

現地レポート：下水道における地球温暖化対策

環境にやさしいバイオマスタウンの推進－黒部市の取り組み－

小崎敏弘\* 村椿謙一\*\* 西本将明\*\*\*

1. はじめに

本市は、平成18年3月に旧黒部市と旧宇奈月町が合併してできた面積428km<sup>2</sup>、人口43,000人の新しい市である。合併時には、新市の建設に向け基本方針等を定めた「新市建設計画」のなかで、「豊かな自然と共生し活力のある安心なまちづくり」を新市のまちづくりの目標とした。

これを受けて平成19年9月に策定された「黒部市総合振興計画基本構想」では、主要施策の1つとして自然エネルギーの利活用が掲げられ、バイオマス資源の利活用計画を策定し、廃棄物の減量や温室効果ガスの排出抑制等、環境への配慮に努めたバイオマスタウンを推進することとなり、平成20年3月には黒部市バイオマスタウン構想が策定され、下水道事業もその一翼を担うことになった。

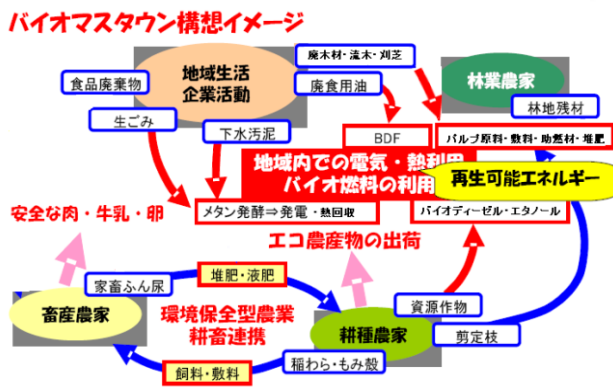


図-1 黒部市バイオマスタウン構想

合併時の新市の污水処理事業は、公共下水道及び農業集落排水事業、合併浄化槽事業により、その整備率は約90%とほぼ概成に近づきつつあり、また、下水道汚泥の処理に関しても、バイオマスタウン構想に先んじて、既に新たなリサイクルルートの創出に取り組んでいたこともあり、下水道汚泥のバイオマスエネルギーへの利活用事業が、バイオマスタウン実現のトップバッターとして位置付けられた。

これにより、この度、下水道汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥の集約処理に加えて、単体ディスポーザー由来の家庭生ゴミや事業系食品残渣を黒部浄化センターに集約し、新たに建設する利活用施設にて効率的にバイオガスを取り出し熱エネルギー回収と発電を行い、併せて、乾燥汚泥の有効利用や生ゴミの減量化により、1,000 t-CO<sub>2</sub>/年以上を削減しようとする黒部市下水道バイオマスエネルギー利活用運営施設整備事業に着手したので、その概要について報告する。

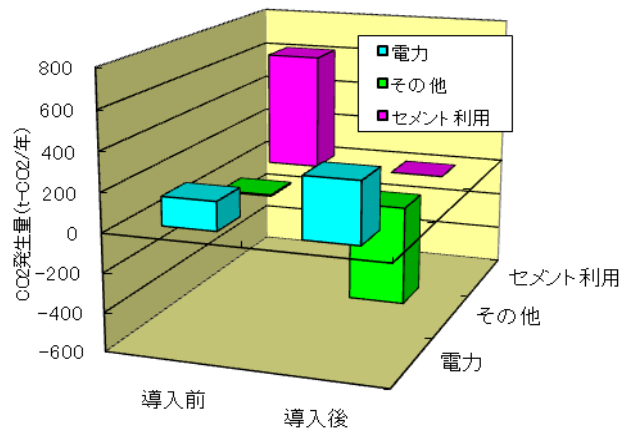


図-2 事業導入前後のCO<sub>2</sub>発生量予測

2. 事業実施までの背景

現在、黒部浄化センターから発生する下水道汚泥の処理は、その全量をセメント会社、埋立処分会社などに外部委託しているが、処理委託先の休止や閉鎖・処分費の値上げなど、恒常的な市況変動へのリスクを抱えており、このリスクに対応できる新たな処理方法の確立が課題となっていた。

また、近年は地球温暖化の顕在化や、資源・エネルギー需給の逼迫が懸念される中、都市の持続的発展を維持する観点から、循環型社会に適応した廃棄物処理方法が求められている。

こうした背景を受け、今後は下水道汚泥やその他の汚泥をバイオマス資源として位置付け、温暖化防止、エネルギー利用も含めた新たなリサイクルプロセスを創出することにしたのである。

### 3. PFI事業の導入

近年、メタン発酵の技術開発が進み、バイオガスを電力・熱源などに利用する技術も多様化し、燃料・肥料など乾燥汚泥のマテリアル利用方法も確立されつつある。さらに、下水道汚泥からのリン回収技術やBTX化、水素化などの高度な新技術の開発も進められており、これら下水道汚泥のリサイクル技術の進歩は目覚ましく日進月歩の感がある。

このことは、黒部市のような小さな行政体が、バイオマス利活用に関して得られるごく限られた情報により実施する従来型公共事業では、新技術に適応した事業実施が円滑に施行できない。また、これまでは黒部市で下水道汚泥の最終処分先を開拓してきたが、これからは民間事業者が汚泥処理から処分までの一連の事業権を委ねた方が、新たな処分先や処分方法を、安定して確保できるのではないかと考えた。

そこで、民間事業者が持つ経営ノウハウや最新のバイオマス利用技術の活用、副生成物の流通先の確保やコスト縮減といった観点からPFIを導入し、民間事業者が下水道汚泥バイオマスエネルギー利活用施設の設計・建設・維持管理・運営の事業全般を委ねることとした。

### 4. 事業の概要

市内各施設から収集されてきた農業集落排水汚泥と浄化槽汚泥（合併・単独共）を、センター内の汚泥濃縮設備で受け入れ、センター水処理施設からの余剰汚泥と混合・調整し、PFI事業者が建設する受入施設に処理委託する。

一方、事業系食品残渣を近隣企業から受け入れ、PFI事業者へ搬入する。これは、施設運転の負荷変動低減と、一定のバイオガス量を確保するために、定量かつ安定して調達可能な事業系食品残渣（コーヒー滓など）を、PFI事業者へ供給するものである。

また、各家庭から排出される生ゴミについては、単体ディスポーザを使用し、下水道の分流污水管を通じて黒部浄化センターに集約し、下水汚泥として回収することとした。これには、天候に左右されずに回収でき、収集場所や分別作業が不要になるというメリットがある。

PFI事業者は、これら黒部浄化センターに集約

された下水道汚泥・食品残渣などのバイオマスを、自らが設計・建設した利活用施設でメタン発酵させて、バイオガスを取り出す。得られたバイオガスは、主にメタン発酵後の消化汚泥の乾燥、及びメタン発酵槽の加温のための熱エネルギーとして利用する。また、バイオガスの一部は、PFI事業者が設置するマイクロガスタービンに発電用燃料として供給し、その発電電力は、施設内あるいはセンター内の動力源として使用する。

さらに、メタン発酵と乾燥によって減量化した乾燥汚泥は、外部の発電施設に石炭代替燃料として売却する。また、少量だが県内の花き生産農場にも肥料原料として販売する。

PFI事業の期間は、施設建設に2年1カ月、維持管理運営期間を15年間としており、本年4月に総額36億円で特別目的会社（SPC）である黒部Eサービス（株）と事業契約を締結している。

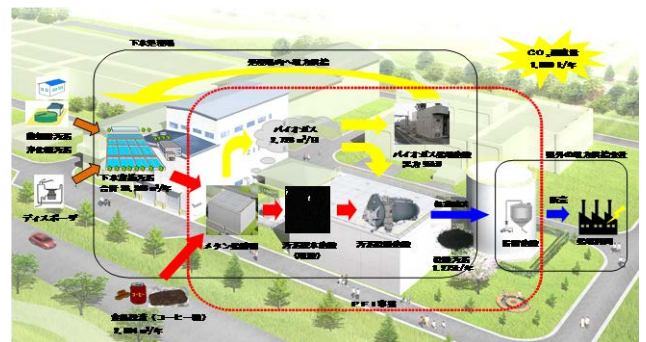


図-3 事業概要イメージ

### 5. 事業工程

事業施設は、主に以下によって構成されている。

#### 5.1 受入・前処理

本工程では、原料を受け入れ、前処理調整する。原料は、濃縮汚泥と事業系食品残渣からなる。濃縮汚泥は、黒部浄化センター内にて発生する余剰汚泥と、市内の農業集落排水処理施設や浄化槽から持ち込まれる汚泥を含む。事業系食品残渣は、県内の飲料メーカーにて発生するコーヒー滓などを搬入する。コーヒー滓はバイオガス発生時のポテンシャルが高く、施設のエネルギー収支を安定させるために有効である。

これらの原料を混合、粉碎、スラリー化して、生分解しやすい状態に調整した上で、メタン発酵工程に供給する。

#### 5.2 メタン発酵

調整した原料をメタン発酵し、バイオガスを回

収する。メタン発酵槽内には、予め馴致した消化汚泥を一定温度で滞留させておき、ここに原料を投入することで、消化汚泥に含まれるメタン発酵菌の作用で、原料中の有機成分がバイオガスに転換される。

バイオガスは、概ね60%のメタンと40%の炭酸ガス、数百ppm程度の硫化水素から成り、乾式脱硫で硫化水素を除去した後に、燃料として利用される。バイオガス発生量は、2,700m<sup>3</sup>(NTP)/日程度を見込んでいる。

### 5.3 ガス利用

メタン発酵により得られたバイオガスは、脱水汚泥の乾燥の熱源とメタン発酵槽の加温に使用する。必要なエネルギーの全量を、バイオガスで賄うことができる様に設計されており、余剰バイオガスは、マイクロガスタービンにて発電に使用し、場内に供給する。発電時に発生する余熱についても、蒸気として回収し、メタン発酵槽の加温などに有効利用する。

### 5.4 汚泥脱水・乾燥

メタン発酵後の原料は、脱水、乾燥して、肥料や燃料として外部に販売する。

脱水工程には、既存の脱水設備を利用する。ここで、含水率80%程度まで脱水した後、汚泥乾

燥機にて乾燥する。乾燥汚泥には、余剰汚泥中に含まれていた窒素・リンなどの肥効成分が濃縮されているため、肥料として利用できる他、3,000 kcal/kg程度のエネルギーを保有しているため、固形燃料として利用することができる。

## 6. 配置計画

PFI 事業施設は、主要な機械設備を設置する汚泥乾燥設備棟と、メタン発酵槽、ガスホルダ、マイクロガスタービンなどの屋外機器から成り、施設全体は黒部浄化センター敷地内南西部の一角に、コンパクトに配置される。

「開かれた下水処理場」として、黒部浄化センターは隣接する親水公園とともに一般に開放されており、処理場関係者以外も常時入場する市民の憩いの場となっている。その為、汚泥乾燥設備棟を既存設備と地下で接続し、さらに地上部の設備境界沿いには生垣を設けることにより、維持管理作業区域を地上動線と分離し、一般入場者の安全を考慮した配置計画とした。

また、施設南西隅には公開緑地エリアを設け、黒部市の花である桜を植樹するとともに、廃熱を利用して足湯を設け、立山連峰を望みながら利用できる計画としている。

## 7. 主要設備の特徴

### 7.1 汚泥乾燥設備棟

汚泥乾燥設備棟は地下1階、地上3階建てであり、地上部分は鉄骨造とした。下水処理施設は通常RC製であることが多いため、これによって工期短縮とコストダウンを図った。尚、地下部分はRC造である。

地上部の外装材は、冬季の気温低下による爆裂を考慮し、押し出し成形セメント板を採用した。また、外装はプラント配管やダクト類の貫通部の施工性を考慮し横張りとしている。

### 7.2 メタン発酵槽

メタン発酵槽は、有効容積830m<sup>3</sup>×2槽の地上槽である。地上槽とした理由は、建設地の地下水位が高く、地下部分の施工性が悪いことと、万が一、漏洩等が発生した場合でも、外部から監視できることなどによる。

通常、下水道施設のメタン発酵槽は、攪拌効率等を考慮して円形槽や卵形槽とする場合が多いが、本施設では矩形槽とした。これは、本施

表-1 PFI事業の概要

バイオマス受入量 (平成38年度計画値)	①下水道汚泥(濃縮汚泥) 25,034 m <sup>3</sup> /年 ②農集排汚泥(濃縮汚泥) 1,080 m <sup>3</sup> /年 ③浄化槽汚泥(濃縮汚泥) 134 m <sup>3</sup> /年 ④事業系食品残渣 2,884 m <sup>3</sup> /年 合計 29,132 m <sup>3</sup> /年
バイオガス利用法	①マイクロガスタービンで 発電して場内利用 (出力 95kW) ②ボイラにより、発酵槽加 温熱源および汚泥乾燥熱源 として利用
乾燥汚泥有効利用方法	①肥料原料として花き生産 農場に販売 ②石炭火力発電の代替燃料 として販売
温暖化ガス削減量	CO <sub>2</sub> 削減量 約1,000t/年

設では高温発酵を採用しているため、槽内の発酵液の粘性が低く、また、元々、攪拌動力が小さいことから、設置スペースの低減と配筋や型枠工事等の施工容易性を優先したことによる。

槽内の発酵液は、メタン発酵菌を安定的に増殖させるために、55℃前後にコントロールされる。そのため、槽内と外気とは温度差があり、放熱によって加温のためのエネルギーが放散しやすい。これを抑制するため、外壁とスラブに保温を施す必要がある。保温方法については、グラスウール等を貼り込み、外側にブロック積みなどの外装材を施工するのが一般的な方法であるが、今回は水蒸気を通すビーズ発泡材に、薄塗り系仕上げ材を施す方法とすることで、工期短縮とコスト削減を図っている。



図-4 利活用施設外観

## 8. まとめ

黒部市が自前の汚泥処理施設を持ち、下水道汚泥、生ゴミなどを再利用する資源循環システムを構築することは、処理委託先の受け取り休止や閉鎖・処分費の変動など、恒常的なリスクから解放される。さらに、バイオガスや乾燥汚泥の有効利用、生ゴミの減量化によって、二酸化炭素排出量を約1,000t-CO<sub>2</sub>/年削減できることが見込まれるため、地球温暖化防止対策に貢献することになる。

また、バイオマスの受け入れからプラント建設、副生成物の処分まで一連した事業権契約とすることで、インセンティブが働き、質の高いサービスやコストの低減、安定的な運営維持管理等々、当初期待された以上の事業効果を得ることも見込まれる。

平成15年、現状の処分方法では増えつつある下水道汚泥に対応できなくなるという危機感から始まった新たなリサイクルルートの創出計画は、最終的にPFI事業によるバイオマスエネルギー利活用事業と単体ディスポーザーの導入となって結実した。実効性・持続性・安定性・廉価性・脱化石燃料などといった計画条件はかなり厳しいものがあり、時間をかなり費やしはしたが、結果的には地球温暖化対策下水道事業の先駆けになったと自負している。

しかしながら、黒部市にとって初めてのPFI事業であり、また、施設の建設に着手したばかりである。加えて、供用開始までにディスポーザーの普及も進めなければならない。平成23年5月の本稼働まで、PFI事業者と綿密に連携を図りながら、さらに効率的な事業運営・展開を図って行きたいと考えている。

## 謝 辞

本事業に際し、意見・助言を賜りました皆様方、並びに調査・実験などにご協力戴きました関係各位に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 小崎敏弘：PFIによる下水道汚泥バイオマスエネルギー利活用施設整運営備事業、土木施工、Vol.150 No.10、pp.17～212、2009

小崎敏弘\*



黒部市上下水道部長  
Toshihiro KOZAKI

村椿謙一\*\*



黒部市上下水道部営業課  
主査  
Kenichi MURATUBAKI

西本将明\*\*\*



荏原エンジニアリングサービス(株)技術統括室汚泥資源  
化技術グループ 副参事  
Masaaki NISHIMOTO