

神戸市西水環境センター 垂水処理場

神戸市建設局西水環境センター 垂水処理場（神戸市垂水区平磯 1-1-65）は、2011年4月に下水汚泥を精製したバイオ天然ガスを燃料とするエンジンコージェネレーション（以下、CGS）を導入した。

今回、ACEJ 主催「神戸地区 減災・BCP セミナー」に際して、垂水処理場の見学に同行したので報告する。

1. 垂水処理場の概要

垂水処理場は神戸市に6箇所ある下水処理場の1つであり、神戸市西部地域と中央地域の一部の下水を処理している。同処理場は神戸市西部の大阪湾に面した東西に延びた埋立地であり、垂水区など神戸市西部地域の下水を処理する「本場1系・2系」「分場」と、中央区など中央地域の下水の一部を処理する「東水処理施設」の3施設から構成されている。図-1に敷地平面図を、表-1に施設概要を示す。



図 - 1 施設平面図 (*1)

神戸市は各処理場において消化ガスの有効利用を積極的に行っている。特に今回取材した垂水処理場においては、消化ガスをメタン濃度98%以上の「バイオ天然ガス」に精製し、それを利用して発電し、発電に伴って発生した熱とともに場内で利用している。

表 - 1 施設概要 (*2)

| 項目 | 本場*・分場** | 東水処理施設 |
|--------|---------------------------|-------------------------------|
| 敷地面積 | 38.9 ha | |
| 計画処理人口 | 350,900 人 | |
| 計画処理能力 | 235,000 m ³ /日 | |
| 処理区域 | 垂水区全域、須磨区・西区の一部 | 中央処理区の一部をネットワークシステムにより送水 |
| 運転開始 | 1983年11月*1974年8月** | 2011年5月 |
| 処理方法 | 標準活性汚泥法 | 凝集剤併用型ステップ流入式 多段硝化脱窒法+砂ろ過法 |

なお、東水処理施設は旧中部処理場の廃止に伴い設置され、下水は中央地域から大口径のネッ

トワーク幹線で送られており、神戸市初の凝集剤併用型の3段階高度処理を行っている。

2. 消化バイオガスの発生・精製

濃度 2～3%の生汚泥と約 0.6%の余剰汚泥はそれぞれベルト型濃縮機で 4～5%に濃縮され、汚泥消化タンク (図-2) に送られる。汚泥消化タンクから排出される消化汚泥は、スクリーンプレス型脱水機で脱水され脱水ケーキとなり、最終的には焼却されて埋め立て処分される。

表-2 精製前後の組成の変化 (*2)

| 性状 | 単位 | 消化ガス (脱硫前) | 精製ガス | 都市ガス 12A (例) | 都市ガス 13A (例) |
|--------|----------------------|---------------|---------|-----------------|-----------------|
| メタン | % | 59.7 | 96.2 | 89.5 | 86.9 |
| エタン | % | 0 | 0 | 1.6 | 6.8 |
| プロパン | % | 0 | 0 | 1.8 | 3.1 |
| ブタン | % | 0 | 0 | 5.4 | 1.2 |
| 二酸化炭素 | % | 37.0 | 0.6 | 0.9 | - |
| 酸素 | % | 0.4 | 0.2 | 0 | - |
| 窒素 | % | 0.8 | 1.0 | 0.2 | - |
| その他 | % | 2.1 | 0 | 0.6 | 0.0 |
| 硫化水素 | ppm | 330.0 | 0.1未満 | 13.0未満 | 13.0未満 |
| シロキサン | mg/Nm ³ | 14.53 | 0.005以下 | - | - |
| 高位発熱量 | MJ/Nm ³ | 23.8 | 39.3 | 43.5 | 44.7 |
| ウォッベ指数 | kcal/Nm ³ | - | 50.4 | 49.2～53.8 | 52.7～57.8 |
| 燃焼速度 | MJ/Nm ³ | - | 34.7 | 34～47 | 35～47 |

この汚泥消化タンクにおいて、汚泥は 40℃の温度に維持され約 20 日間攪拌されることで、汚泥中の有機物は消化ガスと水に分解される。ここで発生する消化ガスを消化ガス精製設備 (図 - 3) で精製して構内で活用している。精製ガスの発生量は流入する下水水量に応じて変動するが、概ね 3,500～4,500m³/日である。精製の過程における組成の推移を表 - 2 に示す。



図 - 2 汚泥消化タンク



図 - 3 消化ガス精製設備等 (左奥)

吸収塔 (高い銀色)、減圧塔 (低い銀色)、
中圧ガスホルダー (萌黄色)

消化ガス精製設備は高圧水吸収法 (図 - 4、次ページ) を採用している。汚泥消化タンクから出た消化ガス (メタン濃度約 60%) は圧縮機で 0.9MPa に昇圧された後、吸収塔 (330m³N/h×2 系列) の下部に導かれる。また、吸収塔上部から水 (下水処理水) が注入される。ここで消化ガス中の二酸化炭素と硫化水素等は溶解度圧力特性によって水に吸収されて、吸収塔上部から得られる精製ガスのメタン濃度は 98%となる。精製されたガスは、中圧ガスホルダー (1,000m³×2 基、0.8MPa) に貯蔵され、付臭後供給されている。

吸収塔ではシロキサンも取り除かれており、ガスエンジンのトラブル防止の観点から有効で、他の施設にはない特長となっている。また中圧ガスホルダー内部には活性炭が充填されており、従来型ガスホルダーに比べて顕著なコンパクト化が図られている。

精製ガスは CGS のみならず、温水ボイラー、管理本館やスポーツガーデンにも導かれて空調、給湯負荷を賅っている。

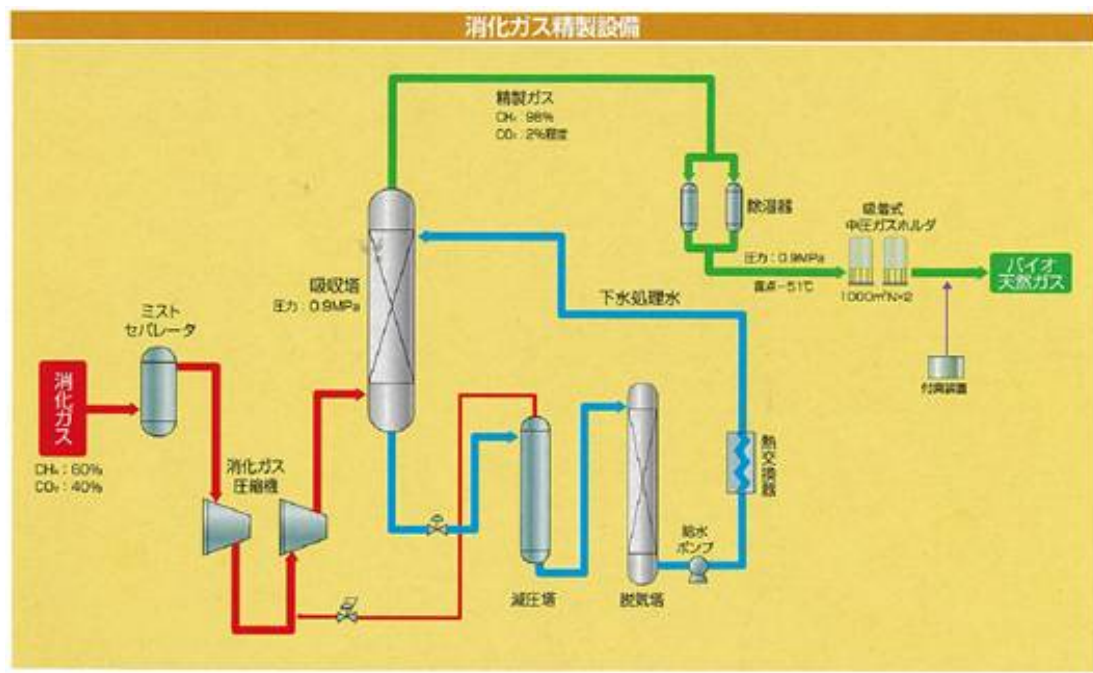


図-4 消化ガス精製設備における高圧水吸収法 (*2)

3. CGS 設備と運用

2011年4月、汚泥消化タンクの更新改築とともに精製ガスを用いる CGS が導入された。機器選定は過去の信頼性実績等をもとに行われた。CGS 機器仕様を表-3 に、CGS 外観を図-6 に、CGS 筐体内部を図-7 に示す。CGS の熱バランスは、燃料消費が 1,975kW(100%) に対し、電力 660kW (33.4%)、排ガス回収 386kW (19.5%)、ジャケット水 536kW (27.1%) である。

CGS は 24 時間連続運転で、供用開始後順調に推移している。CGS で発した電力は系統連系され、一般商用電力と併せて構内で消費される。年間発電量は約 5,500MWh で、垂水処理場構内消費電力の約 20~25% に相当する。消化ガスに関連するシステムフローを図-8 に示す。エンジンは運転時間 2,000 時間ごとに約 1 日、6,000 時間、8,000 時間ごとに、それぞれ約 3 日、10,000 時間ごとに約 10 日のメンテナンスを行う。

表-3 CGS 機器仕様

| 項目 | 仕様 |
|---------|--|
| パッケージャー | JFE エンジニアリング |
| エンジン製造 | Dresser Waukesha |
| 機種 | P48GLD |
| 形式 | 水冷 16 気筒火花点火式 |
| 定格発電量 | 660kW (825kVA) |
| 定格排熱量 | 922kW |
| 使用燃料 | 精製ガス (メタン濃度 97%、低位発熱量 34.8MJ/Nm ³) |
| 燃料消費量 | 204Nm ³ /h |



図 - 6 CGS 外観



図 - 7 CGS 筐体内部

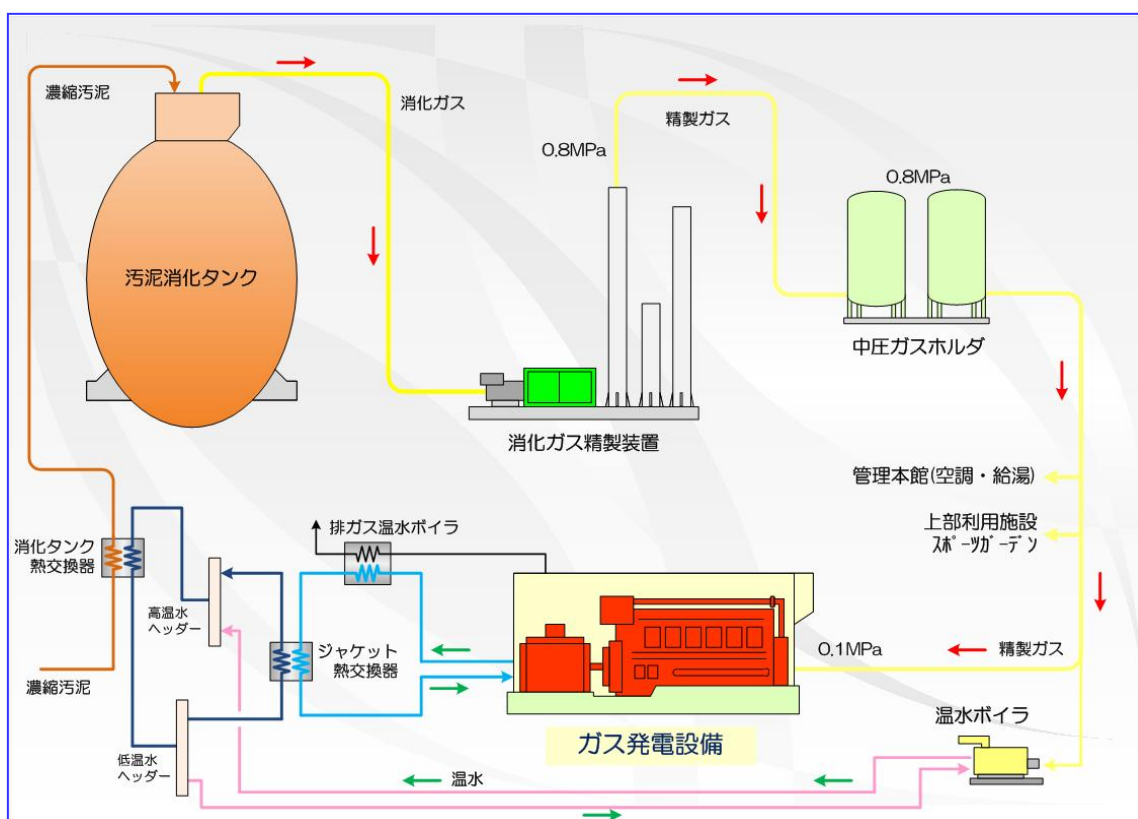


図 - 8 消化ガス発電フロー (*3)

4. その他

ネットワークポンプ棟 (図-9) は、地下約 40m にある下水ネットワーク幹線に接続しており、中央地域から受け入れた下水を地上まで汲み上げている。東水処理施設 (図-10) は東西延長が約 350m もあり、生物反応槽では 3 段にステップ流入させ、嫌気槽と好気槽を交互に通過させることで効率よく窒素除去を行っている。



図-9 ネットワークポンプ棟



図-10 東水処理施設

謝 辞

地区セミナーのご案内に加えて、本 NEWS 作成にご協力いただいた神戸市建設局西水環境センター 管理課 水環境係 主幹 久保田一郎様、施設係 主査 芝山卓志様をはじめ皆様に感謝申し上げます。

- (*1)パンフレット「垂水下水処理場」(神戸市建設局)
- (*2)パンフレット「垂水処理場 バイオ天然ガス活用設備」
- (*3)説明資料「垂水処理場 バイオ天然ガス発電設備について」