事例No.	2310
公表年度	R4
団体の属性	指定都市
団体名	兵庫県神戸市

事例区分	公営企業

タグ	・下水道事業 ・（行政改革）業務の効率化 ・歳入確保

事例種類	GX

事例内容・タイトル

神戸市下水道事業における資源有効利用の取り組み

出典

雑誌「公営企業」先進事例紹介（令和５年２月号）

先進事例紹介



神戸市下水道事業における資源有効利用の取り組み

神戸市建設局下水道部施設課
施設担当係長　大下　靖弘

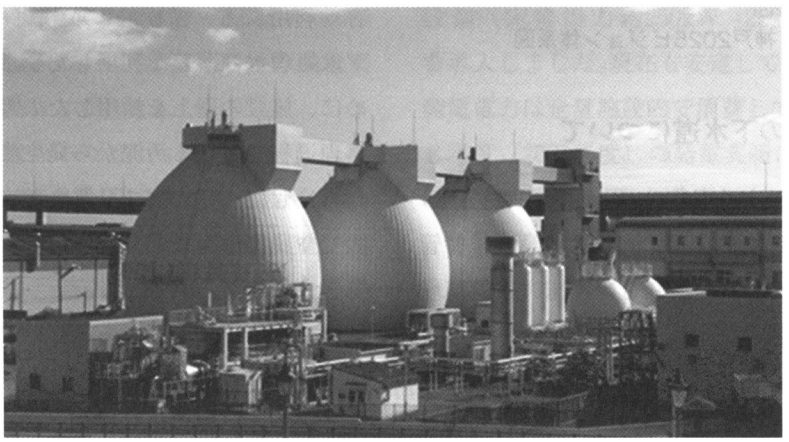


図１　消化タンクと消化ガス精製装置・リン回収設備（東灘処理場）

１．はじめに

神戸市は兵庫県南東部に位置する人口約150万人の都市です。六甲山（標高約931m）を中心とした東西に広がる山地から、大阪湾に向けて広がる傾斜地を特徴とし、自然の良港に恵まれたことで、約30km 離れた大都市大阪の発展とともに、港湾都市として運輸・工業・芸術文化などの産業を中心に栄えてきました。

平成７年（1995年）には阪神淡路大震災により甚大な被害が生じましたが、各地からの様々な支援を受け、行政・市民・事業者が力を合わせて震災復興に取り組み、今日の神戸の街を築いています。

そして、2025年度に向け、目指すまちの姿である「海と山が育むグローバル貢献都市」の実

現を掲げる「神戸2025ビジョン」を策定し、様々な取り組みを実施しているところです（図２）。

ビジョンを推進する基本的な考え方の一つである「環境貢献」について、神戸市下水道事業の取り組みを紹介します。

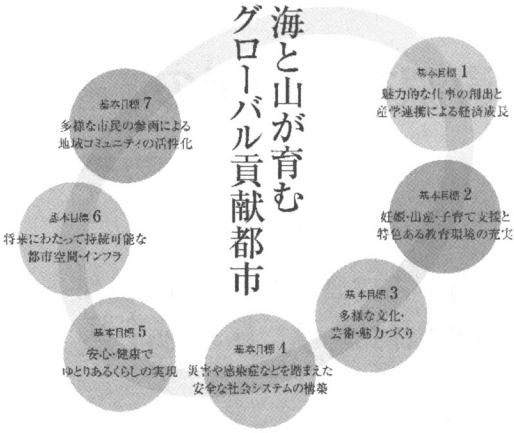


図２　神戸2025ビジョン体系図

２．神戸市の下水道について

本市の公共下水道事業は、昭和26年（1951年）に着手し、これまで70年に渡り、建設・維持管理を続けてきました。令和３年度末（2021年度末）での人口普及率は98.7％（全国平均80.1％）に達し、整備した施設は、汚水管4,098km、雨水管658km、処理場６施設、汚泥焼却場１施設などとなっています。

市独自の取り組みとして、「ネットワーク汚水幹線」があります（図３）。これは、阪神淡路大震災で東灘処理場（東灘区魚崎南町）が100日間機能停止した経験から考案したもので、複数の処理場を地下深くで大口径汚水管により接続し、災害時には水位差で汚水を送るシステムとなっています（図４）。これにより、大規模災害におけるリスクにも対応できるようになりました。

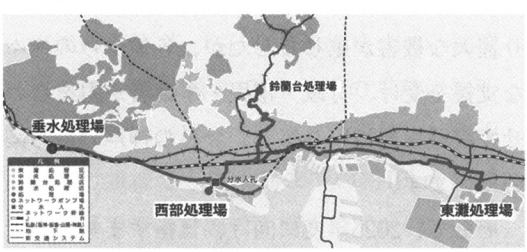


図３　ネットワーク汚水幹線

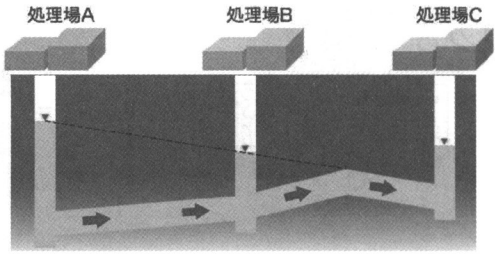


図４　送水イメージ

震災以後、下水道の持つエネルギーや資源の有効利用にも、積極的に取り組んできました。下水処理水の落差を利用した小水力発電を手始めに、施設の屋上を活用した太陽光発電、下水処理過程で生じる汚泥から発生する消化ガスを燃料にしたバイオマス発電など、固定価格買取制度や民間活力なども取り入れて設備を整備してきました。

消化ガスの成分のうち発電の燃料となるのは約60％を占めるメタンです。消化ガスを精製し、メタン濃度を97％以上に高めたものを「こうべバイオガス」と呼び、発電のほか天然ガス自動車の燃料や、都市ガスの原料として活用しています。

消化ガスの有効利用に加えて、日本では希少鉱物であるリンの回収も行っています。下水汚泥に含まれるリンを、高純度の結晶として抽出することに成功し、肥料の原料として活用しています。

３．これまでの取り組み

(1)　小水力発電

平成13年（2001年）、六甲山系の山あいにあ

る鈴蘭台処理場（兵庫区烏原町：標高約140m）から、約３km離れた兵庫区松本地区のせせらぎへ、高度処理水の送水が始まりました。この事業は、震災による火災の教訓を元に作られた水路に処理水を供給するものです。

送水のルート上にある湊川ポンプ場（雨水ポンプ場）において、有効落差65mで流れてくる処理水のエネルギーを利用した小水力発電設備（定格出力85kW）を建設しました。発電した電気はポンプ場内で使用し、余剰分は電力会社に売却するシステムで、当時の最新技術である系統連系装置なども導入しました。

老朽化が進んだため、令和２年（2020年）に設備更新（定格出力 約50kW）を行いました（図５）。更新後の設備では、電気は全量を固定価格買取制度で売却しています（～令和５年(2023年）まで）。令和３年度（2021年度）の発電実績は、402千kWhとなりました。

(2) 太陽光発電

平成15年（2003年）、玉津処理場（西区森友）の送風機棟の屋上に太陽光発電設備（定格出力約50kW（125W×400枚））を導入しました。発電した電力は全量施設内で消費していましたが、パワーコンディショナの故障で機能停止しており、令和５年度（2023年度）に改修する予定です。令和元年度（2019年度）の発電実績は、59千kWhとなりました。

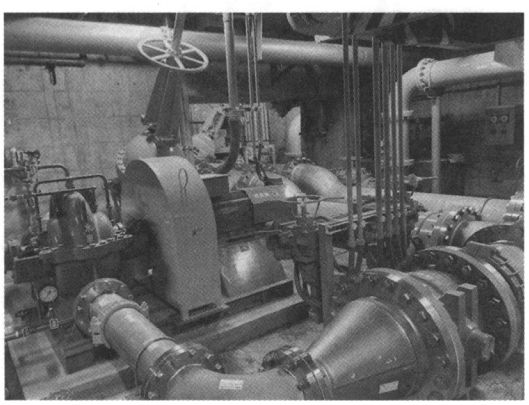


図５　小水力発電設備（湊川ポンプ場）



図６　太陽光発電設備（垂水処理場）

平成25年（2013年）２月には、垂水処理場（垂水区平磯）の分場水処理棟の屋上に太陽光発電設備（定格出力約250kW（250W×1,001枚））を導入しました。現在も安定して発電しており、発電電力は全量施設内で消費しています。令和３年度（2021年度）の発電実績は、326千kWhとなりました。

平成26年（2014年）には、垂水処理場の東系水処理棟の屋上に「こうべWエコ発電プロジェクト」としてメガソーラー太陽光発電設備（定格出力約2,000kW（245W×7,980枚））を導入しました（図６）。このプロジェクトは、民間事業者と神戸市との公民連携による「共同事業」として太陽光発電と消化ガス発電を一体的に運営するもので、本市が空間と資源（こうべバイオガス）を提供し、事業者は民間資金を活用して発電設備の建設から維持管理までを行うものです（消化ガス発電については、後述）。広大な敷地とバイオガスを一度に提供できる本市の強みと、設備調達能力、事業運営ノウハウといった民間事業者の強み、これら双方の強みを生かすことで、市が直接、発電・売電するよりも事

業性を高めています。発電した電気は、民間事業者が固定価格買取制度で売却しています。令和３年度（2021年度）の発電実績は、2,550千kWhとなりました。

⑶　消化ガス発電

下水処理で発生する汚泥を消化する過程で、メタンを約60%含んだ消化ガスが発生します。この消化ガスは、発生熱量が低く、シロキサンなどの不純物を含んでおり、利用用途が限られていました。「こうべバイオガス」に精製することで、メタン濃度を97%以上に高めると共に、不純物も除去できるため、消化ガス発電でも利用しやすくなりました。さらに、発電の際に発生するエンジンの廃熱も汚泥消化に必要な熱源として利用しています。

平成23年度（2011年度）に垂水処理場で、消化ガス発電設備（出力約660kW）を導入しました（図７）。発電した電気は処理場内で消費されるため、電気料金の削減に寄与しています。令和３年度（2021年度）の発電実績は、2,822千kWhとなりました。

同じ垂水処理場において、平成26年度（2014年度）、「こうべWエコ発電プロジェクト」として、前述の太陽光発電と合わせて、民間による消化ガス発電設備（出力：約350kW、25kW×14台）が導入されました。事業者は「こうべバイオガス」で発電した電気を、固定価格買取制度で売却しています。令和３年度（2021年度）の発電実績は約2,489千kWhとなりました。

平成28年度（2016年度）には西部処理場（長田区駒栄町）で消化ガス発電設備（出力：約600kW、25kW×24台）を導入しました（図８）。令和３年度（2021年度）の発電実績は4,434千kWhとなりました。

平成30年度（2018年度）より、民間事業者が発電設備の建設、維持管理を行う発電事業を玉津処理場で開始しました。消化ガス発電機（出力：約450kW、25kW×18台）で発電し、電気は固定価格買取制度で売却しています。令和３年度（2021年度）の発電実績は、約3,368千kWhとなりました。

⑷　エコステーション

平成20年度（2008年度）、東灘処理場において、「こうべバイオガスステーション」が供用開始しました（図９）。これは、国土交通省の「新世代下水道支援事業」を活用して施設整備したもので、前述の「こうべバイオガス」を、市内を走る天然ガス自動車に、燃料として供給する

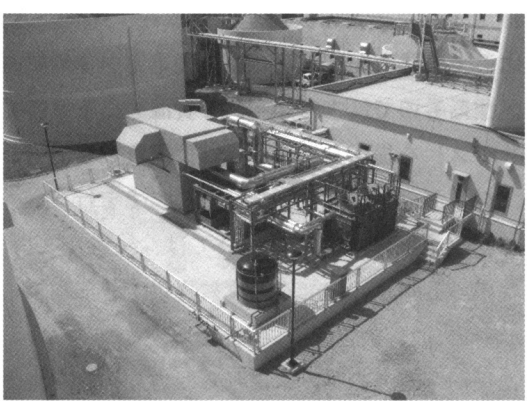


図７　消化ガス発電設備（垂水処理場）

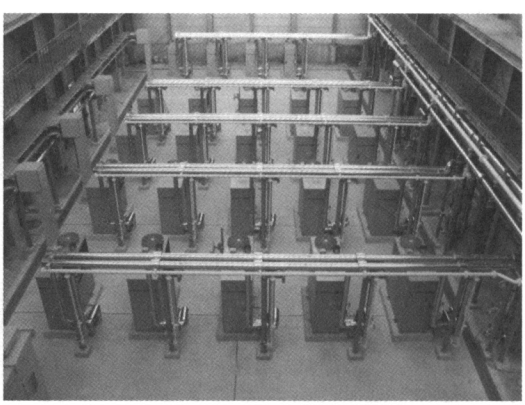


図８　消化ガス発電設備（西部処理場）

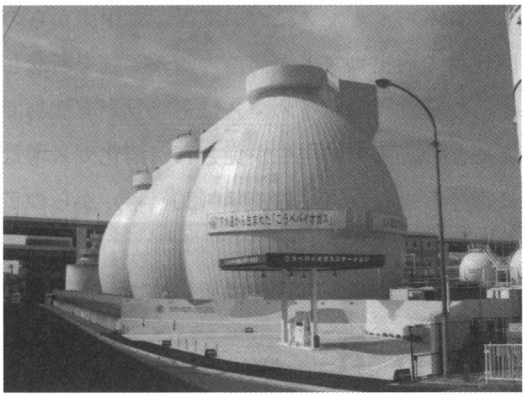


図９　こうべバイオガスステーション（東灘処理場）

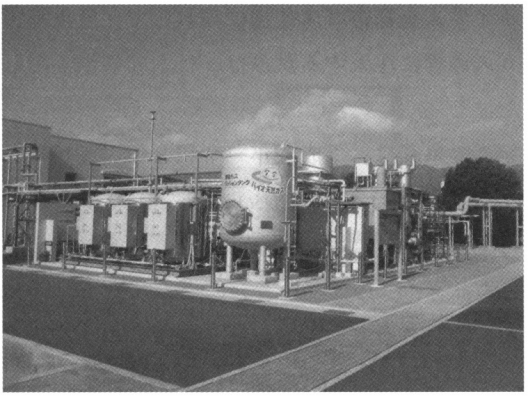


図10　導管注入設備（東灘処理場）

ものです。

処理場で発生する汚泥を運搬するトラックや、市バス、宅配車など、広く利用されていましたが、最近は天然ガス車の台数が減少しており、供給ガス量も減ってきています。

令和３年度（2021年度）では、供給ガス量は120千N m^3、延台数では4,906台に充填しました。

⑸　都市ガス導管注入事業

経済産業省の「バイオマス等未活用エネルギー実証試験補助金」の採択を受けて、平成22年10月、都市ガス事業者、事業運営業者と本市の３者共同で、10年間の「バイオガス都市ガス導管注入実証事業」を開始しました（図10）。

この事業は、神戸市が原料となるこうべバイオガスを事業運営業者に販売し、事業運営業者が都市ガス仕様に調整するとともにガス導管に注入し、都市ガス事業者が調整されたガスを買い取る事業でした（図11）。下水汚泥由来のバ

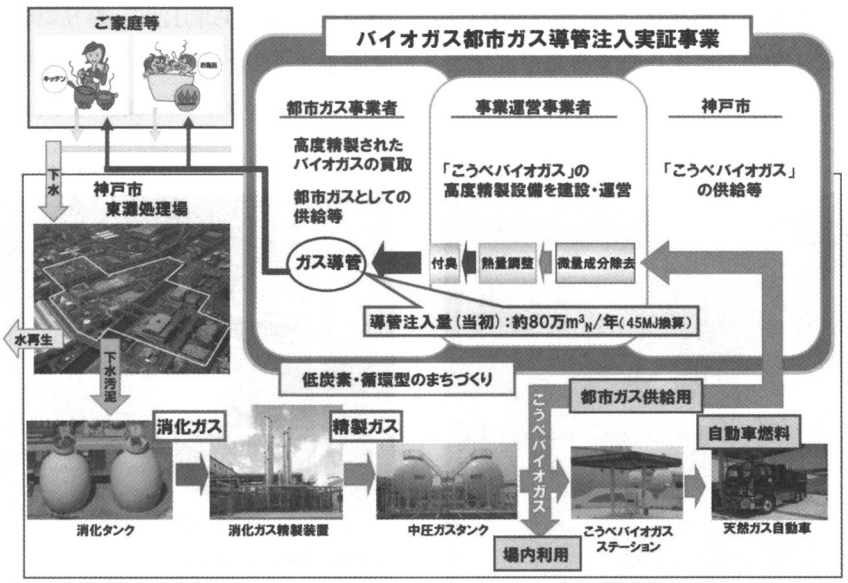


図11　バイオガス都市ガス導管注入実証事業（東灘処理場）

イオガスを都市ガス仕様に精製して、直接都市ガス導管に注入する試みは、日本初の試みでした。

この事業は、平成22年～令和３年（2010年～2021年）まで実施していました。令和３年度（2021年度）には、780千 Sm^3のガスを注入しました。

⑹ KOBE グリーン・スイーツプロジェクト

平成23年度（2011年度）に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）に採用され、東灘処理場にて事業を開始しました。事業名の「グリーン」とは、六甲山系の間伐材や公園・街路樹の剪定枝等の木質系バイオマスを指し、「スイーツ」とは神戸市特産の菓子類等の食品系バイオマスを意味しています。これらのバイオマスを下水汚泥と共に処理することにより、消化ガス発生量の増量を目指しました（図12）。

平成24年度（2012年度）には設備が稼働し、バイオガスの増加が実現しました。B -DASH プロジェクトは平成24年度末（2012年度末）に終了しましたが、その後も関係事業者と協力し、令和２年度末（2020年度末）まで事業を継続しました。

木質系バイオマスについては、六甲山からの間伐材の搬出コストが高く、受入継続を断念しました。食品系バイオマスは主成分が有機物であるため、ガスの発生が促され、消化ガス増量に寄与しました（平成26年（2014年）からの７年間での計算値として約2.3％増加）。

バイオマス受入設備の老朽化により本事業は一旦終了しましたが、今後、民間活力を導入して地域バイオマス受入事業を再開する予定です。

⑺ KOBE ハーベスト（大収穫）プロジェクト

下水道に含まれるリンを回収し、肥料として有効活用する取り組みを行っています。

平成24年度（2012年度）に「神戸市東灘処理場　栄養塩除去と資源再生（リン）革新的技術実証事業―KOBE ハーベスト（大収穫）プロジェクト―」という B-DASH プロジェクトにより、東灘処理場にリン回収設備（設備面積：約600m^2）を建設しました（図13）。このリン回収設備はリン濃度の高い消化汚泥から直接リンを回収し、１日（８時間運転）あたり約80m^3の消化汚泥から約120kg のリンを回収できます。

本プロジェクトの一環として、回収したリン



図12　バイオマス受入設備（東灘処理場）

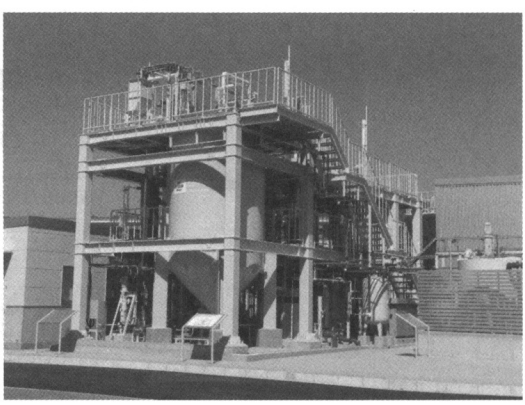


図13　リン回収設備（東灘処理場）

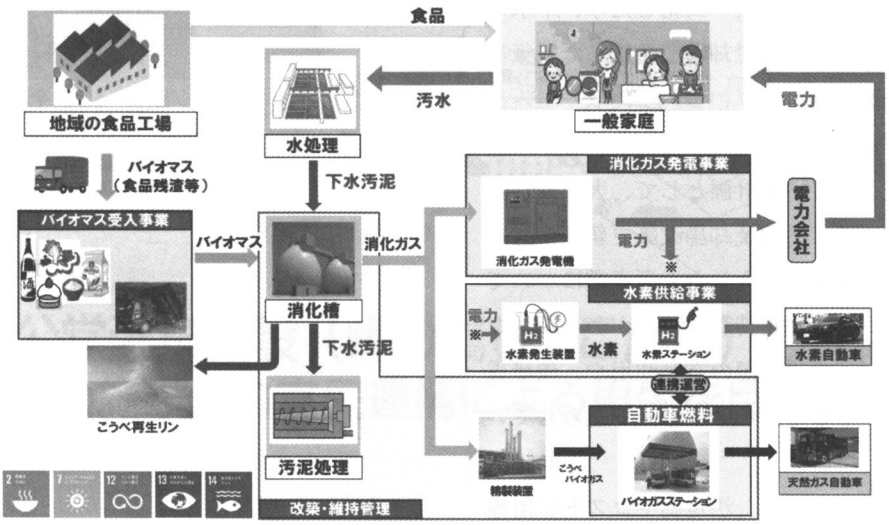


図14　事業構成（下水道×有効利用× SDGs）

に「こうべ再生リン」と名付け、市内農村地域へ還元する取り組みを行っています。地元のブランド野菜に活用される「こうべハーベスト10-6-6-2」や、市立小学校の給食米に活用される「こうべハーベスト水稲一発型」など、こうべ再生リンの配合肥料を商品化し、さらに令和３年度（2021年度）からは、こうべ再生リンの事業者向け一般販売を開始しました。この結果、令和３年度（2021年度）のこうべ再生リン販売量は約25t となりました。

４．最新の取り組み

令和４年（2022年）11月18日、東灘処理場にて「汚泥処理施設改築更新等事業」の契約を締結しました。この事業は、①汚泥脱水設備等の段階的改築更新、②脱炭素社会に寄与する新たな再生可能エネルギーの有効利用、③脱炭素等の相乗効果が期待できる地域バイオマス受入の事業化とそれらの維持管理及び運営も併せて行うことによる「汚泥処理の最適化」、「汚泥処理コスト縮減」を目指すものです。

特に新たな再生可能エネルギーの有効利用については、東灘処理場で過去に行ってきた「都市ガス導管注入事業」に代わる有効利用事業として、「消化ガス発電事業」を計画しています（図14）。この「消化ガス発電事業」は、民間の活力を導入して実施します。これは神戸市が事業者に対し消化ガスを発電機の燃料として売却し、事業者は固定価格買取制度を利用した20年間の発電事業を行うものであり、事業規模としては1,600kW（800kW × ２台）、年間約8,739千kWh の発電を見込んでいます。

また隣接するこうべバイオガスステーションにて「水素供給事業」も合わせて計画しており、前述の発電事業から得られるグリーン電力の一部を用いて水の電気分解で水素（グリーン水素）を製造させ、日当たり水素自動車（乗用車）１台分程度の供給を見込んでいます。

５．おわりに

神戸市下水道事業での主な事例を紹介してきました。他にも、汚泥焼却場の廃熱を民間が運

営する住宅温水供給事業へ供給したり、下水ではありませんが、ごみ焼却場で発電した電気を下水処理場へ送電したり、といった取り組みも行っています。

今後予定されている計画として、大規模水処理施設の竣工や、汚泥焼却場改築更新の検討などが控えています。そうした大型事業についてはもちろん、日々の維持管理にかかわる細かなことも含め、下水道資源の有効利用や、環境貢献としてできることがないか考えを巡らせています。

取り組みの実現には、法規制やコスト、用地など、多くの課題もありますが、様々な制度や民間活力なども含め、持続可能な循環型社会の実現に寄与するため、幅広く検討していきたいと思います。

