

# 小規模下水処理場に求められる 運転管理手法

吉本 国春\*、北川 三夫\*、中沢 均\*

\*日本下水道事業団技術開発部  
埼玉県戸田市下笹目5141

## 概 要

近年、下水道事業に着手する人口規模の小さな市町村が飛躍的に増加しており、今後供用を開始する小規模処理場の数も増加する。このような市町村では、大都市と比較して財政基盤が脆弱であることが多く、処理場維持管理費も割高になる傾向にある。このため、多くの市町村では、巡回管理方式や他業務との兼務により維持管理が実施されている。このような手法により維持管理業務の効率化を図るためには、処理の安定性や異常時の把握方法について充分配慮するとともに、その業務内容は専門技術者を要しない、できるだけ簡易なものであり、しかも少ない時間と人員で効率的な維持管理が行えるシステムの確立が必要となる。このため本報告では、大都市とは異なった環境にある人口規模の小さな市町村の特性を明かにするとともに、現在小規模処理場で行なわれている運転管理内容や手法を整理し、これらに基づいて、小規模処理場の合理的な維持管理を可能とする制御方法や監視システム等のあり方について提言を行なうものである。

## キーワード

小規模処理場 維持管理 運転管理基準 水質管理 運転操作 監視 保守点検 エキスパートシステム

### 1. 小規模下水道の維持管理の現状と課題

一般的に、下水処理場における維持管理費は、処理場建設費と同様に、その規模が小さくなるにつれて割高になる傾向にある。図-1は、昭和61年度下水道統計<sup>1)</sup>に基づいて、全国の公共下水道および特別環境保全下水道を実施している市町村について、流入水量当りの処理場維持管理コストを示したものであるが、年平均流入水量の減少に伴って維持管理費が増加する傾向が認められる。また、各計画人口毎の平均維持管理費を比較した場合、計画人口が5,000人以下の市町村における平均維持管理費は、全国平均値の2倍以上となっている(表-1参照)。このような維持管理コストの上昇は、大中市と比較してその財政基盤が脆弱であることが多い地方市町村における財政負担を増加させることになる。したがって、小規模処理場の維持管理においては、財政負担を低減できる手法が求められており、このためには維持管理コストの約50%を占める人件費を低減することが有効となる。このようなことから、今回維持管理コストを調査した計画人口5,000人以下の市町村(全体箇所数; 26箇所)の内、17箇所の市町村においては、巡回管理方式あるいは水道事業等の他業務との兼務により維持管理が行なわれていた。大規模の都市と比較して割高となる傾向にある小規模市町村の維持管理においては、その約50%を占める人件費の低減を図るために、多くの市町村において巡回管理あるいは他業務との兼務などが

実施されている。

一方、巡回管理等の手法により、維持管理業務の効率化を図る場合においても、下水道の持つ本来の機能や処理の安定性は確保される必要がある。また、巡回管理方式においては、常時機器や水質の監視を行うことは困難であることから、異常時の把握方法とそれの場合の対応方法を明確にしておく必要がある。人口規模の小さな市町村では、専門技術者の確保が困難であることから、その維持管理内容はできるだけ簡易なものが求められている。このため、小規模処理場においては、処理の安定性を確保した上で、維持管理業務内容をできるだけ簡易にし、限られた時間と少ない人員で効率的に維持管理を行える手法の確立が求められている。

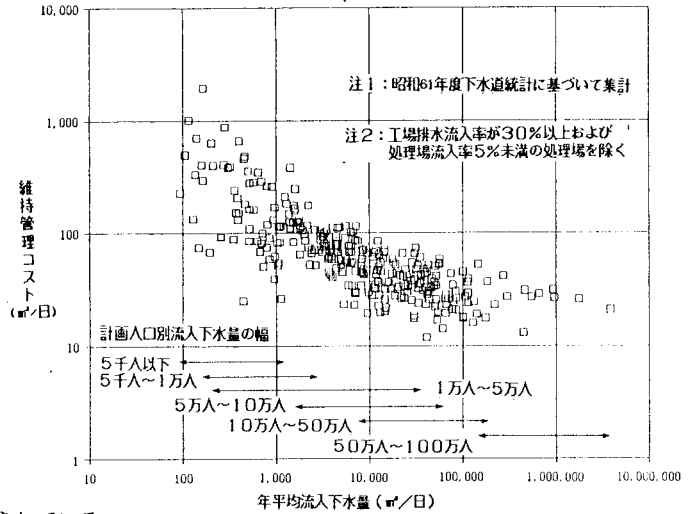


図-1 年平均流入下水量と維持管理コスト

## 2. 処理場施設における維持管理内容

下水処理施設の目的は、管きよ施設により収集されてきた下水を適正に処理することによって、公共用水域の水質を保全していくことにある。このため、下水処理施設の維持管理においては、その目的（良好な処理水を安定的に得る）を達成するために、水質や水量等を定期的に計測することによって現状を把握するとともに、その処理プロセスが良好な運転条件の範囲で運転されているかどうかを何らかの基準（運転管理基準）により判断しなければならない。同時に、管理指標が設定範囲を越えた場合には、これらの変動に応じて機器を適切に運転操作（制御）していく必要がある。また、安定的な処理水質を得るためには、処理施設に用いられている施設や機器の状態を絶えず監視するとともに定期的に保守点検を実施して、異常事態を発見した場合には適切な対応をとる必要がある（表-2参照）。このような維持管理内容は、採用されている処理法により異なったものとなるが、本報告では、最近小規模処理場に適した処理法として多く採用されている低負荷型浮遊生物法特にオキシデーションディッチ法を対象とすることとする。本法の長所としては、流入水量の変動に対応しやすく、また余剰汚泥の発生量が少ないといった点があげられる。

## 3. 小規模処理場における水質管理

表-3は、現在オキシデーションディッチ法を採用している処理場で一般的に行なわれている運転管理項目・管理指標・管理基準・水質測定項目について示したものである。これらの項目の内、下水処理場における計測項目や水質測定項目は、その目的によって、①主として法令（下水道法および水質汚濁防止法）に基づき処理場からの放流水の監視を目的とした試験、②処理施設を適切に管理するための試験に大別できる。実際の小規模処理場における計測項目や水質管理項目についての実態

表-1 計画人口別平均維持管理コストおよび内訳

計画人口	市町村数 (箇所)	平均 コスト	人件費 委託費	動力費 (注1)	水質 試験費	その他 (注2)
5千人以下	26	211	118	45	23	25
5千人~1万人	21	254	119	60	8	67
1万人~5万人	157	102	55	24	9	14
5万人~10万人	47	50	27	13	3	7
10万人~50万人	68	37	18	11	2	6
50万以上	12	28	13	9	1	5
平均値(合計値)	(331)	96	51	23	7	15

(注1) 動力費：電力費+燃料費+薬品費 (注2) その他：補修費+その他 (注3) 平均コストおよび各内訳費用の単位：円/m³

表-2 処理場施設における維持管理内容

	水質管理	機械設備に関する管理
目的	機械設備の制御により良好な処理水を安定的に得る	機器の保全により良好な処理水を安定的に得る
現状の把握 (情報の入手)	【水質測定・各種計測】 流入水質・流入量・放流水質・pH・汚泥濃度・汚泥界面・SV等	【機器の監視】 過負荷・過トルク・機器の運転停止状態表示等(監視器による把握) 【機器の保守点検】 異常音・振動・絶縁抵抗・分解点検等(現地において確認)
管理基準	【水質管理指標の設定】 計測値がこの範囲を越えた場合には、必要な対応(機器の運転操作)を行なう	予備機の有無や故障機器が水処理に与える影響を考慮し迅速な対応をとる。保守点検はメーカー等のマニュアルにより定期的実施する。
対応	【機器の運転操作】 管理基準に基づいて揚水量・返送汚泥量・余剰汚泥量・曝気量等を調整する	【非常時】 現状の復旧・機器の補修・予備機等による対応 【保守管理】 潤滑油や油脂類の補充・分解整備

調査結果<sup>2)</sup>によれば、②に関する計測項目や水質測定項目には各処理場によって差がみられ(表-3参照)、この原因としては、運転管理基準が各処理場で異なっていることが考えられる。また、小規模処理場における水質測定や各種計測は、巡回管理時に携帯用計測機によって各種の項目(汚泥濃度・pH・DO濃度・汚泥界面高さ等)が実施されていることが多い。

浮遊形生物処理法における水質管理では、流入基質量と微生物量の比を一定範囲に維持するとともに最終沈殿池において良好な固液分離を行なうことが重要であり、これらは主として、返送汚泥量や余剰汚泥量の調整により行なわれる。返送汚泥量の決定は、最終

沈殿池における固形物収支に基づいた汚泥濃縮率(MLSS濃度/返送汚泥濃度)に応じて変化させる方法が基本であり、その他の方法はこの濃縮率の代わりにSVや汚泥界面を用いて返送量を決定するものである。また、これらの指標を計測することによって最終沈殿池における固液分離障害を早期に発見できることとなる。通常の処理場では、定期的にこれらの指標を計測し、これらの値が設定範囲内にある場合には、返送量を一定のままで運転することが多い。この場合、流入水量の変動によりMLSS濃度が変化することとなるが、底負荷型の処理法では設定MLSS範囲を大きくとれるため、高負荷型の処理法と比較して運転管理は容易となる。

浮遊生物処理方式における生物量コントロール(余剰汚泥量管理)のための管理指標として一般的に用いられているものは、①MLSS(MLVSS)濃度、②BOD-SS負荷、③SRTがある。この内、MLSS濃度を一定にする方法は、測定項目が少なく簡易に余剰汚泥量を決定できることから、多くの処理場で採用されている。この方法は、処理状況が定常状態(流入基質量の変動が少ない・ある程度余剰汚泥引き抜き濃度が安定している等)の場合に有効であり、定期的にBOD-SS負荷やSRTを計測することによって、最適なMLSS濃度を確認する必要がある。一般的に低負荷型の処理法では、最適MLSS濃度の範囲は高負荷型のものよりも広く設定でき、柔軟な余剰汚泥量の管理が可能であり、維持管理に要する手間も少なくなる。

以上のように水質管理基準あるいは水質管理指標には種々のものがあり、その計測項目や水質測定項目は個々の処理場によって差が見られる。小規模処理場における巡回管理職員は、これらの中からその処理場に適した運転管理基準を選択して、巡回時に必要となる水質測定や各種計測を実施し、各種運転操作を実施していくこととなる。また、最適運転条件の範囲は、通常の場合過去の運転データから経験的に設定されることとなる。一方、底負荷型の処理法では、流入条件等の変動に対する柔軟性が高いことから、従来の高負荷型の処理法を前提とした水質管理項目をすべて同様な測定頻度で実施していく必要性は少ないと考えられる。このようなことから小規模処理場における水質管理業務を、効率的に実施していくためには、①小規模下水道に適した運転管理基準の明確化、②効率的な水質管理項目と合理的な計測方法の確立、③これらに基づいた適切な運転操作方法の確立等が求められている。また、このような内容を明確化することにより、小規模処理場における維持管理(情報の入手・得られた情報の総合的な分析・最適運転条件の変更)を自動的に行える水質管理制御システムの構築、あるいは巡回管理時における維持管理業務を支援するプログラム(エキスパートシステム;必要な計測項目の指示・現状運転プロセスの判断・最適運転操作方法の指示)の開発が可能となる。

#### 4. 機械設備の監視および保守点検

処理場施設で実施される監視項目やその情報伝達手法は、実際に処理場に設置されている機械設備や処理場規

表-3 オキシデーションディッチ法における水質管理手法

管理項目	管理指標	管理基準	水質管理および計測項目	実施頻度 <sup>2)</sup>
放流水質の確認	下水道法 水質汚濁防止法	-	放流水BOD SS pH	100% 100% 100%
返送汚泥量	汚泥濃縮率 $\alpha = S_a / S_r$	$Q_r / Q = \alpha / (1 - \alpha)$ ①	大腸菌数 重金属・フェノール等	80~95%
管理	SVあるいはSVI	$Q_r / Q = SV / (100 - SV)$ ②	透視度 Q: 流入水量 Qw: 余剰汚泥量 Qr: 返送汚泥量	80% 53% 60%
	最終沈殿池汚泥界面高さ(h)	hとαの関係から①式により決定	Sa: MLSS濃度 Sr: 返送汚泥濃度 SVあるいはSVI h: 汚泥界面高さ DO: 曝気槽内DO pH: ディッチ内pH	53% - 40% 40% 47% -
余剰汚泥量	MLSS	$Q_w = (S_a - S_r) \times V_a / S_r$ ③	Sa: 設定MLSS濃度 Va: 曝気槽容量	- -
管理	BOD・SS負荷	$S_a = S_{in} \times Q / (A \cdot V_a)$ ④ により③式により決定	A: 設定BOD・SS負荷 SRT: 設定SRT	- -
	SRT	$Q_w / Q = V_a / (Q \cdot SRT) \times (\alpha + V_2 / V_a)$ ⑤	(注) 硝化反応が進行した場合 曝気装置を制御して時間 的SVは空間的に崩壊状態 とする。	- -
曝気量管理	曝気槽内DO	DOに応じて曝気装置回転数・浸漬深さ・運転台数の変更(注)		-
ポンプ場水量管理	ポンプ井水位等	水位に応じてポンプ運転時間・運転台数の変更		-

①は調査項目外  
対象処理場は現有施設能力2,000m<sup>3</sup>/日以下の処理場

表-4 異常通報項目および水処理に与える影響

設備名 (計測項目)	故障状況 (異常状況)	水処理に与える影響	緊急性	対応
揚水ポンプ 2台(1台予備)	1台故障	予備機に切り替えられ、揚水上は問題ない。	ポンプ井水位異常が発生しない限り緊急性は少ない	補修
	2台故障	揚水不可となり、汚水がオーバーフローする可能性がある	緊急性は大きい。1台故障時点で対応をとれば発生確率は少ない	共通予備機等による対応
ポンプ井水位	HHWL以上	汚水オーバーフローの可能性	緊急性は大きい。ポンプ異常がない場合は流入水量の増大が考えられる	同上
曝気攪拌装置		酸素供給および攪拌が不可能となり活性汚泥の機能が低下する	水処理に与える影響は大きい。数時間程度は沈殿処理による対応が可能	代替機器等による対応
返送汚泥ポンプ 2台(1台予備)	1台故障	揚水ポンプと同様	揚水ポンプと同様	揚水ポンプと同様
	2台故障	汚泥のキャリアオーバー反応槽内のMLSSの低下	キャリアオーバー防止上緊急性は高い	共通予備機等による対応
汚泥かき寄せ機		集泥効率および返送汚泥濃度の低下によりMLSS濃度が低下	緊急性は高いが数時間程度では影響が少ない。	返送汚泥量および余剰汚泥量の増加
停電		全負荷設備の復旧	緊急性は高い。	共通予備等による対応

模の大小によって異なる。小規模下水道においては、対象とする下水量が少ないことから、機械設備の監視項目数も大規模処理場と比較して少ない。また、その管理体制も巡回管理方式が採用されているため、その機器の監視方式も電話回線を用いた非常通話装置によりなされることが多い。このよう

な手法によって、機械設備の非常事態が通報された場合には、巡回管理職員により対応がなされることになるが、小規模下水道においては、専門技術者の確保が困難であることから、このような対応を巡回管理職員に求めることはかなりの負担になることが予想される。したがって、小規模下水道における機器の監視業務においては、巡回管理等の特性を踏まえた非常時の把握方法および機器が故障した場合の水処理に与える影響度を事前に整理しておき、これによって緊急性を踏まえた的確な対応手法(代替機器等の設置)を明確化しておくことが重要となる。表-4は、プレハブ式オキシデーションディッチ法を対象とした場合の異常通報項目およびその対応方法の考え方(例)を示したものであるが、これらを維持管理支援プログラム(異常項目の把握・水質に与える影響度の判断・緊急度に応じた対応方法の指示)に組み込むことにより、合理的な機器の管理が可能となると考えられる。また、機器の保守点検についても、定期的な保守管理項目や実施時期の整理・異常が発見された場合の対応方法(故障箇所の特定や簡単な復帰方法)をマニュアル化することにより同様なシステムの構築が可能となる。

#### 5. まとめ

処理場施設における維持管理業務は、水質測定や機器の監視等による現状の把握・種々の管理指標に基づいた現状の評価・運転状態や機械設備の異常時における対応に大きく分けて考えることができる。このような維持管理業務は、従来重点的に整備が進められてきた大規模処理場においては、機械・電気・水質等の各専門技術者によって対応が行われてきた。しかしながら、大規模都市とは異なつた社会条件や経済状態にある人口規模の小さな市町村では、このような維持管理業務を限られた時間と人員で効率的に行なうことが求められている。小規模下水道に課されたこのような課題を解決していくためには、維持管理内容を整理するとともに各維持管理項目(水質測定・運転操作方法・非常時や異常時の対応方法・運転管理基準等)について具体的な作業手順を明らかにしておけば、専門技術者の確保が困難な小規模市町村においても容易にまた経済的に維持管理が実施できることになる。またこのような事項を明確化することにより、効率的で実務的な維持管理業務支援プログラム(管理職員が行なうべき維持管理事項をプログラムが明示し、これを入力することによって、推論等を自動的に実行し、的確な対応方法を明示する)の確立が可能となるものと考えられる。

#### <参考文献>

- 1) 昭和61年度版 下水道統計 行政編および財政編, (社)日本下水道協会
- 2) 昭和62年度 小規模下水道に適した施設の開発に関する調査, 建設省都市局下水道部, 日本下水道事業団