管目詰りの未然防止を助言している。



写真-1 簡易汚泥移送装置

写真-2 真空式パイプクリーナー

## 7. GR、透視度、BOD、ORP の関連における一考察

今回の調査データを GR が+と-の集団に分けて、透視度と BOD の関係を図-2 と図-3 に示す。GR+ の場合、BOD が 30mg/L を超過するときの透視度の目安は約 11cm、GR- の場合の目安は 18cm であり、当協会では検査時における重要な判断基準としている。図-4 に GR+ の集団における処理水の透視度範囲別の BOD、ORP の関係を示す。BOD20 mg/L 以下では、ほとんどが透視度範囲 20 cm 以上のグループであった。また ORP 値の多くが酸化域に属しているが、還元域のプロットも多く脱窒反応が起こっていると

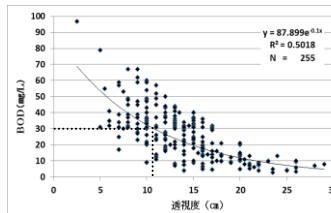


図-2 透視度と BOD の関係 (GR+)

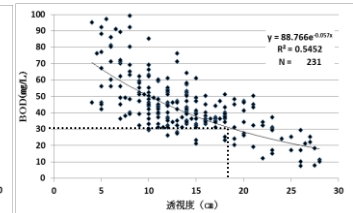


図-3 透視度と BOD の関係 (GR-)

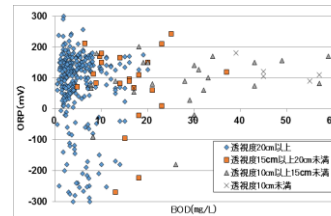


図-4 透視度・BOD・ORP の関係 (GR+)

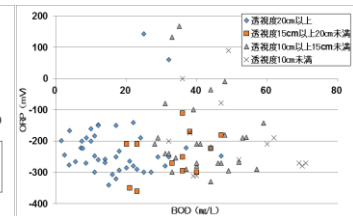


図-5 透視度・BOD・ORP の関係 (GR-)

推測される。BOD30 mg/L 超過を見ると、ORP 値は高いが透視度範囲が 15cm 未満のグループが多く解体等で水質が悪化していると推測される。図-5 に GR- の集団における処理水の透視度範囲別の BOD と ORP の関係を示す。ORP 値のほとんどが還元域に属していることが分かるが、BOD20 mg/L 以下では透視度 20 cm 以上のグループが多いことが分かる。また、BOD30 mg/L 超過を見ると、処理水の透視度範囲が 20 cm 未満のグループが多く、透視度の低下に伴い BOD 値が大きくなっていることが分かる。

## 8. まとめ

処理水の性状に着目したフローを活用することにより、高い精度で水質悪化の主原因を特定し保守点検業者への的確な改善策の助言が可能となった。今後、さらにフローの精度を高めるために、フローの分岐の細分化や新たな指標の導入を検討していきたい。また、新しい知見のもと二次処理機能診断のチェック項目及び改善策を随時追加して改善率の向上を図りたいと考えている。

現在、九州地区浄化槽指定検査機関協議会において水質改善事例集の作成に取り組んでおり、九州地区の検査機関から当該フロー等について助言を頂きました。ここに感謝いたします。

### [参考文献]

- 1) 日本環境整備教育センター：浄化槽検査員講習会テキスト p226-229 （平成 15 年 7 月）
- 2) 辰市祐久・岩崎好陽・茅島正資：河川水における臭気の希釈倍数値と BOD の相関について 大気汚染学会誌第 25 号第 6 号 p415-420 （1990 年）
- 3) 斎藤智和：搬送式エアリフトポンプを用いた水質改善について 第 30 回全国浄化槽技術研究会 講演要旨集 p77-p81 （平成 28 年）