

廃紙の種類が及ぼすメタン生成量への影響

東北大学工学部 ○長田そら、覃宇、北條俊昌、李玉友

1. はじめに

近年、循環型社会の形成や再生エネルギーを生産する観点から廃棄物系バイオマスのメタン発酵処理が注目されている。収集生ゴミおよび食品廃棄物を処理するメタン発酵プラントが増えつつある。一方、可燃ごみには生ゴミの他に廃紙が多く含まれ、メタン生成量を増やすために、廃紙のメタン発酵処理も考えられる。一般廃棄物には様々な種類の廃紙が含まれるが、廃紙の種類によるメタン発酵特性への影響はほとんど報告されていない。

本研究では紙種類によるメタン発酵特性への影響を明らかにすることを目的として、14種類の廃紙を選んでメタン発酵の回分実験を行い、それぞれバイオガス生成ポテンシャルを検討した。その上で生ゴミと廃紙の混合発酵によるエネルギー生産効果をケーススタディで試算した。

2. 実験方法

表1に示した14種類の廃紙を選んで回分実験によりメタン生成ポテンシャルを測定した。回分実験は中温(35℃)、振とう数は毎分100回、汚泥とのVS比率0.5の条件下で行った。バイアル瓶は全容量120mL、有効容量80mLのものを使用し、種汚泥を40mL、培地を40mL投入した。また培地はW.F.Owenら(1979)を参考に作成した。

ガス生成ポテンシャルはシリンジでガス生成量を測定し、Gompertz式を用いて累積ガス生成量との誤差の二乗和が最小になるように近似した(図1)。また基質と実験終了後のTS、VSおよびCODを測定し、分解率を計算した。ただしMA・PGに関しては破碎や希釈が困難であったためCODを測定できなかった。

3. 実験結果

表1を示されたほとんどの廃紙はTS/VSが約0.95以上と非常に高く、PCやCPはTSとVSがほぼ等しい。一方でFLやPS、OPはそれぞれ0.73、0.79、0.84と比較的VS/TSが低い。

表2に示すように廃紙のメタン生成特性は大きく3つのグループに分けられる。グループ1の廃紙は高い分解率を示し、ガス生成ポテンシャルも高かった。グループ2に属するNPやFLはメタン発酵するものの、難分解性であり生成量が200mL/g-VS未満と少なかった。またグループ3のMAやPGはほとんど分解せず約50mL/g-VS前後である。SEに用いられている粘着成分やPCに用いられている防水成分はメタン発酵に阻害を及ぼさなかった。

表1 実験に使用した廃紙とその性状

使用基質	略称	VS/TS	COD(g/g-TS)
紙コップ	PC	0.997	1.25
紙皿	PD	0.988	1.19
クッキングペーパー	CP	0.995	1.08
トイレットペーパー	TP	0.981	1.13
ティッシュ	TI	0.998	0.99
オフィスペーパー	OP	0.842	1.04
封筒	EN	0.954	1.26
レシート	RE	0.805	1.03
付箋	SE	0.806	0.82
紙タオル	PT	0.973	1.03
新聞紙	NP	0.864	1.12
光沢チラシ	FL	0.726	0.94
紙おむつ吸水部	PS	0.793	0.97
紙マスク	MA	0.994	N/N
紙おむつ布部	PG	0.997	N/N

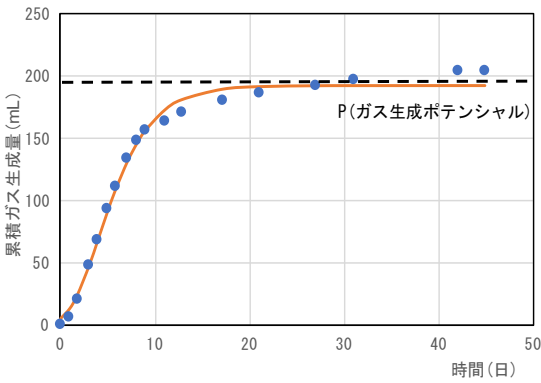


図1 Gompertz 曲線による近似

表2 異なる廃紙の分解率とバイオガス生成量

使用基質	メタン生成ポテンシャル(mL/g-VS)	ガス生成ポテンシャル(mL/g-VS)	VS分解率(%)	COD分解率(%)
グループ1	PC	332	79.8	83.0
	PD	330	82.4	72.0
	CP	324	83.3	85.2
	TP	316	79.5	94.5
	TI	311	81.8	86.9
	OP	307	80.5	86.9
	EN	304	76.3	35.7
	RE	296	77.1	81.9
	SE	281	74.9	47.6
グループ2	PT	246	64.9	50.0
	NP	198	53.8	27.0
	FL	185	50.4	39.6
	PS	146	57.8	50.3
3	MA	63	N/N	N/N
	PG	33	14.5	N/N

また生成量の低いグループ3はVS分解率も低く、TIやPCといった白い紙よりもENやSEのような色のついた紙の方がCOD分解率は低いと言える。VS分解率およびCOD分解率の高いサンプルはガス生成ポテンシャルおよびメタン生成ポテンシャルも多い。

4. 考察

4.1. 廃紙の質とメタン生成の関係

SEやFL、OPにおいてVS/TSが低いのは化学物質が含まれているためだと考えられる。SEには粘着成分があり、FLやOPにはインクが用いられている。

NPやFLといった印刷物が難分解性であったが、Owens.J.M.ら(1993)によると印刷された紙と印刷されていない紙の間では印刷された紙の方がメタン生成量が増加している。そのためインクの成分よりも紙の種類の影響が大きいと考えられる²⁾。FLは表面のコーティング材として樹脂を使っており、NPはリグニンを多く含む。またMAやPGが分解されないのは化学繊維を使用しているためだと考えられる。しかし成分表を参照すると、PSやMAの一部など、化学繊維の中にも加工によっては分解可能なものがあると考えられる。殆どの廃紙は分解可能であり、高いガス生成ポテンシャルを有することが分かった。

TIやCPはVS分解率、COD分解率がともに高いが、メタン生成ポテンシャルはPCやPDに劣っている。トータルガス生成ポテンシャルに関しては、TI・CPはPCよりも高い値となっており、紙の組成として生成メタンの割合の違いが出ていると考えられる。色付き紙のほうが白色の紙よりもCOD分解率が低い理由として、紙の漂白工程が行われていないためだと考えられる。紙の漂白工程では難分解性物質であるリグニンなどを薬品で取り除くため、漂白工程が行われていないENやPTでは分解率が低くなってしまったと考えられる。

4.2. 廃紙と生ゴミの混合発酵のケーススタディ

バイオガス発電を取り入れている長岡市と富山市について一般廃棄物としての生ゴミと廃紙のバイオガス生成ポテンシャルを試算した。試算式はバイオマス利活用導入マニュアル³⁾を参考にした。

$$G_p = \sum G_i \cdot P_i \quad (1)$$

なおGpは市のバイオガス生成ポテンシャル、Gは市の一般廃棄物排出量、iは廃棄物比率、Piはメタン生成ポテンシャルである(表3)。一般廃棄物の組成は環境省の調査⁴⁾の結果を採用した。

図2に示すように生ゴミと廃紙の混合発酵によりメタン生成量は長岡市では160%増加、富山市では86%増加が見込まれる。このように生ゴミと廃紙の混合発酵によりエネルギー回収量は大幅に向上する

ことが可能である。

5. まとめ

14種類の廃紙のメタン発酵特性を調べた結果、分解率とバイオガス生成ポテンシャルは大きく変化することが分かった。大部分の廃紙は高い分解率とメタン生成ポテンシャルを示した。

生ゴミと廃紙の混合発酵によるエネルギー生産効果は高く、多くのエネルギーが回収できる。

表3. 一般廃棄物の組成

	i(廃棄物比率(%))	Pi(メタン生成ポテンシャル(mL/g-VS))
食品	30.9	150
新聞紙	2.8	198
書籍・雑誌	2.9	198
広告・チラシ	3.5	185
ダンボール	3.2	246
用紙	1.3	307
紙バック	0.8	332
紙カップ	0.2	332
紙トレイ	0.1	330
紙箱	1.6	330
包装紙	0.8	191.9
使い捨て紙類	13.7	311
その他紙類	1.1	311

[出典:「要旨包装廃棄物の使用・排出実態調査」(2016, 環境省)]

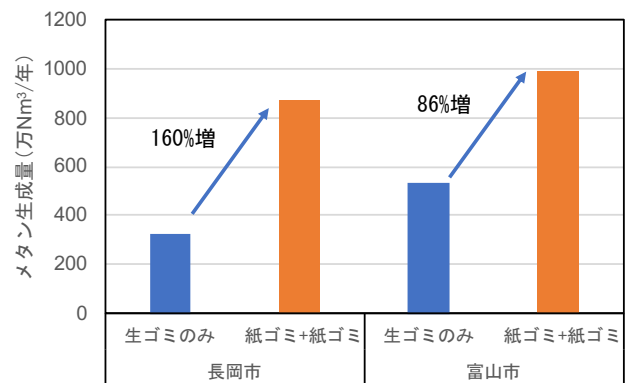


図2. 混合発酵によるメタン生成ポテンシャルの増加

参考文献

- 1) W.F.Owen, D.C.Stuckey., 1978, Water Research Vol,13,485-492
- 2) Owens,J.M., 1993, Water Sci Technol,27(2), 1-14.
- 3) バイオマス利活用導入マニュアル 環境省
- 4) 容器包装廃棄物の使用・排出実態調査 環境省
- 5) 長岡市一般廃棄物処理計画
- 6) 富山市一般廃棄物処理計画