

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 技術開発部

汚泥減量化の技術評価をおえて

今回技術評価を行った汚泥減量化技術は、従来の脱水、消化、焼却処理等による汚泥の減容、減量化技術と異なり、下水処理過程で発生する汚泥を、オゾン、微生物、電気分解、物理的破砕等の様々な手法により活性汚泥微生物が容易に酸化分解可能な状態に再基質化し、水処理に返流させることで水処理施設から発生する汚泥そのものを減らそうとする新技術です。

この技術に対して、近年多くの下水道事業者が関心を示し、導入の要望も高くなっています。こうした関心の高さの背景には、社会経済活動の高度化による廃棄物排出量の増大と廃棄物最終処分場の新立地の困難さなどにより最終処分場の残余空間が逼迫するなか、下水汚泥量の有効利用の推進に努めているものの、今だ多くの下水汚泥が埋立処分されている下水道事業の現状（約 73.8 万 DS-t、全発生量の約 37%）があります。

一方、この技術の導入にあたり、汚泥減量における汚泥含有物質の挙動、汚泥の減量を最終的に担う水処理施設への処理負荷の増大、それに伴う施設及び運転管理への影響並びに処理水質への影響等を十分に整理評価することが求められていました。

このような背景から、「汚泥減量化」の長短を明らかにするために、平成 15 年 9 月その技術評価が日本下水道事業団理事長より日本下水道事業団技術評価委員会に諮問されました。同委員会会長から付託された汚泥減量化技術専門委員会では、汚泥減量化技術のうち日本下水道事業団が民間企業と共同研究を実施した「オゾンによる汚泥減量化技術」及び「好気性好熱性細菌による汚泥減量化技術」について、現在までの両技術に関する処理実績や共同研究における成果を基に、汚泥減量効果、汚泥含有物質の挙動、汚泥減量が水処理に与える影響等の体系的な整理と審議が行なわれました。この結果、両汚泥減量化技術の下水処理への適用性、処理水質への影響及び計画・設計上や管理上の留意事項等を明らかにすることができました。こうした審議を踏まえ、平成 17 年 4 月に「汚泥減量化の技術評価」が日本下水道事業団技術評価委員会会長より日本下水道事業団理事長に答申されました。

本報告書は、汚泥減量化の技術評価に関する報告書及びその別添資料を取りまとめたものです。今後、本報告書が汚泥減量化技術の導入、設計、維持管理の道しるべとなり、本技術が我が国における新しい汚泥処理技術として定着するとともに、さらなる技術発展が図られることを期待します。

平成 17 年 4 月

日本下水道事業団技術開発部
部長 高橋 春城

審議の経過

平成15年 9月	第47回	技術評価委員会
平成15年11月	第1回	汚泥減量化技術専門委員会
平成16年 6月	第2回	汚泥減量化技術専門委員会
平成16年10月	第49回	技術評価委員会
平成17年 3月	第3回	汚泥減量化技術専門委員会
平成17年 3月	第50回	技術評価委員会

委員の構成

(平成17年3月31日現在)

技術評価委員会

会 長	柏谷	衛	東京理科大学 理工学部 土木工学科教授
委 員	藤田	正憲	大阪大学大学院 工学研究科 環境工学専攻教授
"	松尾	友矩	東洋大学 学長
"	田中	和博	日本大学 理工学部 土木工学科教授
"	楠田	哲也	九州大学大学院 工学研究院 環境都市部門教授
"	谷戸	善彦	国土交通省 都市・地域整備局 下水道部長
"	高橋	正宏	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部長
"	北川	知正	東京都 下水道局技監
"	金子	宣治	横浜市 下水道局長
"	高柳	枝直	大阪市 都市環境局長
"	谷口	尚弘	(社)日本下水道協会理事
"	大貫	三郎	埼玉県 県土整備部下水道課長
"	鈴木	章	日本下水道事業団理事
旧委員	宮原	茂	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部長
"	大矢	爽治	東京都 下水道局技監
"	齋藤	正勝	横浜市 下水道局長
"	木葉	佳成	大阪市 都市環境局長

(旧委員の所属職名は委員委嘱当時のもの)

汚泥減量化技術専門委員会

会 長	野池	達也	東北大学 大学院 工学研究科 土木工学専攻 教授
委 員	鈴木	穰	独立行政法人土木研究所 水循環研究グループ 水質チーム 上席研究員
"	森山	克美	九州共立大学 工学部 土木工学科 教授
"	岩堀	恵祐	静岡県立大学 環境科学研究所 教授
"	田中	俊明	群馬県 中之条町 下水道課長



技評発第 1 号
平成17年4月22日

日本下水道事業団
理事長 安中 徳二 殿

日本下水道事業団
技術評価委員会
会長 柏 谷



答 申

平成15年9月19日付け本技技発第73号をもって諮問されました「汚泥減量化技術」について、添付のとおり、答申いたします。

目 次

(技術評価の経緯) -----	1
(技術評価の目的) -----	2
(評価対象技術) -----	2
(評価の範囲) -----	2
(汚泥減量化技術の特徴) -----	3
(設計の考え方と留意事項) -----	10
(維持管理の考え方と留意事項) -----	14
(適用上の注意) -----	19
(その他の留意事項) -----	20

(技術評価の経緯)

「オゾンによる汚泥減量化技術」は、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分解性を高め、それを再び反応タンクに戻すことによって汚泥中の有機物を速やかに酸化分解し、余剰汚泥量を削減させる技術である。日本下水道事業団は、本技術の下水汚泥への適用を目的とし、平成 7 年度より栗田工業株式会社と共同研究を開始し、下水汚泥への適用性を確認し、平成 11 年 9 月に共同研究報告書を作成した。

また「好気性好熱性細菌による汚泥減量化技術」は、活性汚泥の一部を好気性好熱性細菌（以下、「好熱性細菌」という。）が生産する酵素による分解反応と熱による物理化学的な熱変性の両作用を用い処理することで汚泥の分解性を高め、それを再び反応タンクに戻すことによって汚泥中の有機物を速やかに酸化分解し、余剰汚泥量を削減させる技術である。日本下水道事業団は、本技術の下水汚泥への適用を目的とし、平成 10 年度より神鋼パンテック株式会社（現、株式会社神鋼環境ソリューション）と共同研究を開始し、下水汚泥への適用性を確認し、平成 13 年 12 月に共同研究報告書を作成した。

こうした技術開発の経緯と共に、近年の産業廃棄物最終処分場残余空間の逼迫性や中小都市において汚泥の処理及び処分に対する負担軽減が求められているという状況を受け、汚泥減量化技術は近年下水道分野においても注目され、下水道事業者の関心が高く、導入の要望も高い。このような背景から、本技術に係る長短を明らかにするために平成 15 年 9 月、日本下水道事業団理事長より日本下水道事業団技術評価委員会に諮問があり、汚泥減量化技術について技術評価を行うこととなった。

（技術評価の目的）

前述の経緯から、これまでの両汚泥減量化技術に関する主として実証実験プラントによる調査結果を体系的に整理することにより、汚泥減量化技術の特徴の明確化を行い、下水処理施設への適用性を評価し、あわせて設計や維持管理の留意事項を提示することを技術評価の目的とする。

（評価対象技術）

本評価の対象とする汚泥減量化技術は、生活系排水を主体とする都市下水を処理するオキシデーションディッチ法（以下、「OD法」という。）から発生する汚泥を対象とする「オゾンによる汚泥減量化技術」及び「好熱性細菌による汚泥減量化技術」とする。

（評価の範囲）

評価の範囲は、汚泥処理における汚泥可溶化設備の処理性能（余剰汚泥性状を含む）また、水処理におけるOD法の反応タンク以降の処理性能（処理水を含む）とする。

（汚泥減量化技術の特徴）

1 汚泥減量化技術の原理とプロセス構成

（1）オゾンによる汚泥減量化技術

オゾンによる汚泥減量化技術の基本フローを図1に示す。本技術は、OD法の活性汚泥の一部を返送汚泥ラインから引抜き、オゾンと接触反応させた後、反応タンクへ返送するというものである。活性汚泥は、汚泥可溶化槽（オゾン反応塔）においてオゾンの強力な酸化作用により、その生分解性が高まる（以後、「汚泥可溶化」という）。オゾン処理された汚泥は、反応タンク内で一部は活性汚泥に再合成されるが、残りは二酸化炭素と水に生分解される。これによって余剰汚泥量が減少する。

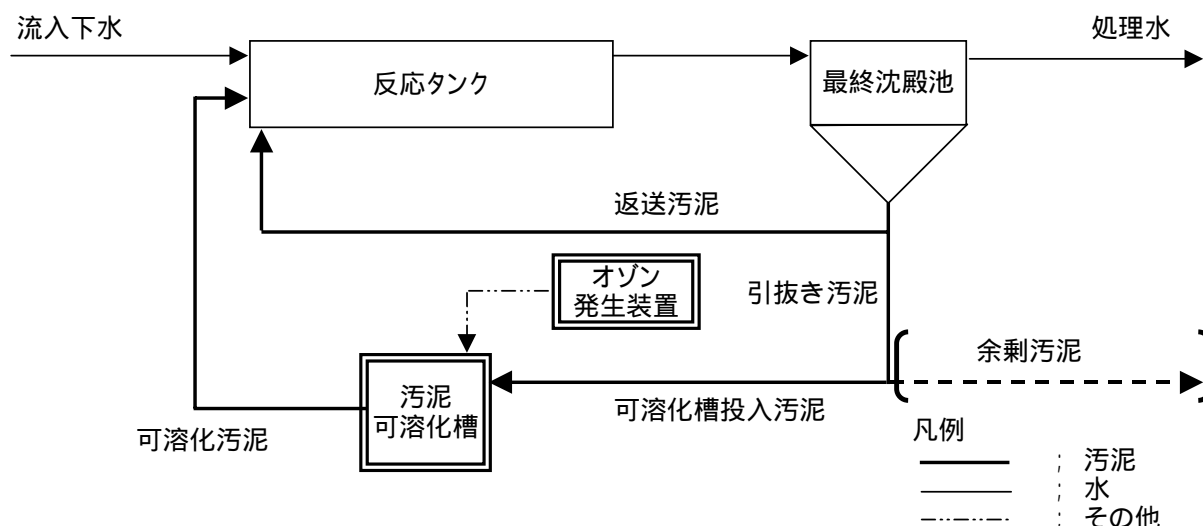


図1 オゾンによる汚泥減量化技術の基本フロー

オゾンの反応方式には、pH無調整でオゾン処理する「オゾン単独法」と酸性状態でオゾン処理する「酸オゾン法」がある。酸オゾン法は、要オゾン量が単独法の1/2であり消費電力量が少なくて済む。なお、両方式で処理水質等に大きな相違は確認できていない。

活性汚泥中のSS成分は、その多くが生物由来の有機物である。オゾンは酸化力が強く、生物体を構成する細胞壁等を直接破壊または分解するといわれている。オゾンによる細胞壁の破壊は、電子顕微鏡によりオゾン処理後の細菌が浸透圧により膨張する様子から観察することができる。また、細胞壁を構成する多糖類を分析することにより、その絶対量は変化しないが切断末端がオゾン処理量に対応して増加することからも判断できる。活性汚泥を構成する微生物は、このオゾンの強力な酸化作用により汚泥固形物当りのオゾン消費率 $0.05\text{gO}_3/\text{gSS}$ 以上では殆ど死滅する。

(2) 好熱性細菌による汚泥減量化技術

好熱性細菌による汚泥減量化技術の基本フローを図2に示す。本技術は、OD法の活性汚泥の一部を返送汚泥ラインから引抜き、高温(60~70)の汚泥可溶化槽内で好熱性細菌と混合させ酵素及び熱による処理を行なった後、反応タンクへ返送するというものである。活性汚泥は、汚泥可溶化槽において好熱性細菌が生産する酵素による

分解反応と熱による物理化学的な熱変性の両作用が同時に効率よく働くことによりその生分解性が高まる（以後、「汚泥可溶化」という）。好熱性細菌により可溶化処理された汚泥は、反応タンク内で一部は活性汚泥に再合成されるが、残りは二酸化炭素と水に生分解される。これによって、余剰汚泥量が減少する。

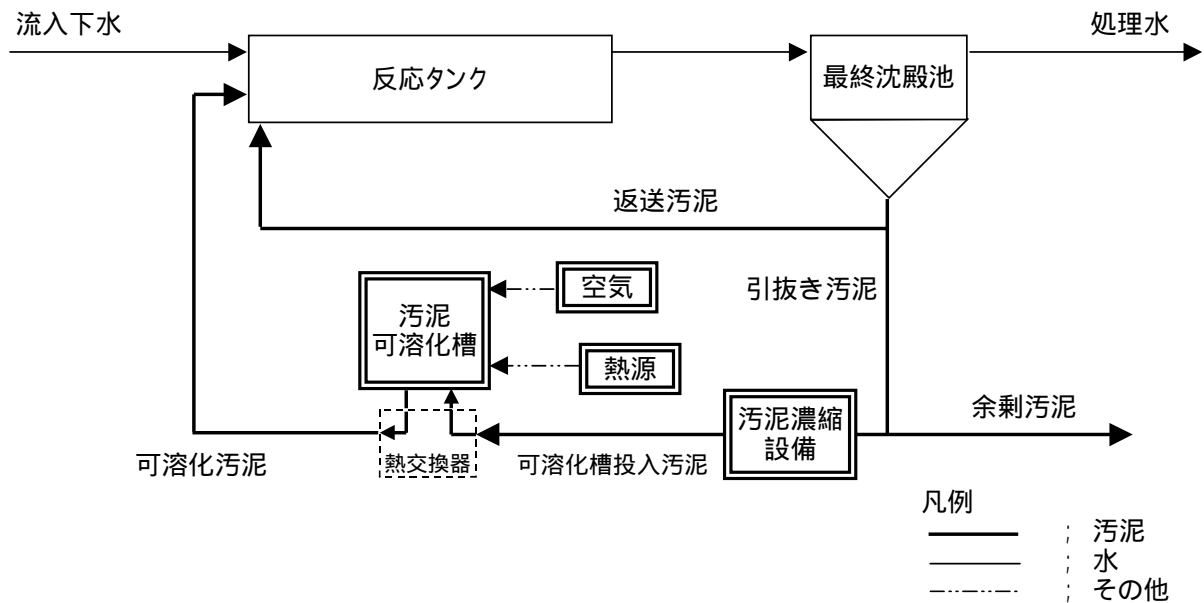


図2 好熱性細菌による汚泥減量化技術の基本フロー

なお、本技術では、汚泥可溶化効果を速やかに得ることを目的として、汚泥可溶化設備稼動当初に、自然界より分離された *Bacillus stearothermophilus* に分類される病原性のない安全な細菌を添加しているが、本技術の根幹原理は、汚泥可溶化槽の運転条件(60～70℃、好気性)において自然発生的に形成される好熱性細菌相が有する汚泥可溶化能力を利用したものである。

2 施設構成上の特徴

(1) オゾンによる汚泥減量化技術

汚泥減量化システムは、汚泥可溶化設備と水処理施設で構成される。

汚泥可溶化設備は、汚泥可溶化槽（オゾン反応塔）、オゾン発生装置、排オゾン処理装置等で構成される。

脱水設備は、系外に汚泥を引抜かない時（いわゆる、100%減量時）には不要である。ただし、それ以外の時は、減量化率に応じて発生する余剰汚泥量を脱水処理することが出来る設備能力が必要である。

汚泥中の夾雑物による配管閉塞やオゾン反応塔攪拌機への絡みつき防止のため、前処理として目開き 1～1.5mm 程度のスクリーンが必要である。

（２） 好熱性細菌による汚泥減量化技術

汚泥減量化システムは、汚泥可溶化設備と水処理施設で構成される。

汚泥可溶化設備は、汚泥可溶化槽、散気・攪拌装置、熱交換器、熱源、汚泥濃縮機等で構成される。

脱水設備は、減量化率に応じて発生する余剰汚泥量を脱水処理することが出来る設備能力が必要である。

3 処理機能上の特徴

（１）オゾンによる汚泥減量化技術

1) 汚泥減量化を行うことによる汚泥処理機能上の特徴

汚泥は、オゾンによる可溶化処理を受けた後に、反応タンクにおいて汚泥中の有機物が好氣的生物（酸化）分解を受けるとともに無機物が処理水中に移行することによって減少する。

汚泥減量化率は、100%（定常的な汚泥引抜を必要としない状態。）を上限に任意に設定することができる。

汚泥減量化率 100%を目標とした時の汚泥可溶化槽汚泥投入率は、推定発生汚泥量（汚泥減量化を行わない場合に水処理系から発生する汚泥量に相当。以下同じ。）の約 3.4 倍となる。

汚泥可溶化槽投入固形物量当りのオゾン消費率をオゾン単独法では

0.05kgO₃/kgSS、酸オゾン法では0.025kgO₃/kgSS とすることで汚泥は、良好に可溶化される。

汚泥可溶化槽内における汚泥減量は、ほとんど起こらない。

余剰汚泥の脱水性は、多重板型スクリーブ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。

2) 汚泥減量化を行うことによる水処理機能上の特徴

反応タンクでは、汚泥可溶化槽で処理された汚泥が反応タンクへ戻されることにより、有機物負荷量が増加し酸化分解に要する酸素量が増加する。増加する必要酸素量は、減量汚泥固形物 1kg 当り 1.1kgO₂ 程度と見込まれる。これに加え余剰汚泥として系外に排出されていた窒素を硝化する場合、100%減量化時の水処理における必要酸素量は、汚泥減量化を行わない場合の概ね 2 倍と試算された。汚泥減量化時は、余剰汚泥量と汚泥可溶化槽投入汚泥量を合わせた汚泥量から SRT を算出するため、汚泥減量化を行わない場合に比べて SRT が短くなる。よって、硝化が必要な場合は SRT の確保に配慮が必要となる。

処理水 BOD は、汚泥減量化を行わない OD 法と同程度である。

処理水 SS 濃度は、汚泥減量化を行わない OD 法と同程度である。

処理水 COD_{Mn} は、汚泥減量化を行わない OD 法と比べ上昇する。

処理水 T-N 濃度は、低水温時に増加することがあるが、SRT を十分確保し、好気・無酸素運転を適正に行うことで、汚泥減量化を行わない OD 法と同程度となる。

処理水 T-P 濃度は、汚泥減量化を行わない OD 法と比べて上昇する。(100%減量では流入水濃度と同程度まで上昇する。)

処理水色度は、汚泥減量化を行わない OD 法と比べて上昇する。

処理水濁度は、汚泥減量化を行わない OD 法と同程度である。

処理水透視度は、汚泥減量化を行わない OD 法よりも低下傾向にある。

MLVSS/MLSS 比は、汚泥減量化を行わない OD 法よりも低い値で安定する。
SVI は、汚泥減量化を行わない OD 法汚泥と比較して安定する傾向がみられる。
活性汚泥の無機物含有量は、元素によって多少異なるが汚泥減量化を行わない
OD 法活性汚泥の無機質含有率の 2～3 倍程度であり、それ以上の濃縮は確認さ
れない。このことから、流入した無機物のほとんどが処理水中に流出していると
考えられる。また、重金属の濃縮は、無機質全体の濃縮倍率と同程度であり、金
属種による違いは確認されていない。
処理水の変異原性、トリハロメタン生成能、内分泌攪乱化学物質濃度は、汚泥減
量化を行わない OD 法と同程度である。

(2) 好熱性細菌による汚泥減量化技術

1) 汚泥減量化を行うことによる汚泥処理機能上の特徴

汚泥は、好熱性細菌による可溶化処理を受けた後に、汚泥可溶化槽及び反応タン
クにおいて汚泥中の有機物が好氣的生物(酸化)分解を受けるとともに無機物が
処理水中に移行することによって減少する。

汚泥減量化率は、約75%を上限に任意に設定することができる。

汚泥減量化率75%を目標とした時の汚泥可溶化槽汚泥投入率は、推定発生汚泥量
の約2.5倍量となる。

汚泥可溶化槽内温度60～70℃、汚泥可溶化槽HRT1～3日の範囲で汚泥は、良好
に可溶化される。

汚泥可溶化槽では、好熱性細菌による汚泥の可溶化と酸化分解のために減量汚泥
固形物量1kg当り0.34kgO₂程度の酸素が必要となると見込まれる。

汚泥可溶化槽内において生物反応及び熱反応により汚泥(VSS)が約30%減少す
る。

余剰汚泥の脱水性は、多重板型スクリュウプレス脱水機、ベルトプレス脱水機で

は汚泥減量化を行わないIOD法の余剰汚泥の脱水性と同程度である。

2) 汚泥減量化を行うことによる水処理機能上の特徴

反応タンクでは、汚泥可溶化槽で処理された汚泥が反応タンクへ戻されることにより、有機物負荷量が増加し酸化分解に要する酸素量が増加する。増加する必要酸素量は、減量汚泥固形物1kg当り0.73kgO₂程度と見込まれる。これに加え余剰汚泥として系外に排出されていた窒素を硝化する場合、75%減量化時の水処理における必要酸素量は、汚泥減量化を行わない場合の概ね1.4倍と試算された。

汚泥減量化時は、余剰汚泥量と汚泥可溶化槽投入汚泥量を合わせた汚泥量からSRTを算出するため、汚泥減量化を行わない場合に比べてSRTが短くなる。よって、硝化が必要な場合はSRTの確保に配慮が必要となる。

処理水BODは、汚泥減量化を行わないIOD法とほぼ同程度であるが、冬場はやや上昇する傾向が見られる。

処理水SS濃度は、汚泥減量化を行わないIOD法と同程度である。

処理水COD_{Mn}は、汚泥減量化を行わないIOD法と比べ上昇する。

処理水T-N濃度は、低水温時に増加することがあるが、SRTを十分確保し、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IOD法と同程度となる。

処理水T-P濃度は、汚泥減量化を行わないIOD法に比べ上昇する。

処理水色度は、汚泥減量化を行わないIOD法と比べ上昇する。

処理水透視度は、汚泥減量化を行わないIOD法と比べ低下傾向にある。

MLVSS/MLSS 比の値は、汚泥減量化を行わないOD法よりも低い値で安定する。

SVIは、汚泥減量化を行わないIOD法汚泥と比較して安定する傾向がみられる。

活性汚泥の無機物含有量は、元素によって多少異なるが汚泥減量化を行わないIOD法活性汚泥の無機物質含有率の1.3～1.7倍程度であり、それ以上の濃縮は確認されない。このことから流入した無機物のほとんどが処理水中に流出していると考えられる。また、重金属の濃縮は無機物質全体の濃縮倍率と同程度であり金属

種による違いは確認されていない。

処理水の変異原性、トリハロメタン生成能、内分泌攪乱化学物質濃度は、汚泥減量化を行わないOD法と同程度である。

4 建設費及びユーティリティー費

(1) オゾンによる汚泥減量化技術

本技術と汚泥減量化を行わないOD法とを比較した場合の建設費及びユーティリティー費において、建設費の増加因子はオゾン発生装置、オゾン反応塔、排オゾン処理装置、OD槽の大容量化及び曝気装置能力の増強に要する費用などであり、減少因子は汚泥濃縮設備、汚泥脱水設備、脱水ケーキ搬出、貯留設備に要する費用などである。さらに、酸オゾン法では、酸、アルカリの注入装置が増加するが、一方で、オゾン発生装置、オゾン反応塔をオゾン単独法より小型化できる。

ユーティリティー費の増加因子はオゾン発生装置と曝気装置能力の増強による電力費などであり、減少因子は脱水薬剤費、汚泥脱水設備関連電力費、汚泥処分費などである。

(2) 好熱性細菌による汚泥減量化技術

本技術と汚泥減量化を行わないOD法とを比較した場合、建設費の増加因子は汚泥可溶化槽、散気装置、熱交換器、濃縮設備、OD槽の大容量化及び曝気装置能力の増強に要する費用などであり、減少因子は汚泥脱水、貯留設備の小容量化などである。

ユーティリティー費の増加因子は汚泥可溶化槽散気及び曝気装置能力の増強による電力費、汚泥の加温に要する費用などであり、減少因子は脱水薬剤費、汚泥脱水設備関連電力費、汚泥処分費などである。

(設計の考え方と留意事項)

1 オゾンによる汚泥減量化技術

(1) 設計上の考え方

減量汚泥量は、推定発生汚泥量に汚泥減量化率を乗じて求める。

汚泥減量化率は、留意事項を勘案のうえ 100%以下で任意に設定する。

100%減量化時の汚泥可溶化槽汚泥投入率は、推定発生汚泥量の 3.4 倍とする。

必要オゾン量は、可溶化処理汚泥量に汚泥可溶化槽投入汚泥量当りのオゾン消費率をかけて算出する。オゾン消費率は、オゾン単独法では汚泥可溶化槽投入汚泥量当り $0.05\text{kgO}_3/\text{kgSS}$ 、酸オゾン法では $0.025\text{kgO}_3/\text{kgSS}$ とする。

オゾン発生機的能力は、必要オゾン量とオゾン反応塔のオゾン吸収率から決定する。

排オゾン処理装置は、マンガン系触媒と活性炭の 2 塔構成とする。排オゾン処理装置は、結露により機能低下を起こすので、必要に応じて結露防止対策を行う。

汚泥可溶化槽投入汚泥ラインには、夾雑物除去のためのストレーナーを設置する。

装置制御及び安全管理のために、オゾン濃度計を設置する。

酸オゾン法を用いる場合、酸・アルカリ注入設備を設置する。

汚泥可溶化槽は、円筒密閉型の加圧式反応塔とし、3 塔構成とする。

オゾンガスは、濃度、吸引時間によっては人体に影響をもたらす恐れがあり危険である。オゾンの漏洩対策は、配管継手等からの漏れのような少量の漏洩と地震などによる大量の漏洩とに分けて行う。

反応タンクに供給する酸素量は、可溶化汚泥の返送により反応タンクで増加する有機物分解にかかる負荷量や硝化にかかるケルダール窒素負荷量に相当する必要酸素量を上乘せする。

汚泥減量化時の SRT は、余剰汚泥量と汚泥可溶化槽投入汚泥量、処理水 SS 量とを合わせた汚泥量から算出する。

(2) 留意事項

オゾンによる汚泥減量化に組合わせる水処理方式は、原則としてOD法とする。可溶化汚泥を反応タンクへ返流することによって、処理水のCOD_{Mn}が上昇する。よって、放流水にCOD_{Mn}規制がある地域に導入する場合は、規制値と処理水質の両面から汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置を検討すること。

汚泥減量化を行なうと引抜き汚泥量(余剰汚泥量と汚泥可溶化槽投入汚泥量を合わせた汚泥量)が増加し、汚泥減量化を行わない場合と比較してSRTが短くなる。よって、窒素除去を行う場合は、硝化に必要なSRTの確保に留意すること。りんは、汚泥減量化を行わない場合、処理水と余剰汚泥の両方から系外に流出するが、汚泥減量化率100%では余剰汚泥が発生しないため処理水のT-P濃度は、流入下水と同程度になる。よって、りん規制がある地域に導入する場合は、規制値と放流水質の両面から汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置を検討すること。

汚泥の減量化により、流入下水中の重金属を含む無機物は、処理水中に溶解するかまたは流出SS中に含有されて公共用水域に放流される。よって、放流先の公共用水域の状況を確認し、汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置を検討すること。

オゾンによる汚泥減量化技術は、100%減量の場合、脱水設備は要しないが、数時間などの短時間で汚泥を減量できる技術ではない。そのため、長期間の機器停止時や、最終沈殿池からのスカムや汚泥流出が生じた場合などに、急激に汚泥を減量することはできない。よって、脱水機を設置しない場合は、維持管理にあたって緊急に汚泥を排出する必要がある場合を想定して、移動脱水車、バキューム排出、汚泥貯留槽への一時貯留(既存施設に適用した場合)など、汚泥の緊急排出方法と排出先等を検討し確保する必要がある。

汚泥の減量化では、汚泥減量化設備や付帯設備の追加、水処理施設及び設備の拡大(増強)が必要となるほか、汚泥の可溶化処理及び可溶化汚泥を好氣的酸化にエネルギーを用する。よって、経済的、環境的側面から他の技術との比較検討を行う必要がある。

2 好熱性細菌による汚泥減量化技術

(1) 設計上の考え方

減量汚泥量は、推定発生活泥量に汚泥減量化率を乗じて求める。

汚泥減量化率は、留意事項を勘案のうえ 75%以下で任意に設定する。

75%減量化時の汚泥可溶化槽汚泥投入率は、推定発生活泥量の 2.5 倍とする。

汚泥可溶化槽投入汚泥濃度は、3～4.5%とする。

好熱性細菌による汚泥可溶化槽の滞留時間は、HRT = 1.5 日を標準とする。

汚泥可溶化槽の温度は、63℃を標準とする。温度制御は、温度センサーと蒸気圧弁とを連動させて、蒸気圧弁の開閉によって行う。

汚泥可溶化槽の加温装置は、簡易型蒸気ボイラーを標準とする。また、恒常的に使用できる熱源が既に存在する場合は、その利用を考慮する。

反応タンクに返送される可溶化汚泥による熱の系外流出を低減するため、熱交換器を設置することを標準とする(ただし、小規模施設で適合する熱交換器がない場合は、省略可能である)。

汚泥可溶化槽に供給する酸素量は、汚泥可溶化槽における減量固形物当りの必要酸素量から算出する。

反応タンクに供給する酸素量は、可溶化汚泥の返送により反応タンクで増加する有機物負荷量やケルダール窒素負荷量に相当する必要酸素量を上乘せする。

汚泥減量化時の SRT は、余剰汚泥量と汚泥可溶化槽投入汚泥量、処理水 SS 量とを合わせた汚泥量から算出する。

(2) 留意事項

好熱性細菌による汚泥減量化に組合わせる水処理方式は、原則としてOD法とする。

好熱性細菌による汚泥減量化率は、最大75%とする。

可溶化汚泥を反応タンクへ返流することによって、処理水のCOD_{Mn}が上昇する。よって、放流水にCOD_{Mn}規制がある地域に導入する場合は、規制値と処理水質の両面から汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置を検討すること。

汚泥減量化を行なうと引抜き汚泥量(余剰汚泥量と汚泥可溶化槽投入汚泥量を合わせた汚泥量)が増加し、汚泥減量化を行わない場合と比較してSRTが短くなる。よって、窒素除去を行う場合は、硝化に必要なSRTの確保に留意すること。りんは、汚泥減量化を行わない場合、処理水と余剰汚泥の両方から系外に流出するが、汚泥減量化率が高く余剰汚泥が少ないほど処理水のT-P濃度が高くなる。よって、りん規制がある地域に導入する場合は、規制値と放流水質の両面から汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置を検討すること。

汚泥の減量化により、流入下水中の重金属を含む無機物は、処理水中に溶解するかまたは流出SS中に含有されて公共用水域に放流される。よって、放流先の公共用水域の状況を確認し、汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置を検討すること。

汚泥の減量化では、汚泥減量化設備や付帯設備の追加、水処理施設及び設備の拡大(増強)が必要となるほか、汚泥の可溶化処理及び可溶化汚泥の好氣的酸化にエネルギーを用する。よって、経済的、環境的側面から他の技術との比較検討を行う必要がある。

(維持管理の考え方と留意事項)

1 オゾンによる汚泥減量化技術

汚泥可溶化プロセスは、推定発生汚泥量、汚泥可溶化槽投入汚泥量、汚泥可溶化槽投入汚泥濃度、汚泥可溶化槽投入汚泥流量、余剰汚泥量(100%減量時以外)により汚泥減量化の管理を行う。

(1) 推定発生汚泥量の算出

新設処理場の場合の推定発生汚泥量は、次式により算出する。

$$\text{推定発生汚泥量} = (\text{流入 SS 濃度} - \text{処理水 SS 濃度}) \times \text{流入下水量} \times \text{汚泥発生率}$$

既設処理場の場合の推定発生汚泥量は、上記算出式のほか汚泥可溶化設備運転開始前の水処理供用期間における発生汚泥量(余剰汚泥量)を勘案して算出する。

(2) 汚泥可溶化槽投入汚泥量の決定

汚泥減量率 100%を目標とした時は、推定発生汚泥量の 3.4 倍を標準とする。

または、次式により算出する。

$$\text{汚泥可溶化槽投入汚泥量} = \text{推定発生汚泥量} \times 3.4 \times \text{汚泥減量化率}$$

(3) 汚泥可溶化槽投入汚泥濃度の管理

週 1 回程度の濃度分析を行い管理する。

(4) 汚泥可溶化槽投入汚泥流量の管理

(2) 項から求められる汚泥可溶化槽投入汚泥量と(3) 項で測定された汚泥可溶化槽投入汚泥濃度から次式により算出し、管理する。

$$\text{汚泥可溶化槽投入汚泥流量} = \text{汚泥可溶化槽投入汚泥量} \div \text{汚泥可溶化槽投入汚泥濃度}$$

(5) オゾン濃度の管理

汚泥可溶化槽に供給するオゾン濃度を定期的に確認し、適正なオゾン量が供給されるように調整、管理する。

(6) 運転管理指標

定常時の運転管理は、反応タンクの MLSS 濃度を管理指標として行う。

また、定期的に MLVSS 濃度を測定し、無機物の蓄積状況を確認することが望ましい。

(7) 余剰汚泥量の管理

汚泥減量化率が 100% 以外の場合は、所定条件で定常運転された状態での MLSS 濃度の増減を指標に余剰汚泥量を調整する。

(8) 初期対応

施設稼動初期においては、流入下水量、流入 SS 濃度から算出される推定発生活汚泥量が汚泥可溶化設備能力に対して少なく、連続運転ができない可能性やエネルギー効率が低くなることが想定される。このような場合は、間欠運転による対応を行う。

間欠運転時には、汚泥可溶化槽への汚泥投入及びオゾン発生装置をタイマー等で管理する。

間欠運転は、計画水量と初期水量の比率を考慮したうえで、なるべく均等に汚泥可溶化槽への汚泥の投入と反応タンクへの返流を行えるような設定で運転することが望ましい。ただし、あまりにサイクル数を多くすると、オゾン発生装置の起動停止動力が無駄となる。

反応タンク容量等の制限のために全体計画時には 100% 汚泥減量ができない設計の場合でも、流入下水量が少ない場合や流入基質が計画値よりも希薄で推定発生活汚泥量が少ない場合は、初期、または、流入基質濃度が上昇するまでの一定期間、汚泥減量化率 100% の運転が可能となることもある。ただし、COD、りん規制のために、汚泥減量化率を制限している場合は、汚泥減量化能力に余裕があっても、減量汚泥量を増やすと、放流水質が規制値を超える恐れがあるので注意を要する。

(9) 各機器の管理

オゾン発生装置

オゾンによる汚泥減量化技術では、オゾナイザーの性能を維持することがプロセスを安定的に維持管理するために重要である。

オゾナイザーは、原料酸素の露点が増加し、放電部にスケールが溜まると、機器の破損や放電効率の低下に繋がることから空気乾燥装置等の補機類を含め、定期点検等を着実に実施する。

汚泥可溶化槽（オゾン反応塔）

オゾン反応塔は、オゾンの吸収効率を向上するために加圧状態で運転されるので、定期的に圧力を確認する。また、攪拌機のメカニカルシールを保護するためのシール水を定期的に補充する。

酸・アルカリ注入装置

酸オゾン法の場合は、注入する酸やアルカリが無くなるらないように、タンクの液位に注意する。

排オゾン処理装置

排オゾン処理に使用する活性炭は、オゾンと反応して消耗する。白色化した活性炭は、オゾン分解効果がないので定期的に交換する。

マンガン系触媒が結露により機能低下を起こすと、活性炭の消耗が早くなるので、結露が起きているか確認する。

2 好熱性細菌による汚泥減量化技術

汚泥可溶化プロセスは、推定発生汚泥量、汚泥可溶化槽投入汚泥量、汚泥可溶化槽投入汚泥濃度、汚泥可溶化槽投入汚泥流量、余剰汚泥量により汚泥減量化の管理を行う。

(1) 推定発生汚泥量の算出

新設処理場の場合の推定発生汚泥量は、次式により算出する。

$$\text{推定発生汚泥量} = (\text{流入 SS 濃度} - \text{処理水 SS 濃度}) \times \text{流入下水量} \times \text{汚泥発生率}$$

既設処理場の場合の推定発生汚泥量は、上記算出式のほか汚泥可溶化設備運転開始前の水処理供用期間における発生汚泥量を勘案して算出する。

(2) 汚泥可溶化槽投入汚泥量の決定

汚泥減量率 75% を目標とした時は、推定発生汚泥量の 2.5 倍を標準とする。

または、次式により算出する。

$$\text{汚泥可溶化槽投入量} = \text{発生汚泥量} \times 2.5 \times (\text{汚泥減量化率} \div 0.75)$$

(3) 汚泥可溶化槽投入汚泥濃度の管理

月 2 回程度の濃度分析を行い管理する。

(4) 汚泥可溶化槽投入濃縮汚泥流量の管理

(2) 項から求められる汚泥可溶化槽投入汚泥量と (3) 項で測定された汚泥可溶化槽投入汚泥濃度から次式により算出し、管理する。

$$\text{汚泥可溶化槽投入汚泥流量} = \text{汚泥可溶化槽投入汚泥量} \div \text{汚泥可溶化槽投入汚泥濃度}$$

(5) 運転管理指標

定常時の運転管理は、反応タンクの MLSS 濃度を管理指標として行う。

また、定期的に MLVSS 濃度を測定し、無機物の蓄積状況を確認することが望ましい。

(6) 余剰汚泥量の管理

所定条件で定常運転された状態での反応タンク MLSS 濃度の増減を指標に余剰汚泥量を調整する。

(7) 初期対応

施設稼動初期においては、流入下水量、流入 SS 濃度から算出される推定発生汚泥量が汚泥可溶化設備の能力に対して少なく、連続運転ができない可能性やエネルギー効率が低くなることが想定される。このような場合は、間欠運転による対応を行う。

間欠運転時には、汚泥可溶化槽の温度等の運転条件を保持したまま、汚泥可溶化

槽への汚泥投入及び反応タンクへの可溶化汚泥返送をタイマー等で管理する。

間欠運転は、計画水量と初期水量の比率を考慮したうえで、なるべく均等に汚泥可溶化槽への汚泥の投入と反応タンクへの返流を行えるような設定で運転することが望ましい。

(8) 各機器の管理

濃縮機

濃縮機は、機種に従った管理項目とする。

汚泥可溶化槽

汚泥可溶化槽は、以下の項目について運転管理を行う。

) 温度

汚泥可溶化槽の温度を適正範囲に維持するため、温度センサーにより温度を管理する。また、汚泥可溶化槽温度を急激に上昇、或いは下降させないように留意する。

) 空気量

汚泥可溶化槽内を常に好気状態に保つように供給する。

) 運転立ち上げ時の対応

汚泥可溶化槽内を速やかに好熱性細菌が優占種する環境とするため、予め種菌を一定量投入する。種菌の投入は汚泥可溶化槽を予め加温して行う。また、通泥は好熱性細菌投入後、空曝気を1日間行った後とする。

) 好熱性細菌の追加

好熱性細菌はバチルス属に属し、50℃以下では殆ど活動が停止し、また、反応タンクでは死滅すると考えられるが、一部が芽胞(孢子)になっている。その芽胞が汚泥可溶化槽投入汚泥とともに汚泥可溶化槽に戻り発芽して増殖していくため、追加接種は不要である。ただし、何らかのトラブルにより、系外へ殆ど流出してしまった場合、又は長期間停止して汚泥が腐敗した場合などは、一定量の種菌を追加投入する。

熱交換器

汚泥可溶化槽の水位変動の目視や熱交換器の出入口に設置された圧力計の差圧の管理により、熱交換器の閉塞の有無を確認する。また、熱交換が適正に行われているかを汚泥可溶化槽内の温度により確認する。

(適用上の注意)

1 処理対象とする汚泥

本法の処理対象汚泥は、生活系排水主体の処理場から発生する汚泥とする。

2 汚泥可溶化設備と組み合わせる水処理方法

本技術評価書は、汚泥可溶化設備とOD法とを組合わせた汚泥減量化システムにおける実績を評価し取りまとめた。汚泥可溶化設備とを組み合わせる水処理方法は、原則評価を行ったOD法としたが、同様に最初沈殿池を用いずSRTが大きい水処理方法である長時間エアレーション法等への適用が考えられる。ただし、OD法以外の水処理方法を汚泥可溶化設備と組み合わせる場合は、適応性について十分に検討すること。

3 放流先の条件

汚泥減量化では、従来、余剰汚泥として水系から除去されていた難分解性有機物と重金属を含む無機物が下水処理水に溶解または懸濁し、公共用水域に放流される。よって、海域、湖沼、閉鎖性水域へ下水処理水を放流することでCOD、りん規制を受ける場合、下水処理水中の重金属により水利用に支障が生じる恐れがある場合などは、前述の“設計の考え方と留意事項”に沿って汚泥減量化技術の採用の可否、条件及び付帯設備の設置について検討すること。

(その他の留意事項)

現時点において、汚泥減量化技術の下水処理場への適用例は極めて少ない。そのため今回の評価は、オゾンによる汚泥減量化技術および、好熱性細菌による汚泥減量化技術のいずれも、1ヵ所の下水処理場に設置された汚泥減量化システムにおいて得られたデータをもとに実施した。そのため、流入水質の違いに対する汚泥減量化状況や処理水質の安定性など、今後明らかにしていくべき課題が残った。よって、一定数の汚泥減量化システムが稼動した時点で、これらの課題を含めたかたちで汚泥減量化技術の検証を行う必要がある。

なお、それまでの間は、最新の技術情報に十分留意することが望まれる。