第２章　技術の概要と評価

第１節　技術の概要と特徴

§５　技術の目的

本技術は、『脱水乾燥システム』と『バイオマスボイラ』を組み合わせることにより、下水汚泥の脱水・乾燥処理およびエネルギー利用を一体的に行い、汚泥のエネルギーを有効利用する技術である。本技術を導入することにより、コスト（建設年価＋維持管理費）の削減や CO_2 排出量の削減を図り、下水道事業経営の健全化に貢献すること、並びに中小規模処理場における汚泥のエネルギー利用の拡大を図り、循環型社会の構築に貢献することを目的とする。

【解　説】

国家的な施策として、下水汚泥のバイオマス資源としての利活用が推進されている。既に平成 28 年度に採択され B-DASH 実証研究で実施された『脱水乾燥システム』等の技術により、低コストで汚泥を乾燥することにより処分費の低減は図れるが、地域によっては肥料利用などの有効利用先の確保が困難なケースも多い。一方、地方自治体は、管理体制（人）、施設管理（モノ）、経営管理（カネ）における課題を抱え、従来の下水道事業の持続が困難な状況にある。

中小規模処理場の上記課題に対して、スケールメリットを生かせる広域化は有効な手段といえるが、従来の焼却炉では集約の拠点施設のコスト面の負担が過大となり、普及展開が難しい。以上より、低コストで汚泥を減量化し、エネルギー化を図る有効利用技術の確立が急務といえる。

本技術は先述した『脱水乾燥システム』と『バイオマスボイラ』を組み合わせ、低コストかつ多様なバイオマス利用を可能としたエネルギー化技術である。また、本技術は、汚泥やバイオマスを燃焼し、場内でエネルギーとして有効利用を図ることにより、汚泥集約の拠点施設において化石燃料依存からの脱却を図り、広域化の促進に資することができる。

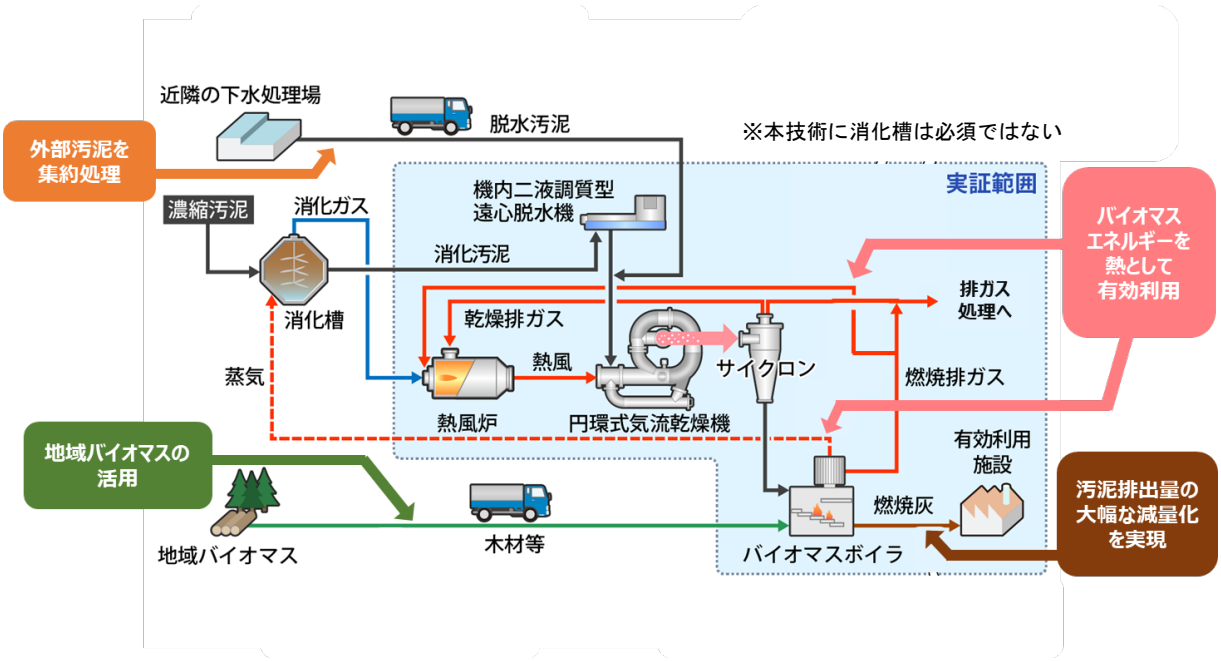

近隣の下水処理場
脱水汚泥
※本技術に消化槽は必須ではない
外部汚泥を
集約処理
実証範囲
濃縮汚泥
消化ガス
機内二液調質型
遠心脱水機
消化汚泥
バイオマス
エネルギーを
熱として
有効利用
排ガス
処理へ
消化槽
乾燥排ガス
熱風
サイクロン
蒸気
燃焼排ガス
熱風炉
円環式気流乾燥機
地域バイオマスの
活用
有効利用
施設
燃焼灰
汚泥排出量の
大幅な減量化
を実現
地域バイオマス
木材等
バイオマスボイラ

図 2-1　本技術の概要

§６　システム全体の概要

本技術は、平成 28 年度 B-DASH 実証技術である『脱水乾燥システム』に『バイオマスボイラ』を組み合せた技術である。これにより、汚泥の有効利用が困難であった中小規模の処理場でも、処理場内で下水汚泥をエネルギー化して、蒸気等の熱利用を可能とした技術である。

【解　説】

本技術は、『脱水乾燥システム』と『バイオマスボイラ』を組み合わせたプロセスであり、大きくは（１）**脱水乾燥システム**、（２）**バイオマスボイラ**、（３）**補機設備**から構成される。**図 2-2** に本技術のシステムフローを、**図 2-3** にイメージパースを示す。

（１）脱水乾燥システムについて

機内二液調質型遠心脱水機等と円環式気流乾燥機から構成される非常にシンプルな乾燥システムである。機内二液調質型遠心脱水機等により円環式気流乾燥機へ直投可能な性状の汚泥を作り出すことにより、従来の乾燥工程から機器点数の削減を実現し、大幅なコスト削減を実現するシステムである。

（２）バイオマスボイラについて

乾燥汚泥に加え、木質ペレットなどのバイオマス燃料を燃焼し、蒸気として活用するための設備である。燃焼炉はストーカ式を採用する。また、木質ペレットなどのバイオマス燃料を使用する場合は灰分が非常に少ないため、灰を常時排出する機構を設ける必要はないが、乾燥汚泥を燃料とする場合には灰の搬送・貯留設備を設けて常時排出できるようにする必要がある。

（３）補機設備について

本技術の補機設備は乾燥汚泥搬送コンベヤ、灰搬送コンベヤ、乾燥汚泥貯留槽、灰貯留槽にて構成される。

サイクロンで分離された乾燥汚泥は、バイオマスボイラにて燃料利用しない期間には乾燥汚泥コンベヤを介して乾燥汚泥貯留槽に貯留される。また、バイオマスボイラから排出される灰は灰コンベヤにて灰貯留槽に貯留される。

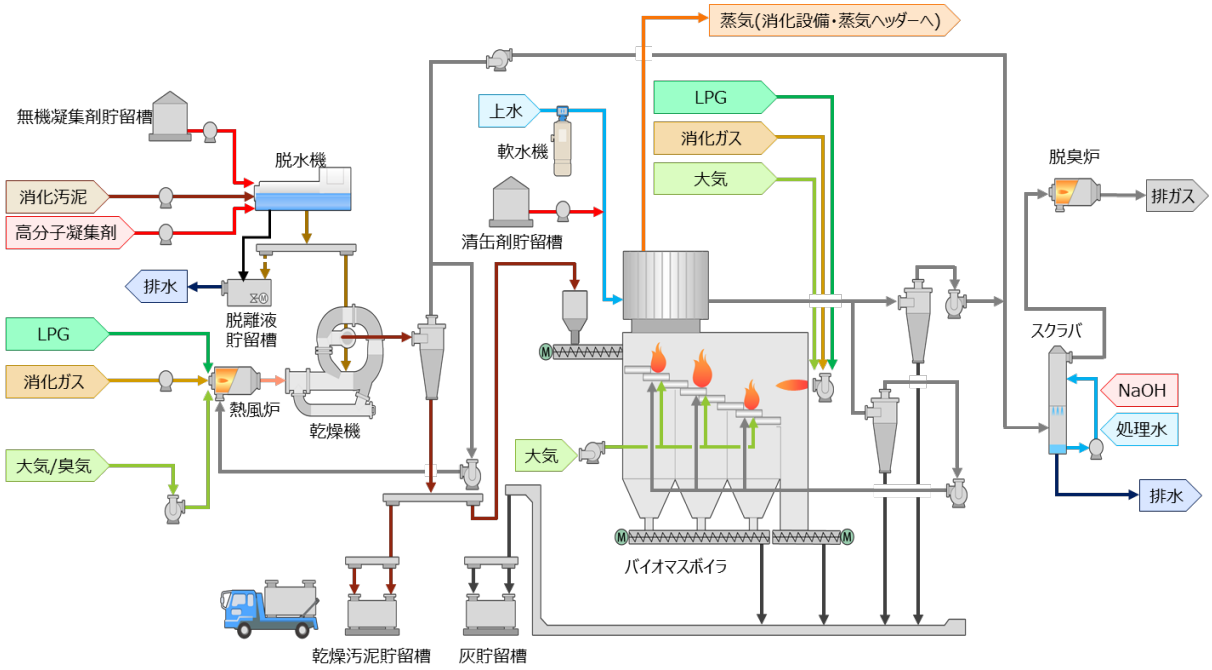


図 2-2　本技術のシステムフロー

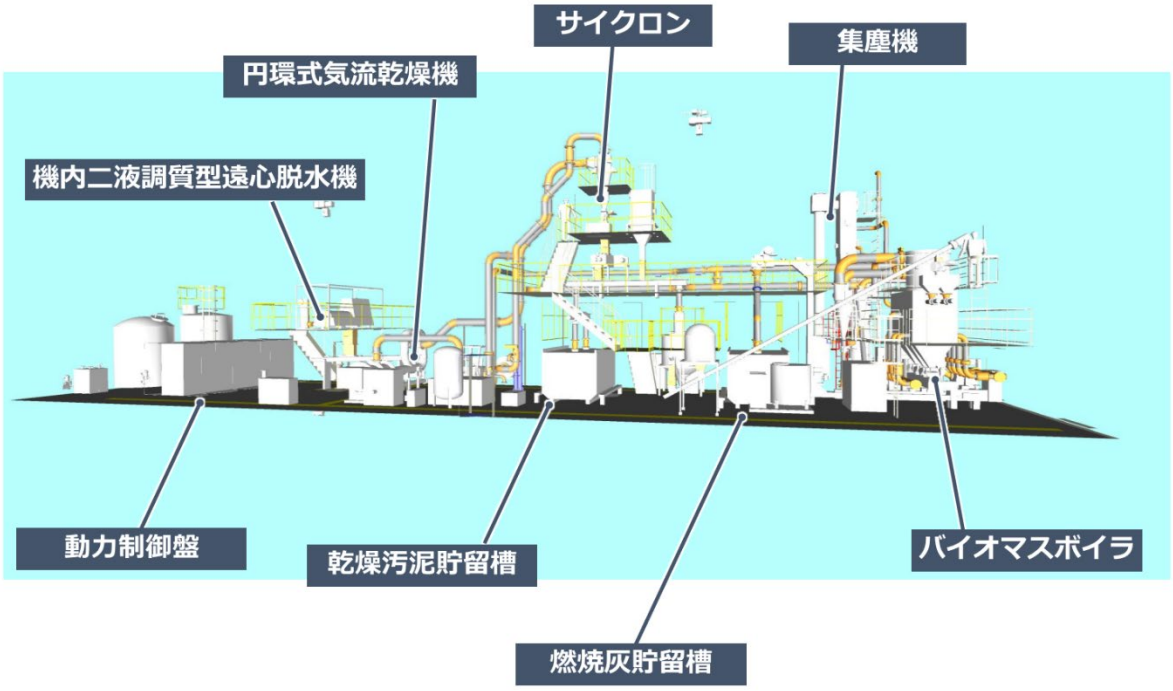


図 2-3　イメージパース

§７　脱水乾燥システムの概要

本技術の脱水機は、機外にてあらかじめ高分子凝集剤を混合した汚泥に対して機内にて無機凝集剤を直接注入する機構を有した機内二液調質型遠心脱水機を採用している。機内二液調質型遠心脱水機の特徴は、従来の脱水技術と比較して低水分かつ細粒状で粘性が低い脱水汚泥を排出できることである。また、乾燥機は円環状に組み合わせた既製の配管に熱風を供給し、循環流を形成させ、被処理物を熱風に直接接触させることにより乾燥を行う円環式気流乾燥機を採用している。円環式気流乾燥機の特徴は、従来の乾燥技術では必要な解砕機や搬送機器が不要であるため、機器費および維持管理費の低減が可能なことである。

【解　説】

脱水乾燥システムでは、対象汚泥が機内二液調質型遠心脱水機にて脱水された後、円環式気流乾燥機にて乾燥される。

まず、対象汚泥は高分子凝集剤とともに機内二液調質型遠心脱水機に供給され、機内で無機凝集剤を添加されながら遠心場において固液分離作用を受け、含水率 78%程度の脱水汚泥として排出される。脱水汚泥は振分コンベヤを介して、乾燥処理に適した性状であれば乾燥機へ、適さない性状であれば排水槽へと搬送される。分離液は排水槽を介して排水配管に移送される。

振分コンベヤから供給された脱水汚泥は、円環式気流乾燥機内において熱風炉から供給された熱風と直接接触し、空気輸送にて管内を循環しながら乾燥作用を受ける。乾燥された汚泥は排気とともに輸送され、サイクロンにて固気分離される。サイクロンから排出した排気の一部は適切に排ガス処理（スクラバ、脱臭）後に排気ブロワを介して大気開放され、残りは循環ブロワを介して熱風炉へ輸送される。燃焼空気ブロワから供給される外気と循環ブロワからの排気は熱風炉で所定温度まで加熱され、熱風として乾燥機へ供給される（**図 2-4** 参照）。

外部より脱水汚泥を受入れる場合や、既設脱水設備を利用し脱水設備を設置する場合は脱水汚泥を脱水汚泥圧送ポンプにより、成型機を介してパスタ状に成形して円環式気流乾燥機に脱水汚泥を供給することにより、乾燥を行うことが可能になる（**図 2-5** 参照）。

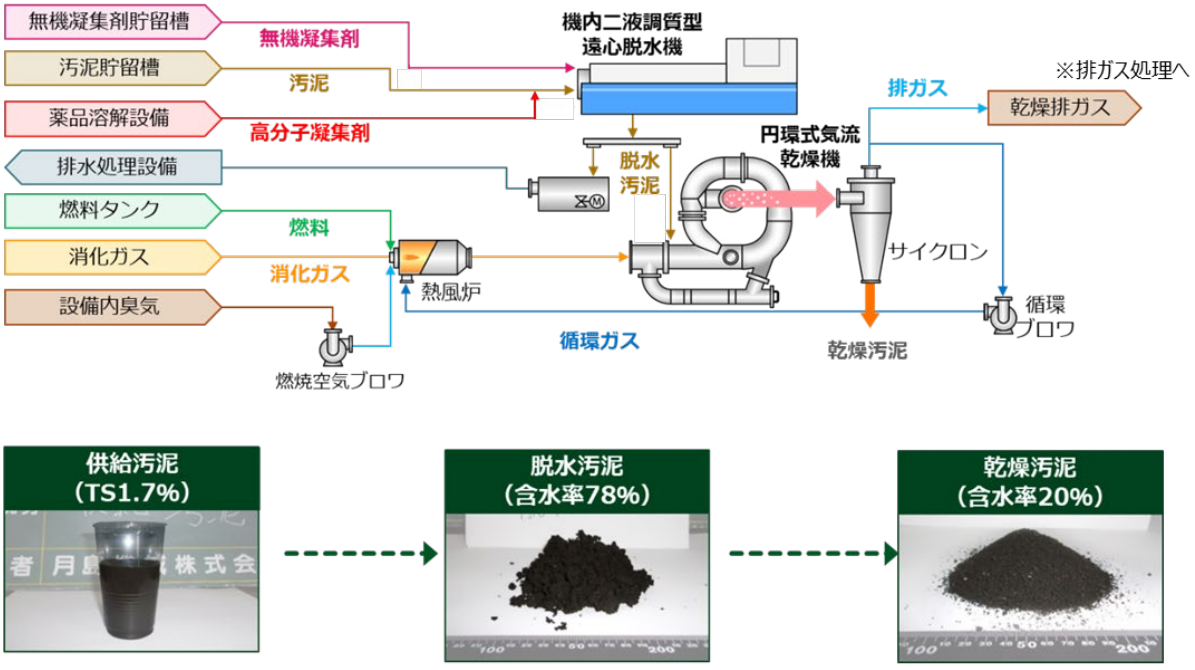


図 2-4　脱水乾燥システムフロー

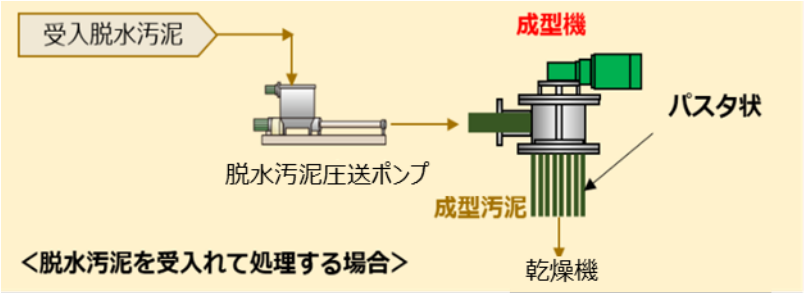


図 2-5　汚泥成型のイメージ図

§８　バイオマスボイラの概要

バイオマスボイラは乾燥汚泥および木質ペレット等のバイオマス燃料を蒸気としてエネルギー利用する設備である。燃焼炉はストーカ炉を採用する。従来の汚泥の熱利用設備である「汚泥焼却炉」と比較して低コストで汚泥のエネルギー利用を実現する。

【解　説】

木質等の固形燃料を蒸気や温水などのエネルギーとして活用する設備としてバイオマスボイラがある。バイオマスボイラは固形燃料をエネルギー化するための各種設備がパッケージ化されており、非常に安価な設備である。

また、焼却炉とバイオマスボイラの違いは操作対象の観点から以下のように説明できる。

焼却炉　　：焼却処理するプロセス
バイオマスボイラ：「バイオマス燃料」から熱エネルギーをつくるプロセス

下水道管理者が自ら行う下水汚泥の処理に対しては、下水道法が適用されるものであり、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、廃掃法）の適用対象とされない（平成 9 年 9 月 30 日　衛環 251 号)。そのため乾燥汚泥を燃料とするバイオマスボイラは下水処理場内で運用が可能である。しかし、処理場外で乾燥汚泥を有効利用する場合には「廃掃法」における「廃棄物」に該当する可能性がある。廃棄物であるかの判断は、①物の性状、②排出の状況、③通常取扱い形態、④取引価値の有無、⑤占有者の意思、を総合的に判断して行われる（**表 2-1** 参照)。場外にて乾燥汚泥の有効利用を検討する際には廃棄物対策を担う行政機関と協議することが必要である。

表 2-1　有価物であるかの判断基準 [1)]

判断のポイント	判断基準
物の性状	利用用途に要求される品質を満足し、かつ飛散、流出、悪臭の発生等の生活環境の保全上の支障が発生するおそれのないものであること
排出の状況	排出が需要に沿った計画的なものであり、排出前や排出時に適切な保管や品質管理がなされていること
通常の取扱い形態	製品としての市場が形成されており、廃棄物として処理されている事例が通常は認められないこと
取引価値の有無	占有者と取引の相手方の間で有償譲渡がなされており、なおかつ客観的に見て当該取引に経済的合理性があること
占有者の意思	客観的要素から社会通念上合理的に認定し得る占有者の意思として、適切に利用し若しくは他人に有償譲渡する意思が認められること、又は放置若しくは処分の意思が認められないこと

1)令和 3 年 4 月 14 日 環循規発第 2104141 号 環境省大環境再生・資源循環局廃棄物規制課長通知「行政処分の指針について」より

以下にバイオマスボイラの構成設備を示す。図 2-6 にバイオマスボイラの設備構成を示した。

① 燃料貯留設備
② 燃料供給設備
③ ストーカ式燃焼炉
④ ボイラ設備
⑤ 集塵設備
⑥ 灰輸送設備
⑦ 燃焼ファン
⑧ 排ガス循環ファン
⑨ 排気ファン
⑩ ボイラ給水設備
⑪ 着火バーナ設備

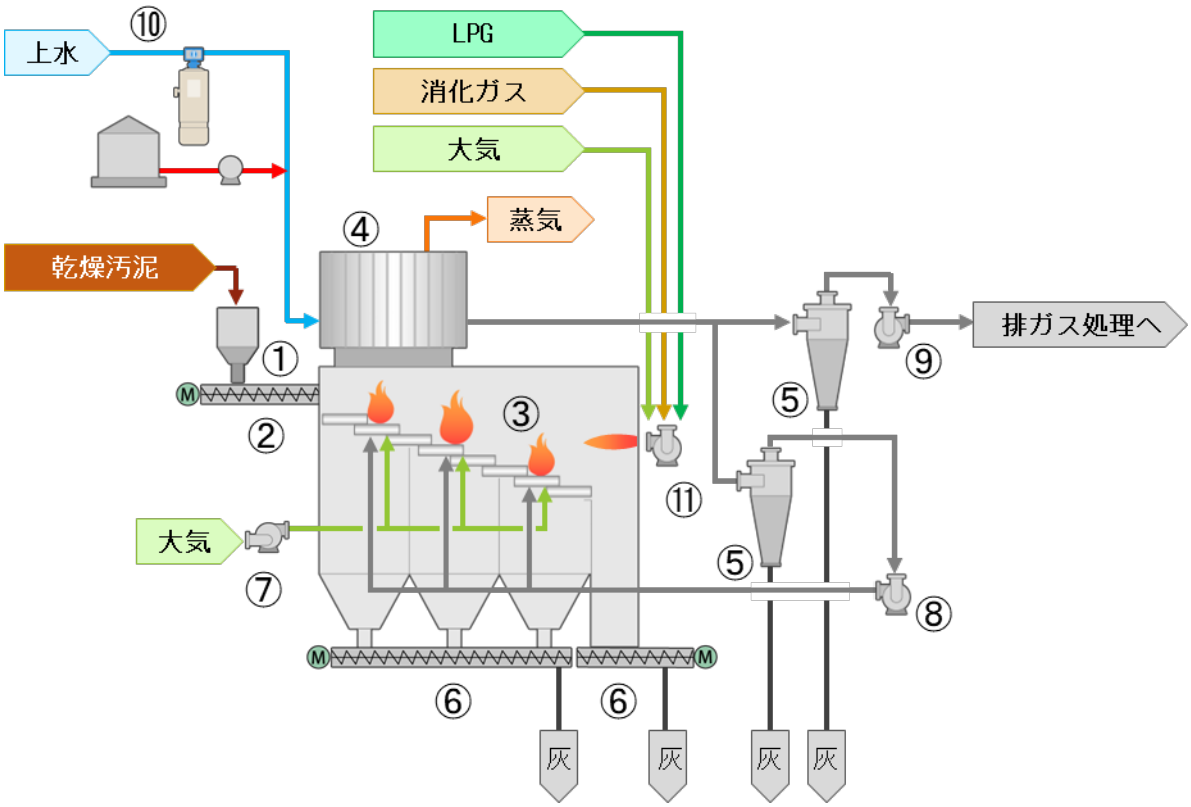


図 2-6　バイオマスボイラの設備構成

バイオマスボイラにおける各設備の機能を以下で説明する。

① **燃料貯留設備**

炉に燃料を供給するために一時的に貯留する設備である。

② **燃料供給設備**

燃料貯留設備に貯留した燃料を燃焼炉に定量的に供給する設備である。

③ **ストーカ式燃焼炉**

供給された燃料を燃焼する炉である。火格子を階段状に配置した構造をしている。

④ **ボイラ設備**

火炎および燃焼ガスと熱交換し蒸気・温水等の熱を発生させる設備である。

⑤ **集塵設備**

排ガス系統、排ガス循環系統のばいじんを除去する設備である。

⑥ **灰輸送設備**

ストーカの下部に落ちた灰、少量の未燃燃料およびストーカの先端から落下した主灰を搬送する設備である。

⑦ **燃焼ファン**

燃焼空気を燃焼炉に供給する設備である。

⑧ **排ガス循環ファン**

排ガス循環することによりストーカ炉の過剰な昇温を防止するとともに未燃分および一酸化炭素の燃焼を促進、NOx を低減させる設備である。

⑨ **排気ファン**

燃焼炉から排気を行う設備である。

⑩ **ボイラ給水設備**

ボイラ水位に水を供給する設備である。ボイラに不可欠である軟水器、清缶剤貯留槽、清缶剤ポンプを含む。

⑪ **着火バーナ設備**

起動時にバイオマス燃料への着火を行う設備である。

§９　技術の特徴

本技術の特徴は『脱水乾燥システム』と『バイオマスボイラ』の低コストシステムの組み合わせにより汚泥のエネルギー利用を実現することにある。また、地域の多様なバイオマスもエネルギー化することが可能であり、循環型社会の構築に貢献することができる。

また、円環式気流乾燥機へ近隣の脱水汚泥の受入れを行うことにより下水処理の広域化が可能であり、さらに、多くの中小規模処理場で実施されている「脱水汚泥の埋立処理」に対して大幅な CO_2 排出量の削減が可能である。

【解　説】

（１）脱水乾燥システムの特徴

機内二液調質型脱水機と円環式気流乾燥機の組み合せによる脱水乾燥一体型のプロセス

図 2-7 に従来の気流乾燥機と脱水乾燥システムの比較フロー図を示す。本技術では、機内二液調質型遠心脱水機から排出された脱水汚泥性状（低付着性・細粒状）と円環式気流乾燥機のもつ分散作用（高速のジェット気流により塊状の汚泥を粉砕する作用）により、従来は必要であった付着対策機能を有した解砕機（**図 2-7 の⑨に相当**）が不要となるため、解砕機の摩耗による補修などの維持管理費の削減が可能である。

また、**図 2-7** に示すように従来の脱水設備と乾燥設備の組み合わせと比較して主要な機器点数の低減（従来技術 10 点→本技術 4 点）や機器点数削減に伴う省スペース化、運転管理に要する人件費の低減、および補修費の低減により、コスト（建設年価＋維持管理費）の縮減が可能である。省スペース化の効果についての詳細は「脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術導入技術ガイドライン（案）第 4 章」[7] を参照とする。

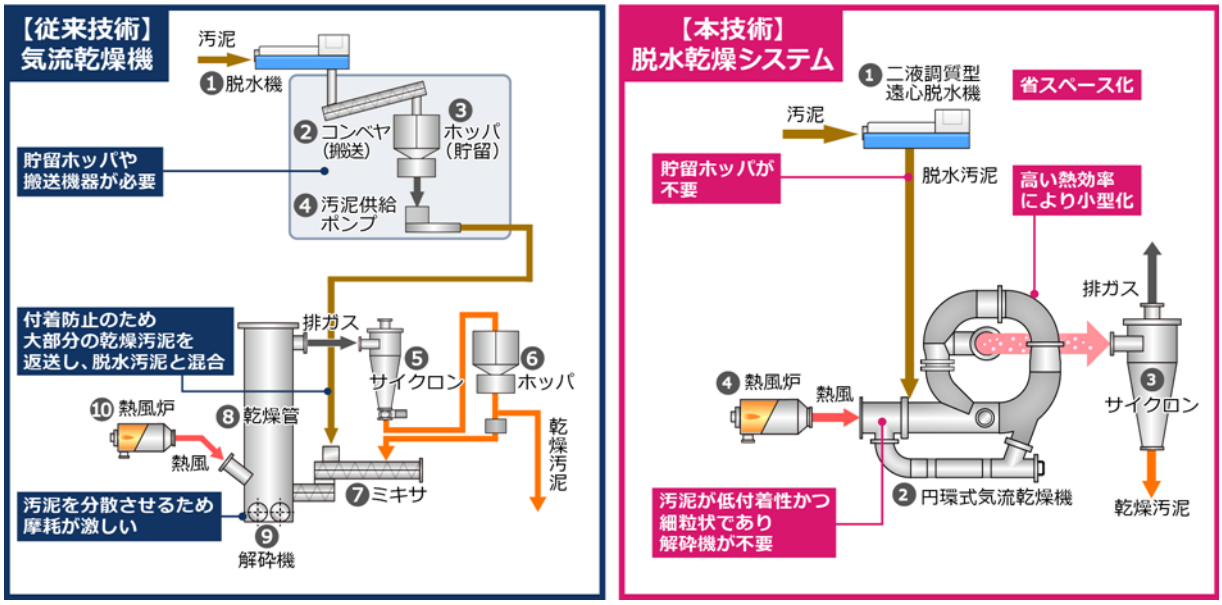
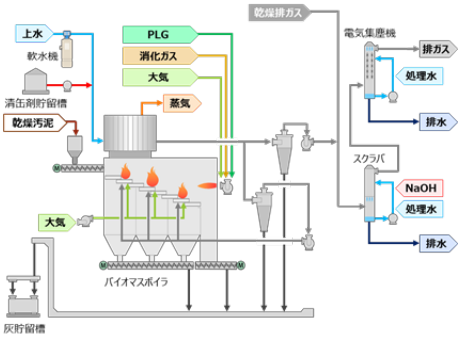
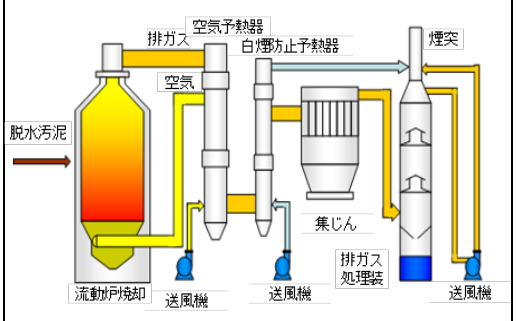


図 2-7　従来の気流乾燥機と脱水乾燥システムの比較フロー図

（２）バイオマスボイラの特徴

バイオマスボイラの燃焼炉には一般的にストーカ式、流動床式、固定床式の３方式がある。固定床式は乾燥汚泥のクリンカ発生による炉床の閉塞が発生するため、採用は不可能である。そこでストーカ式または流動床式を採用することとなる。本技術は中小規模処理場への導入を想定しているため、「コンパクトかつパッケージ化による低コスト化が容易」であるストーカ式を採用することとした。比較表を**表 2-2** に示す。

表 2-2　中小規模処理場への導入に対する乾燥汚泥燃焼炉の比較

比較項目	ストーカ式燃焼炉	流動床式燃焼炉
燃焼効率	△ 流動床式と比較して劣る	◎ 高温の流動砂が汚泥と接触し 撹拌強度が燃焼炉の中で最高
燃料滞留時間	○ 火格子振幅速度調整により 燃料滞留時間調整可能	△ 滞留時間は成行き
燃料選択性	○ ペレット、チップ等 様々な形状に対応可能	△ 気体で流動させるため 大きいものは不向き
撹拌動力	○ 気体による燃料流動が不必要なため 撹拌動力[小]	× 気体による燃料流動が必要なため 撹拌動力[大]
排ガス ばいじん濃度	○ 炉内の流動が穏やかなため 飛灰[少]	× 炉内の流動が激しいため 飛灰[多]
設置スペース	○ 炉の直上にボイラが設置可能なため 設置スペース[小]	× 炉の隣にボイラ設置が必要なため 設置スペース[大]
ボイラ伝熱面積	○ 火炎の輻射伝熱が利用できるため 伝熱面積[小]	△ ガス-水熱交換になるため 伝熱面積[大]
装置の パッケージ化	○ 共通架台に主要機器を設置できるため 難易度低い	× 機器の形状が特殊且つ構成が複雑なため 難易度高い
システムフロー		

（３）本技術の導入効果

１）中小規模処理場にて汚泥の減量化を可能にする

従来、汚泥を燃焼させ減量化する場合には、流動床式焼却炉が多く採用されるが、複雑・重厚なシステムで構成されているため、建設費が高額となる。また、汚泥の流動のために高圧の空気を必要とし、多大なエネルギーを消費することから光熱費も高額になる。そのため、中小規模処理場での導入は困難である。

一方、実証技術はパッケージ化された汎用機器を用いることにより、大幅な建設費の低減が可能となる。また、汚泥燃料の流動が不要であるため、エネルギーの低減が図れ、光熱費も従来技術より安価となる。これにより、中小規模処理場での汚泥減量化が可能となる。

図 2-8 に従来技術と革新的技術のフロー図を示す。

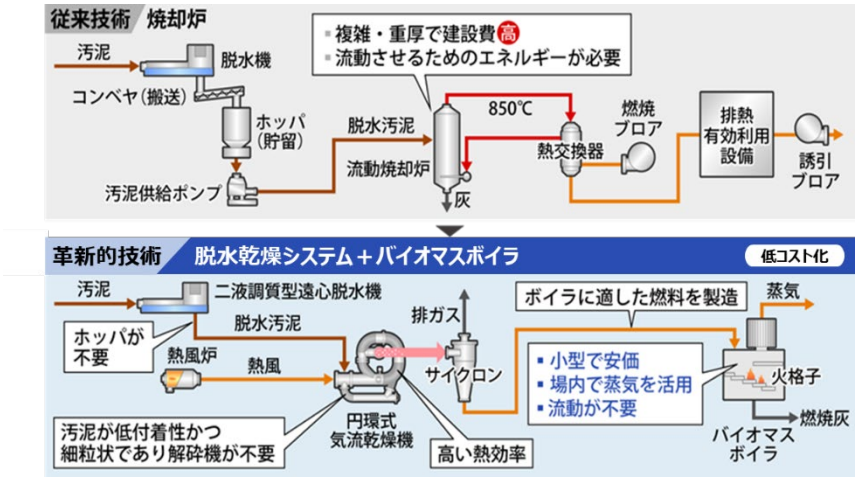


図 2-8　従来技術と革新的技術のフロー図

２）汚泥処理の広域化および地域バイオマスの活用促進

本技術は、地域の汚泥やバイオマスを受入れて、処理場内の消化槽加温、汚泥乾燥および暖房などの熱需要に有効利用することが可能である。

流動床式焼却炉（従来技術）に汚泥を集約することを想定した場合、汚泥を集約することによる拠点施設の莫大な建設費負担（P. 43 参照）および化石燃料増加が拠点施設への集約（広域化）普及の障壁となっていた。一方、本技術を導入した場合、従来技術に対して拠点施設の建設費は大幅に安価になり、さらに、化石燃料は設備起動時のみの使用となるため極少量（バイオマスボイラより汚泥乾燥に必要な熱が供給できるため。P. 91 **図 4-2** 参照）である。そのため、集約処理の推進が可能になる。

また、木質ペレット等の木質系バイオマスはバイオマスボイラに、し尿等のウエット系バイオマスは水処理または消化槽に投入することで汚泥エネルギーの有効利用が可能である。さらにバイオマスボイラより排出される灰はリンを豊富に有し、植物の生育阻害を起こさないことが実証

研究にて確認されたため、菌体りん酸肥料等としての有効利用の可能性を有している。これらにより、様々な地域資源の循環利用が可能となり、拠点施設が下水汚泥を集約する機能だけではなく、資源循環社会構築における基幹施設としての機能を有することになる。

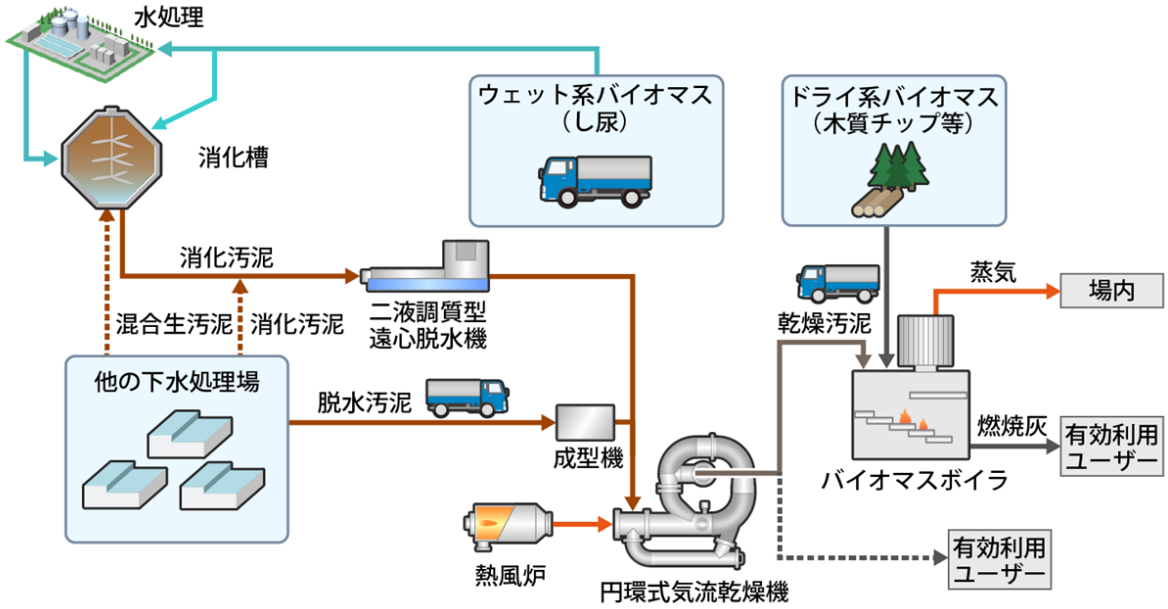


図 2-9　革新的技術による下水処理広域化および地域バイオマスの活用

3）特徴および導入効果の要約

また、以下に技術の要約をキーワードと共に示す。後述する本技術の効果等について、これらのキーワードを念頭に置きながら読み進めて頂くことで本書の理解の助けになれば幸いである。

- 設備規模は**脱水汚泥 10~50t/日**の有効利用技術である
- **脱水乾燥システム**と**バイオマスボイラ**で構成される
- **汚泥の有効利用が困難**であった**中小規模処理場**の汚泥有効利用を可能にする
- 地域の**木質系バイオマス**もバイオマスボイラで活用可能である。
- **脱水設備**として比較して **LCC が安価**である

  ※処理汚泥量 15t/日、汚泥・灰処分費 20,000 円/日で LCC 約 25%削減
- **焼却設備**として比較して **LCC が安価**である

  ※処理汚泥量 15t/日で LCC 約 50%削減
- **脱水汚泥の埋立処理および焼却処理**に対して **CO_2 排出量の削減**が可能である

第２節　技術の適用条件

§10　適用条件と推奨条件

本技術は、混合生汚泥や消化汚泥および、オキシデーションディッチ法から発生する余剰濃縮汚泥（以降「OD 汚泥」とする）の脱水処理工程を持つ下水処理場に適用される。本技術の導入効果は、汚泥性状や処理場の条件等によって異なるため、「適用条件」を満たすことを基本とし、その中でも導入効果の高くなることが予想される「推奨条件」を併せて示す。

【解　説】

（１）　適用条件

図 2-10 に本技術の対象汚泥を示す。汚泥の種類は、水処理から発生する初沈濃縮汚泥と余剰濃縮汚泥が混合した混合生汚泥および消化汚泥、また、OD 汚泥を対象とする。（いずれの汚泥でも本技術により乾燥および燃料利用が可能である。**資料編　１．実証研究結果**を参照。）

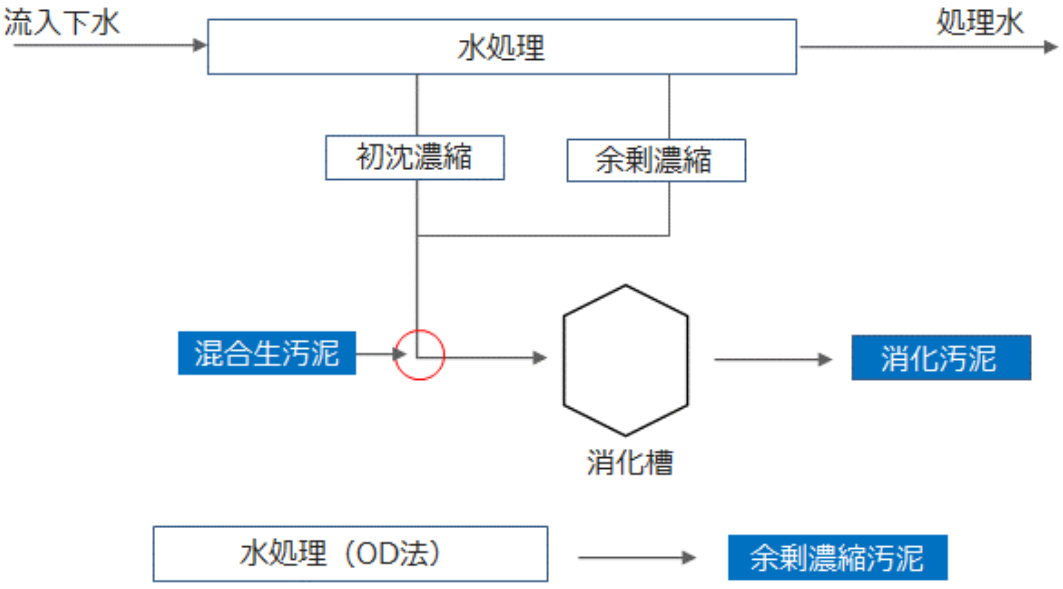


図 2-10　本技術の対象汚泥

また、地域バイオマスのバイオマスボイラによる活用に関しては木質ペレット等の木質系バイオマスを適用できるものとする。

（２）推奨条件

本技術の導入の推奨条件を下記に示す。

１）乾燥汚泥の肥料利用などの有効利用需要が近隣になく、乾燥汚泥を処理場内で活用することが必要な処理場

近隣の乾燥汚泥の有効利用需要を調査し、需要がある場合は「脱水乾燥システムのみ」の導入を検討する。

２）以下の表に合致する汚泥が発生する処理場または合致する汚泥を集約する処理場

発生汚泥量および処分単価を比較して推奨条件に合致するか確認する。

例）12t-wet/日の脱水汚泥が発生する処理場へ導入を検討

→処理量が 10～15t-wet/日であるため、処分単価が 27 千円以上の場合導入を推奨する。

汚泥処理量（日平均）	t/日	10～15	15～20	20～25	25～30	30～35	35～40	40～45	45～50
処分単価	千円/t	27 以上	25 以上	23 以上	22 以上	22 以上	22 以上	21 以上	21 以上

※処分単価は輸送費＋処分費とする

※上記の表は LCC25%削減が見込める条件であるため、LCC 削減率について別途目標がある場合は試算シートにて検討する必要がある

※LCC 試算結果は**資料編 P.233～235** 参照

また、バイオマスボイラによる地域バイオマスの活用に関しては「寒冷地で暖房負荷が過大である」「近隣への熱供給計画を予定している」「脱水汚泥の性状が著しく悪く乾燥の熱需要が過大である」などの付加的な使用が必要な場合にのみ導入を推奨する。

※性状などの詳細は P.88 参照

※一般的な処理場では地域バイオマスを活用せずに汚泥処理が可能である（P.91 **図 4-2** 参照）

§11　導入シナリオ例

本技術を導入するシナリオ例を以下に示す。

（１）既設脱水設備の更新および新設・増設のタイミングにおいて、本技術を導入する場合

（２）既設脱水設備および乾燥設備の更新や新設・増設のタイミングにおいて、本技術を導入する場合

（３）既設脱水設備および焼却設備の更新や新設・増設のタイミングにおいて、本技術を導入する場合

また、既設脱水設備を活用した形で本技術の部分的な適用も検討することが可能である。

【解　説】

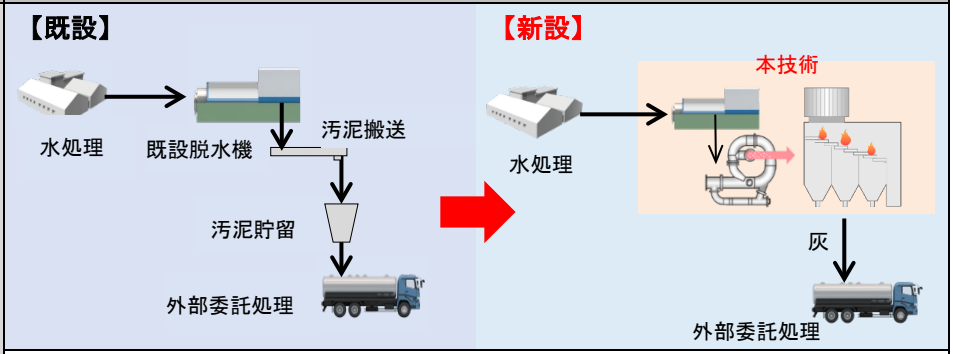
以下に本技術を導入するシナリオ例と期待できる導入効果を解説する。（計算条件詳細および結果は、**第 3 章第 2 節導入効果の検討例** 参照）

（１）既設脱水設備の更新および新設・増設のタイミングにおいて、本技術を導入する場合

多くの中小規模処理場では水処理から発生した汚泥を脱水処理し、脱水汚泥を外部委託処理している。

こうした処理場において、老朽化し、改築が必要となった脱水処理設備に対して、本技術を導入するシナリオを**表 2-3** に示す。本技術を導入した場合、通常の脱水設備に対して建設費が高くなるが、汚泥処分費が低減し、維持管理費の低減が図られ、コスト（建設年価＋維持管理費）の低減が期待できる。また、汚泥をエネルギー利用することにより、バイオマスの利活用の促進に寄与できる。汚泥の埋立処理と比較した場合、CO_2削減効果も期待できる（**P.44** 参照）。

表 2-3　導入シナリオ（１）

<table>
<tr><th colspan="2">項目</th><th>内容</th></tr>
<tr><td colspan="2">概要
新規導入設備</td><td> 

既設脱水設備を更新するタイミングに本技術を導入し、脱水汚泥をエネルギー利用することで汚泥処分費を低減し、コスト（建設年価＋維持管理費）の低減を図る</td></tr>
<tr><td colspan="2">導入設備</td><td>バイオマスボイラ、脱水乾燥システム、補機類</td></tr>
<tr><td rowspan="4">導入
メリット</td><td>建設費</td><td>従来の脱水設備に対し建設費は高いが、シンプルなプロセスのため従来焼却に比べて安価（P. 82 図 3-2 参照）</td></tr>
<tr><td>維持管理費</td><td>従来の脱水設備に対し維持管理費が高いが、シンプルなプロセスのため従来焼却に比べて安価</td></tr>
<tr><td>汚泥処分費</td><td>灰まで減量化することで脱水汚泥の処分費を大幅に削減</td></tr>
<tr><td>有効利用</td><td>汚泥エネルギーを処理場内で活用することでバイオマスの利活用を推進</td></tr>
</table>

（２）既設脱水設備および乾燥設備の更新や新設・増設のタイミングにおいて、本技術を導入する場合

一部の中小規模処理場では、水処理から発生した汚泥を脱水処理し、更に乾燥処理した上で、乾燥汚泥を有効利用もしくは外部委託処理している。この場合、更新後も乾燥汚泥を搬出する運用が継続できる可能性が高いため、本技術ではなく脱水乾燥システムのみの導入を検討する。検討の結果、脱水乾燥システムの導入が不適となった場合に本技術の導入を検討する。

※平成 28 年度「脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術導入ガイドライン（案）」参照[7)]

（３）既設脱水設備および焼却設備の更新や新設・増設のタイミングにおいて、本技術を導入する場合

多くの中大規模処理場では焼却炉を導入している。**図 2-11** に焼却炉の規模（脱水汚泥処理量 t/日）と台数の統計（出典：令和 2 年度下水道統計）を示す。

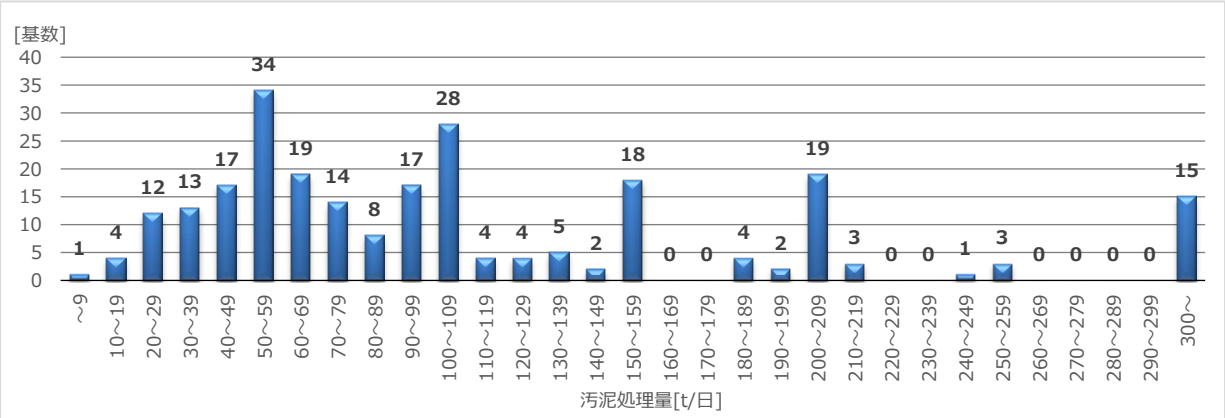


図 2-11　全国下水処理場における焼却炉の規模と台数の関係

一般的に大規模な下水処理場ではコスト（建設年価＋維持管理費）における汚泥の処理費用が支配的であるため、焼却炉による汚泥の減容化効果により導入メリットが得られる。一方、中規模以下の処理場では焼却炉を導入した場合、コスト（建設年価＋維持管理費）における建設費や補修費の占める割合が高く、導入メリットが少ない事例も多い。

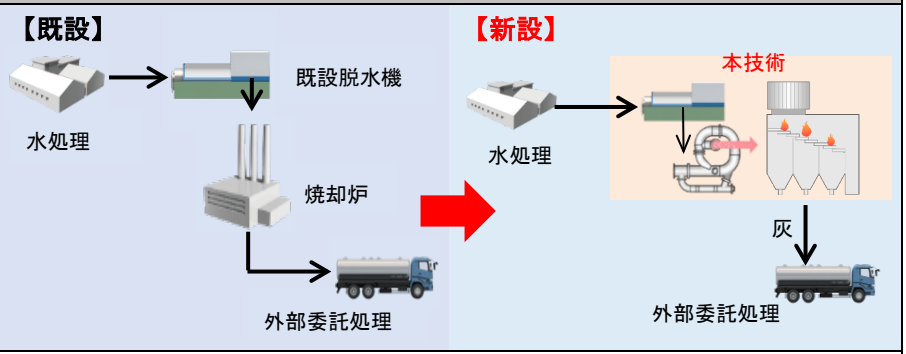
この場合も、老朽化し、改築が必要となった脱水設備および焼却設備に対し、本技術の適用が可能である。この場合の本技術の導入シナリオを**表 2-4** に示す。従来の焼却設備に対して、機器点数の低減（P. 20 **図 2-7** 参照）、プロセスの簡略化などにより建設費を低減できるだけでなく、運転管理に要する人件費および補修費が低減でき、コスト（建設年価＋維持管理費）の低減が期待できる（P. 82 **表 3-27** 参照）。

なお、乾燥汚泥を外部にて肥料利用などの有効利用ができる場合においては、建設コストを抑えるために「脱水乾燥システムのみ」の導入を検討する必要がある。

また、焼却処理設備の更新にあわせて本技術の導入を検討する際に、脱水設備の更新時期がきていない場合でも、脱水汚泥成型機を用いることで本技術の導入を検討することも可能である。

昨今、し尿や浄化槽汚泥、地域のバイオマスを処理場で受入れ、集約処理する事例が増えてきている。大規模化で設備の建設費や維持管理費低減に効果がある一方、最終的な脱水対象となる汚泥の固形物量は増加する。搬出する汚泥量削減のために、本技術の導入（乾燥機のみの導入も含む）を検討することも有用である。

表 2-4　導入シナリオ（３）

項目		内容
概要 新規導入設備		 既設脱水機と焼却炉を撤去し、本技術を新設する。建設費および維持管理費の削減により、コスト（建設年価＋維持管理費）の低減を図る
導入設備		バイオマスボイラ、脱水乾燥設備、補機類
導入 メリット	建設費	従来の焼却炉に比べ、安価（P. 82　図 3-2 参照）
	維持管理費	設備の維持管理費は安価
	汚泥処分費	焼却処理での灰の処分費と同等
	有効利用	従来焼却と同等

第３節　実証研究に基づく評価の概要

§12　評価項目

実証研究に基づく本技術の評価項目を以下に示す。

（１）バイオマスボイラ性能（運転安定性・最適状態）

（２）広域化への対応（外部バイオマスの処理・活用）

（３）乾燥汚泥および灰の有効利用

（４）ライフサイクルコスト

（５）CO_2排出量

（６）環境への影響（排ガス、臭気、騒音、総合排水）

【解　説】

本技術の導入を検討できるように評価項目、評価方法、評価結果を設定、提示する必要がある。本ガイドラインでは、本技術の評価項目として、**（１）バイオマスボイラ性能、（２）広域化への対応、（３）乾燥汚泥および灰の有効利用、（４）ライフサイクルコスト、（５）CO_2 排出量、（６）環境への影響**、について評価を行った。（詳細は**資料編　１．実証研究結果**を参照）

（１）バイオマスボイラ性能

バイオマスボイラ性能に関してはボイラ効率、ばいじん濃度、灰未燃分、連続運転時間、定点観測による劣化状態について評価した。

（２）広域化への対応

外部脱水汚泥に関する乾燥性能、外部バイオマス活用時のバイオマスボイラ性能について評価した。

（３）乾燥汚泥および灰の有効利用

乾燥汚泥を肥料として利用する場合を想定して肥料法に規定された主要な成分の含有量、有害成分量および原料の溶出試験、植害試験について評価した。また、灰の有効利用に関してはセメント工場の搬送ラインへの適用性、灰の性状を評価した。また、参考として灰の肥料利用についても検討を実施した結果を**資料編 P. 204～207** に示した。

（４）ライフサイクルコスト

建設費（解体・廃棄費含む）年価と維持管理年価の合計額について、従来技術と本技術の比較を行った。

（５）CO_2 排出量

汚泥輸送、汚泥処理、薬品、電力に関する CO_2 排出量に関して従来技術と本技術の比較を行った。

（６）環境への影響

本技術が環境へ与える影響を排ガス性状、臭気、騒音、総合排水性状の観点から評価した。

§13　評価結果

実証研究に基づく本技術の評価結果を以下に示す。

（1）バイオマスボイラ性能（運転安定性・最適状態）

（2）広域化への対応（外部バイオマスの処理・活用）

（3）乾燥汚泥および灰の有効利用

（4）ライフサイクルコスト

（5）CO_2排出量

（6）環境への影響（排ガス、臭気、騒音、総合排水）

（1）バイオマスボイラ性能

・代表条件におけるバイオマスボイラ性能の把握

代表的な乾燥汚泥供給量にてバイオマスボイラの性能を確認した。秋季および冬季は95kg-ds/hr、春季および夏季70kg-ds/hrとした。結果を**表2-5**に示す。その他の運転条件は**表2-7**に示す。また、従来技術と本技術のN_2O排出量比較表を**表2-6**に示す。本技術のN_2O排出量は固形物あたりの数値を含水率80%の脱水汚泥に換算した値である。従来技術よりもN_2O排出量を削減できることが明らかになった。

表2-5　四季におけるバイオマスボイラ性能

項目	単位	運転結果					目標値
		21/9夏季	21/11秋季	22/2冬季	22/5春季	22/8夏季	
ボイラ熱効率	%	77.3	73.3	77.2	76.7	74.1	40以上
ばいじん濃度	g/m^3	0.26	0.24	0.27	0.079	0.2	0.3未満
灰未燃分率	%	1.7	1.9	1.2	1.3	0.9	10以下
N_2O濃度	ppm	−	27	31	31	12	目標値無

※目標設定の根拠は以下

ボイラ熱効率：B-DASH実証時目標（実証設備で求められた最低限の熱回収率）

ばいじん濃度：大気汚染防止法における「その他ボイラ」のばいじん排出規制値

灰の未燃分率：B-DASH実証目標値（実証の焼却灰セメント受入基準値）

表2-6　N_2O排出量比較表

内容	単位	係数	出典
従来流動床焼却設備(高温)の汚泥焼却によるGHGs排出係数	t-N_2O/t-脱水汚泥	0.000645	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver4.7)（令和3年1月）　環境省[8]
	t-CO_2/t-脱水汚泥	0.192210	
バイオマスボイラの汚泥焼却によるGHGs排出係数	t-N_2O/t-脱水汚泥	0.000273	実証結果(春季運転結果より) ※含水率80%脱水汚泥換算値 (表2-5参照)
	t-CO_2/t-脱水汚泥	0.081354	
N_2O換算係数	t-CO_2/t-N_2O	298	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver4.7)（令和3年1月）　環境省[8]

・各負荷における性能

各負荷の運転状態を**表 2-7** に、運転状態に関する説明を**図 2-12** 示す。これらの状態は**資料編** P.167～172 に示した手順で導きだした最適状態である。

表 2-7　各負荷における運転状態

対象	燃料種	乾燥消化汚泥			
	性状	含水率 10～20%			
条件	燃料供給量	45kg-ds/hr	70kg-ds/hr	95kg-ds/hr	115kg-ds/hr
	空気比	1.2	1.3	1.7	1.8
	燃焼空気バランス	上流：中流：下流＝1：2：1			
	滞留時間	26min			
	排ガス循環比※	0.9	0.5	0.3	0.3
	排ガス循環バランス	上流：中流：下流＝2：1：1			

※排ガス循環比＝排ガス循環量（Nm^3/hr）/燃焼空気量（Nm^3/hr）

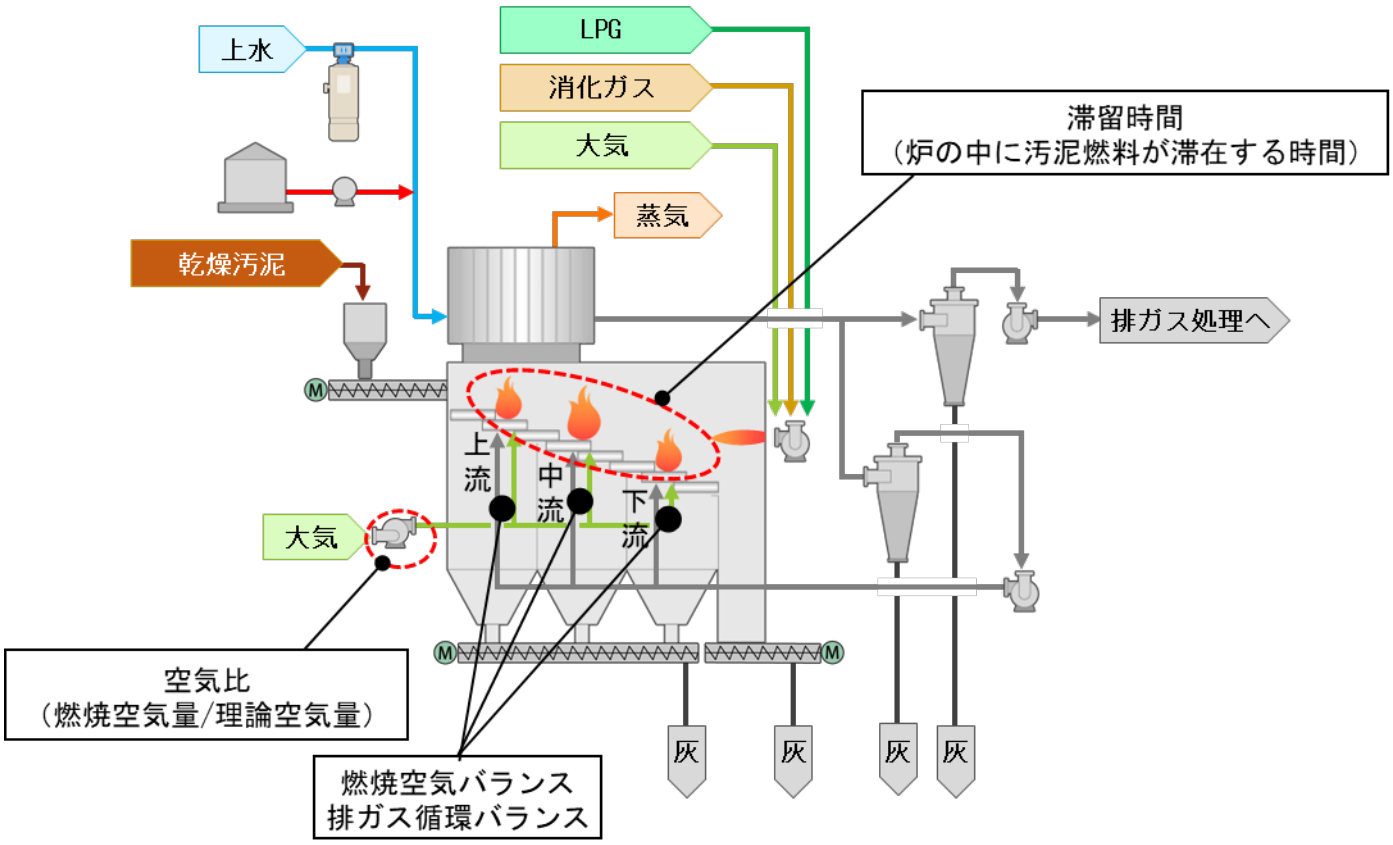


図 2-12　バイオマスボイラの運転調整項目

図 2-13 に各負荷におけるボイラ効率を示す。負荷を変動させてもボイラ効率が目標値である40%を下回ることがなく平均 70%程度であることが分かった。

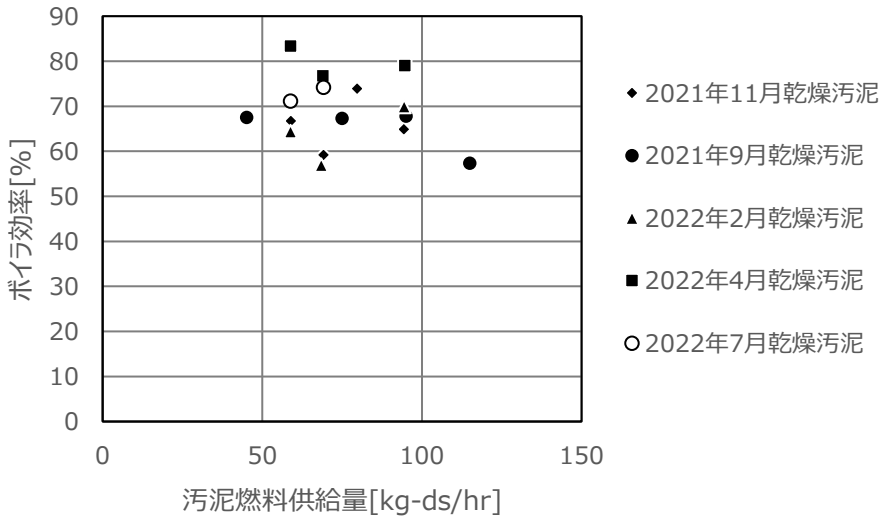


図 2-13　各負荷におけるボイラ効率

図 2-14 に各負荷における排ガスばいじん濃度を示す。赤枠をしていないプロットがボイラ出口のばいじん濃度であり、赤枠を付けたプロットがスクラバ処理後のばいじん濃度である。ボイラ出口排ガスのばいじん濃度は高濃度であるが、スクラバ処理後では目標であるばいじん濃度 0.3g/m³ をクリアすることができ、スクラバ処理の効果が確認された。なお、汚泥燃料供給量 115kg/hr は通常の運転範囲ではないため評価の対象外とした。

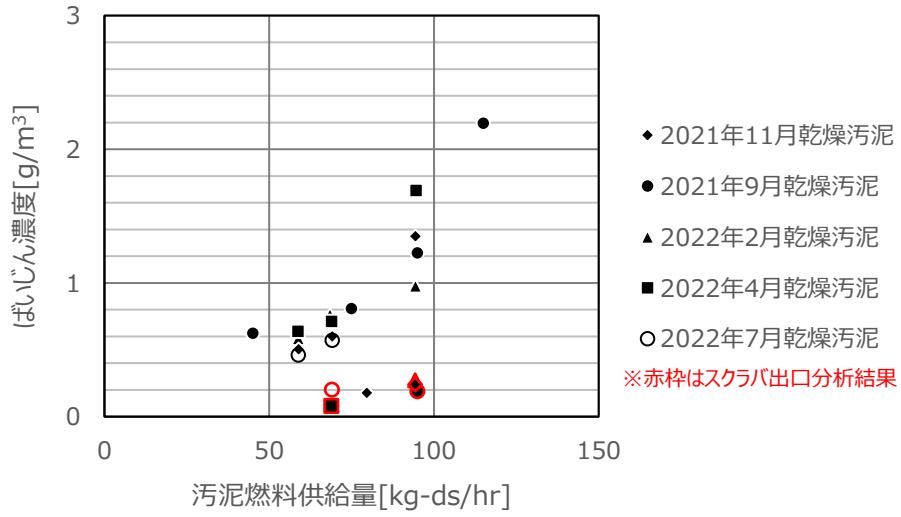


図 2-14　各負荷におけるばいじん濃度

図 2-15 に各負荷における灰の未燃分率を示す。平均 2%程度となり、目標である 10%以下を達成し、燃え残りが非常に少なく、有機分を高効率で有効利用できるバイオマスボイラであることが分かった。

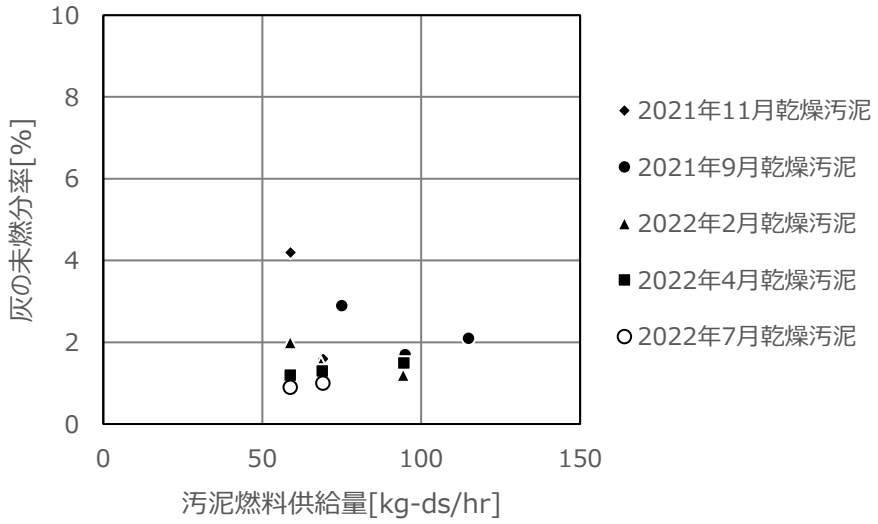


図 2-15　各負荷における灰の未燃分率

（２）広域化への対応

・外部脱水汚泥の受入れ

実証設備の近隣の処理場の汚泥の乾燥試験を行った。試験イメージ図を**図 2-16** に、結果を**表 2-8** に示す。円環式気流乾燥機に外部脱水汚泥を受け入れる際には汚泥を成型し、乾燥に適した形状にする必要があるため、汚泥成型機を使用する。また、夏季は実証処理場の諸事情により、実証設備ではなく小型試験機で実験を行ったため、処理量が少ない。本試験は成型した汚泥が付着を起こさずに乾燥可能であることを確認することが主な目的であり、実験の結果、乾燥可能であることが確認された。

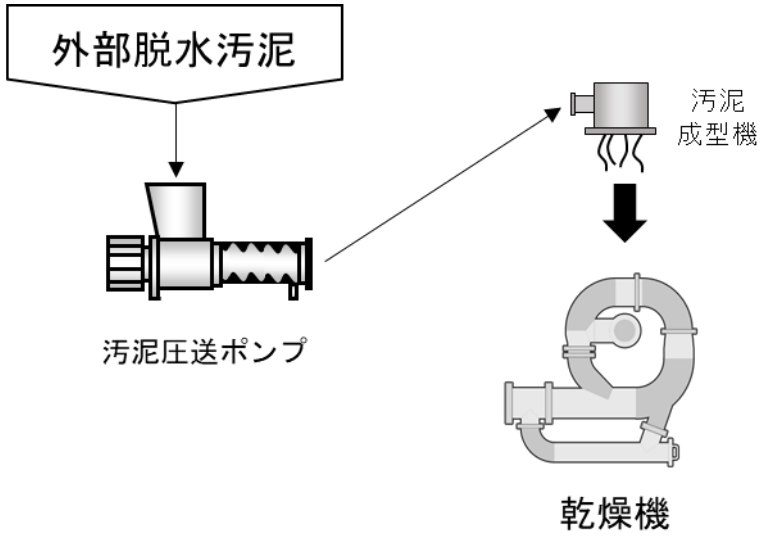


図 2-16　試験イメージ

表 2-8　外部脱水汚泥（消化）の乾燥試験結果

項目	単位	運転結果				目標値
		21/11 秋季	22/2 冬季	22/5 春季	22/9 夏季	
脱水汚泥処理量	kg/hr	285	285	285	4.6	なし
脱水汚泥含水率	%	79	79	79	79	なし
乾燥汚泥含水率	%	12	24	20	15	なし
燃料使用量（重油換算）	L/t-ds	326	341	350	-	なし

表 2-9 に乾燥試験を行った汚泥の性状分析結果を示す。外部から汚泥受入れを検討する際の参考となる。なお、消化脱水汚泥を受入れて成型後に乾燥する方法を検討する際には脱水汚泥の物理的性状を表す含水率、繊維状物、砂分が本分析結果の±5%以内程度にあることが望ましい。ただし、最終的な検討には乾燥試験を実施するなどの詳細検討が必要である。

表 2-9　外部脱水汚泥の性状分析結果

項目	単位	冬	春	夏
含水率	%	79.2	79.2	79.4
灰分(600℃)	%-dry	19.8	19.2	24.4
元素組成 C	%-dry	44.8	41.5	37.59
元素組成 H	%-dry	6.31	6.4	6.3
元素組成 N	%-dry	6.44	5.4	6.0
元素組成 O	%-dry	21.1	26.0	24.6
全硫黄	mg/kg-dry	14,000	13,000	16,000
V-S	%-dry	―	―	1.6
V-Cl	%-dry	―	―	0.11
高位発熱量	kJ/kg-dry	18,800	18,600	18,220
低位発熱量	kJ/kg-dry	17,400	17,100	16,784
粗ﾀﾝﾊﾟｸ	%-dry	―	―	31.1
繊維状物 100 Mesh	%-dry	―	16.2	11.9
繊維状物 200 Mesh	%-dry	―	20.3	13.9
粗浮遊物 100 Mesh	%-dry	―	―	8.9
粗浮遊物 200 Mesh	%-dry	―	―	10.3
砂分 100 Mesh	%-dry	―	―	0.87
砂分 200 Mesh	%-dry	―	―	1.7

・木質バイオマスの受入れ試験

実証設備にて近隣の木質ペレット（φ6㎜×10㎜ 程度）の燃焼試験を行った。結果を**表 2-10** に示す。木質バイオマスの受入れ検討に使用する。運転条件は乾燥汚泥と同様の条件で運転を行った。

表 2-10　木質ペレット使用時のバイオマスボイラ性能

項目		単位	運転結果				目標値
			21/11 秋季	22/2 冬季	22/5 春季	22/9 夏季	
燃料供給量（木質ペレット供給量）		kg/hr	79.7	84	84	84	―
燃料含水率		%	8.3	9.5	9	9.6	―
発熱量		MJ/kg	18.5	18.2	18.4	18.2	―
苛性ソーダ		kg/t-ds	25	25	0	0	―
電力使用量	ボイラ	kw/t-ds	126	126	124	136	―
ボイラ熱効率		%	62.9	83	67.3	68.4	40
ばいじん濃度		g/Nm^3	0.066	0.033	0.064	0.11	0.3
灰未燃分率		%	0	0	0	0	10

また、木質ペレットの性状分析結果を**表 2-11** に示す。これを参考に受入れを検討することが可能である。

表 2-11　木質ペレット性状分析結果

項目	単位	分析の結果
水分	%	8.3
灰分	%/TS	0.4
元素組成 C	%-dry	50.8
元素組成 H	%-dry	6.8
元素組成 N	%-dry	0.75 未満
元素組成 O	%-dry	41.8
全硫黄	mg/kg-dry	100 未満
高位発熱量	kJ/kg-dry	20,400
低位発熱量	kJ/kg-dry	18,800

（３）乾燥汚泥および灰の有効利用

・乾燥汚泥の有効利用

肥料成分と有害成分の分析結果を**表 2-12** に、溶出試験結果を**表 2-13** に、植害試験結果を**図 2-17** に示す。肥料として有効な成分を含有すること、許容値を超える有害成分がないことが確認された。また、植害試験は供試試料区と標準区の生育について、生育重量の等分散性検定値 P は基準値となる 0.05 以上となり、等分散性が確認され、有意なデータであることが確認された。また、平均値の有意差検定値 P は基準値となる 0.05 以下となり、生育重量の平均値が供試試料区＞標準区となり、乾燥汚泥が肥料として効果があることが確認された。これらにより乾燥汚泥を肥料として活用可能なことが確認された。

また、灰に関しても同様の肥料分析を実施し、肥料として使用できる可能性があることが確認された。参考として分析結果を**資料編 P.204～207** に示す。

表 2-12　主な成分量および有害成分に関する評価結果（肥料成分）

項　目		単位	許容値※	秋	冬	春	夏
主な成分量	亜鉛	mg/kg	―	880	790	850	900
	窒素	%	―	5.46	6.14	5.50	4.98
	りん酸	%	―	8.39	8.51	7.47	6.51
	加里	%	―	0.23	0.18	0.20	0.19
	石灰	%	―	4.11	4.46	4.60	3.86
	銅	mg/kg	―	170	180	180	190
	水分	%	―	12.8	18.9	19.6	16.1
	C/N 比	―	―	6.69	6.86	6.82	6.48
有害成分量	カドミウム	mg/kg	5	3	2	5 未満	2
	水銀	mg/kg	2	0.3	0.01 未満	0.45	0.41
	ヒ素	mg/kg	50	24	17	16	20
	ニッケル	mg/kg	300	23	17	19	25
	クロム	mg/kg	500	38	32	39	40
	鉛	mg/kg	100	2	2	20	2

※「肥料の品質の確保等に関する法律」より

表 2-13　乾燥汚泥の溶出試験結果　　（単位：mg/L）

項　目	基準値※	秋	冬	春	夏
アルキル水銀化合物	検出されないこと	不検出	不検出	不検出	不検出
水銀又はその化合物	0.005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
カドミウム又はその化合物	0.3	0.005	0.005	0.005	0.005
鉛又はその化合物	0.3	0.005	0.005	0.007	0.005
有機リン化合物	1	0.1	0.1	0.1	0.1
六価クロム化合物	1.5	0.02	0.02	0.02	0.02
ヒ素又はその化合物	0.3	0.056	0.033	0.039	0.039
シアン化合物	1	0.1	0.1	0.2	0.1
ポリ塩化ビフェニル	0.003	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
トリクロロエチレン	0.3	0.002	0.002	0.002	0.002
テトラクロロエチレン	0.1	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
ジクロロメタン	0.2	0.002	0.002	0.002	0.002
四塩化炭素	0.02	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
1･2-ジクロロエタン	0.04	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
1･1-ジクロロエチレン	1	0.002	0.002	0.002	0.002
シス-1･2-ジクロロエチレン	0.4	0.004	0.004	0.004	0.004
1･1･1-トリクロロエタン	3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
1･1･2-トリクロロエタン	0.06	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
1･3-ジクロロプロペン	0.02	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
チウラム	0.06	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
シマジン	0.03	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
チオベンカルブ	0.2	0.002	0.002	0.002	0.002
ベンゼン	0.1	0.001	0.001	0.001	0.001
セレン又はその化合物	0.3	0.007	0.005	0.011	0.005
1･4-ジオキサン	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05

※「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（昭和 48 年環境庁告示第 13 号（環告 13 号））

（イ）発芽及び生育調査成績

試験区	ポット No.	発芽調査成績		生育調査成績			異常症状
		8月25日	8月26日	8月29日	9月12日		
		発芽率（%）	発芽率（%）	葉　長（cm）	葉　長（cm）	生体重（g/ﾎﾟｯﾄ）	
供試試料区（T）	1	95	95	3.7	12.5	37.3	
	2	100	100	3.7	12.5	37.7	
	3	100	100	3.8	12.6	38.5	
	4	90	100	3.6	12.6	38.5	
	5	95	95	3.6	12.4	36.2	
	6	100	100	3.7	12.5	37.2	
	7	95	100	3.6	12.5	37.2	
	8	100	100	3.6	12.5	37.4	
	平均	97	99	3.7	12.5	37.5	無
標準区（B）	1	100	100	3.6	11.2	28.8	
	2	95	100	3.6	11.3	29.9	
	3	95	95	3.6	11.4	30.6	
	4	100	100	3.6	11.3	29.8	
	5	95	100	3.7	11.3	29.2	
	6	90	95	3.7	11.3	29.0	
	7	100	100	3.7	11.4	30.2	
	8	90	95	3.8	11.4	29.5	
	平均	96	98	3.7	11.3	29.6	—

（ロ）合否判定のための供試試料区（T）と標準区（B）の生体重の統計解析結果

T区及びB区の等分散性の検定（F検定：両側有意水準5%）			T区及びB区の平均値の差の検定（t 検定：片側有意水準5%、等分散を仮定）		
分散比	境界値	p 値	t 値	境界値	p 値
1.49	上限値 4.99 下限値 0.20	0.611	22.91	1.76	＜0.001
有意差なし			有意差あり（T＞B）		

分析・試験結果

項目	分析結果	単位	分析方法	注
水　　分	17.30	%(現物)	3.1.a 乾燥器による乾燥減量法	
窒素全量（N）	4.81	%(現物)	4.1.1.b 燃焼法	
りん酸全量（P_2O_5）	5.92	%(現物)	4.2.1.a ﾊﾞﾅﾄﾞﾓﾘﾌﾞﾃﾞﾝ酸ｱﾝﾓﾆｳﾑ吸光光度法	
加里全量（K_2O）	0.11	%(現物)	4.3.1.a フレーム光度法	

単位の%は質量分率
方法（数字・記号記載の項目）は肥料等試験法（2021）による

生育状態の写真
（9月12日撮影）No.1～4

図 2-17　植害試験結果（乾燥汚泥）

・灰の有効利用

灰の有効利用（セメント利用）に関して無機成分分析を行った。実証ではこれらの灰を実際にセメント工場へ持ち込み、問題なく有効利用できることを確認した。実際の導入検討の際には受入れ先に確認を行う必要がある。

表 2-14　灰の無機成分割合

項　目	単 位	秋	冬	春	夏
SiO_2	mg/kg-dry	150,000	140,000	151,000	160,000
Al_2O_3	mg/kg-dry	70,000	58,000	66,000	71,000
Fe_2O_3	mg/kg-dry	230,000	220,000	273,000	250,000
CaO	mg/kg-dry	130,000	150,000	155,000	130,000
MgO	mg/kg-dry	28,000	31,000	32,000	24,000
MnO	mg/kg-dry	2,700	2,700	3,000	2,700
Na_2O	mg/kg-dry	4,800	5,300	7,000	5,700
K_2O	mg/kg-dry	6,500	7,700	8,000	6,600
SO_3	mg/kg-dry	16,000	14,000	15,000	20,000
P_2O_5	mg/kg-dry	260,000	250,000	270,000	220,000
TiO	mg/kg-dry	6,700	7,200	8,000	7,500
T-Cl	mg/kg-dry	150	130	130	120
ZnO	mg/kg-dry	3,500	2,800	2,340	3,500
As	mg/kg-dry	31	20	22	29
PbO	mg/kg-dry	15	13	30	10
T-Cr	mg/kg-dry	200	150	106	190
Hg	mg/kg-dry	0.01 未満	0.01 未満	0.02	0.01 未満
F	mg/kg-dry	79	94	120	110
B	mg/kg-dry	45	4	39	47
Cd	mg/kg-dry	1 未満	1 未満	5 未満	1
Se	mg/kg-dry	2	1	1.7	1 未満
Sn	mg/kg-dry	9	17	19	16
CN	mg/kg-dry	1 未満	1 未満	2 未満	1 未満

（４）ライフサイクルコスト

従来脱水に対して LCC を 25%削減可能な条件を特定した。基幹処理場脱水汚泥量 15t/日（日最大）、集約汚泥量 5t/日（日最大）、汚泥処分費 20,000 円/t、灰処分費 18,000 円/t での試算結果を**図 2-18** に示す。なお、処分費については国交省調査値の平均値とした。また、今後は灰の肥料利用の検討を実施し、灰を肥料利用することで更なるライフサイクルコスト削減が可能であると考える。計算方法等の詳細は**第 3 章**を参照とする。

従来脱水に対しての低減率（%）＝	100	−	202.7 百万円/年		×100 ＝	24.9	%
			269.7 百万円/年				
従来焼却に対しての低減率（%）＝	100	−	202.7 百万円/年		×100 ＝	54.3	%
			443.9 百万円/年				

表 2-15　総費用（年価換算値）

項目		従来脱水	従来焼却	本技術
		百万円/年	百万円/年	百万円/年
建設費	脱水	72.9	72.9	94.3
	焼却	―	164.5	
	小計	72.9	237.4	94.3
撤去費		4.4	13.3	5.2
維持管理費	維持管理費	42.8	169.3	79.3
	汚泥処分費	149.6	23.8	23.8
合計		269.7	443.9	202.7

※小数点二位以下まで計算しているため、小数点一位に誤差が生じている場合あり

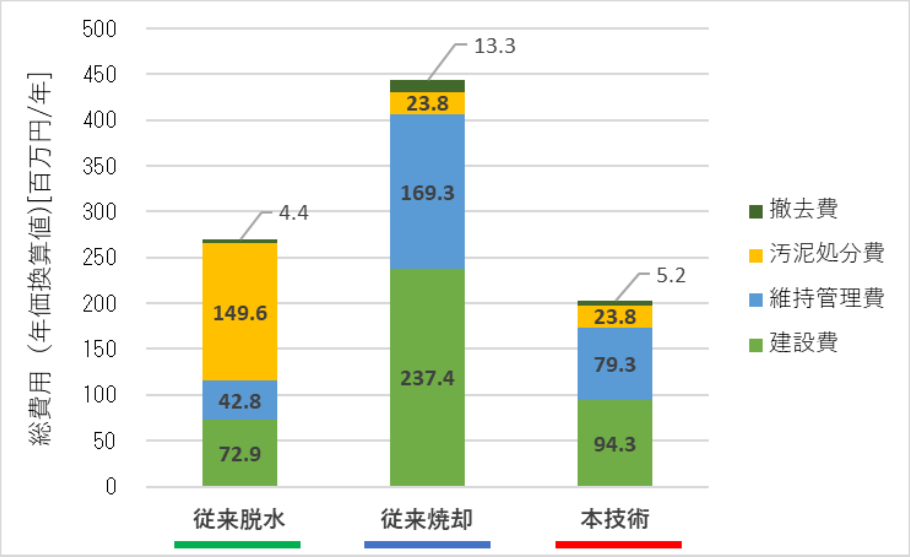


図 2-18　総費用（年価換算値）の比較

（５）CO_2 排出量

従来脱水に対して CO_2 が削減可能であることを確認した。基幹処理場脱水汚泥量 15t/日（日最大）、集約汚泥量 5t/日（日最大）での試算結果を**図 2-19** に示す。試算方法等の詳細は**第 3 章**を参照とする。

従来脱水に対しての低減率（%）=	100 −	2713.3 t-CO_2/年 / 19674.4 t-CO_2/年	×100 =	86.2	%
従来焼却に対しての低減率（%）=	100 −	2713.3 t-CO_2/年 / 3788.1 t-CO_2/年	×100 =	28.4	%

表 2-16　CO_2 排出量

項目		従来脱水	従来焼却	本技術
		t-CO_2/年	t-CO_2/年	t-CO_2/年
維持管理	電力	75.4	783.2	332.9
	重油	0.0	150.4	117.6
	薬品	82.0	168.8	171.3
汚泥処理	汚泥/灰輸送	99.0	59.4	59.4
	汚泥埋立処理	19418.0	1596.0	1596.0
	汚泥焼却処理	−	1030.2	−
	バイオマスボイラ	−	−	436.1
合計		19674.4	3788.1	2713.3

※小数点二位以下まで計算しているため、小数点一位に誤差が生じている場合あり

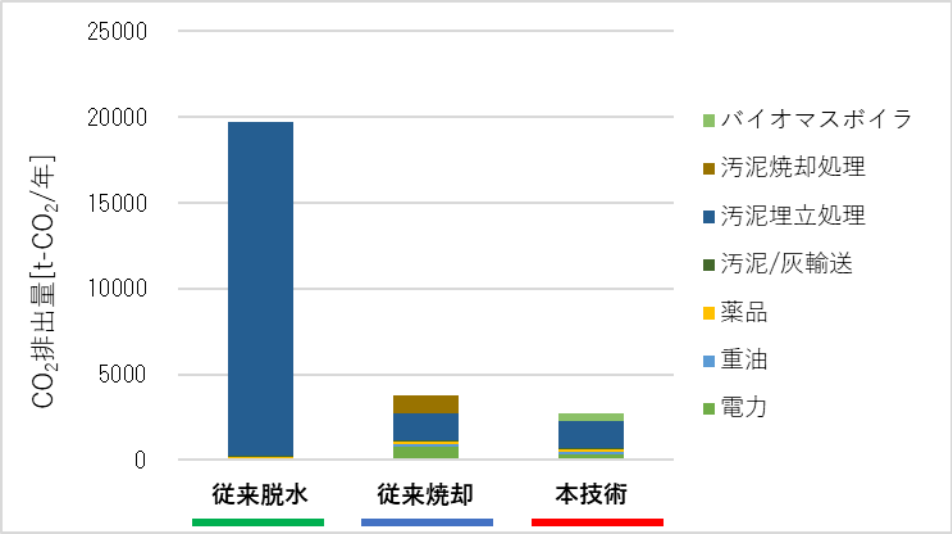


図 2-19　1 年間の CO_2 排出量比較

（６）環境への影響

本技術から排出されるガス、水について環境への影響を評価した。

・排ガス性状（スクラバ出口）

表 2-17 に性状分析結果を示す。本実証設備における排ガスに関する法規制はない。しかし、大気汚染防止法のその他ボイラの規制値であるばいじん濃度 0.3g/m³ を目標とし、それをクリアすることができた。また、NOx 濃度、SOx 濃度に関してもそれぞれの自主目標値 200ppm、150ppm をクリアすることができた。

表 2-17　スクラバ出口排ガス性状に関する評価結果（1/2）

項目	単位	秋	冬	春	夏
水分量	%	10.9	10.2	－	10.0
排ガス温度	℃	50	45	－	47
平均流速	m/s	18.0	17.9	－	15.4
湿り排ガス流量	m³/hr	1,710	1,740	－	1,480
乾き排ガス流量	m³/hr	1,520	1,560	－	1,330
ばいじん濃度	g/m³	0.19	0.27	0.079	0.20
ばいじん濃度($O_2$16%換算値)	g/m³	0.11	0.15	－	0.12
ばいじん流量	kg/hr	0.29	0.42	－	0.27
残存酸素量	vol-%	12.4	11.7	－	12.7
窒素酸化物 NOx 濃度	vol-ppm	150	140	－	87
窒素酸化物NOx 濃度($O_2$16%換算値)	vol-ppm	87	75	－	52
窒素酸化物 NOx 流量	m³/hr	0.23	0.22	－	0.12
硫黄酸化物 SOx 濃度	vol-ppm	8	8	－	13
塩化水素濃度	vol-ppm	16	12	－	14
一酸化二窒素 N_2O 濃度	vol-ppm	－	30	31	12

表 2-17　スクラバ出口排ガス性状に関する評価結果（2/2）

項目		単位	秋	冬	春	夏
銅及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.002 未満	0.031	―	0.012
	ガス状	mg/m³	0.002 未満	0.02 未満	―	0.02 未満
亜鉛及び その化合物	粒子状	mg/m³	2.2	6.0	―	2.9
	ガス状	mg/m³	0.055	0.031	―	0.06
カドミウム及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.034	0.070	―	0.035
	ガス状	mg/m³	0.003 未満	0.003 未満	―	0.003 未満
鉛及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.18	0.44	―	0.24
	ガス状	mg/m³	0.01 未満	0.01 未満	―	0.01 未満
マンガン及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.002 未満	0.004	―	0.003
	ガス状	mg/m³	0.05 未満	0.05 未満	―	0.05 未満
クロム及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.002 未満	0.46	―	0.029
	ガス状	mg/m³	0.001 未満	0.01 未満	―	0.01 未満
砒素及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.11	0.16	―	0.15
	ガス状	mg/m³	0.01 未満	0.01 未満	―	0.01 未満
セレン及び その化合物	粒子状	mg/m³	0.038	0.074	―	0.005
	ガス状	mg/m³	0.01 未満	0.01 未満	―	0.01 未満
六価クロム化合物		mg/m³	0.005 未満	0.005 未満	―	0.005 未満
水銀及びその化合物		mg/m³	0.0076	0.0077	―	0.0086

・敷地境界臭気指数

表 2-18 に敷地境界における臭気指数、**図 2-20** に測定位置を示す。また、臭気強度に関する指標を**表 2-19** に、臭気強度の臭気指数への換算表を**表 2-20** に示す。これらより無臭である時期とにおいを感じる時期があることが明らかになった。ただし、本設備由来の臭気であるかは不明である。また、本実証では敷地境界における臭気濃度の分析を行わなかったが、自治体の条例に合わせて分析を実施することが必要である。

表 2-18　敷地境界の臭気指数

項目	秋	冬	春	夏
①正門付近	10 未満	16	―	14
②裏門付近	12	10 未満	―	13
③実証設備前	12	10 未満	―	16

表 2-19　6 段階臭気強度表示法

臭気強度	判定の目安
0	無臭
1	やっと感知できるにおい（検知閾値）
2	何のにおいであるかわかる弱いにおい（認知閾値）
3	楽に感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

表 2-20　臭気指数への換算

臭気強度	2.5	3	3.5
	▼	▼	▼
臭気指数（全業種）	10～15	12～18	14～21

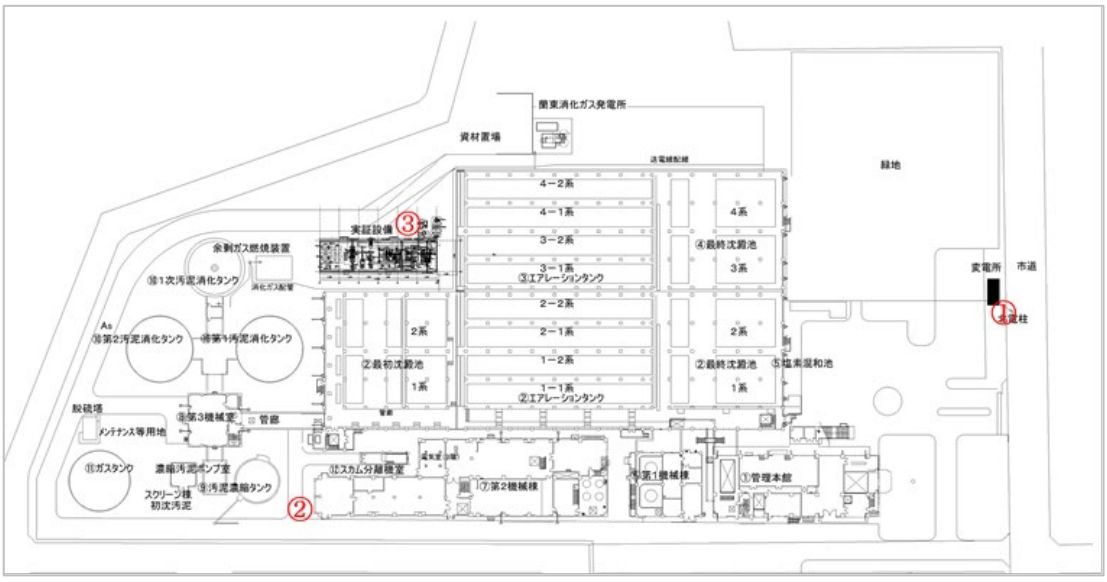


図 2-20　敷地境界における臭気測定

・総合排水の性状分析

本技術の総合排水の分析結果を**表 2-21** に示す。本技術の排水は処理場内に返送されるため規制値はない。また、本技術の運転による水処理後水質の変動は四季を通じて確認されなかったため、本技術の総合排水が水処理に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。

表 2-21　総合排水性状に関する評価結果（1/2）

分析項目	単位	室蘭市基準	秋	冬	春	夏
pH	―	5 を超え 9 未満	7.9(16℃)	7.5(23℃)	7.5(17℃)	7.5(24℃)
SS	mg/L	600 未満	310	210	180	76
BOD	mg/L	600 未満	640	960	400	8
COD	mg/L	―	98	81	47	49
塩化物イオン	mg/L	―	130	560	140	150
窒素含有量	mg/L	240	290	240	280	210
アンモニア性窒素	mg/L	380	270	230	240	210
リン含有量	mg/L	32	52	41	23	30
硫酸イオン	mg/L	―	320	440	380	390
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(鉱物油類)	mg/L	5	2 未満	2 未満	2 未満	2 未満
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(動植物油脂類)	mg/L	30	3	2 未満	3	2 未満
カドミウム及びその化合物	mg/L	0.03	0.012	0.009	0.004	0.007
シアン化合物	mg/L	1	0.1 未満	0.2	0.1 未満	0.2
有機リン化合物	mg/L	1	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満
鉛及びその化合物	mg/L	0.1	0.05 未満	0.04	0.02	0.04
六価クロム化合物	mg/L	0.2	0.03	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
砒素及びその化合物	mg/L	0.1	0.02	0.07	0.02	0.04
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	mg/L	0.005	0.0005 未満	0.0010	0.0010	0.0006
アルキル水銀化合物	mg/L	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
PCB	mg/L	0.003	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満
トリクロロエチレン	mg/L	0.1	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満
テトラクロロエチレン	mg/L	0.1	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満
ジクロロメタン	mg/L	0.2	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満
四塩化炭素	mg/L	0.02	0.0002 未満	0.0002 未満	0.0002 未満	0.0002 未満
1.2-ジクロロエタン	mg/L	0.04	0.0004 未満	0.0004 未満	0.0004 未満	0.0004 未満
1.1-ジクロロエチレン	mg/L	1	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満
シス－1.2-ジクロロエチレン	mg/L	0.4	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満	0.004 未満

表 2-21　総合排水性状に関する評価結果（2/2）

分析項目	単位	室蘭市基準	秋	冬	春	夏
1.1.1-トリクロロエタン	mg/L	3	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満
1.1.2-トリクロロエタン	mg/L	0.06	0.0006 未満	0.0006 未満	0.0006 未満	0.0006 未満
1.3-ジクロロプロペン	mg/L	0.02	0.0002 未満	0.0002 未満	0.0002 未満	0.0002 未満
チウラム	mg/L	0.06	0.0006 未満	0.0006 未満	0.0006 未満	0.0006 未満
シマジン	mg/L	0.03	0.0003 未満	0.0003 未満	0.0003 未満	0.0003 未満
チオベンカルブ	mg/L	0.2	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満	0.002 未満
ベンゼン	mg/L	0.1	0.001 未満	0.001 未満	0.001 未満	0.001 未満
セレン及びその化合物	mg/L	0.1	0.01 未満	0.02	0.01 未満	0.01
ほう素及びその化合物	mg/L	230	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1
ふっ素及びその化合物	mg/L	15	0.14	0.44	0.38	0.47
1.4-ジオキサン	mg/L	0.5	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満
フェノール類含有量	mg/L	5	0.2 未満	0.2 未満	0.2 未満	0.2 未満
銅含有量	mg/L	3	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満
亜鉛含有量	mg/L	2	0.5	0.8	0.5	0.6
溶解性鉄含有量	mg/L	10	0.1 未満	0.1	0.1 未満	0.1 未満
溶解性マンガン含有量	mg/L	10	0.2	1.4	0.2	0.2
クロム含有量	mg/L	2	0.05 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満