

現地レポート：持続可能な社会に向けた下水道の進化の最前線

# 中川水循環センターの汚泥消化・バイオガス発電システム導入

水橋正典・大島 智・井村俊彦・小池晃弘

## 1. 埼玉県流下流域下水道事業

### 1.1 中川水循環センターの概要

埼玉県下水道局では現在8つの流域下水道事業を行っており、9つの水循環センターで埼玉県の47市町を対象に人口のおよそ75%にあたる約560万人の下水を処理している。このうち3つの水循環センターの規模は全国の流域下水道でトップ3を占めており、今回、消化設備を導入した中川水循環センターは流域下水道として全国3番目の規模の下水処理場である（図-1）。

中川水循環センターは三郷市内にあり、埼玉県南東部の15市町を対象に約140万人の下水を処理している。1日の処理水量は約61万m<sup>3</sup>である。1983年に供用を開始し、今年で40年目を迎えている（図-2）。



図-1 埼玉県の流域下水道の概要

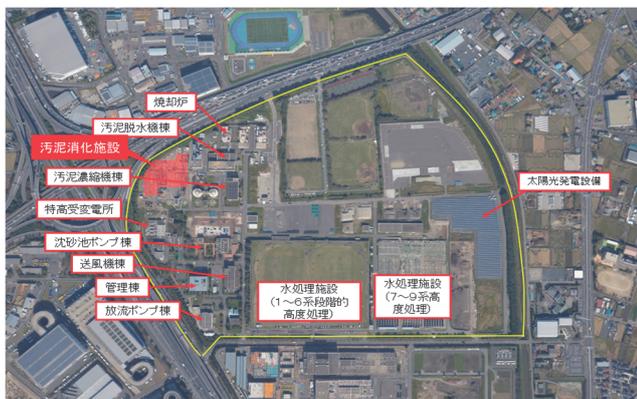


図-2 中川水循環センター航空写真

### 1.2 埼玉県下水道局の温暖化対策

下水処理によって排出される温室効果ガスは、水処理や汚泥処理において多くの電力・燃料を使用することによる二酸化炭素の排出だけでなく、水処理の過程や汚泥を焼却することで発生する一酸化二窒素やメタンといったガスも排出される。2021年度の下水道局の温室効果ガス排出量は約26.1万t-CO<sub>2</sub>/年で、埼玉県庁全体の排出量に占める割合は56%であった。

埼玉県下水道局では2030年度の温室効果ガス排出量を2013年度比で46%以上削減する目標をSAITAMA下水道GXプラン（埼玉県流域下水道地球温暖化対策実行計画）<sup>1)</sup>で掲げており、2013年度の32.6万t-CO<sub>2</sub>/年から2030年度には17.6万t-CO<sub>2</sub>/年まで削減していく必要がある。また、埼玉県では独自の温暖化対策として目標設定型排出量取引制度を導入しており、年間エネルギー使用量が重油換算で1,500kL以上の事業所は5年ごとの削減目標が設定されている。

そのため、埼玉県下水道局は温室効果ガスの削減対策を推進しており、これまで大きく二つの対策を実施してきた。一つは水処理工程に微細な空気を送ることで効果的に処理水に取り入れて、送風量を減らすことができる超微細散気装置を導入し電気使用量を削減してきた。もう一つは汚泥処理工程での焼却温度を800℃から850℃に変更することで、焼却時に発生する一酸化二窒素を削減することができる高温焼却である。

これらの対策だけでは目標達成が困難であるため、さらなる温室効果ガス排出量の削減に向け、焼却する汚泥量の減容化や、利用できていない下水エネルギーの活用などの新たな取組が必要となった。

本報では、新たな取組として汚泥消化・バイオガス発電システムを導入するまでの検討内容や同システムについて紹介する。

## 2. 汚泥消化・バイオガス発電システム導入の検討

埼玉県流域下水道の水循環センターは昭和40年代から順次処理を開始してきたが、老朽化した設備は水処理が滞ることが無いよう順次計画的に更新を行っている。

下水汚泥については資源としての活用可能性が以前から注目されており、本県でも汚泥処理施設の更新・改築時期を迎えるにあたっては、汚泥エネルギーの有効活用を図ることができる施設に更新できるよう検討してきた。

バイオマス発電事業については、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下「FIT」という。）の対象となったことから、汚泥エネルギーの有効な活用方法のひとつとして全国的にも多く導入されている。FITを利用した取組は、未利用エネルギーの有効利用、焼却汚泥量の減少による温室効果ガスの削減といった効果に加え、発電に関連する収益が確保できるという効果も期待できる。

そこで、汚泥処理施設の更新時期となった中川水循環センターにおいて、従来からの設備を単純更新する場合と消化タンクを設置する場合を比較したところ、減価償却費、維持管理費を含めた年間の総コストには大きな差はなく、さらに以下のようなメリットが認められたことから汚泥消化・バイオガス発電事業を導入することとした。

- ・汚泥量が減量でき、その焼却に伴う温室効果ガスの削減効果が高い。
- ・汚泥量の減量により、将来的に焼却炉のダウンサイジングが可能となる。
- ・発生する消化ガスを燃料として活用するとともに発電事業者へ売却することで収益が得られる。

## 3. 中川水循環センターにおける汚泥消化・バイオガス発電システム

### 3.1 汚泥消化・バイオガス発電システムの概要

汚泥消化・バイオガス発電システムは、消化設備と発電設備から構成されている（図-3）。

消化設備では水処理で発生した汚泥を消化タンクに導入し、微生物による分解を行いメタンガスを主成分とするバイオガスを発生させるとともに汚泥を減容化している。バイオガスには有毒なガ

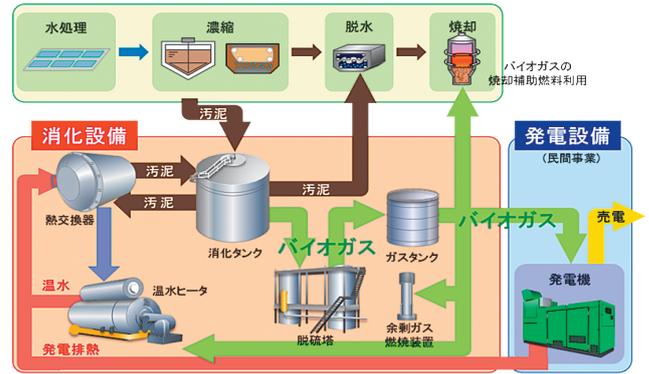
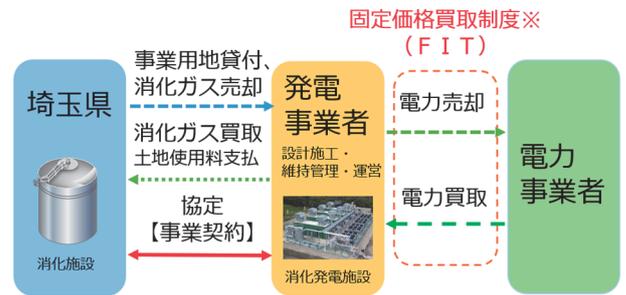


図-3 システム概要



※再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束する制度

図-4 事業スキーム

スである硫化水素が含まれているため、脱硫酸処理を行ってからガスタンクで貯留している。

発電設備ではバイオガスの一部を利用して発電しており、発電された電気はFITで売電している。

バイオガスは発電以外にも従来、焼却炉で燃料として使用していた都市ガスの代替ガスとして利用している。また、消化タンクの加温のための温水ヒーターの燃料としても利用することができる。さらに、発電過程で発生した余熱についても消化タンクの加温に有効活用しており、バイオガスの熱量を最大限利用するシステムとなっている。

### 3.2 汚泥消化・バイオガス発電事業のスキーム

本事業では消化設備を埼玉県が設置・運営し、発電設備を民設民営とする官民協同の事業形態とした（図-4）。

県は発電事業者へ消化ガスを売却することと、事業用地を貸すことで収入を得ている。発電事業者は発電設備の資金調達から発電機の設置や運転管理、FITによる電力売却、設備認定等の手続きを行っており、下水道事業とは直接関係の無い部分については民間に任せる形をとっている。

**消化設備**

- 消化タンク 9,000m<sup>3</sup>×4基
- ガスタンク 5,000m<sup>3</sup>×2基
- 汚泥消化棟 コンクリート3階建

**発電設備(民設民営)**

- 発電機：出力499kW×4基
- 売電価格：39円/kWh (20年間)
- [FIT制度]



図-5 主要施設

**3.3 主要設備の能力**

消化設備の主要設備の能力は、消化タンクが9,000m<sup>3</sup>×4基、ガスタンクが5,000m<sup>3</sup>×2基、温水ヒータが6,240MJ/h×12kW×6台である。発電設備は発電機が499kW×4基である(図-5)。

消化タンクは、新技術となる国内最大級の鋼板製タンクを採用した。従来のコンクリート製タンクと比べると掘削などの土木工事負荷が減るため施工性に優れており、工期を約半分に短縮することができた。経済的にも優れており、建設費の削減を図ることができた。

また、消化タンクの前段にあたる濃縮工程においては、高濃度対応型ろ過濃縮機を採用することで、投入する汚泥の濃度を4%から7%にすることとした。これにより汚泥量を42%削減でき、当初想定していた9,000m<sup>3</sup>×7基から9,000m<sup>3</sup>×4基へと大幅に消化タンクの数減らすことができた。消化タンクの数減らすことによる建設費の削減は50億円を超えると試算している。

**3.4 消化設備の導入効果**

消化タンクで汚泥が分解されることで汚泥量は約半分に減量されるため、焼却時に発生する温室効果ガスが大きい一酸化二窒素を大幅に削減することができる。また、汚泥が減量されることで汚泥の脱水や焼却炉に必要な電気使用量を削減することができる。さらに、バイオガスを焼却炉の燃料として利用することにより、二酸化炭素の排出も削減される。

これらの温室効果ガス削減量から消化設備などで使用する電気使用量の増加による温室効果ガスの増加量を差し引くと全体として温室効果ガスを約12,000t-CO<sub>2</sub>/年削減することができると見込ん

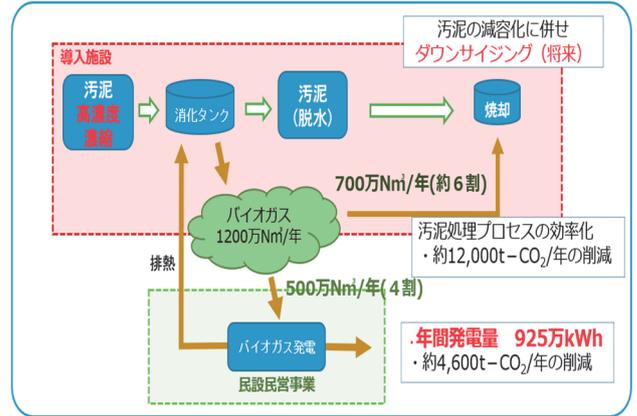


図-6 バイオガスによる温暖化対策効果

でいる。

バイオガスは約1,200万Nm<sup>3</sup>/年発生する計画であり、そのうちの約500万Nm<sup>3</sup>/年を発電事業者へ売却し、約700万Nm<sup>3</sup>/年を焼却等に使用する。発電量は925万kWh/年を計画しており、発電事業者がFITによる売電をすることから埼玉県温室効果ガス削減には算定されないが、4,600 t-CO<sub>2</sub>/年の削減となる(図-6)。

**3.5 2022年度実績**

汚泥消化・バイオガス発電システムが稼働してから約2年が経過しており、2022年度は初めて1年間フルに稼働しており、その稼働状況は次のとおりであった。

バイオガスの売却量は計画の約500万Nm<sup>3</sup>/年に対して、R4年度は3割程度上回る688万Nm<sup>3</sup>/年となった。売却額も約4億円と計画よりも約1億円の増となった。売却ガス量の増加により、発電量も計画の925万kWh/年を5割程度上回る1,381万kWh/年となった。(図-7) これは、想定よりも消化がすすみ、消化ガスの発生量が増えたためと考えられる。

温室効果ガスの削減量については算定が難しく、推計では7,000~8,000t-CO<sub>2</sub>/年程度の削減に留ま

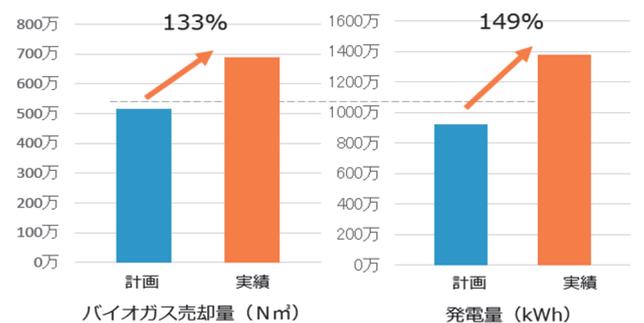


図-7 2022年度バイオガス売却量と発電量

っている。これは、消化後の汚泥の性状が悪く、消化後の汚泥の脱水や焼却に当初の見込みよりも多くのエネルギーを要したことなどが原因と考えられる。

### 3.6 売却利益について

本事業の実施にあたっては、バイオガスを民間事業者に売却することで得られる収益について、中川流域の関係市町の了解の下、その一部を県に帰属し、県内の流域全体の利益につながる将来を見据えた取組に活用することとしている。

埼玉県流域下水道事業では独自財源を持っておらず、新しい事業を実施する際の制約となっていた。この財源を活用することで、今後の温室効果ガス削減に資する汚泥肥料化や創エネルギー事業など、流域の枠を超えた事業の実施に安定的に取り組むことができるようになる。

## 4. 今後の取組について

### 4.1 中川水循環センターにおける取組

2022年度の実績ではバイオガス売却量は計画を上回ることができたが、汚泥の性状が悪化したことから、温室効果ガスの削減効果は計画どおりとはならなかった。今後は運転方法を調整するなどして温室効果ガスの削減も計画どおりの効果が得られるようにしていく。

今後の焼却炉を更新にあたっては、焼却汚泥量の推移を勘案して、焼却炉をダウンサイジングする。ダウンサイジングにより抑制できた建設費用についても、県内の流域全体の利益につながる将来を見据えた取組に活用していくことを予定している。

### 4.2 今後の消化設備の導入

消化設備は温室効果ガスの削減効果が高いことや、発電に関連する収益を得られることなどから、中川水循環センターの他に元荒川水循環センターで導入してきている。

今後も、施設更新のタイミングを見ながら他の水循環センターでの導入を検討していく予定である。4.3 下水汚泥の資源活用の推進

今回の消化設備の導入により下水エネルギーの活用を進めて、温暖化対策に寄与することができた。一方で、下水汚泥を肥料として資源活用することが全国的に求められており、消化後の汚泥についても焼却だけではなく、肥料化することを検討していかなければならないと考えている。

## 5. まとめ

2021年11月に中川水循環センターに導入した汚泥消化・バイオガス発電システムは、鋼板製タンクや高濃度対応型ろ過濃縮機を採用することで建設費の抑制や工期の短縮をすることができた。

本システムの導入によって温室効果ガス排出量を削減できただけでなく、バイオガス売却の収益や、焼却灰の処分等の費用の削減などの効果も得ることができた。

## 謝 辞

今回紹介した汚泥消化・バイオガス発電システムの取組が、2022年度（第15回）国土交通大臣賞「循環のみち下水道賞」グランプリを埼玉県下水道局として初めて受賞することができた。

中川流域市町の皆様をはじめ多くの方のお力添えにより、大変名誉ある賞をいただくことができたこと感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) SAITAMA下水道GXプラン 埼玉県流域下水道地球温暖化対策実行計画（第3期改正版）、埼玉県下水道局、2022年3月  
<https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/231618/jikkoukeikaku.pdf>

水橋正典



埼玉県下水道局 下水道事業課長  
MIZUHASHI Masanori

大島 智



埼玉県下水道局 中川下水道事務所長  
OOSHIMA Satoru

井村俊彦



埼玉県下水道局 下水道事業課 主幹  
IMURA Toshihiko

小池晃弘



埼玉県下水道局 中川下水道事務所 担当部長  
KOIKE Akihiro