

新南陽下水浄化センターにおける運転法の改善

中司哲朗* 金谷利憲**

* 新南陽市

山口県新南陽市港町8-1

** (株)安川電機 システム装置工場 公共技術部
北九州市小倉北区大手町12-1

概要

バルキング対策を契機として進めてきた分流式下水処理場の運転法の改善について報告する。処理場の運転法を改善するためには、プロセスの状況を正確に把握して、運転に反映することが肝要である。

新南陽浄化センターでは日常的に記録している運転データを整理・解析し、SRT管理を基本方針とする運転法を実施した。データ解析としては、SVIと各種の運転データの相関分析を行い、SRTの長期化がSVI上昇の誘因となっていることを見いだした。そして実証実験によってこれを確認した。またこの運転法によってプロセスが安定し、放流水のCOD濃度の低下及び安定化を確認できた。さらにバルキング対策の一環として導入した嫌気・好気法による窒素・リンの除去状況について考察し、曝気槽流入水のBOD物質濃度が律速となっている可能性のあることを見いだした。

キーワード

活性汚泥プロセス SRT バルキング SVI リン除去 相関分析

1. はじめに

現在、最も広範に採用されている下水処理法は活性汚泥法であるが、このプロセスの内部構造は非常に複雑であり、その処理場の環境条件に適した運転方法を確立することは、なかなか困難なことである。特に地方都市においては、計装設備、スタッフなどが不足する中でこの課題に対処しなければならない。しかし今後の下水道事業が地方都市を中心に進められることを考えれば、地方都市における研究も大きな意義を持っている。本報告は、地方都市の下水処理場で積み重ねてきた、運転法の改善の経過及びその成果について報告するものであり、同種の問題に直面している処理場担当者の参考に供したい。

新南陽浄化センターでは供用開始以来、毎年のように冬期にバルキングが発生した。このバルキング対策を契機に、日常的に記録している運転データを整理・解析し、固形物滞留時間（以下SRTと略記）管理を基本方針とする運転法を実施した。本報告では運転管理の指標としてSRTを抽出した経過とバルキング対策としての効果¹⁾及び放流水COD濃度への影響について述べる²⁾。さらに当初バルキング対策の一環として導入した嫌気・好気法による窒素・リンの除去³⁾についても報告する。

2. データの解析

昭和57年～62年の5年間のデータの中で、バルキングの発生しやすい冬期のデータ（10月～5月）に着目し、各種の運転データとSVIの相関分析を行った。検討対象とした運転データは、バルキング対策のために特別に収集したのではなく、日常管理のために記録している流入水量、水温、MLDO、MLSS等の16項目である。解析対象期間における各運転データの各年の平均値を表-1に、またSVIとの相関係数を表-2に示す。表-2に示したように、相関係数の高い項目は、SRTおよび汚泥日令であった。

解析の結果、SVIに影響を及ぼす因子として抽出されたSRTや汚泥日令は、活性汚泥中の生物相の管理において、最も重要な因子といえる。すなわち $SRT \geq 1/\mu$ （ μ は微生物の比増殖速度）の関係式から、SRTが長くなると、糸状性細菌のように比増殖速度の小さい微生物についても、プロセス中で生存、増殖していくことが可能となる。汚泥日令は、プロセス内の汚泥滞留時間を表す点でSRTと同義の指標であることから、SRTと同様にSVIと正の相関関係を持つと考えられる。

次にSRTと汚泥日令のいずれを運転指標とするかについて検討した。その結果、SVIとの相関がより高いこと、及び余剰汚泥量によって操作が可能なることから、SRTを運転指標とすることにした。

表1 運転データの年度別冬期平均値

項目	年	57	58	59	60	61	62	61	
SVI		412	155	118	244	168	287	140	
降雨量	mm/月	47.2	40.8	32.8	30.4	20.8	27.2	16.0	
流入水量	m ³ /日	3831	4401	5035	5470	5911	6497	5787	
流入水	pH	7.8	7.6	7.5	7.3	7.0	7.3	7.0	
エアレーションタンク	水温	℃	15.7	15.4	16.1	16.0	16.5	16.9	-
	SS	mg/l	167	160	116	93	67	99	60
	COD	mg/l	97	96	89	84	73	83	71
	BOD	mg/l	210	202	194	167	137	81	115
	COD/SS		0.81	0.67	0.83	1.04	1.20	0.99	1.25
	BOD/SS		1.67	1.34	1.75	2.04	2.08	1.69	2.01
	MLDO	mg/l	0.5	0.8	0.5	0.5	0.4	0.7	0.3
BOD/SS負荷	kg/kg/d	0.29	0.36	0.39	0.25	0.27	0.24	0.21	
	標準偏差	0.12	0.11	0.18	0.04	0.18	0.08	0.04	
	変動係数	39.7	30.0	30.0	17.2	66.3	32.5	19.6	
	BOD-容積負荷	kg/m ³ /d	0.48	0.45	0.56	0.27	0.31	0.31	0.25
汚泥日令	日	8.6	4.7	3.0	8.2	10.0	9.5	10.9	
SRT	日	12.0	5.6	3.4	10.1	11.4	8.7	12.6	

冬期：例えば57年10月～58年5月までの平均値を57年の欄に記入している。

表2 SVIとその他項目との相関係数

降雨量	0.469	BOD/SS	-0.025	
流入水量	-0.259	MLDO	-0.063	
流入水 pH	0.426	BOD/SS負荷	-0.563	
エアレーションタンク	水温	-0.003	偏差値	-0.275
	SS	0.363	変動係数	-0.061
	COD	0.311	BOD容積負荷	-0.135
	BOD	-0.032	汚泥日令	0.578
COD/SS	-0.028	SRT	0.696	

表-3 予備実験結果

項目	RUN	1	2	3
期間	開始	1.9	1.30	2.27
	終了	1.29	2.19	3.31
日数	日	21	21	33
平均SRT	日	8.5	12.2	5.1
降雨量	mm/日	4.4	6.5	3.2
流入水 pH		7.1	7.2	7.1
エアレーション	SS mg/l	77.6	66.7	92.0
	COD mg/l	77.2	58.2	79.9
流入水	BOD mg/l	144	173	160
MLDO	mg/l	1.0	1.0	1.0
BOD-SS負荷	Kg/Kg/d	0.18	0.18	0.25
平均SVI	ml/g	252	373	174

3. SRT管理による運転結果

3.1 予備実験

過去に蓄積してきたデータの解析結果から、SRTを運転指標とすることにしたが、実際のプロセス運転には、具体的な運転目標値が必要である。SRTとSVIの間に正の相関関係があることから、SRTを長くするとSVIの上昇が始まることが予想される。そこでバルキングが発生しやすく、水温の安定している1月から3月の期間において、SRTの設定値を3段階に変更して、SVIの変化を見る予備実験を行った。SRTの設定値は、5日、8日、12日の3段階であり、各実験期間は設定SRT日数×3倍程度とした。なおこの実験に着手する前に、好気性の糸状性細菌の抑制に有効とされている嫌気・好気運転法を導入した。すなわち1池が6槽から成る曝気槽の前端部2槽に攪拌器を設置し嫌気槽とした。

当浄化センターにおけるSRT管理は、平日の午前中に報告される各曝気槽終端部のMLSS濃度と曝気槽容量から系内汚泥量を求め、これと目標SRT値から余剰汚泥引き抜き量を決定している。したがって、余剰汚泥の操作量の更新は、基本的には1回/日であり、休日については前日の操作量を継続することにしている。

実験の結果、表-3に示したように、設定SRTを12日としたRUN2でSVIの上昇がみられた。このRUN2では、実験開始後約20日間でSVIが約350 ml/gまで上昇し、放流水が徐々に悪化してきたので実験を中断し、SRTの設定値を5日とした。しかし一度発生したバルキングは過去の例と同様に、SRTを短縮させるだけでは回復しなかった。この実験結果から、当浄化センターでのSRT値は、10日以下とすることに決定した。

3.2 SRT一定運転とSVIの推移

図-1に昭和57年より平成4年3月までのSVIの月平均値の推移を示す。図から明らかなように、SRT一定運転を開始した平成元年以降、SVIの上昇はかなり抑制できるようなった。平成2年11、12月期に見られるSVIの上昇は、汚泥処理系不調のため余剰汚泥引き抜き量を大きくできず、結果としてSRTが8～10日の運転を継続したことが原因と推定している。

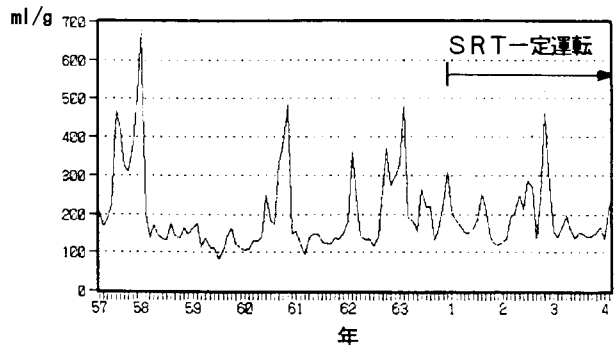


図-1 SVIの推移 (月平均値)

3.3 COD物質の除去について

SRT管理を基本方針として運転を行い、バルキング抑制については成果を得ることができた。これと同時に放流水のCOD濃度についても向上していることが明らかになった。

昭和63年から平成2年までのSRT及び放流水COD濃度の推移を箱ヒゲ線図で図-2に示す。箱ヒゲ線図の箱型の大きさは、各データの月別のバラツキを示しており、図-2(a)から従来に比べるとSRTが十分に管理されていることがよくわかる。そして図-2(b)よりSRT一定運転開始後、放流水COD濃度の低下が現れたことが理解できる。つまり放流水COD濃度のバラツキが小さくなっていることから、SRT一定運転によってプロセスの安定化が図られていると推測される。

4. 嫌気・好気運転法について

当浄化センターの放流先は瀬戸内海でも特に閉鎖性の高い徳山湾であることから、放流水の水質向上は重要な課題である。その意味からバルキング対策の一環として導入した嫌気・好気運転法について、窒素・リン除去の面から積極的に取り組むこととした。

4.1 リン除去率とSRT一定運転

嫌気・好気循環変法及び2段嫌気・好気循環変法を実施し、オルトリン酸態リンについては1回/日、アンモニア態窒素、硝酸態窒素等については1回/週の頻度で手分析を行った。

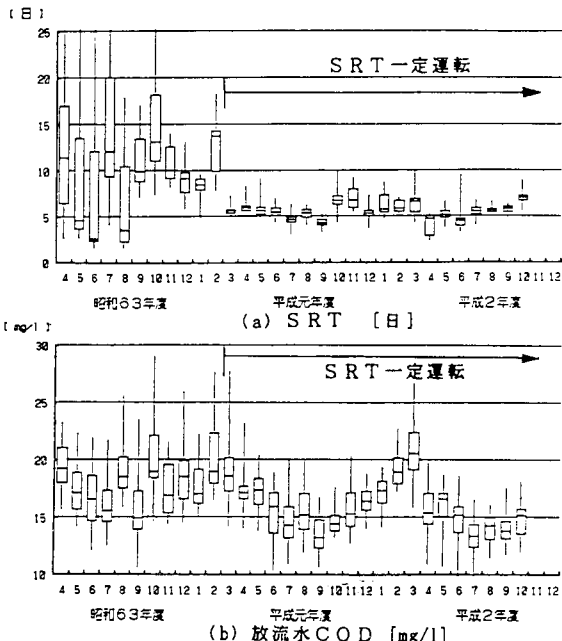


図-2 SRT及び放流水COD濃度の推移

表-4 運転概況

RUN	曝気槽の構成	実験期間	リン除去率 (%)	SRT (日)	平均滞留時間 (時間)	BOD-SS負荷 (BOD ₅ /MLSS _a ・日)	BOD/P (-)	MLSS (mg/l)
1	→ A A O O O O O O ←	H1. 7~H1.10	88.4	5.36	9.59	0.109	26.46	1144
2	→ O O O O O O O O ←	H1.10~H2. 1	66.0	6.52	11.58	0.108	26.11	1310
3	→ A A O O O O O O ←	H2. 1~H2. 5	80.1	5.66	10.53	0.189	39.62	1463
4	→ A O A O O O O O ←	H2. 6~H3. 2	69.7	6.92	9.73	0.228	43.16	1459
5	→ A O A O O O O O ←	H3. 3~H3.10	85.4	5.65	9.05	0.228	61.05	1279

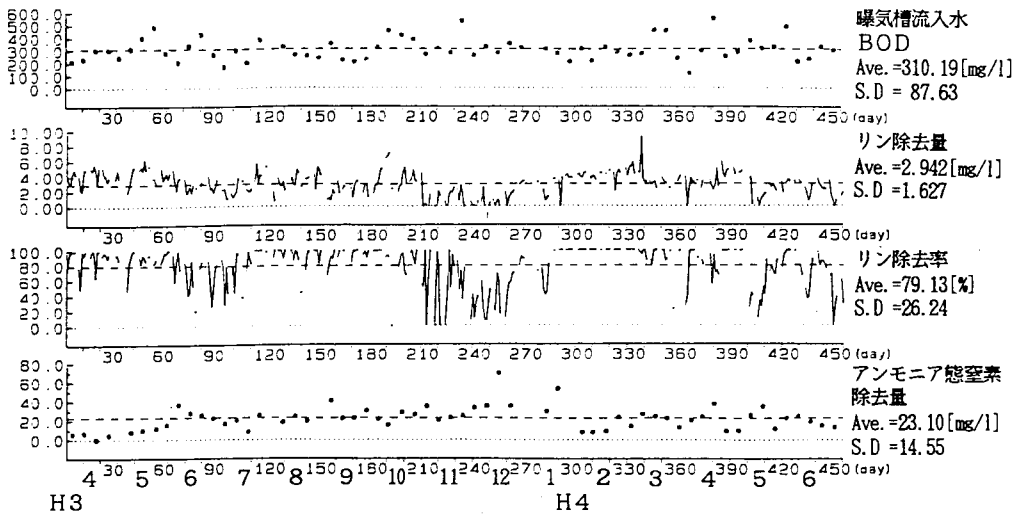


図-3 経時変化

実験の概況を表-4に示す。各実験におけるリン除去率は異なっている。そこで平均滞留時間、BOD-SS負荷、BOD/P比率など各運転データとの関係を調べたが明確な傾向を示す結果は得られなかった。

ただしRUN1と3及びRUN4と5の比較から、SRTについては同種の運転方法であっても、SRTの短い方がリン除去率が高い傾向にあると推定された。これは高橋ら⁴⁾が報告しているように、SRTを短くすると、余剰汚泥としてより多くのリンが系外に排除される為と考えられる。

4. 2 窒素とリンの同時除去

平成3年度前半は、SRTを約5日とする運転で、リン除去率はほぼ85%以上の成績で順調に推移してきた。しかし水処理の増設系列が稼働を開始した平成3年10月頃より、リン除去率の低下がみられはじめた。図-3に平成3年4月から平成4年6月までの曝気槽流入水BOD、リン除去量、リン除去率及びアンモニア態窒素の除去量について、その推移を示す。リン除去率について見ると、増設系列の運転を開始した平成3年10月以降の数ヶ月間は非常に不安定であり、平成4年1月から3月の時期は除去率が100%近い状況で安定している。この原因を調べるために、リン除去量と各種の項目について散布図を作成した。リン除去量とアンモニア態窒素の除去量の散布図を図-4に示す。この2つの項目の相関係数は-0.562であり、負の相関関係があると判断できる。このような現象が現れる要因として、次の2点が考えられる。

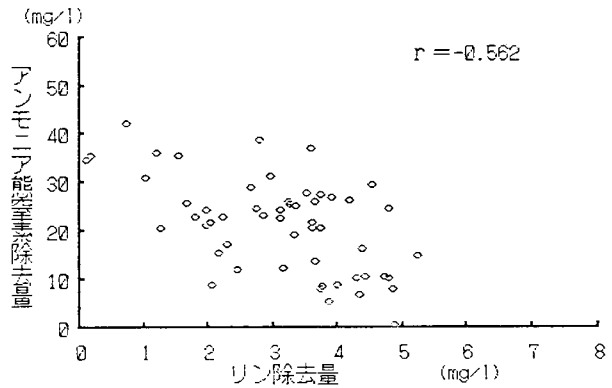


図-4 リン除去量とアンモニア態窒素の除去量

- (1) アンモニア態窒素が硝化され、NO_xの形で循環されるが、嫌気槽での滞留時間が不十分なために、完全には脱窒されず、NO_xの形で残存する。そのために嫌気槽でのリンの放出が不十分となり、除去率も低下する。
- (2) 窒素の除去及びリン除去の両方において溶解性のBOD物質が必要であり、BOD物質が不足する場面では、窒素の除去とリンの除去はトレードオフの関係となる。その結果図-4のように負の相関関係を示すことになる。

平成3年10月以降、曝気槽内のORPについて連続計測を行っており、嫌気槽終端部でのORPは、ほぼ-200mV程度のレベルで推移している。したがって、(1)の原因は考え難い。

曝気槽の各槽におけるBOD濃度、アンモニア態窒素、NO_x、リン濃度などについて分析を行い、定量的に把握すべきであるが、現時点では原因(2)のBOD物質不足の可能性が高いと考えている。

5. まとめ

日常の運転データを注意深く整理することにより、SRT管理という当浄化センターの運転にとって重要な方針を見いだすことができた。

このような成果を得ることができた点について、以下のように考える。下水処理場を取り巻く環境要因(流入下水の量的、質的特徴、水温の範囲など)は処理場ごとに異なり、他の処理場での研究成果がそのまま自処理場に適用できるとは言えない。したがって自処理場のプロセスデータを蓄積・解析し、他処理場の報告を参考にしながら、自処理場に適した運転法を探索する努力が不可欠であると言える。またこのようにして蓄積された多数の処理場の事例が、設計指針や維持管理指針として集大成されれば、下水処理場の運転法の改善に大きな貢献をもたらすものとする。

今後は窒素・リンの生物学的同時除去における運転方法の確立を目指して、研究を進める予定である。

参考文献

- 1) 中司哲朗, 三崎英和, 椎木雅信(1990).「SRTとバクテリアの関係について」.
第27回 下水道研究発表会講演集, 209-211
- 2) 津村和志, 寺嶋廣文, 中司哲朗(1991).「汚泥日令管理とCOD除去率」第28回 同上講演集, 91-93
- 3) 中司哲朗, 椎木雅信, 金谷利憲(1992).「リン除去のための各種嫌気・好気法の試行」.
第29回 同上講演集, 522-524
- 4) 高橋正宏, 森山克美(1991)「高度処理とシステムの最適制御」, 月刊下水道, Vol. 14 No. 8 16-20