

現地レポート：下水道における革新的技術の導入普及

# 鋼板製消化槽とバイオガスエネルギーの有効利用

丹羽照元

## 1. はじめに

愛知県は本州の中央部に位置し、自動車産業を始め製造業が盛んであり製造品出荷額は全国一です。人口は約750万人で、現在も増加傾向にあります。愛知県の下水道整備は、名古屋市内の下水道普及率が99.3%である一方、名古屋市を除く下水道普及率は現在67.7%で、全国平均を約10ポイントも下回っている状況です。下水道未普及区域の解消を最優先課題として整備促進に取り組んでいます。

愛知県の流域下水道は11か所全ての浄化センターが供用しており、1日あたり約74万m<sup>3</sup>の流入汚水を処理しており、汚水量は年々増加しています。愛知県が面する海域は伊勢湾、三河湾の閉鎖性水域であり、これらの浄化センターでは汚水の高度処理が行われています。また、汚水処理に伴い発生する下水汚泥量は年間約19万tで、その大部分を焼却処理しています。汚泥の有効利用については、農業用肥料や炭化燃料に加工して利用、焼却灰はセメント原材料やリン回収の原料に利用するなど様々な取組みが行われています。本県の流域下水道における汚泥の有効利用は99%に達しています。



写真-1 鋼板製消化槽(手前)とガスホルダー(奥)

県内最大の矢作川浄化センターにおいて汚泥処理に消化プロセスを導入するにあたり、B-DASH技術の鋼板製消化槽を採用しコスト削減を図りました。また、消化槽の運転立上げにおいては種汚泥を用いない方法を実証しました。

写真-1の手前の円筒が鋼板製消化槽、奥の円筒がガスホルダーです。また、左側の後方の設備が95t焼却炉です。

## 2. 消化工程の導入

### 2.1 矢作川流域下水道

愛知県西三河地域を流れる一級河川矢作川の流域にある岡崎市、豊田市、安城市、西尾市及び幸田町の汚水処理を担う矢作川流域下水道は、処理区面積17,383haを有する県下最大の流域下水道です。矢作川浄化センターは平成4年に供用開始し、現在は約26万m<sup>3</sup>/日の汚水を凝集剤添加硝化脱窒法+急速ろ過により処理し三河湾に放流しています。

### 2.2 汚泥処理の状況

水処理の過程で引抜いた汚泥は、重力濃縮や機械濃縮で濃度を高め、脱水機で絞り脱水ケーキとなります。本浄化センターで発生する汚泥量は約190t/日(脱水ケーキ)あり、その殆どを焼却処理しています。焼却灰はリン回収、セメント原料等に有効利用しています。

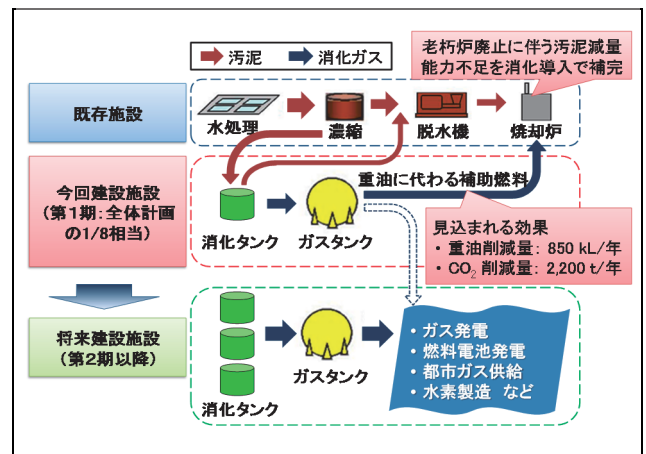


図-1 矢作川浄化センターの汚泥処理フローと消化

本浄化センターにおける焼却炉の施設規模は、35 t 炉1基、95 t 炉2基の計3基を有していますが、35 t 炉は標準耐用年数（10年）の2倍である20年を過ぎ老朽化が著しく、フル稼働できない状況です。

### 2.3 消化工程の導入を採用

既設1号焼却炉（35t炉）を廃炉にした場合、今後の汚泥量の増加に対し現有施設能力では不足することから、新たな施設整備が急務の課題でした。今後20年間の発生汚泥量予測から「消化工程なし」の場合は60 t 焼却炉×1基、「消化工程あり」の場合は鋼板製消化槽5,800m<sup>3</sup>×2基の施設規模が必要となり、これらを比較検討した結果、新たに消化工程を導入することとしました。

消化槽（5,800m<sup>3</sup>）に290m<sup>3</sup>/日の汚泥を投入し、汚泥を構成する有機成分の一部が微生物の働きで分解されメタンガス化する消化工程により約15 t/日（脱水ケーキ換算）が減量されます。また、この消化プロセスで約4,000Nm<sup>3</sup>/日のメタンガスが発生します。

既に全国各地で消化施設が稼働していますが、愛知県の流域下水道において稼働している消化施設はありませんでした。

## 3. 鋼板製消化槽

### 3.1 鋼板製消化槽の採用

平成25年3月に財下水道新技術機構より「鋼板製消化タンク技術マニュアル」が刊行されたことを受け、本浄化センターは全国初の実機採用の事例となります。また、鋼板製消化槽では最大級の規模であります。

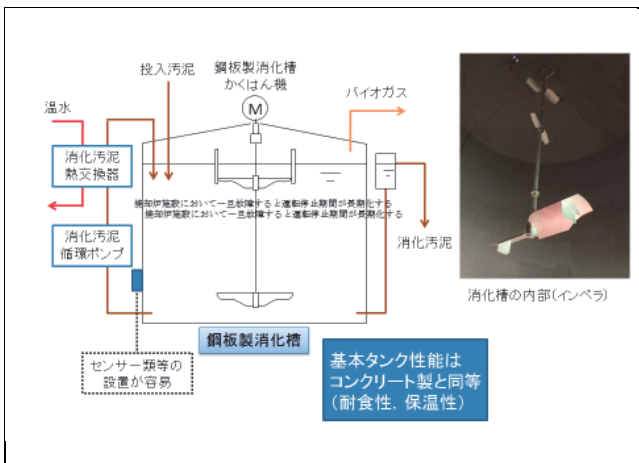


図-2 消化施設の概要

汚泥消化施設の諸元

- ・消化槽容量 5,800m<sup>3</sup>×1基
- ・構造 鋼製全溶接構造
- ・内径×高さ 21m×19.5m
- ・ガスホルダー 5,000m<sup>3</sup>N×1基
- ・消化方式 中温（35℃程度）一段
- ・消化日数 20日
- ・攪拌方式 インペラ方式

### 3.2 B-DASHプロジェクト

国土交通省では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業における新技術の実用化と普及展開を図るため、B-DASHプロジェクト（下水道革新的技術実証事業）を実施しています。地方自治体は事例が少なく一般化されていない技術の採用を敬遠しがちであるなか、B-DASHプロジェクトにより実規模レベルの施設による検証がなされていることは心強いです。

ここで紹介する鋼板製消化槽は、このB-DASHプロジェクトで実証された技術です。

### 3.3 鋼板製消化槽の特徴

#### 3.3.1 建設コストとライフサイクルコスト

鋼板製消化槽の最大の特徴の一つに、初期投資となる建設コストを抑えることが可能であることが挙げられます。従来工法のPC卵形消化槽に比べ25%安価となりメリットが大きい。また、運転経費を加味したライフサイクルコストにおいても10%の優位性が試算されています。

また、本浄化センターにおいて消化工程を導入せず焼却炉を増設した場合と比較しても、消化ガスを有効利用することで運転経費が削減されるため、ライフサイクルコストで優位となります。

なお、鋼板製はコンクリート造と同様な防食塗装を内面に施しており、標準耐用年数に差異があっても防食性能は同等と考えられます。また、コンクリート造に比べ減価償却年数が短いことは決してデメリットではなく、鋼材は改造が容易な素材で、日々革新する新技術に柔軟に対応することが可能であり、将来的な技術展開の幅を容易に広げられることは、メリットに感じます。

#### 3.3.2 工期短縮

鋼板製消化槽の場合、従来のコンクリート造消化槽の建設工事に比べ、曲線を持った複雑な型枠や配筋、コンクリートの養生期間が不要です。また、鋼板パネルの工場製作製による現場作業の省

力化、土木工事（基礎工）と工場製作を同時進行することにより大幅に工期縮減が可能です。

本現場においても、現場着工から設備工事を含めた建設工事完了まで約1年でした。

### 3.3.3 槽内の可視化

本体が鋼板製であるが故にタンク本体への様々なセンサー類などの取付けが容易で、取付け場所の自由度も高いことから、運転状況の可視化が可能です。この機能は、運転管理を容易にし、トラブルを未然に防ぐことにも寄与しています。

写真-2は消化槽上部に設けられたのぞき窓です。消化槽内部の状況を直接的に目視することが可能です。

各種センサーを用いて槽内の温度、堆積物の状況、流速、発泡状況等を定量的に測定ができます。

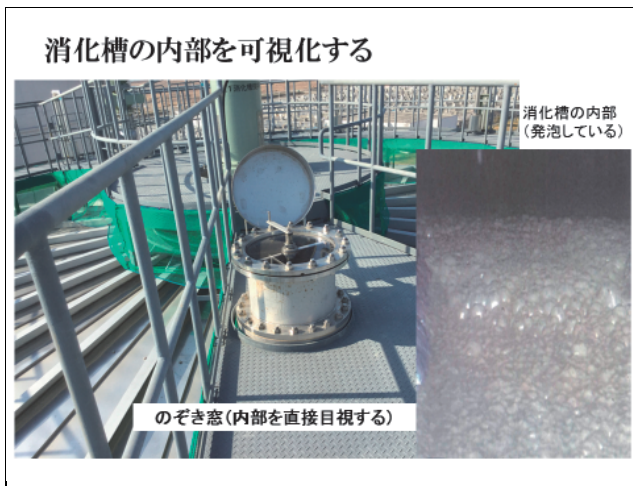


写真-2 消化槽の可視化



写真-3 消化槽内を可視化する計測器

## 4. エネルギー利用

### 4.1 バイオガスの有効利用

消化工程で得られるバイオガスはメタンであり、バイオガスの有効利用は大きな将来性を秘めている分野です。全国的には、ガス発電、都市ガス供給、水素製造等の取組みが既に行われています。バイオガスの最大の魅力は、「カーボンフリー」のエネルギーであることです。炭素排出量の増大による地球環境への影響が問題視されるなか、バイオガスの利活用が注目されています。

今回は、隣接する焼却炉の補助燃料（重油の代替）として利用することとし、焼却炉の燃焼装置を改造しました。バイオガスの有効利用により、重油の使用量を年間850kリットル軽減するとともに、温室効果ガスの排出を年間2,200 tのCO2削減に寄与します。バイオガスは、低炭素社会、循環型社会を目指す現代において理想的なエネルギーです。また、重油使用量の削減は本浄化センターの管理運営費の軽減にも寄与しています。

### 4.2 焼却炉の廃熱を有効利用

消化槽内は嫌気性微生物の発酵を促すために温度を35℃（中温）に保つことが必要です。加温に必要な熱源について、消化槽に隣接する既設焼却炉（95t/日）の洗煙排水（40～60℃）を活用することとしました。用途が無く廃棄していた熱をヒートポンプで回収することで、ボイラー施設とその燃料が不要となりました。

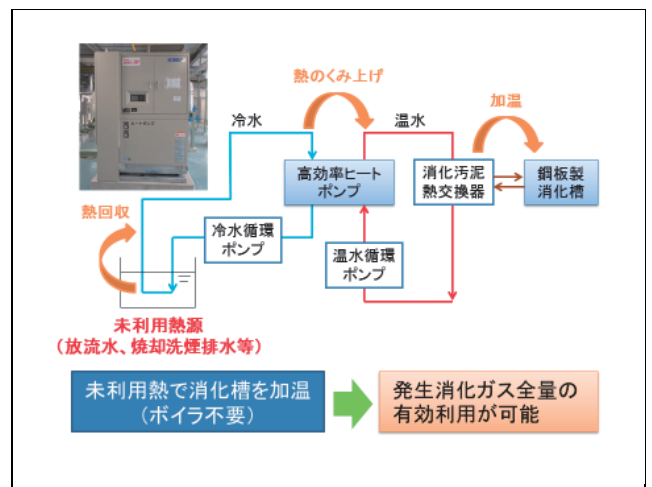


図-3 廃熱利用(ヒートポンプ)



## 5. 種汚泥を用いない運転立上げ

### 5.1 運転立上げの方法の検討

屋外では着々と消化施設の建設が進むなか、運転立上げに向けた室内試験が進められました。

室内試験では、当浄化センターの余剰汚泥、生汚泥を用い、これに種汚泥を用いる場合、用いない場合を組合せた8ケースの試料で行い、当浄化センターの余剰汚泥を希釈した試料からのメタンガス発生量が最も多い結果を得ました。馴養期間のpH、アンモニア性窒素の性状がメタン菌の育成に好条件であったと考えられます。また、余剰汚泥ではアンモニア性窒素が、生汚泥ではVFAが生成されやすいことが判明し、汚泥の混合比率が消化槽内のpH調整に寄与することも知見として得られました。

### 5.2 運転立上げ

消化の運転立上げは、種汚泥を用いてメタン菌を馴養する方法が一般的です。本浄化センターには既存の消化槽が無く、近隣の処理場で採取可能な種汚泥は少量でした。室内試験による検証を基に、立上げの所要時間、費用、作業の容易性や再現性の観点から、種汚泥を用いない運転立上げを行うこととしました。

当浄化センターの余剰汚泥を用いた約40日間の馴養により、種汚泥の投入を行うことなくメタン菌を育成しました。その後、余剰汚泥と生汚泥の投入を開始し、段階的に投入量を増加させ、90日程度で運転立上げを完了しました。

## 6. 運転1年の検証

### 6.1 運転1年の検証

定格運転となり1年が経過し、バイオガスは計画値より若干多めに発生しています。汚泥の減量、焼却炉の重油使用量の削減もほぼ計画値を満たしており、順調な状況です。一方、消化槽内に粘性の高い泡が発生したため、当初に想定していなかった薬剤を使用し消泡しましたが、後施工で泡の引抜配管を設置しました。

消化工程を経た汚泥の脱水分離液を水処理に返流することによる影響も検証を進めています。消

化工程の導入後、放流水のリン濃度とCOD値が上昇傾向にあります。リン濃度は水処理工程におけるPAC投入量により調整が可能です。CODについては放流水の規制値を十分に満足する範囲内であり問題ありませんが、難分解性CODであるため本当浄化センター現有施設で取除くことは困難です。

### 6.2 今後の課題

COD値の上昇は、今後の消化設備増設の際に留意すべき事項です。難分解性CODの生成は消化槽に投入する汚泥の成分に関連性があると推察しており、今後の更なる調査により生成過程を知ること、本浄化センターの最適な運転管理に反映していくことが必要と考えます。

### まとめ

循環型社会形成を目指し、地球温暖化防止に貢献することは重要な社会的要請です。今後の下水汚泥の有効利用は益々増えていくと思います。本施設の安定した運転と共に更なるエネルギー利用の推進に取り組んでいきたいと考えています。

### 参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：B-DASHプロジェクトNo.2 バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム導入ガイドライン(案)、2013.7
- 2) 財団法人下水道新技術推進機構：鋼板製消化タンク技術マニュアル、2013.3
- 3) 公益財団法人愛知水と緑の公社、(株)神鋼環境ソリューション：種汚泥を用いない中温消化槽のスタートアップに関する事例報告、2017

丹羽照元



愛知県建設部下水道課課長補佐  
Terumoto NIWA