

ユーザーレポート

汚泥固形燃料化で循環型社会へ貢献

市原市上下水道部下水道施設課



市原市下水道の概要

市原市は千葉県ほぼ中央に位置しており、千葉市等、5市3町に囲まれています。

市原市の下水道事業のスタートは、辰巳台団地の建設に伴い設置された下水道施設を、昭和38年の市制施行の際に千葉県から引き継ぎ運営・管理するようになったことです。昭和42年には、市の最初の事業として五井都市下水路事業に着手し、本格的な下水道整備を実施するようになりました。昭和46年度に松ヶ島処理区および菊間処理区からなる公共下水道全体計画を策定し、平成5年度より南総処理区を追加しました。

現在、汚水整備面積は3,310ha、下水道処理人口は177,303人、下水道処理人口普及率は65.8%となっています（令和5年3月時点）。

下水処理は各処理区単独で実施していますが、汚泥



図-1 市原市公共下水道全体計画図

処理については、3処理場の汚泥を松ヶ島終末処理場に集約し処理しています。菊間終末処理場からは管きよでの圧送、南総終末処理場からは、陸路での輸送となっています。

これまでは、集約した汚泥を焼却処理し、民間業者が焼却灰を処理・再利用していました。しかし、焼却炉の老朽化が進んでいたこと等から、市原市では下水汚泥固形燃料化施設を導入することとし、焼却炉の代替施設として令和5年4月から施設の稼働を開始しました。なお、事業実施に当たってはDBO方式を採用しています。



写真-1 廃止となった焼却炉

事業実施の背景

本事業を検討した背景は大きく3点あります。

一点目は、焼却炉の老朽化です。市原市では焼却炉を2基稼働させていましたが、令和5年3月時点で1号炉(30t炉)は供用開始後30年、2号炉(50t炉)は供用開始後24年が経過しており、事業検討時においても標準耐用年数10年を大幅に超過していました。そのため、機能停止の恐れがあったほか、部品の供給停止によって部分的な修繕への対応が難しくなりつつあり、抜本的な改修が必要な状態でした。しかし、大規模改修を行うには多額の費用がかかることから、実施は困難な状況でした。

二点目は、平成27年度の下水道法の改正において、「発生汚泥等が燃料又は肥料として再生利用されるよう努めなければならない」と追加規定されたことです。既存施設の更新の際には、汚泥の再利用について検討する必要性がありました。

三点目は、公民連携の加速です。平成29年からPPP/PFI手法等の導入検討が要件化されました。「20万人以上の地方公共団体において下水処理場の改築更新を行う際には、コンセッション方式や施設統廃合について検討すること」、「汚泥有効利用施設を新設する場合には、原則としてPPP/PFI手法を活用すること」が社会資本整備総合交付金等の交付要件となっています。

また、市原市PPP/PFI導入ガイドライン(平成29年3月)でも事業費総額10億円以上、単年度1億円以上の公共施設およびプラント施設は、PPP/PFI手法の導入を優先的に検討することとされています。

このような汚泥処理を取り巻く状況を踏まえ、市原市では幅広い選択肢を検討しました。その結果、汚泥処理方式は「固形燃料化」、維持管理運営範囲は「固形燃料化施設+既存汚泥処理施設」、事業方式は「DBO方式」とすることが最適であると判断しました。

基本契約・基本協定は月島機械グループ(株)上野工業所、月島アクアソリューション(株)*、テスコ(株)、設計・建設工事請負契約は月島アクアソリューション(株)*・(株)上野工業所特別共同企業体(JV)、維持管理契約と燃料化物売買契約については月島アクアソリューション(株)*とテスコ(株)が出資した特別多目的会社(SPC)である市原バイオサイクル(株)と締結しています。なお、維持管理・運営については令和5年度から令和24年度の20年間が契約期間となっています。

新設の下水汚泥固形燃料化施設は4階建ての構造で、施設能力は脱水汚泥量48.8t-wet/日(2系列)、計画処理汚泥量は約14,125t-wet/年、固形燃料の計画製造量は約3,700t/年となっています。本事業では、汚泥処理のプロセスのうち、「汚泥処理ライン」の一部、「脱水・乾燥燃料製造ライン」、「排ガス処理ライン」にて設備を新設しました。

※契約当時は「月島機械(株)」

円環式気流乾燥機の採用

本施設では、下水汚泥固形燃料化事業で初めて「円環式気流乾燥機」を導入しました。円環式気流乾燥機を含む脱水・乾燥システムは国土交通省の下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)で実証されています。乾燥汚泥含水率を調整することで多様な汚



写真-2 円環式気流乾燥機

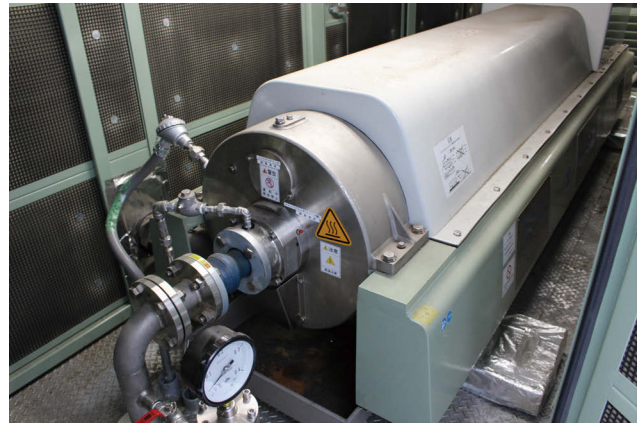


写真-3 低動力型高効率遠心脱水機

泥有効利用を実現するほか、シンプルな機器構造・システム構成であるため、低コストかつ維持管理が容易であるという特徴があります。

乾燥用熱風炉で製造された400～600℃の熱風が汚泥乾燥機に吹き込まれ、脱水汚泥はその気流とともに円環状の配管内を循環することで、20%弱の含水率まで低下します。乾燥し軽量化した汚泥は、配管の内側に設置されている管から自然に放出され、サイクロンによって気体であるガスと固体である乾燥汚泥に分離されます。サイクロンで分離された乾燥汚泥は冷却され、ホッパに一時保留されたのち、有効利用先へと輸送されます。固形燃料となった乾燥汚泥は、セメント工場等で石炭代替燃料として利用されています。製造した乾燥燃料は含水率20%以下となっており、総発熱量は、石炭燃料の約6割です。

汚泥を焼却処理していた時は、市原市が焼却灰の処分費用を負担していましたが、現在は市原バイオサイクル(株)が市原市から乾燥燃料を購入し、セメント工場等に販売しています。

USER REPORT

エネルギーロスを最小限に

設計当初は、既設の汚泥脱水機を使用する予定でした。しかし、汚泥脱水機と離れた場所に下水汚泥固形燃料化施設を建設するため、既設の汚泥脱水機を使用するには、脱水汚泥を約100m搬送する必要があります。含水率の低い脱水汚泥をポンプで運ぶには大きなエネルギーを要し、また将来的にはポンプの維持管理にコストが発生してしまいます。そこで、汚泥脱水機を新設し、汚泥乾燥機の直近に設置することで、送

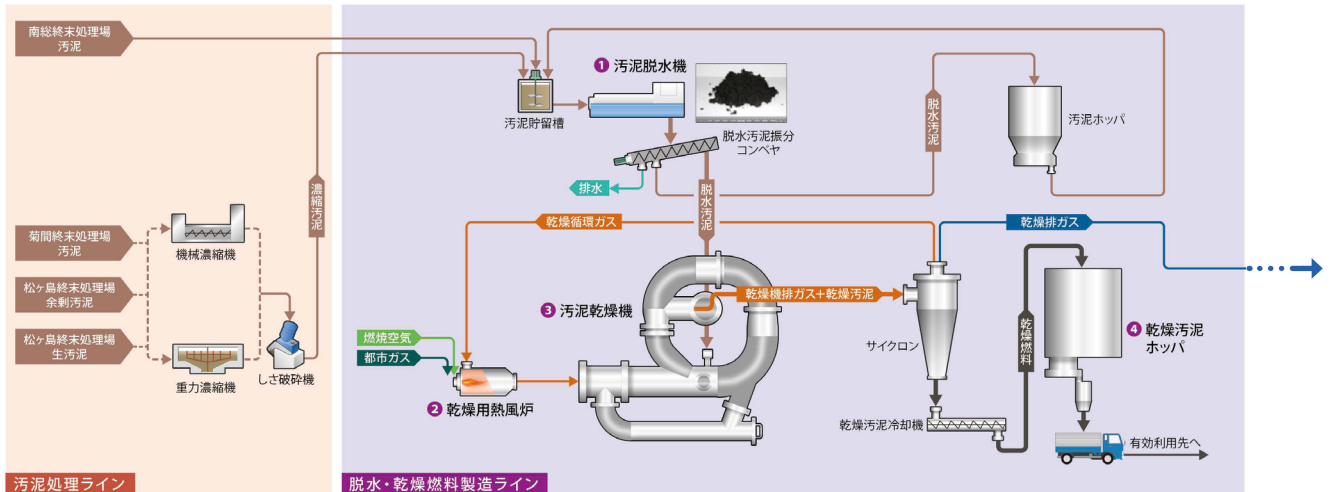


写真-4 左から、固形燃料（含水率20%）、脱水機供給汚泥（濃度3～4%程度）、脱水汚泥（含水率74%程度）

泥にかかるコストを削減しました。

また、円環式気流乾燥機では脱水汚泥を気流に乗せて乾燥させるため、細粒性・低付着性の汚泥であることが求められます。この2つの性質を有した脱水汚泥を製造するため、新設の汚泥脱水機は「低動力型高効率遠心脱水機（機内二液調質型）」としました。脱水機内において、濃縮汚泥に高分子凝集剤を注入することで、さらさらとした汚泥を製造することが可能です。B-DASHプロジェクトにおいて、低動力型高効率遠心脱水機（二液調質型）と円環式気流乾燥機の組み合わせで実証試験が行われており、本施設でも同型の脱水機が新設されました。

本施設で工夫されている点として臭気対策が挙げられます。臭気を伴う排ガスを脱臭炉に送り、臭気成分を燃やすことで臭気を除去しています。さらに脱臭炉からの排熱は、脱臭前のガスを温めたり、乾燥用熱風



炉や脱臭炉での燃焼空気の予熱に使用するなど、施設内を循環させることで、臭気対策だけでなく、省エネルギー化も実現しています。

また、下水汚泥固形燃料が使用されることで、石炭燃料の使用が減少し、その分排出される二酸化炭素の削減にもつながっています。汚泥焼却処理から固形燃料化に変更したこと、下水汚泥固形燃料が石炭燃料の代替使用されること等により、年間6,600tの二酸化炭素を削減できるため、循環型社会の構築に貢献しています。

本事業の実施に当たって、市原市の担当者は「導入可能性調査を行うため、企業に対してアンケートを取るなど、小さな調査からスタートしています。そのため多くの時間を要しましたが、様々な選択肢を検討した上で最適な選択をすることができたと感じています」と振り返ります。

USER REPORT

施設更新へさらなる検討を

市原市の下水道における現在の課題は、施設の老朽化対策です。「施設の更新等は、財政の範囲でしか実施できません。令和4年度末に策定した第2期ストックマネジメント計画をもとに、経営部門と検討を重ねながら使用料改定についても検討を進めていきます」(担当者)。

また、脱炭素に関する取り組みについては、送風機や散気装置など下水処理の根幹を担う設備において優

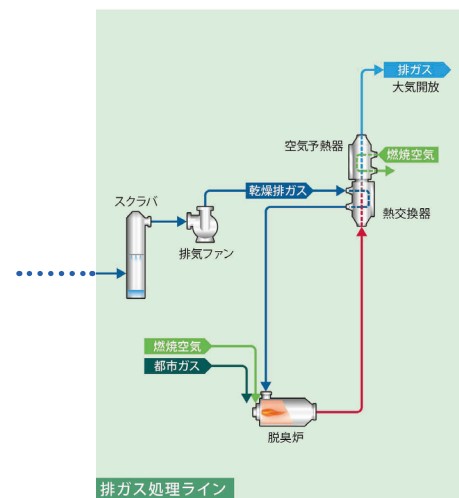


図-2 処理フロー

(汚泥処理ライン, 脱水・乾燥燃料製造ライン, 排ガス処理ライン)

先的に進めていき、温室効果ガス排出量の削減に貢献していくとのことです。

下水道機構では、本施設にも導入されている低動力型高効率遠心脱水機に関する共同研究を実施し、「低動力型高効率遠心脱水機技術マニュアル」を平成29年に発行しています。共同研究においては、従来の高効率型遠心脱水機と比較して、同等以上の脱水性能、20%以上の消費電力低減、10%以上の省面積の低減を図ることができました。マニュアルでは、脱水機の概要、構造、脱水原理等とともに、導入の際の脱水設備の計画、設計、施工、維持管理の手順、留意点等を取りまとめているので、導入を検討される際の参考としていただけますと幸いです。