

砂ろ過処理に負担のかかる活性汚泥処理の変則運転の事例

木内浩一 中田利明 行方真優

1 調査の経緯

調査の対象とした事業場は野菜や果実を原料とした食料品を製造している。事業場の届け出排水量は 150m³/日であり、排水は活性汚泥方式で処理しているが、沈殿槽で最近、汚泥の浮上がみられる。また、平成 27 年 5 月 8 日の立ち入り検査で BOD27mg/L（基準 20mg/L）、SS82mg/L（基準 70mg/L）、大腸菌 6600 個/cm³（基準 3000 個/cm³）となり、排水基準値を超過した。この原因として事業者は排水量が増加したこと、または油脂類を含んだ製品の生産を開始したことが原因であると推定した。そこで 6 月 28 日、山武地域振興事務所と共同で原因の調査を行った。

2 処理施設の概要

処理施設の系統図を図 1 に示す。活性汚泥処理の施設が 2 系統あり、生産工程で発生した排水原水は 2 系統を直列で通過する。前半の系統（以下「第 1 系統」という。）が操業初期からあり、後半の系統（以下「第 2 系統」という。）は後に増設された。第 1 系統の上澄みは第 2 系統に送られて処理され、その後、急速ろ過を経て放流される。

当初、第 1 系統は計画流入 BOD2000mg/L、処理量 150m³/日で設計されており、600m³ のばっき槽があったが、そのうちの一部の槽（115m³）は不定期の一時貯留槽に転用されている。第 2 系統は計画流入 BOD300mg/L、処理量 200m³/日で、第 1 系統の処理水を受け入れるように設計されている。第 1 系統の沈殿槽で沈降した汚泥の一部は第 2 系統の流量調整槽に送られる。第 2 系統の第 2 沈殿槽で沈降した汚泥は引き抜かれ、脱水される。返送汚泥はそれぞれの系統で循環しており、第 2 系統の汚泥が第 1 系統のばっき槽に流入することはない。

3 調査の方法

図 1 に示す処理施設の各地点で採水し、実験室に持ち帰って各水質項目の濃度を測定した。測定は pH、SS、BOD、COD の他、窒素、リンの項目についても行った。第 1、第 2 のばっき槽で SV を測定し、活性汚泥の沈降性を確認した。また、①第 1 流量調整槽から第 1 ばっき槽に流入する水量、返送汚泥の水量を測定した。

4 調査の結果

水質分析の結果を表 1 に示す。⑨放流水の BOD は 5mg/L、SS は 12mg/L で規制基準値を下回っていた。なお、当日は油脂類を含んだ原材料は取り扱っていないということであった。①第 1 流量調整槽の BOD は 1300mg/L、COD は 1400mg/L であり、一般の食料品製造業排水に比べ、BOD 濃度は高かった。一方、⑤第 2 流量調整槽では BOD100mg/L、COD220mg/L となり、BOD ベースで 90 %以上が除去されたことになる。

第 1 ばっき槽の SV₃₀ は 960mL/L となり、沈降性が不良な上、界面が不明確であった。汚泥の色も薄茶色でなく、灰白色から微紅色であり、通常の汚泥ではなかった。一方、第 2 ばっき槽の SV₃₀ は 850mL/L となり、界面は明瞭で、沈降性はほぼ確保されていた。なお、事業者の話では第 1 系統の汚泥は増殖しないので、引き抜いていないとのことである。たしかに、⑩汚泥貯留槽の SS は 20mg/L であり、TN、TP もほとんどなく、汚泥は貯留されていなかった。調査当日は④第一沈殿槽の越流堰からの汚泥の流出はみられなかったが、SV₃₀ が 960mL/L では汚泥の流出がたびたびあると考えるのが自然である。TN、TP が④第 1 沈殿槽の越流水でそれぞれ 1.05mg/L、0.10mg/L と低い値であったものが⑤第 2 流量調整槽でそれぞれ 5.8mg/L、0.97mg/L と 5 倍以上に増加して

いる。

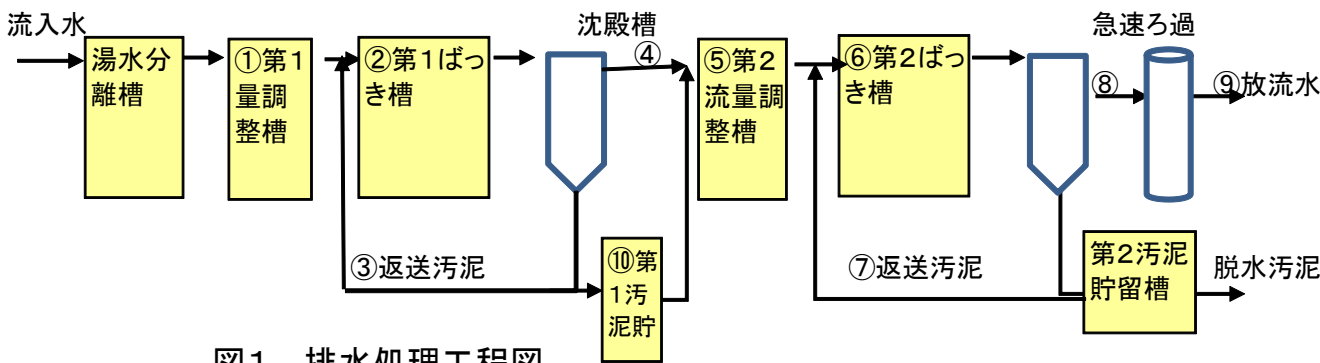


図1 排水処理工程図

表1 水質分析結果

pH以外の単位はmg/
2015.6.28採取

採取箇所	pH	SS	BOD	COD	TN	D-TN	NO2-N	NO3-N	TP	D-TP
1 一時調整	5.7	390	1300	1400	13.3	2.29	<0.1	<0.1	1.4	<0.1
2 第一ばっき	7.1	2800	-	-	91	1	<0.1	<0.1	11.9	<0.1
3 第一返送汚泥	7.1	3500	-	-	105	0.97	<0.1	<0.1	13.5	<0.1
4 第一沈殿越流	6.8	6	-	-	1	1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
5 第2流量調整	5.9	200	100	220	5.8	5	<0.1	4.3	0.97	0.6
6 第2ばっき	6.4	4100	-	-	210	25	<0.1	23	49	<0.1
7 第2返送汚泥	6.4	5800	-	-	290	26	<0.1	21	73	<0.1
8 第2沈殿越流	6.3	13	-	21	26	25	<0.1	25	0.34	<0.1
9 放流水	6.7	12	5	22	21	20	<0.1	19	0.3	<0.1
10 第一汚泥貯留	6.9	20	-	-	1.4	1.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1

欄2、3、6、7はMLSS

このことから、第 1 系統の汚泥が不定期に④から⑤に流入しているものと考えられる。また、当該事業所の第 2 系統では沈降性、MLSS、汚泥発生量が適当であり、問題はなかった。

5 考察

今回の調査では基準を超過した項目はなかったので、超過の原因の特定には至らなかった。だが、第一ばっき槽の浮上性の汚泥は長期間にわたり定着したものと思われ、BOD、SS の超過原因になり得る。そこで、現在の処理施設の運転状況から今後の対応策について検討した。

5・1 栄養バランスの改善

一般的に BOD を効率的に酸化分解するために必要な栄養塩類のバランスについては、経験則を基に、BOD : N : P = 100 : 5 : 1 程度の窒素、リンが必要とされる。ところが、当該事業場の排水原水は① BOD 流入負荷が 1300 と高く、TN は 13mg/L、TP は 1.4mg/L と低い。これは BOD : N

: P = 100 : 1 : 0.1 に相等する。

第一沈殿槽に汚泥が増殖しない理由を推定した。汚泥の大まかな組成は $C_5H_7NO_2$ とされている (Hoover @ Porges,1952)。有機物が汚泥に変換するには有機物と酸素が必要であり、有機物の分解、汚泥の生成に係る式は

$3C_6H_{12}O_6 + 8O_2 + 2NH_3 = 2C_5H_7NO_2 + 8CO_2 + 14H_2O$
と考えられる。当該事業所排水は糖質、でんぷん質が主成分と思われるので、酸化分解する式を
 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$
と想定すれば、汚泥はあまり増加しないまま、BOD は低下していると思われる。

糖質、でんぷん質が主成分で、BOD が高い排水を活性汚泥で処理すると、バルキングの発生等が起きやすいといわれている。当該事業場の第 1 ばっき槽では汚泥が順調に増殖せず、それが第 1 系統を循環していると考えられる。汚泥の沈降状況から、第 1 系統の沈殿槽堆積物は時間とともに圧密されるものではなく、水流の変化で浮上しや

すい。したがって、第 1 沈殿槽の越流水にはたびたび浮遊物や汚泥が混入し、それらが第 2 系統に送られ、第 2 系統の活性汚泥がそれを処理していると考えられる。

つまり、第 1 沈殿槽の汚泥を含む浮遊物質の漏出が、第 2 系統の運転に影響を及ぼし、汚泥が浮上してしまう。この様な場合は栄養塩を添加して、改善を図ることが望ましい。状況が改善されれば、第 2 沈殿池における汚泥等の浮上の頻度は減少するものと思われる。

5・2 急速ろ過の確保

第 1 沈殿槽の汚泥を含む浮遊物質の漏出に対する緊急の対処法は急速ろ過である。汚泥が放流水に混入する場合は、急速ろ過施設の逆洗が不十分になり、ろ過塔が目詰まりして浮遊物が流出したか、もしくは、逆洗時間をとりすぎて実質的な処理量が減少して、沈殿槽から溢れて流出した可能性が考えられる。

浮遊物の増加に対処するには、急速ろ過の逆洗を頻繁に行う必要がある。当日のばっき槽に流入してくる排水原水は 160m³/日（ばっき槽への越流堰にて実測）に対して、急速ろ過の計画処理量は 215m³/日で余裕がある。ただし、これはろ過操作が 1 日のうち 1 時間とした場合の処理量である。逆洗操作の時間を長くとると、ろ過操作の時間に影響を及ぼすため、逆洗時間に限りがある。簡易な対応策としては急速ろ過や、沈殿が不具合の場合、第 2 流量調整槽に、一時的に貯留することになる。逆洗回数が増加すれば、処理しきれなくなるため、その場合は急速ろ過施設の増設が必要となる。

5・3 処理量、負荷量の増加について

排水量については、排水原水 160m³/日、BOD1300mg/L、第 1、第 2 のばっき槽全量 675m³ で容積負荷を計算すると、0.31kg/m³ となり、設計上では排水量が過大とはいえない。ただし、当該事業場は操業日（18~22 日/月）平均 210m³/日から 240m³/日の排水原水があり、休日も含めて平均すると排水処理量は約 160m³/日になる。現在、第 1 流量調整槽等 225m³ を活用して操業日

の排水原水の一部を休日に処理しているが、これ以上であると処理量を平均化させにくくなる。また、現在のように第 1 系統の運転が不良のままでは処理量を増加させることは、運転に余裕がなくなり、好ましくないとと思われる。

5・4 処理工程の見直しについて

調査当日には油脂類由来の排水はなかったので、その影響は不明である。ただ、当日汚泥の性状、⑩汚泥貯留槽の状態から、現在の汚泥の状態は長期にわたる現象であり、第 1 ばっき槽の不調は日常的な排水が原因と考えられる。

その対応策として、以下の方法が考えられる。

（その 1）現在は第 1 系統では汚泥は増加せず BOD を低下させることができるが、浮上しやすい残さ物が残る。それを第 2 系統で処理している。欠点としては第 2 貯留槽にくる残さ物の制御ができず、後段のろ過施設に負担がかかることである。ろ過施設を增強して対処するのも一つの方法であるが、原水に栄養塩を添加すればかなり状況は改善すると思われる。

（その 2）本来、同じ処理方式を直列につなぐことは意味がない。第 1 系統、第 2 系統を直列運転する場合は沈殿槽は第 2 沈殿槽のみ設置、ここから第 1 ばっき槽に汚泥返送する。運転は安定するが、栄養塩の添加が不可欠で汚泥量も増加する。ただし、流速が増加して第 2 沈殿槽に負担がかかり容量が不足する。第 1 沈殿槽を活用したいが、施設の配置にかなり無理がある。

（その 3）現在の 2 つの系統を完全な並列にする。施設の配置に無理がなく、配管もほとんど変わらない。ただし、その 2 同様、運転は安定するが、栄養塩の添加が不可欠で水量も加する。

6 まとめ

1) 当該事業場の第 1 ばっき槽にある汚泥は沈降性が悪く、汚泥としては不良である。これは長期間にわたり定着したもので、油脂類を含んだ製品の生産を開始したことが処理の不具合の原因とは思われない。

2) 対処法としては、第 2 沈殿槽を活用しつつ、

急速ろ過の逆洗を行い、効率的なろ過を心がける。
もし、今後水量が増加するなら、急速ろ過の増設も検討する必要がある。

3) 排水原水の日間変動は第 1 流量調整槽等を利用して平均化させているが、これ以上排水原水が増加すると、平均化させにくくなる。また、現在、第 1 系統が不良であるので負荷量の増加は難しいと思われる。

4) 排水原水は BOD が高く、TN、TP が低いいため、処理に必要な栄養塩バランスを欠いている、ばっき槽に栄養塩を添加することで、ある程度、処理性能、汚泥の沈降性を改善させることができる。

5) 流入原水の栄養塩バランスを改善した上で、2 系統のばっき槽を直列運転する方法や 2 系統のばっき槽の並列運転も考えられる。