

# バイオマスメタン発酵に関する 共同研究

## 1. はじめに

平成 17 年度に国土交通省新世代下水道支援事業制度のリサイクル推進事業（未利用エネルギー活用型）において「珠洲・バイオマスエネルギー推進プラン」が採択された。平成 17 年度に実用化研究を行い、実施設計・建設工事が行われており、平成 19 年度から実施設にて性能評価研究を行う予定である。

本研究は平成 17 年度から 20 年度の 4 ヶ年度にわたり、主として珠洲市における技術諸元の確認、施設稼働後の運転性能の検証を行う一環として、平成 17 年度に実施した実用化研究の追加調査を行うものである。

## 2. 研究目的

平成 17 年度実用化研究で課題となった研究項目は以下の通りである。

- ①流入汚水とバイオマス（下水汚泥，農集排汚泥，浄化槽汚泥，し尿，生ごみ）の性状の調査  
流入汚水のコンポジットサンプルを 4 回採取して分析するにより、流入汚水の性状をより正確に把握する。また、バイオマスを 2 回採取して分析することにより、バイオマスの性状をより正確に把握する。
- ②施設運用への影響の調査  
分析結果に基づいて施設運用への影響を把握する。
- ③乾燥汚泥の安全性の調査  
バイオマスから簡易的に乾燥汚泥を製造して分析し、安全性を確認する。

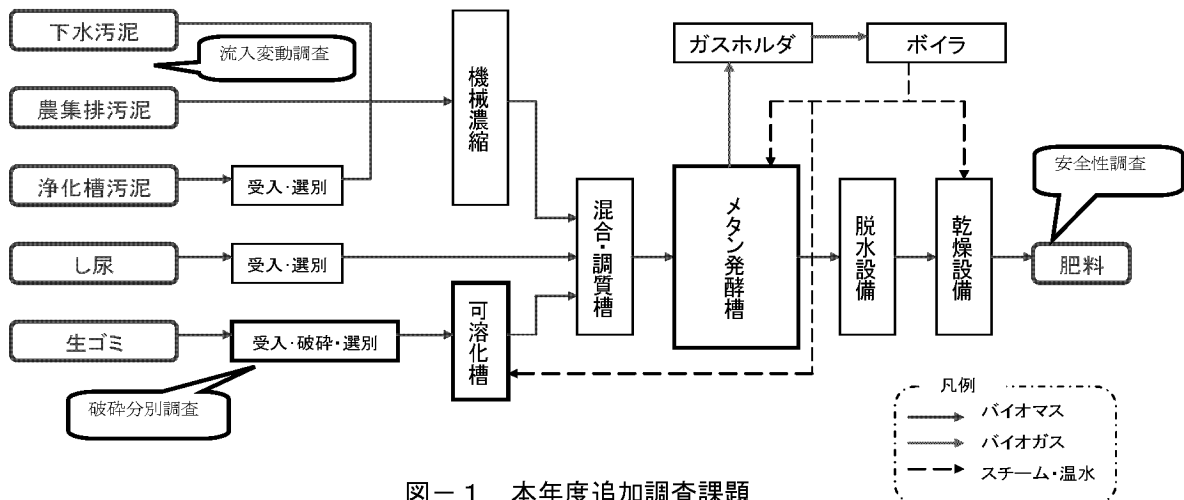


図-1 本年度追加調査課題

### 3. 研究結果

#### 3.1 流入汚水とバイオマスの性状調査

##### 3.1.1 流入汚水

既存の流入汚水の水質データは、ほとんどがある時間のスポットサンプルであったため、流入汚水の水質変動の影響を受けやすかった。本調査では、24 時間コンポジットサンプルを採取して分析した。分

析結果を表-1 に示す。SS および T-BOD、T-N は H16 年度実績値に比べてやや低い値であった。

2 回目の分析結果を図-2 に示す。昼頃に高濃度な汚水が流入することや夜間は流入汚水量が少なくなることが判明した。今後、流入汚水の負荷を検討する場合にはこのような自動採水器により 24 時間を毎時間採取する採水方法が望ましい。

表-1 流入汚水のコンポジットサンプルの性状分析結果

採取日	H18.10. 12-13	H18.11. 14-15	H19.1. 30-31	(H19.3.15- 16)	平均	H17年度報告書 (H16年度実績値)
流入汚水量 (m <sup>3</sup> /日)	1,388	1,660	1,337	1,415	1,450	1,390
pH(-)	7.3	7.1	7.3	7.1	7.2	-
SS(mg/L)	150	148	170	200	167	190
T-BOD(mg/L)	170	135	240	220	191	213
S-BOD(mg/L)	140	48	93	43	81	データなし
T-N(mg/L)	36	29	40	36	35	40.5

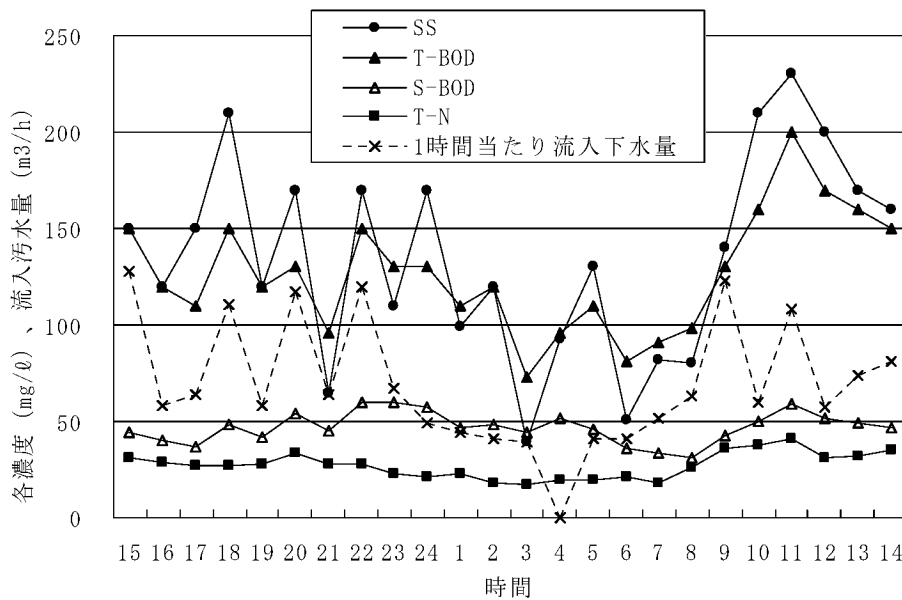


図-2 流入汚水の24時間の性状分析結果

##### 3.1.2 バイオマス

###### (1) 破碎分別試験

昨年度は各原料毎に破碎選別することは行わず、原料をあらかじめ混合してから破碎分別したが、本年度は原料毎に行ったので、原料毎の原料回収率の違いやどのような異物を除去できるかを調査した。

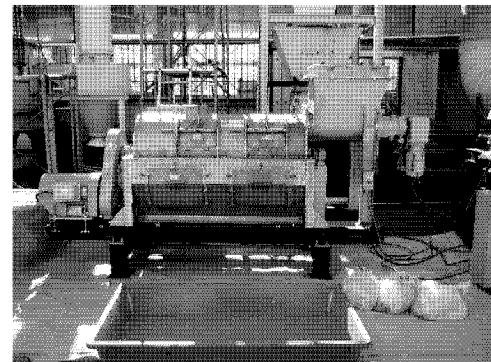


写真-1 破碎分別機

破碎分別時の原料回収率を表-2に示す。破碎分別の原料回収率は75~100%程度であり、野菜屑や厨芥類では高く、魚アラではやや低かった。また、かまぼこ残渣はデータにばらつきがあった。これら値に各原料の発生量比を加味した合計の回収率は85~90%となり、昨年度と同様の値であった。

2回目の追試として、魚アラとかまぼこ残渣について、運搬用のプラ袋を取り除いた状態で破碎分別した結果、原料回収率の改善が見られた。プラ袋自身がなくなったことと、それに付着して同伴する生ゴミがなくなったためと推測できる。なお、いずれの場合も、回収物側へはプラ類の混入はほとんどな

かった。

ここで用いた破碎分別機は建設中の施設で採用している破碎分別機と同機種であるため、稼動後の施設でも同様の原料回収率が期待できる。

破碎分別後の各性状においては、野菜屑から除去された異物には繊維分やきのこの株などが、厨芥類から除去された異物には果物の皮などが、魚アラから除去された異物には皮や内臓、頭などが見られた。また、かまぼこ残渣から除去された異物には、2回目の試験でちくわの焼いた皮などが見られたが、2回目の追試ではほとんど異物が排出されなかった。

表-2 生ごみの破碎分別時の原料回収率

試料名		野菜屑	厨芥類	魚アラ	かまぼこ残渣	合計
1回目	原料回収率 (%)	92	91	76	95	88.8
2回目	原料回収率 (%)	92	94	82	75	85.4
		—	—	86	100	96.3
平成17年度報告書より	原料回収率 (%)	94.1	94.1	76	94.1	88.9

## (2) 前処理前のバイオマス性状

参考データとして、前処理（濃縮）を行う前の性状分析結果を表-3に示す。平成17年年度報告書の成果として設定した値に比べて、農業集落排水汚泥のみ、固形物濃度が高い傾向であるが、その他のバイオマスでは固形物濃度は同程度であり、設定に問題ないことを確認した。

表-3 前処理前のバイオマスの性状

試料名	下水汚泥	農業集落排水汚泥	浄化槽汚泥	し尿
1回目 SS (mg/L)	10,000	31,000	16,000	5,300
2回目 TS (mg/L)	18,000	23,000	8,900	17,000
平成17年度報告書の設定値 TS (mg/L)	14,000	11,400	12,000	14,000

## (3) 前処理後のバイオマス性状

前処理を行った各バイオマスの性状分析結果から、生ゴミ内の混合比は、野菜屑：厨芥類：魚アラ：かまぼこ残渣に対して、湿重量基準で1：2：1.4：1.8とし、バイオマス5種の割合比は、下水汚泥：農業集落排水汚泥：浄化槽汚泥：し尿：生ゴミに対して、乾燥重量基準で31：1：11：11：32とした。これらの混合比は平成19年度の日平均での計画値である。

およそ、この程度の変動はありうるものと考えられる。C/N比は3.3および4.5であった。また、オレイン酸濃度は、メタン発酵の阻害を起こす濃度でないことを確認した。

表-4 前処理後の各バイオマスの性状から算出した5種混合液の性状

試料名	採取日 H18.11.7	採取日 H19.1.29
TS (mg/L)	52,000	46,000
VTS (mg/L)	45,000	39,000
T-N (mg/L)	3,400	4,000
T-P (mg/L)	660	500
C/N比 (-)	3.3	4.5
オレイン酸 (mg/L)	360	330
Hg (mg/L)	0.022	0.02
As (mg/L)	0.14	0.15
Cd (mg/L)	0.059	0.086
Pb (mg/L)	0.35	0.12
Cr (mg/L)	0.47	0.43
Ni (mg/L)	0.61	0.45
Cu (mg/L)	6.4	6.1
Zn (mg/L)	18	13

### 3.2 メタン発行施設への負荷変動

本年度 2 回実施した各バイオマスの性状分析結果を加味して、メタン発酵施設への負荷の変動を算出し、機器容量が十分であることを確認するため、分析結果をもとに物質収支の計算を行った。この結果より建設中の機器容量との比較を表-5 にまとめる。

本調査では、原料の性状を加味したが、発生量は設定のままとして算出した。バイオガスの発生量は、設定値を基準に求めると 2 回の分析結果では 1 割か

ら 2 割程度変動し得ることがわかった。なお、実施設では設定値に余裕を持たせた機器選定を行っていることもあり、破碎分別機、濃縮機、脱水機、乾燥機、加温設備の処理能力では、これらの変動に対応できる。なお、脱水機では仮に日最大の処理量を連日受け入れる場合は、脱水機の計画運転時間 6 時間を 15 分程度延長することで対応できる。また、可溶化槽およびメタン発酵槽の容量も十分であった。

表-5 負荷変動の試算結果

項目	設定	1 回目分析結果を採用した場合	2 回目分析結果を採用した場合
バイオガス発生量 (m <sup>3</sup> /日)	194	215	236
濃縮機処理量 (m <sup>3</sup> /h)	2.0 以上	1.57	1.56
破碎分別機処理量 (m <sup>3</sup> /h)	1.5 以上	1.2	1.2
可溶化槽容量 (m <sup>3</sup> )	12 以上	4.26	4.49
可溶化槽加温熱量 (MJ/h)	305 以上	24.3	25.6
混合調質槽容量 (m <sup>3</sup> )	26 以上	24.5	24.9
メタン発酵槽容量 (m <sup>3</sup> )	500 以上	466	473
メタン発酵槽加温熱量 (MJ/h)	305 以上	52.2	53.0
脱水機処理量 (m <sup>3</sup> /h) (ただし計画では 6 時間運転)	5.5 以上	5.67	5.74
乾燥機処理量 (m <sup>3</sup> /h)	0.2 以上	0.17	0.20
設備必要熱量 (MJ/h)	1157 以上	538	640

### 3.3 返流水の負荷変動

本研究では、流入汚水の性状の季節変動を分析し、この結果を用いて、メタン発酵の脱水ろ液の水処理施設への影響を再試算する。ここでは、メタン発酵の実験は行っていないため、平成 17 年度のメタン発酵ラボテストでの脱水ろ液の性状分析結果を用いた。返流水による負荷を考慮した OD 槽への流入水質を表-6 に示す。

表-7 検証結果

項目	本年度での計算値	H17年度の計算値
BOD-SS負荷 (kgBOD/kgMLSS)	0.0296	0.0337
BOD-N比 (gBOD/gT-N)	4.05	4.61
必要空気量増加分(%)	14.9	12.2
SRT(d)	45.3	39.1

表-6 返流水を考慮した OD 流入水質

項目	本年度分析結果		H17年度報告書	
	流入水 (実績平均値)	現在流入水 + 返流水	流入水 (実績平均値)	流入水 + 返流水
BOD(mg/L)	182	209	213	239
SS(mg/L)	156	203	190	236
T-N(mg/L)	35	52	40.5	57.6

本検証結果及び既設機器の能力から判断して、返流水負荷の影響は既存施設の運転時間の設定変更で対応が可能と考えられる。

BOD 負荷については、BOD - SS 負荷を算出した。その結果 0.03~0.05 程度であり、負荷としては全く問題ない結果を得た。

T-N 負荷については BOD-N 比が 4~5 程度と有機物の割合が良好であり、SRT についても最低水温として 5℃にて算出した ASRT 以上の結果を得たため、窒素の除去が期待できる。

必要空気量の返流水負荷に伴う増加割合は全必要空気量の 15%程度であり、1 系曝気装置および 2 系ブロワ能力から、十分に余裕があると判断できた。

次に最低水温下における、OD 槽の ASRT を考慮し、かつ機器定格能力から判断した最適な運転方を試算したところ表-8 の結果を得た。本結果によれば 1 系においては高度処理運転が可能であり、水温 5℃と最悪条件下においても好気時間：無酸素時間を 1:1 程度に設定できるため窒素除去率は 85%以上が期待できる（下水道維持管理指針より）。また、2 系においても好気運転時間が確保できるため運用上の支障はない。なお、現在は負荷が低く更に条件としては好転するため、問題は無いものと考えられる。

表-8 OD 槽 SRT の算出結果

項目	1系OD槽	2系OD槽
MLSS (mg/L)	3,000	3,000
SRT (日)	59.7	49.5
ASRT (日)	17.8	17.8
好気運転時間 (h)	7.17 (9.09)	8.65 (3.61)

### 3.4 乾燥汚泥の安全性の調査

#### 3.4.1 乾燥汚泥の重金属含有量

平成 17 年度の研究では、他施設からの種汚泥に前処理したバイオマスを追加してメタン発酵し、その残渣の乾燥汚泥を用いて安全性の評価を行ったが、種汚泥の影響を受けやすかったと考えられる。本年度の調査では、都合上、ラボテストによるメタン発酵実験は行わないため、前処理を行ったバイオマスの混合液をそのまま乾燥した乾燥汚泥の各成分含有量を測定し、データ整理の際には、メタン発酵による有機物分解率を勘案して整理し、各成分、特に重金属などが乾燥汚泥に最大限どの程度含まれるかを調査することを目的とした。また、平成 17 年度に用いた種汚泥の分析も併せて行うこととした。

乾燥汚泥の各成分含有量分析結果を表-9 に示す。いずれも重金属で問題となる値はなかった。平成 17 年度の分析結果に比べて、重金属含有量のほとんどの項目で低い値であった。これは平成 17 年度の乾燥

汚泥は工場廃水の受け入れ量が多いと推測される中温用種汚泥由来の成分が大半を占めていたためと考えられる。また、窒素やりん酸、カリウムについては、メタン発酵工程で溶出する量が比較的多いと考えられるので、本年度のこれらの分析値は参考値とする。

#### 3.4.2 乾燥汚泥の重金属溶出量

乾燥汚泥の重金属など含有量の場合と同じく、平成 17 年度の研究成果の課題を考慮し、ラボテストによるメタン発酵操作は行わないが、前処理を行ったバイオマスの混合液をそのまま乾燥した乾燥汚泥の重金属溶出量を調査することを目的とした。また、平成 17 年度に用いた種汚泥の分析も併せて行うこととした。

乾燥汚泥の重金属溶出量の分析結果を表-10 に示す。いずれも問題となる値はなく、平成 17 年度の分析結果に比べて、ほとんどの項目で低い値であった。これは平成 17 年度の乾燥汚泥は工場廃水の受け入れ量が多いと推測される中温用種汚泥由来の成分が大半を占めていたためと考えられる。

表－9 乾燥汚泥の各成分含有量分析結果

試料名		5種混合液を脱水・乾燥した乾燥汚泥	中温用種汚泥を脱水・乾燥した乾燥汚泥	高温用種汚泥を脱水・乾燥した乾燥汚泥	平成17年度の分析結果①	平成17年度の分析結果③
VTS	W%DS	61	74.4	70	-	-
T-N	mg/kgDS	110,000	63,000	46,000	-	-
T-P	mg/kgDS	34,000	28,000	25,000	-	-
PO <sub>4</sub> -P	mg/kgDS	21,000	11,000	7,100	-	-
全炭素	mg/kgDS	320,000	160,000	140,000	-	-
石灰	mg/kgDS	60,000	31,000	20,000	-	-
Hg	mg/kgDS	1.1	1.4	0.7	1.6	1.6
As	mg/kgDS	6.3	2.9	4	8.3	7.9
Cd	mg/kgDS	3.1	1.6	2.6	3	3
Pb	mg/kgDS	9.7	13	5	34	31
Cr	mg/kgDS	68	300	78	160	160
Ni	mg/kgDS	29	140	23	90	90
Cu	mg/kgDS	270	370	280	460	450
Zn	mg/kgDS	950	870	900	980	940
K	mg/kgDS	12,000	2,100	5,000	-	-
窒素全量	W%DS	11	6.3	4.6	5	5.6
りん酸全量	W%DS	7.7	6.4	5.7	9.4	9.2
加里全量	W%DS	1.5	0.3	0.6	1.3	1.3
石灰全量	g/kgDS	83	43	28	37	37
炭素窒素比	-	3	2.5	3	6.3	5.8

表－10 乾燥汚泥の重金属溶出量分析結果

試料名		5種混合液の乾燥汚泥	中温用種汚泥の乾燥汚泥	高温用種汚泥の乾燥汚泥	平成17年度の分析結果①	平成17年度の分析結果③	規制値
メチル水銀	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	不検出
Hgまたはその化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0013	0.0013	<0.005
Cdまたはその化合物	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.3
Pbまたはその化合物	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.04	<0.3
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	<0.02	0.03	<0.02	<0.05	<0.05	<1.5
Asまたはその化合物	mg/L	0.021	0.017	<0.005	0.13	0.13	<0.3
Seまたはその化合物	mg/L	0.014	0.025	0.006	<0.01	<0.01	<0.3

#### 4. まとめ

流入汚水の性状およびバイオマスの性状について、平成17年度実用化研究結果と照らし合わせても建設中の設備で支障なく運転できることを確認した。

また乾燥汚泥の重金属の含有および溶出量については他処理場の種汚泥の影響が大きく、珠洲市単独汚泥での安全性についても確認できた。

平成19年度では実設備における検証・評価を行い、引き続き性能評価研究を行う予定である。

#### ●この研究を行ったのは

研究審議役兼研究第一部長  
研究第一部副部長  
研究第一部研究員

藤木 修  
小川 文章  
藤川 征宏

#### ●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長  
研究第一部副部長  
研究第一部研究員

清水 俊昭  
寺川 孝  
藤川 征宏