

脱水乾燥システム



月島JFEアクアソリューション株式会社
技術本部 下水事業部 下水計画部

部長 高尾 大



日本下水道事業団
技術開発室

島田 正夫

1. 装置のコンセプト

脱水乾燥システムの概要を図1に示す。本システムは、脱水機に高分子凝集剤と無機凝集剤を別々に添加する脱水方法を用い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から排出される脱水汚泥は、従来の高分子凝集剤のみを添加する脱水方法に比べて、低水分かつ細粒状で付着性が低いという特徴がある。そのため、解砕機や搬送機器を省略した円環式気流乾燥機と組み合わせることが可能である。

機内二液調質型遠心脱水機と円環式気流乾燥機を組み合わせることにより、下水汚泥の脱水・乾燥処理を一体的に行うことで、システムの簡素化によるコストの削減に加え、乾燥効率の改善により省エネルギー化（従来技術に比べ45%低減）が可能である。

また、本システムでは、熱風温度を調整することにより10%から50%までの乾燥汚泥の水分調整ができ、様々な用途での有効利用が可能である。

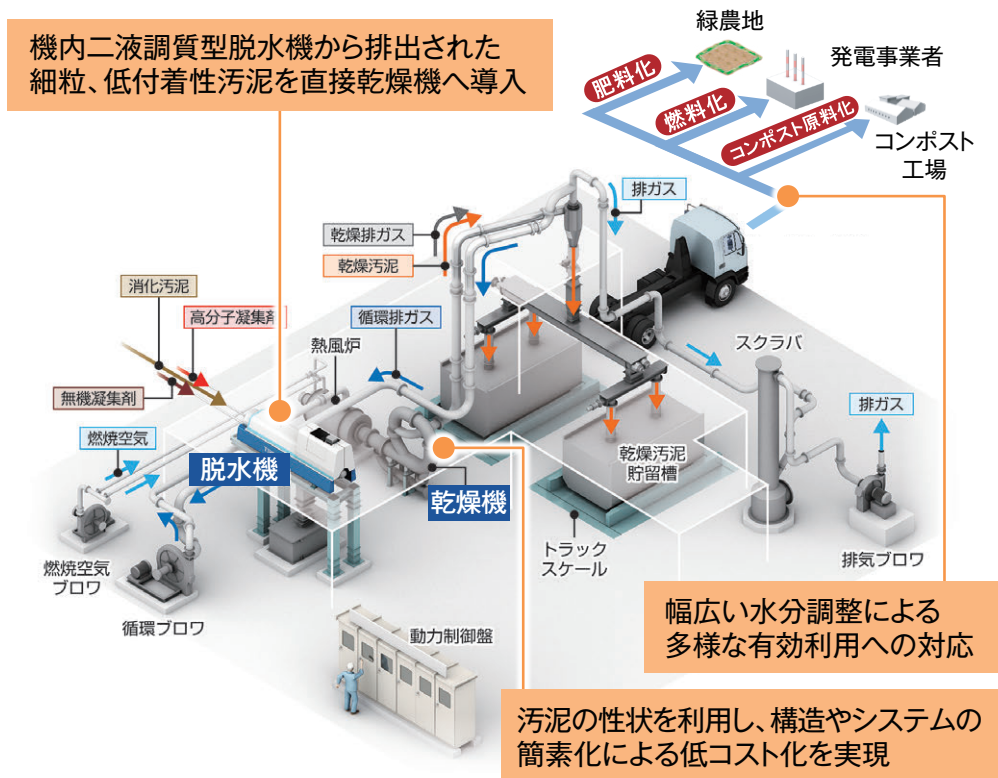


図1 脱水乾燥システム概要

2. 全体フロー

設備フローを図2に示す。脱水乾燥システムは大きく分けて、脱水設備と乾燥設備から構成されている。脱水設備は、機内二液調質型遠心脱水機、供給ポンプ(汚泥・高分子凝集剤・無機凝集剤)、振分コンベヤ及び排水槽から構成されている。乾燥設備は、円環式気流乾燥機、サイクロン、熱風炉、燃焼空気ブロワ、循環ブロワ、スクラバ、循環ポンプ、排気ブロワから構成されている。

処理対象となる汚泥は高分子凝集剤、無機凝集剤とともに遠心脱水機に供給され、機内の遠心場において固液分離作用を受け、脱水汚泥として排出される。脱水汚泥は乾燥機へ直接投入される。

円環式気流乾燥機に供給された脱水汚泥は、熱風炉から供給された250℃～500℃程度の熱風と直接接触し、空気輸送にて円環内を循環しながら乾燥される。乾燥された汚泥は排気とともに空送され、サイクロンにて固気分離された後、コンベヤを介して乾燥汚泥貯留槽に貯留される。

以上のように、脱水設備と乾燥設備をダイレクトに組み合わせることにより、機器点数が少ない低コストかつシンプルなプロセスを実現した。

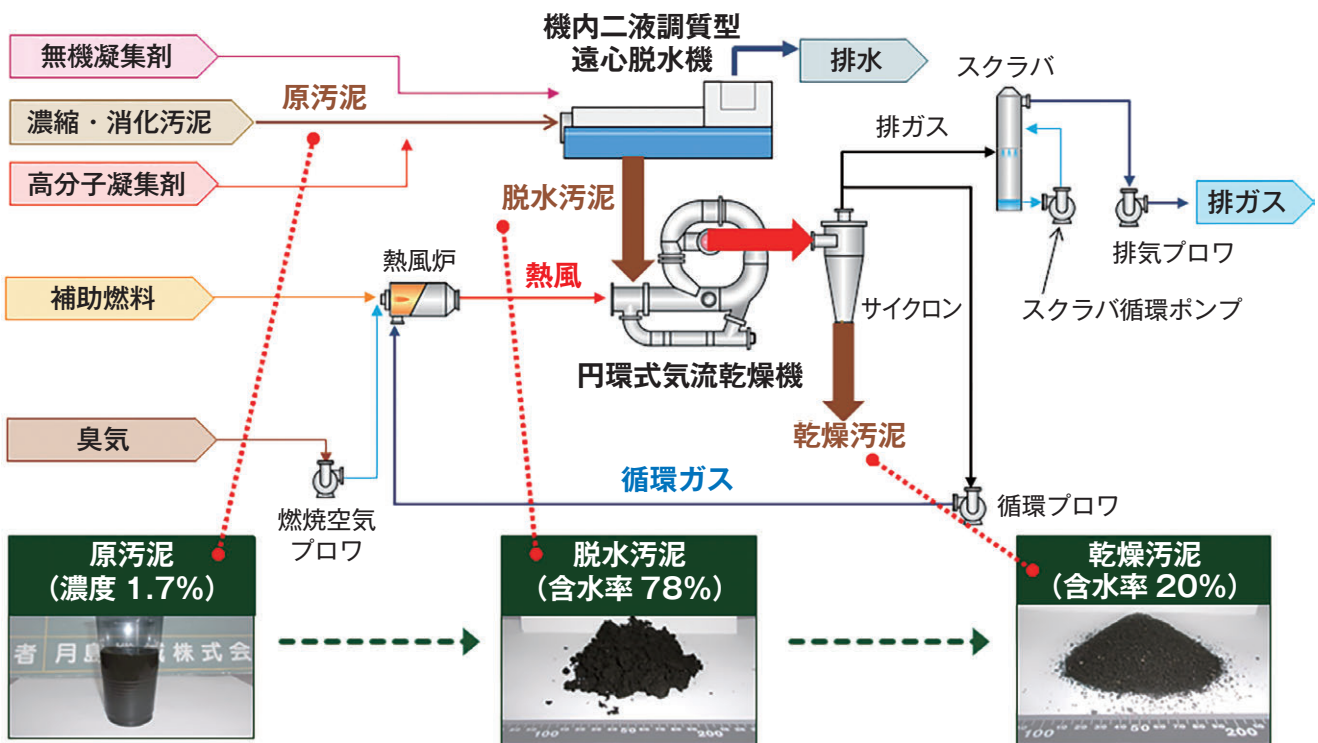


図2 設備フロー

3. 各技術の解説

(1) 機内二液調質型遠心脱水機

図3に機内二液調質型遠心脱水機の基本構造を示す。
従来の遠心脱水技術では、汚泥と高分子凝集剤を汚泥配管にて混合し、脱水機に供給するが、本技術では、これに加えて無機凝集剤を機内の汚泥層に直接注入する。この無機凝集剤に含まれる鉄イオン（Ⅲ価）が汚泥粒子表面のマイナス荷電を中和することで、含水率が低減できると考えられている。また、鉄イオン（Ⅲ価）はpH3～4以上においては水酸化第二鉄を形成するが、この水酸化物は細かい粒子などを取り込み沈殿する作用（共沈作用）があり、汚泥粒子の固液分離性や圧密性の向上に寄与する。

本技術は、機内二液調質型遠心脱水機から排出される脱水汚泥が低含水であることに加え、脱水汚泥の形状が細粒状かつ低付着性であることに着目しており、後述する円環式気流乾燥機において気流に乗って空気搬送されやすい性状を有している。また、後述するベルトプレス脱水機と円環式気流乾燥機との組み合わせ試験について記載した。ベルトプレス脱水機の脱水汚泥は、板状の汚泥が脱水機より排出され、スパイラルコンベヤなどで運ばれていくうちに細かくなっていくので、円環式気流乾燥機での乾燥が可能である。

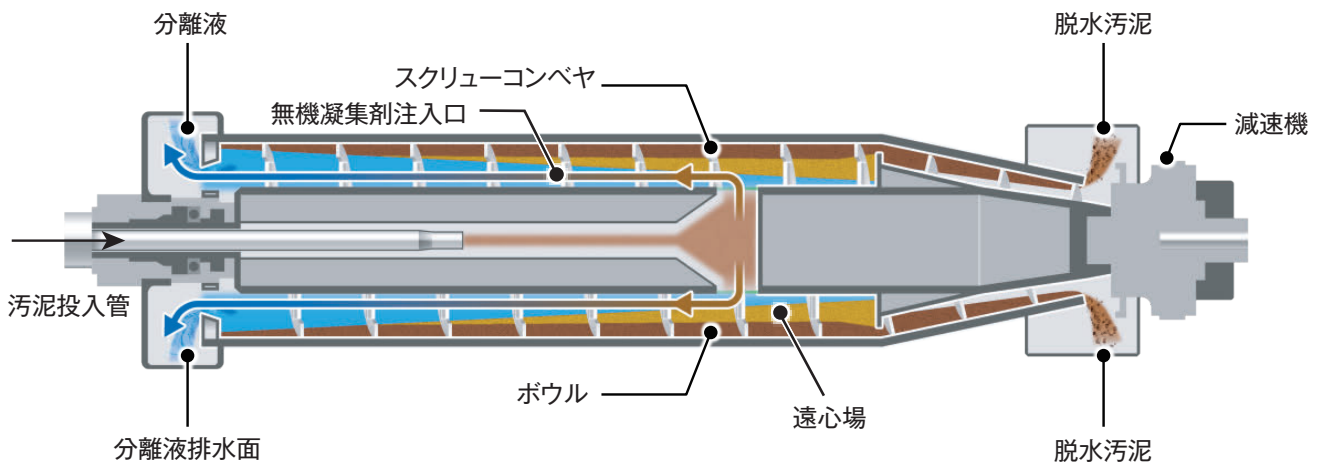


図3 機内二液調質型遠心脱水機の基本構造

(2) 円環式気流乾燥機

下水汚泥の乾燥処理に用いられてきた乾燥方式は、汚泥への伝熱方法によって分類されており、気流式や攪拌羽式等の熱風と汚泥を直接接触させる「直接加熱式」と、蒸気などを熱源として間接的に汚泥に伝熱する「間接加熱式」がある。本技術で採用した円環式気流乾燥機は、食品分野等で粉粒体の乾燥機として使用されてきたものであり、前者の直接加熱式に分類される。

円環式気流乾燥機は、図4に示すように配管が鉛直方向に円環状に組み合わせられ、円環部の下側横に気流の入口、円環の途中の内側に気流の出口が設置されている。まず、この円環に気流を供給した場合、気流は円環に沿って循環しようとする流れと出口から

の排出される流れに二分される。この状態で図中の円環部の下側に供給された汚泥は気流と接触し、そこで表面が乾燥されることでより付着しにくい状態となり、気流とともに円環状の配管で循環する。投入当初の汚泥は水分も多く比重が高いため遠心力により円環の外側を循環するが、循環している間に熱風と接触することで乾燥が進み、乾燥により比重が低くなった汚泥や粒径の小さい汚泥は円環の内側を循環するようになり、汚泥滞留時間が数秒～数分程度で円環の内側に設けられた排気口から排気と共に排出され、サイクロンにて固気分離される。

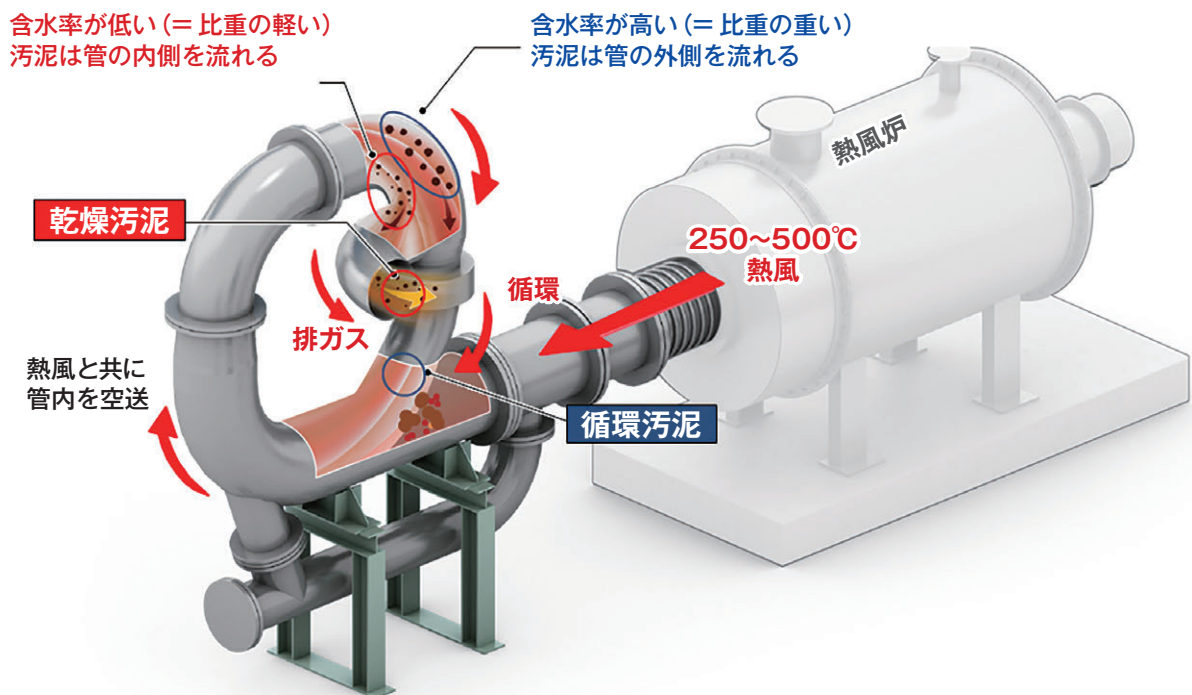


図4 円環式気流乾燥機の構造及び原理

4. 特徴

本システムの特徴は**有効利用の用途に応じた幅広い含水率の調整機能を実現している点にある**。表1に従来の乾燥技術における適用含水率とその問題点について示す。また、図5に各種有効利用における適用範囲を示す。従来の技術では乾燥機の機構や原理上の制約から適用できる含水率領域が限定されていた。

一方、有効利用の用途によっては、含水率10%～50%程度の幅広い範囲で要求される。このため、乾燥設備導入後に社会情勢などの影響により有効利用の用途を変更することが難しく、結果的に乾燥設備導入の大きな障壁となっていた。

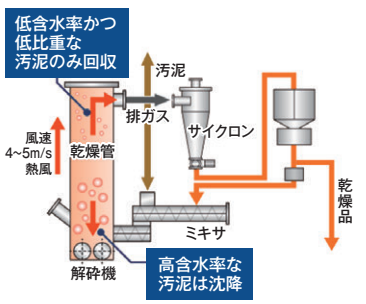
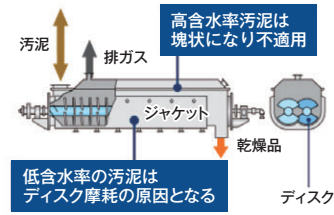
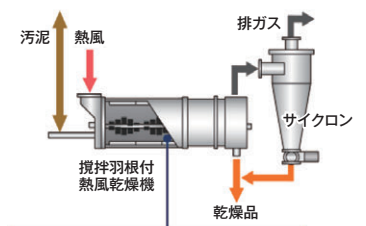
図6に円環式気流乾燥機における適用含水率とその特徴を示す。脱水機から排出される脱水汚泥の性状

(低付着性及び細粒状)を維持したまま乾燥機に直接投入し、汚泥表面を熱風で瞬時に乾燥させることで、付着性の問題を解消している。

このため、含水率50%程度の高含水率の領域についても安定的に運転することが可能である。また、円環式気流乾燥機の特長として、熱風の温度を上げることで乾燥汚泥含水率10%程度に調整することが可能であり、機内構造物がないことから他の乾燥機では解決できなかった摩耗の問題も改善している。

以上より、高含水率汚泥による付着の問題及び低含水率汚泥による摩耗の問題を解消し、乾燥汚泥含水率を10～50%程度に調整することで、様々な有効利用に対応できる。

表1 従来の乾燥技術の適用可能な乾燥汚泥含水率とその問題点

機種	気流乾燥機	間接加熱式乾燥機	攪拌羽根付熱風乾燥機
概要			
適用含水率	10～20%	20～40%	10～30%
問題点	高水分では乾燥管内や解砕機への汚泥の付着があり低水分では解砕機の摩耗が激しい。	高水分では塊状となりかつ付着の問題により排出できない。排出可能だが、ディスクの摩耗が激しい。	攪拌羽根の強度不足のため、運転できない。排出可能だが、攪拌羽根の摩耗が激しい。

含水率 (%)	10	20	30	40	50	60	70
有効利用 ニーズ	燃料化		コンポスト原料化				
	肥料化						
従来技術 適用	● 気流乾燥機・炭化		● 攪拌機付熱風回転乾燥機			● 脱水機	
	● 間接加熱乾燥機						
本技術 適用	脱水乾燥 (円環式気流乾燥)						

図5 各種有効利用への適用範囲

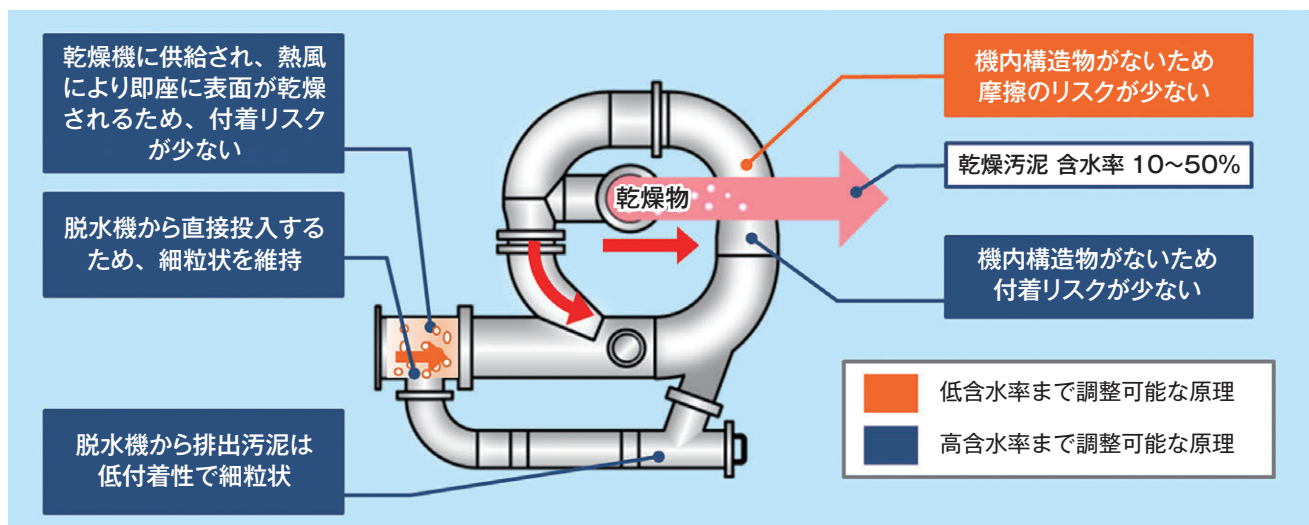


図6 円環式気流乾燥機の特徴

5. 今後の展開について

脱水乾燥システムを導入した下水処理場をバイオマス集約拠点としたエネルギー循環型のモデルを図7に示す。

本モデルは、中核となる下水処理場を周辺処理場の汚泥やWET系バイオマスの集約拠点施設として位置づけることが出発点といえる。

まず、小規模の下水処理場においてはその規模や立地に合わせ、濃縮汚泥や脱水汚泥の形態で集約し、拠点施設において消化、乾燥処理を行うことで、エネルギー化が図れる。

同様に、従来は他部局で管理されていたし尿や生ごみといったWET系バイオマスについても集約することで、エネルギー化が可能となる。

最後に乾燥された汚泥は地域社会で燃料化物や肥料としての活用に加え、現在 B-DASH 実証研究中のバイオマスボイラを拠点施設に導入することで、場内で汚泥のエネルギーを活用することが可能となる。

これはあくまで一例ではあるが、各市町村の財政、立地、状況に合わせて、これらの技術を組み合わせることで、全国の自治体が抱える広域化の推進、バイオマスの利活用等の課題解決と経済合理性を両立することができる画期的なモデルが確立できる。

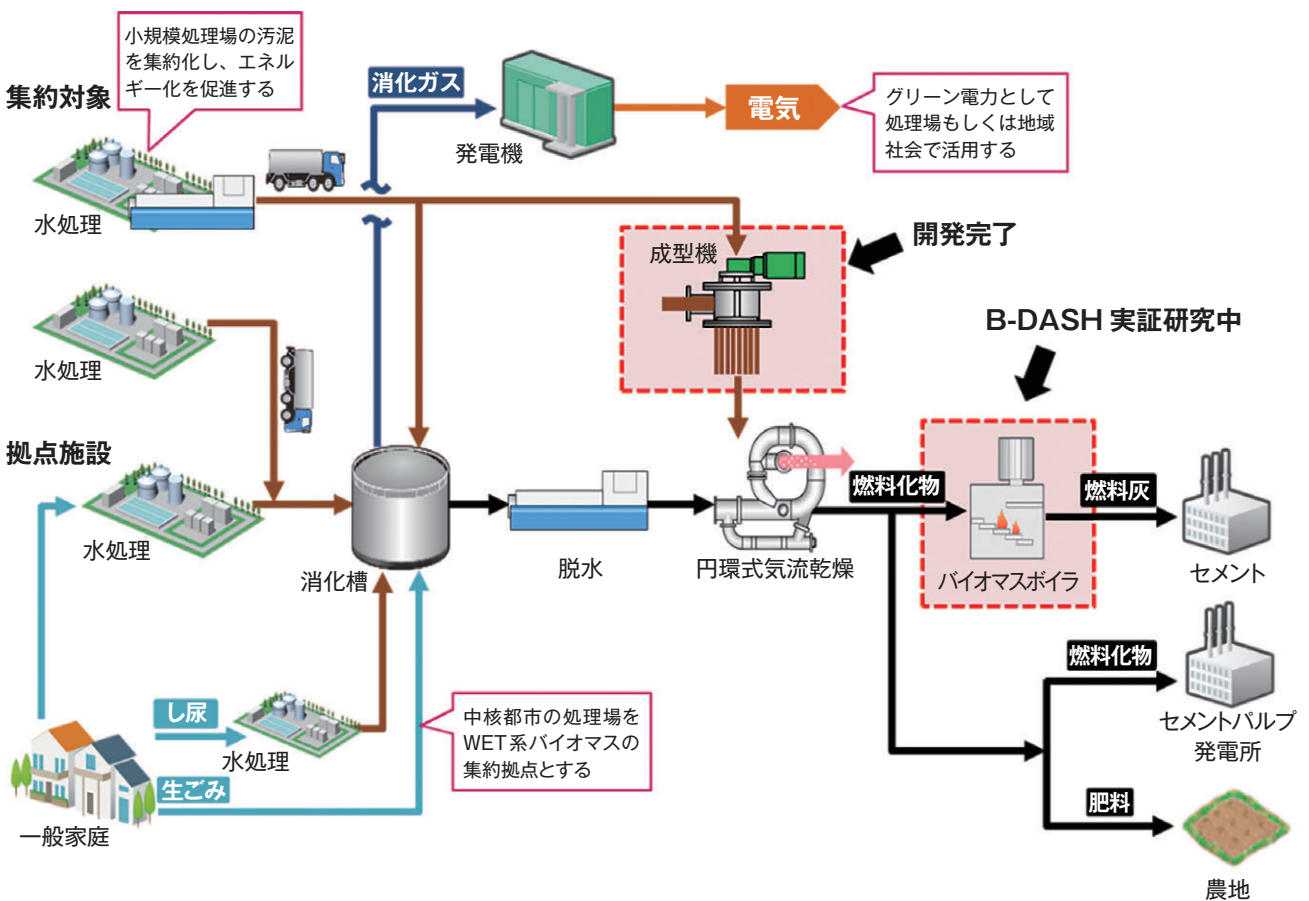


図7 脱水乾燥システムを活用したエネルギー循環型バイオマス集約モデル