

## 下水道事業におけるバイオガス発電と地域バイオマス 混合消化導入の是非に関する研究

Study on introduction of biogas power generation and  
anaerobic Co-digestion of regional biomass and sewage sludge

学籍番号 47-176759

氏名 西村 智之 (Nishimura, Tomoyuki)

指導教員 味埜 俊 教授

### 1. 背景と目的

下水汚泥の有効利用は東日本大震災前の2010年では約80%、2015年では68%と少ない割合であるが、その大半がセメント化等の建築資材として利用されている状況である。

一方、下水汚泥は有機分の割合が大きく、質・量ともに安定したエネルギー源であるが、そのエネルギー利用状況は、下水汚泥の有機物のうちバイオガスや固形燃料として利用されているのはわずか16%にとどまっており、リン資源等の農業利用を除くと下水汚泥の有機分のうち約75%が未利用となっている。今後は、下水処理場を水・資源・エネルギーの集約・自立・供給拠点化することが目標として掲げられているように、下水汚泥に含まれる有機物を除去対象物ではなく資源としてとらえ、エネルギー回収することが求められる。

エネルギー回収する方法としてバイオガス発電があり、下水汚泥だけでなく地域バイオマスを導入し、混合消化することでエネルギー回収をさらに行えるが、バイオガス発電、地域バイオマス混合消化はあまり普及しているとはいえない状況にある。

そこで本研究では、バイオガス発電と地

域バイオマス混合消化に着目し、それらの導入を決定づける要因を特定することを目的とした。そのために本研究では、バイオガス発電の導入意義を、ポテンシャル量を算出することで評価し、さらに地域バイオマスを導入する事例を調査し、バイオガス発電の導入コストの検討を行った。

### 2. バイオガス発電の発電ポテンシャルの検討

平成26年度下水道統計を用いて、日本中の下水処理場においてバイオガス発電を実施した際に得られるエネルギー量を試算した。方法は以下のよう求めた。

①消化ガス発電を実施している処理場を対象に消化ガス使用量当たりの発電量を算出 (n=60)

②消化槽を導入している処理場を対象に投入汚泥量当たりの消化ガス発生量を算出 (n=273)

③上記2つから投入汚泥当たりの発電量を算出し、日本全体で発生する汚泥量からの発電ポテンシャル量を推定した。

以上の手順に従うと発電量は以下の式で表されることが分かった。

$$\left[ \frac{\text{発電量 (千 kWh)}}{\text{年}} \right] = 32.289 \times \left[ \frac{\text{投入汚泥量 (千 m}^3\text{)}}{\text{年}} \right]$$

日本全体で発生する汚泥量(=8200 万 t)から、上記の式を用いて発電量を計算すると、発電ポテンシャル量は約 24 億 kWh/年と試算された。これは下水道全体の消費電力の約 40%を占めていることから、エネルギー自立型下水処理場を実現するために、バイオガス発の導入意義はあると考えた。

### 3. 地域バイオマス導入の事例調査

下水道における地域バイオマスの導入が期待されている中、全国の下水処理場において地域バイオマスが導入されているのは、北海道北広島市、北海道恵庭市、新潟県新潟市、栃木県鹿沼市、富山県黒部市、石川県珠洲市、石川県中能登町、愛知県豊橋市、兵庫県神戸市の 9 箇所(H30.3 時点)にとどまり、普及しているとは言い難い。

地域のバイオマスを下水道とともに共同処理することで、下水道分野ではバイオガス量の増加、それに伴う発電量の増加につながる。一方地域にとっては、本来ごみや個別処理しなければならないものを下水道との共同処理のため、処分費の削減につながる。

このように下水道と地域の双方にメリットがあるように思われる地域バイオマスの導入がなぜあまり普及していないか、実際に導入をしている 5 処理場を対象に調査することで明らかにする。表 1 に調査対象地を示す。調査対象地でインタビューを行った内容は、主に事業背景、各バイオマス導入の課題、バイオマス有効利用先の選定についてである。

図 1 に導入背景を分類した。地域バイオマス導入背景として、埋め立て処分場の逼迫、し尿処理場の老朽化、汚泥有効利用先の消失の背景があることが明らかとなった。埋め立て処分場の逼迫を背景とした自治体は生ごみを取り入れる傾向があり、し尿処理場の老朽化を背景とした自治体はし尿・浄化槽汚泥を取り入れる傾向があった。

このように地域に存在するバイオマスを有効活用しようという積極的動機によって地域バイオマス活用事業が発足しているのでなく、以上に挙げたような背景の解決策として地域バイオマスが導入され、下水汚泥とともに共同処理されていることが明らかとなった。

表 1 調査対象地

自治体	都道府県	供給開始年	受入バイオマス	有効利用先
珠洲市	石川県	H19.8~	し尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥、生ごみ(事業系)	メタンガス：発酵槽の加温、生ごみの可溶化、汚泥乾燥用のエネルギー利用 消化汚泥：乾燥肥料化→配布
中能登町	石川県	H29.4~	し尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥、生ごみ(事業系)、食品廃棄物	メタンガス：マイクロガスタービンによる発電 消化汚泥：乾燥肥料化→配布
黒部市	富山県	H23.5~	浄化槽汚泥、集落排水汚泥、生ごみ、食品廃棄物(コーヒー粕)	メタンガス：バイオガス発電 消化汚泥：肥料・セメント原料
恵庭市	北海道	H24.9~	し尿、浄化槽汚泥、生ごみ(事業系、家庭系)	メタンガス：バイオガス発電 消化汚泥：肥料・セメント原料
北広島市	北海道	H23.4~	し尿、浄化槽汚泥、集落排水汚泥、生ごみ(事業系、家庭系)	メタンガス：加温ボイラ・乾燥汚泥設備の補助燃料 消化汚泥：緑地利用(肥料)

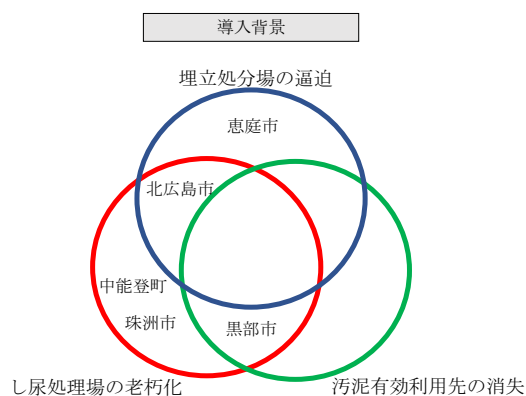


図 1 地域バイオマス導入背景

また、調査によって、発生したバイオガスの有効利用先としてバイオガス発電を選定する理由として以下の3つが挙げられた。

1) 施設規模が大きいこと

: バイオガス発生量が多い

2) バイオマスの安定供給先の有無

: 小規模処理場においてもバイオガス発電を実施する動機になりうる

3) 熱利用の必要性

: 熱利用の必要性が高ければ、発電を行わない事例が多かった。

4. バイオガス発電の導入コスト検討 (下水汚泥単独)

図2にケース設定を示す。消化槽を消化槽の有無、発電電力の利用方法によって4ケースに分けた。それぞれのケースにおいて、施設規模別に処理水量1万m<sup>3</sup>/日、2万m<sup>3</sup>/日、5万m<sup>3</sup>/日、10万m<sup>3</sup>/日の場合のコスト評価を行った。検討項目はケース1、2では電力料金、契約電力の基本料金(以下、基本料金)、発電設備建設費・維持管理費とし発電電力を売電する場合は売電収入も加えた。なお、売電はFIT制度を利用するものとする。ケース3、4では上記の項目に加え、消化槽を新設することによる効果を考慮するため、消化槽建設費・維持管理費、更新する脱水機建設費・維持管理費、汚泥処分費を加えた。

ケース1、2は発電設備を導入しないベースケース(消化槽既設)と比較検討し、ケース3、4は消化槽を新設する場合に、発電設備を導入しないベースケース(消化槽新設)と比較検討した。施設規模による影響を分かりやすいように、図3に処理水量1万m<sup>3</sup>/日、図4に処理水量10万m<sup>3</sup>/日の結果を

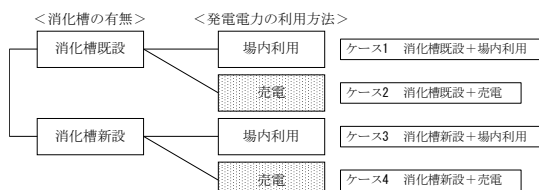


図2 ケース設定

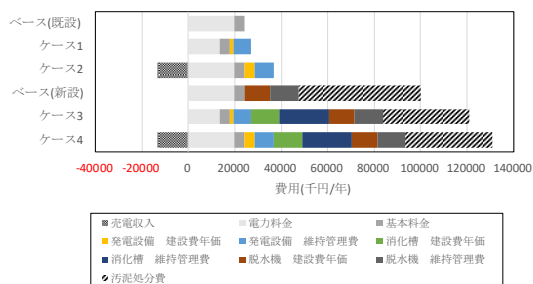


図3 コスト検討結果(1万 m<sup>3</sup>/日)

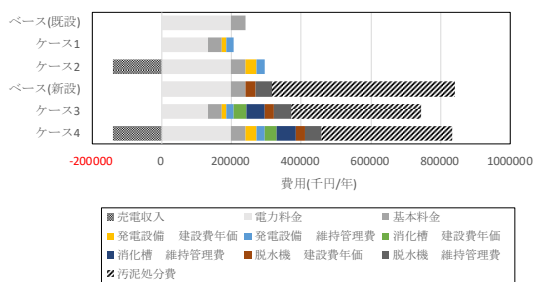


図4 コスト検討結果(10万 m<sup>3</sup>/日)

示す。

処理水量1万m<sup>3</sup>/日の場合、ベースケースに比べ、ケース1:-269万円/年、ケース2:102万円/年、ケース3:-2162万円/年、ケース4:-1745万円/年の経済性効果が得られると試算された。

処理水量10万m<sup>3</sup>/日の場合、ベースケースに比べ、ケース1:3385万円/年、ケース2:8658万円/年、ケース3:9159万円/年、ケース4:1億4957万円/年の経済性効果が得られると試算された。

以上の結果から、処理水量が少ない小規模処理場ではバイオガス発電導入による費用対効果が低いことが示唆された。また、発電電力の利用法としては場内利用よりも

FIT 制度による売電の方が、費用対効果が高いことが示唆された。

### 5. バイオガス発電の導入コスト検討（地域バイオマス混合）

消化槽新設+売電のケース 4 において、下水汚泥とともに地域バイオマスを導入し混合消化する場合のコスト検討を行った。

表 2 にケース設定を示す。全人口のうち 90%が下水道、5%がし尿、残りの 5%が浄化槽汚泥と設定し、受入バイオマスは事業系生ごみ、し尿、浄化槽汚泥とした。地域バイオマスの受入れによる便益(B)とコスト(C)を比較することでコスト検討を行った。便益は売電収入、ごみ減量化に伴う焼却施設更新費(建設費・運転費)、し尿処理施設更新費(建設費・運転費)を検討項目とし、コストは地域バイオマス受入のための導入施設建設費・補修費・電気料金、汚泥量増加に伴う増加汚泥処分費を検討項目とした。

結果を図 5 に示す。費用対効果を検討するべく、各ケースの「便益(B)ーコスト(C)」を算出すると、処理水量 1 万 m<sup>3</sup>/日では-1960 万円/年、2 万 m<sup>3</sup>/日では-990 万円/年、5 万 m<sup>3</sup>/日では 3500 万円/年、10 万 m<sup>3</sup>/日では 1 億 2660 万円/年と試算された。つまり小規模処理場では地域バイオマス導入における費用対効果が低いことが示唆された。

本検討では、コストとして地域バイオマスの収集費、人件費等を考慮していないため、示された結果よりも地域バイオマス導入による経済性効果は下がることが予想される。より詳細な検討を行うには、このような検討項目も含んで試算する必要がある、今後の課題としたい。

表 2 ケース設定

項目	単位	ケース4.1	ケース4.2	ケース4.3	ケース4.4	
施設規模	処理水量	m <sup>3</sup> /日	10000	20000	50000	100000
人口	全人口	人	24000	48000	120000	240000
	下水道	人	21600	43200	108000	216000
	し尿くみ取り	人	1200	2400	6000	12000
	浄化槽	人	1200	2400	6000	12000
水処理	晴天時日平均汚水量	m <sup>3</sup> /日	10000	20000	50000	100000
	晴天時日最大汚水量	m <sup>3</sup> /日	12500	25000	62500	125000
	現有処理能力	m <sup>3</sup> /日	18750	37500	93750	187500
受入バイオマス	事業系生ごみ	t-wet/日	1.4	2.7	6.8	13.6
	し尿	kL/日	2.8	5.5	13.8	27.6
	浄化槽汚泥	kL/日	2.2	4.4	11.1	22.2

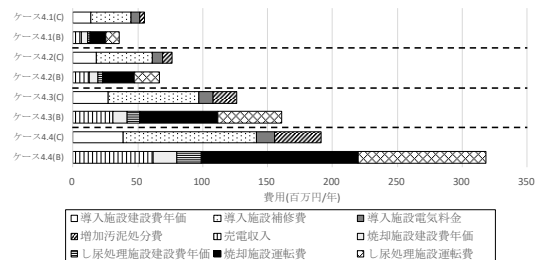


図 5 コスト検討結果

### 6. 結論

バイオガス発電と地域バイオマス混合消化導入は必ずしも経済性効果を生むわけではないことが示された。特に処理水量の少ない小規模処理場では、バイオガスの安定的確保が難しく、経済効果を得やすい売電を行ったとしても費用対効果が低いことが明らかとなった。しかし、地域バイオマス導入に関しては、経済性を優先させる事例は少なく、各自治体が抱える課題を解決するための手段として導入される場合が多いため、導入検討を行うには、コストなど一般的な評価にとどまらず、各地域の個別の詳細調査が今後必要であると考えられる。

### 参考文献

- 1)国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部、下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン—平成 29 年度版—、2018
- 2)国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部、下水処理場における地域バイオマス利活用マニュアル、2017