

伊勢崎浄化センターにおける小水力の取り組み

Case study on Small Hydro Power Plant in Ise-saki Clarification Center

高草木俊行*

1. はじめに

伊勢崎市は群馬県中央南部に位置し、人口は約20万人であり、県人口の1割程度を占めている。伊勢崎浄化センター（以下、「当施設」という）は2011（平成23）年2月に小水力発電設備を導入したため、自治体の取り組みの一例として紹介する。

2. 伊勢崎浄化センターについて

当施設は伊勢崎市の中央南部に位置し、公共下水道の終末処理施設として設置されている。排除方式は分流式、処理方式は標準活性汚泥法、放流先は広瀬川（一級河川）、処理開始は1977（昭和52）年10月である。

当施設の平面図を図1に示す。また、処理の流れは概ね次のとおりである。

① 水処理

下水流入⇒沈砂池⇒最初沈殿池⇒反応タンク（エアレーションタンク）⇒最終沈殿池⇒滅菌池（塩素消毒）⇒河川放流

② 汚泥処理

下水流入⇒最初沈殿池／最終沈殿池⇒濃縮槽／濃縮機⇒消化槽⇒脱水機⇒ホッパ⇒搬出（産業廃棄物処理）

3. 伊勢崎浄化センターの再生可能エネルギー利用の取り組み

当施設では再生可能エネルギーの利用として、小水力発電と消化ガス発電（バイオマス発電）を行っている。小水力発電は「4. 小水力発電システムの概要」で述べるため、ここでは消化ガス発電システムの概要について述べる。

消化ガス発電は、汚泥処理の過程で消化槽に集められた濃縮汚泥を、約20日間、36～38℃程度（中温発酵）で嫌気状態に保持し、微生物によるメタン発酵を促進させ、発生するメタンを主成分（60～

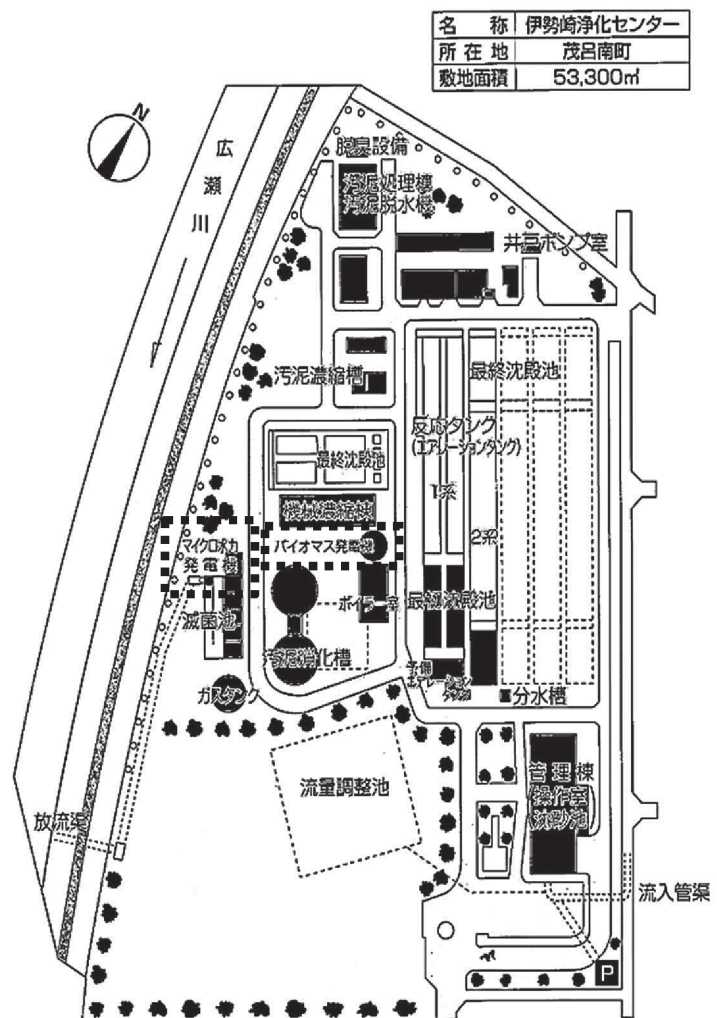


図1 伊勢崎浄化センター平面図

* 伊勢崎市上下水道局下水道施設課 伊勢崎浄化センター 主査

70%程度) とする消化ガスを燃料として発電するシステムである。

発電機は気体燃料を燃焼できるガスタービン発電機やガスエンジン発電機が使用される。当施設も2019(平成31)年2月に発電出力50kWのガスエンジン発電機を2基導入し、常用発電を行っている。発電した電力は場内負荷に供給するオンサイト利用となっている。

エンジン排ガスの排熱は消化槽汚泥と熱交換し、メタン発酵の促進に利用している。なお、発電機に消化ガスを供給する前に、有害成分である硫化水素



写真1 消化ガス発電機外観

やシロキサン(シロキサン)の除去が必須となる。

また、当施設では最初に消化ガス発電機としてマイクロガスタービン(発電出力30kW×1基)を2004(平成16)年12月に導入した経緯があり、現在の発電機は2代目となる。

写真1に発電機外観を示す。

4. 小水力発電システムの概要

次に、小水力発電システムの概要について述べる。

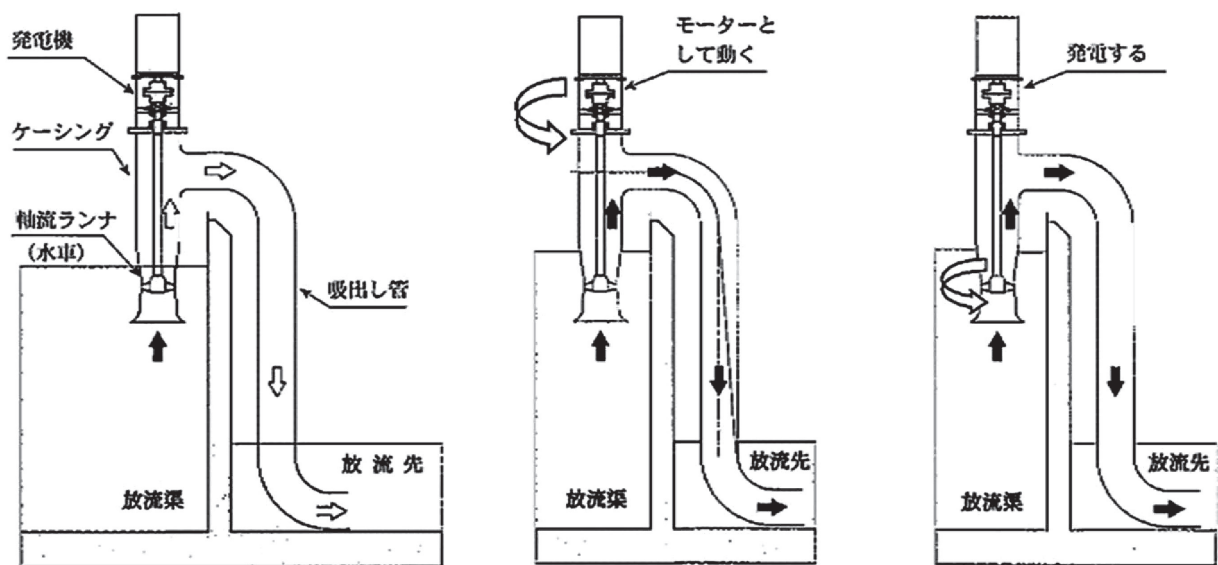
当施設の小水力発電は、下水処理水の放流口の有効落差1.2mを利用して、導入は2011(平成23)年2月であり、仕様は次のとおりである。

- ・水車：サイフォン式縦軸水車(ポンプ逆転水車)
- ・最大出力(定格出力)：1.57kW
- ・最大使用水量：0.22m³/s
- ・電圧：AC202V
- ・発電機：三相同期発電機

小水力発電は、発電機の出力規模により概ね100kW以下をマイクロ水力、1,000kW以下をミニ水力、10,000kW以下を小水力として分類がなされている。これにより、当施設ではマイクロ水力発電となる。

なお、消化ガス発電システムと同様、発電した電力は全量を場内負荷に供給するオンサイト利用を行っている。太陽光発電システムでも採用されてい

〈マイクロ水力発電設備のサイフォン自己形成図〉



サイフォン形成前 → サイフォン形成中 → サイフォン形成後

図2 サイフォンの原理図

るパワーコンディショナーを使用し、系統連系している。施設から電力会社の配電系統に逆潮流は行っていないが、施設内の主幹ライン（主回路）に接続しているため、系統連系と称している。

写真2に発電機外観を、図2にサイフォンの原理を示す。

本発電システムは、放流口のわずかな落差でも発電可能な「サイフォン式」が導入されていることが特徴である。サイフォンが形成され、配管内が充水されると内部が真空となり、放流先に処理水が「引っ張られる」ことで、連続的に流れが形成され、発電が継続可能となる。

5. 実績・効果と問題点

次に直近3年間の実績を示す。

なお、平均発電出力は発電量を稼働時間で除した値を、発電率（設備利用率に相当）は平均発電出力を定格出力で除した値である。当施設の小水力発電システムは、河川や用水路への設置と異なり、木の枝や枯れ葉等の異物の流入がほとんどなく、詰まりによる水車・発電機の故障停止のリスクが低く、比較的稼働率が高いと考えられる（表1の直近3年間の平均稼働時間は約5,913hであり、年間8,760hに対し68%程度の稼働率である）。

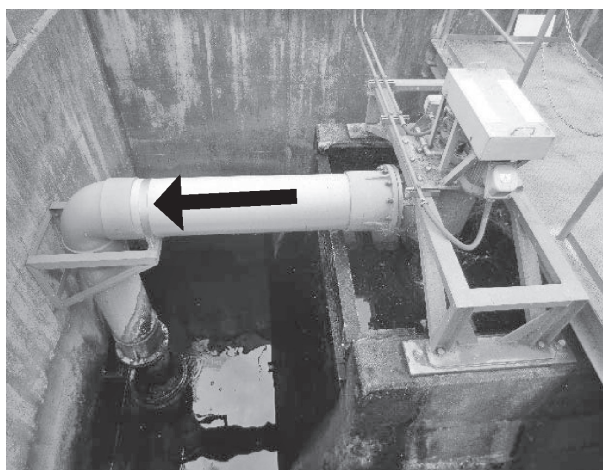


写真2 マイクロ水力発電機外観

表1 発電量等実績

年度	発電量 (kWh)	稼働時間(h)	平均発電出力(kW)	発電率(%)
H29	5875.4	6089.7	0.96	61%
H30	5942.4	6065.0	0.98	62%
H31/R1	4894.4	5584.7	0.88	56%

また、発電によりどの程度電力量購入費用の削減効果があったのか表1の実績から試算したが、結果は年間平均約10万円強であった。設置工事費用を考慮すると、工事費用の回収は大雑把に300年前後となる。

このため、未利用のエネルギーを用い、環境負荷を低減する効果はあるが、問題点として、小水力発電では本ケースのようにコストパフォーマンスが必ずしも良くない場合がある。費用対効果を重視する場合は導入が困難であり、普及の足かせとなることが懸念される。

また、コンバータとパワーコンディショナーを使用しているため、発電機で交流発電後にコンバータで交直変換、その後さらにパワーコンディショナー内のインバータで直交変換を行っているため、変換ロスが生じる。このため、発電率が60%前後と低い状況にある。

6. トラブル事例と対策

放流量（処理水量）が所定流量に満たないと流量不足で発電停止となる。他方、下水流量が増加し連動して放流量が増加しすぎると、水車が設置されている放流渠をオーバーフローしサイフォン吸出し管を經由せず直接放流される。この場合、発電量が低下する場合があるが、一時的に放流渠と放流先の水位差が低減することで、有効落差が若干低減するためと考えられる。

また、系統異常（不足電圧・周波数低下等）ではパワーコンディショナーの保護装置により解列され、発電停止となる。商用電源が停電すると、消化ガス発電機やマイクロ水力発電機は系統から解列され、施設内は別置の非常用発電機により電力が供給されることとなる。

当施設では機器本体の経年劣化によるトラブルはほとんど生じていないが、下水流量や電力系統による外乱の影響による発電停止は比較的生じている。

このため、外乱による一時的な発電停止は避けられないが、発電停止の長期化を防止する対策として、運転監視を強化し発電停止が生じた場合に、極力早めに手動復帰操作を行うこと等が考えられる。

7. おわりに

自治体の取り組みとして当施設の事例を紹介したが、本稿が小水力発電システムの一例として参考になれば幸いである。

なお、当施設では別に流域下水道処理施設も1施設管理をしており、そこでは太陽光発電（2015〔平成27〕年8月に導入された発電出力50kW未満〔49.5kW〕の一般用電気工作物であり、交流210Vで系

統連系し全量を配電線へ送電している）を行っている。このため、小規模ながら消化ガス発電・小水力発電・太陽光発電設備を有しており、若干ではあるが環境負荷の低減に貢献していると考える。