

余剰汚泥減量化技術の実運転状況に関する考察

日本水工設計株式会社 田中 喬士

1. はじめに

設計業務を実施していく中で、新技術の導入を検討する際には、その技術を把握した上で、現実性かつ将来性を見据えた判断をし、設計をしている。しかしながら、新技術を導入した結果、設計時点と実際の運転状況とが乖離する事例は少なくない。例えば、新機種の脱水機を導入した場合、実運転での脱水性能及び維持管理性の乖離が挙げられる。

当社では、平成 16 年前後に新技術として導入が検討されていた汚泥減量化技術について複数の処理場において導入に携わった実績がある。

本稿は、オゾンによる汚泥減量化技術（以下、オゾン減量化技術という）を導入した A 浄化センターにおいて、平成 22 年度に実施した増設設計を通じて、余剰汚泥減量化技術の実運転状況として「汚泥減量効果」、「処理機能への影響」、「維持管理性」について確認し、設計時点と実際の運転状況から得られた知見を考察するものである。

2. オゾン減量化技術の概要

オゾン減量化技術は、廃棄物処理場の逼迫等により下水汚泥の処理処分費が高騰し、下水道財政を圧迫する事が予測されることから、汚泥を発生させないあるいは発生量を少なくする技術のニーズに対し開発された。日本下水道事業団では、「汚泥減量化の技術評価に関する報告書」（平成 17 年 4 月）にて、オゾンあるいは好気性好熱性細菌による汚泥減量化技術に関してその得失を明らかにし、「下水汚泥減量化施設設計要領」をまとめている。

「オゾンによる汚泥減量技術」は、図 2-1 に示すように活性汚泥の一部をオゾンの酸化作用を用いて処理することで汚泥の生物分解性を高め、それを反応タンクに戻し、その活性汚泥微生物によって CO_2 と水まで酸化分解して減量するシステムである。

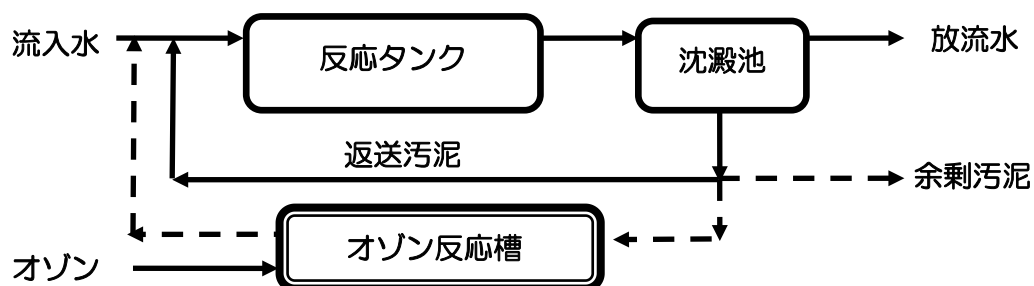


図 2-1 オゾン減量化技術の概略フロー

3. オゾン減量化技術の特徴

オゾン減量化技術の汚泥処理機能上の特徴を表 3-1 に、水処理機能上の特徴を表 3-2 に示す。今回増設設計する中で、維持管理年報・月報及び維持管理者へのヒアリングにより、確認することができた実運転状況は、主に水処理機能上の特徴である。

表 3-1 汚泥処理機能上の特徴

	項目	特徴	実運転状況 の確認
①	オゾン減量化率	100%を上限に任意で設定できる。	○
②	オゾン消費率	汚泥可溶化槽投入固形物量当たりのオゾン消費率を 0.05kgO ₃ /kgSS とする。	-
③	脱水性	多重板型スクリープレス脱水機では汚泥減量化を行わない OD 法の余剰汚泥の脱水性と同程度である。	-

表 3-2 水処理機能上の特徴

	項目	特徴	実運転状況 の確認
①	必要酸素量	100%減量化時の処理における酸素必要量は、汚泥減量化を行わない場合の概ね 2 倍ある。	-
②	処理水 BOD、SS	汚泥減量化を行わない OD 法と同程度である。	○
②	処理水 CODMn	汚泥減量化を行わない OD 法と比べ上昇する。	○
④	処理水 T-N 濃度	低温時に増加することがあるが、SRT を十分に確保し、好気・無酸素運転を適切に行うことで、汚泥減量化を行わない OD 法と同程度である。	○
⑤	処理水 T-P 濃度	汚泥減量化を行わない OD 法と比べ上昇する。	○
⑥	処理水透視度	汚泥減量化を行わない OD 法汚泥と比較して低下傾向にある。	○
⑦	MLVSS/MLSS 比	汚泥減量化を行わない OD 法よりも低い値で安定する。	○
⑧	SVI	汚泥減量化を行わない OD 法と比較して安定する傾向が見られる。	○
⑨	活性汚泥の無機物含有量	活性汚泥の無機物含有率は、元素によって多少異なるが汚泥減量化を行わない OD 法活性汚泥の無機物含有率の 2～3 倍程度であり、それ以上の濃縮は確認されない。	-

4. A 浄化センターにおける実運転状況

(1) A 浄化センターの概要

A 浄化センターの概要は表 4-1 に示すように、現在、水処理 3 系列中 1 系列のみ設置されている。全体計画では、汚泥処理は 2/3 汚泥減量、1/3 汚泥脱水の計画であるが、現状は汚泥減量化設備のみで脱水設備はまだ設置されておらず、初期対応で 100%の汚泥減量を実施している。

表 4-1 A 浄化センター計画概要

項目			全体計画	事業計画	現有施設
排除方式			分流式		
処理方式 汚水			オキシデーションディッチ法		
汚泥			オゾン減容化設備＋直接脱水		オゾン減容化設備
計画汚水量		日平均	2,992m ³ /日	2,263 m ³ /日	－
		日最大	3,840m ³ /日	2,875 m ³ /日	－
		時間最大	6,138m ³ /日	4,619 m ³ /日	－
計画処理水質	流入	BOD	200 mg/ℓ	200 mg/ℓ	－
		SS	160 mg/ℓ	160 mg/ℓ	－
	放流	BOD	15 mg/ℓ	15 mg/ℓ	－
		SS	20 mg/ℓ	20 mg/ℓ	－
処理能力			3,840 m ³ /日 (1,500 m ³ /日・池 ×2 池 840 m ³ /日・池×1 池)	3,000 m ³ /日 (1,500 m ³ /日・池 ×2 池)	1,500 m ³ /日 (1,500 m ³ /日・池 ×1 池)
供用開始年度			平成 16 年 4 月		
放流先			河川（環境基準の類型 A-Ⅰ、 BOD 2mg/ℓ以下）		

(2) A 浄化センターの流入状況

① 流入水量

図 4-1 に過去 5 年間(平成 17～21 年度)の流入水量（放流水）の実績を示す。近年では約 700m³/日流入しており、OD 池 1,500m³/日の処理能力に対して、流入率 47%である。

② 流入水 BOD 及び COD_{Mn}

近年では、計画水質 BOD200mg/L に対し、高い値の汚水が流入している傾向である。

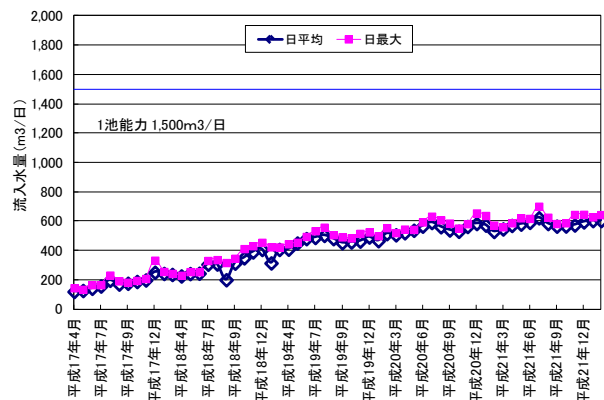


図 4-1 平成 17～21 年度における流入実績

③ 流入水 T-N 及び T-P

過去 5 年間（平成 17～21 年度）の実績は、T-N は 20～50mg/L であり、T-P は 4～6mg/L である。

④ 流入水 SS

過去 3 年間（平成 19～21 年度）の実績は、計画水質 160mg/L に対し、高い値の汚水が流入している傾向である。

（3）オゾン減量化設備の実運転状況

オゾン減量化設備の特徴及び計画値に対して実運転状況を確認できた事項について表 4-2～4 及び以下に示す。全ての項目において、オゾン減量化設備の特徴と同様の値が確認できた。また、維持管理費及び消費電力費も計画通りの数値となった。

表 4-2 オゾン減量化設備の特徴と実運転状況

（○：同様の特徴、△：一部同様の特徴、×：異なる特徴）

オゾン減量化設備の特徴		実運転状況	
汚泥減量化率	100%を上限に任意に設定	計画では 2/3 であるが、現在は暫定的に 100%	○
処理水 BOD, SS	一般的な OD 法と同程度	BOD は計画値 15mg/L 以下（異常値除く） SS は計画値 20mg/L 以下であるが（異常値除く） 近年徐々に高い値となっている。	△
処理水 COD _{Mn}	一般的な OD 法と比較し上昇する。	概ね 10～20mg/L であり、一般的な OD 法の 5～10mg/L に対し、比較的高い。	○
処理水 T-N	低温時に増加することがある。	おおよそ 5～10mg/L である。近年緩やかに値が上昇している。一般的な OD 法の 5mg/L 前後に対し、比較的高い。	○
処理水 T-P	一般的な OD 法と比較し上昇する。	おおよそ 2～3mg/L である。一般的な OD 法の 0.5～2mg/L に対し、比較的高い。	○
処理水 透視度	一般的な OD 法と比較し低下する。	最大 100cm 最小 12.5cm と値にはばらつきがある。 また近年低い値で推移している傾向にある。(20～40cm)	○
MLVSS/MLSS 比	一般的な OD 法と比較し低い値で安定する。	最大 0.85 最小 0.5（平均 0.7）であり、一般的な OD 法の MLVSS/MLSS 比 0.8 と比較し低い傾向にある。	○
SVI	一般的な OD 法と比較し安定する。	最大 184 最小 72（平均 124）であり、SVI 指針値 200 以下を保っている。近年低い値で安定している傾向にある。	○

表 4-3 計画使用電力量と実運転使用電力量との相違

（○：同様の特徴、△：一部同様の特徴、×：異なる特徴）

計画使用電力量		実運転使用電力量	
全設備に対する電力使用量	約 50%	約 50%	○
減量汚泥（kg-DS）当りの 使用電力量（kWh）	約 10kWh/kg-DS	1.0～16.0kWh/kg-DS （平均 5.0kWh/kg-DS）	○

表 4-4 計画点検整備費用と実点検整備費用

（○：同様の特徴、△：一部同様の特徴、×：異なる特徴）

計画点検整備費用	実点検整備費用	
2,000～4,000 千円	約 1,700 千円	○

（4）維持管理性

一方で、オゾン減量化設備を運転管理している維持管理者の報告によると、平成 17 年 10 月に本格的に稼働したオゾン減量化設備は、安定的に運転できるまで約 2 年かかっていることが確認できた。

可溶化汚泥は、活性汚泥による分解が早く、OD 池の DO が急激に下がる傾向にある為、オゾン減量設備の運転時には DO 管理が必要となっている。また MLSS 濃度と返送時間を調整し、オゾン反応を効率化する為オゾン投入汚泥濃度の調整が必要となっている。

処理水透視度、SS が悪い為、これを改善することを目的とし、ポリマー注入機を平成 18 年度に設置したが、改善されていない状況である。近年 MLSS が 5,000～7,000mg/L と上昇しているが、減量汚泥量を増量すると処理水に影響が出る為、様子を見ながらの減量汚泥量を決定している。

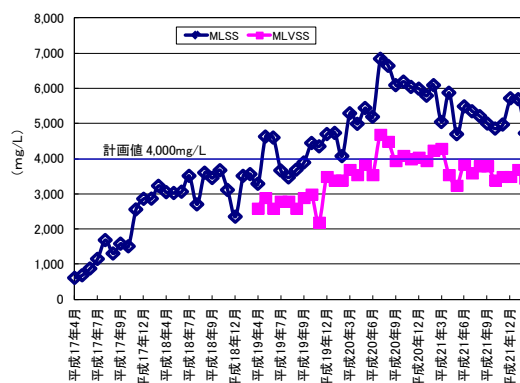


図 4-2 平成 17～21 年度における
MLSS、MLVSS

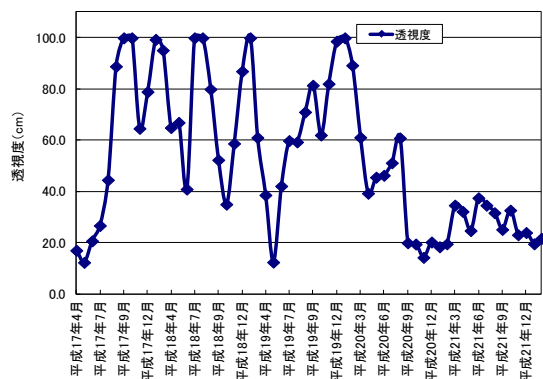


図 4-3 平成 17～21 年度における
処理水透視度

5. 実運転状況に関する考察

今回増設設計を実施するにあたり、オゾン減量化設備の実運転状況を確認し、オゾン減量化技術の特徴に対する実態を確認した。

（1）汚泥減量効果及び処理水への影響について

暫定的に 100%の汚泥減量を実現しており、使用量電力量、点検整備費は計画と想定範囲内であった。汚泥減量率及び処理水に与える影響等も、おおよそ当初の想定範囲内であった。

しかし、流入水量負荷が 50%以下であることを考慮すると、その特徴は顕著に表れ過ぎている傾向にある。特に処理水の透視度は低く、SS は高い傾向にある。流入量負荷が上がった場合にはさらに悪化すると推測される。この 2 項目は汚泥減量化設備の運転時間を増やすと、悪化する傾向にあり、運転時間は処理水の様子を見ながら設定している。減量汚泥量不足から近年 OD 池の MLSS が上がっている状況ある。

この流入水量負荷に関して、オゾン減量化設備を導入した他処理場の流入水の負荷率について、表 5-1 に確認した。（参考：平成 20 年度「汚泥減量化技の稼働状況について」（日本下水道事業団））

上記報告によると、調査時点での流入水の負荷率は、50%以下の処理場が多いことが確認された。このことから、過去の実証および稼働状況の確認では、主に流入水の負荷率が低い時点でのデータ及び特徴であることが確認できた。

表 5-1 オゾン減量化設備を導入した他処理場の流入水の負荷率

処理場名	A 浄化センター	B	C	D	E
減量化運転期間（調査時点）	1 年 6 か月	2 年 6 か月	3 年 2 か月	1 年 1 か月	1 年 1 か月
計画処理水量 (m ³ /日)	1, 520	1, 215	1, 800	1, 850	3, 850
計画減量化率	67% (設備 100%)	100%	67%	67%	67%
脱水設備	無	無	無（計画有）	無（計画有）	有
流入水量 (m ³ /日)	400	500	1, 400	800	1, 900
流水水負荷率	26%	41%	83%	43%	52%

※平成 20 年度「汚泥減量化技の稼働状況について」（日本下水道事業団）より一部加筆修正

また、オゾン処理を行うと SS の粒度分布がより小さいものに遷移するという報告もあることから、本浄化センターにおいても同様の傾向が現れ、活性汚泥の凝集力が低下し、透視度の低下及び SS 上昇の一因となっていると考えられる。また、処理水の色度が上昇するとの報告もあることから透視度の低下の一因となっていると考えられる。

（２） 維持管理性について

維持管理性について、オゾン減量化設備を導入により、OD 池の DO 管理やオゾン減量化設備へ汚泥濃度調節の為の MLSS 管理、返送時間管理など維持管理における調整項目が多い事が確認できた。維持管理の簡略化が一つの目的であるオキシデーションデッチ法にオゾン減量化設備を導入した場合、維持管理の複雑性が高まることが示唆された。

6. おわりに

以上により、新技術を導入する設計では、その技術の設計条件、特徴を確認しつつ、処理水及び電力量等に与える影響については、実証時点での負荷率等の確認が必要であることが確認された。また、維持管理が容易であることなどから OD 法を選定する際、汚泥処理設備も同様の特徴を有する処理法を選定しなければ、施設全体では得られる効果は半減する。水処理と汚泥処理は一体を成すものであることはよく言われることであるが、処理性能だけではなく”維持管理性能”の面からも、一体的な評価が必要であることを再認識できた。

今後も新技術の導入検討に係らず設計後の実運転状況の確認・考察し、今後の設計に生かしていきたいと考えている。

【参考文献】

- ・「下水汚泥減量化施設設計要領 平成 17 年 4 月 日本下水道事業団」
- ・「汚泥減量化の技術評価に関する報告書 平成 17 年 4 月 日本下水道事業団」
- ・「汚泥減量化設備の稼働状況について 平成 20 年 11 月 日本下水道事業団」