

3. 発 酵 工 業 部

3.1 焼ちゅう蒸留廃液からのメタン回収

松久保好太朗, 前田フキ

Recovery of methane from Shochū Distillers Wastes

Koutarou MATSUKUBO and Fuki MAEDA

焼ちゅう蒸留廃液を原料とし、500 ml フラスコを用いて、回分式中温メタン発酵の実験を行い、負荷量によるガス発生量の変化、発生ガス中のメタン含量、消化液のBODなどを測定した。窒素やリンなどの栄養源を補う必要はなく、有機物の最大負荷量は4.5 g/l・日となり、CH₄含量54～55%のガスが有機物1 g 当り、630～780 ml 発生した。添加する廃液は、できるだけ希釈しない方が効率がよい。

1. ま え が き

1)

前報において焼ちゅう蒸留廃液は、メタン発酵原料として適しており、廃液の3.5倍以上のガスが発生することと、BODの90%を除去できることを報告した。

本報では、負荷量を変えた場合のガス発生量、pHへの影響、発酵経過、発生ガス中のメタン、二酸化炭素の定量などを行い、その結果に基づいて、工業化する場合に必要な発酵槽の実容積を求め、エネルギー回収量を試算した。

2. 実 験

2.1 試 料

薩摩酒造(株)本社工場で採取したいも焼ちゅう蒸留廃液(57年3月蒸留)を10メッシュのふるいに通し、粗大繊維を除去した後(除去率約1.5 Wet W/W%), 0～5℃に冷蔵し、使用の都度、必要量をビーカーに秤量し、35～40℃の湯浴中に浸漬、加温してから発酵槽に加えた。

その組成を表1に示す。

表1 いも焼ちゅう蒸留廃液の組成(10メッシュ以下)

pH	固形分 (%)	灰 分 (%)	有機物 (%)	全窒素 (%)	リ ン (ppm)	有機物 N	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
4.13	5.51	0.48	5.03	0.22	610	22.9	29,200	31,500

2.2 種汚泥

クエン酸中和廃液のメタン発酵実験を行った発酵液に焼ちゅう蒸留廃液を約1か月間、連続して加えたのち、無添加で10日間、経過してから実験を開始した。初発の汚泥濃度は2.25%であった。

2.3 発酵槽および操作法

35～38℃の湯浴槽に浸漬した500 ml 容丸底フラスコを用い、一日一回ずつ、所定量の発酵液をピペットで取り出し、廃液および水を加えて同量にした

2.4 分析

ガス発生量は、発酵槽にゴム管で連結したガスホルダーの目盛で読んだ。

ガス分析は、島津製GC-3BT型ガスクロマトグラフにシリカゲルカラムを付け、ヘリウムをキャリアガスとして行い、メタンおよび二酸化炭素の合計が100になるように補正した。

BODおよびCODは、発酵液を遠心沈でん後上澄液について、JIS-K0102によって測定した。

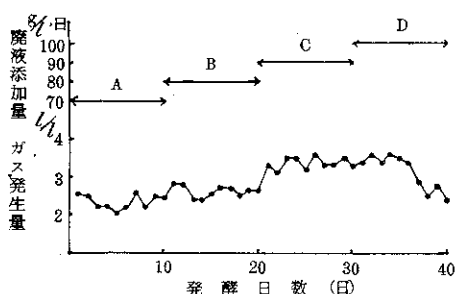


図1 廃液添加量とガス発生量の関係

3. 結果および考察

3.1 廃液添加量の影響

1日当りの廃液添加量を、70~100 g/lとしたときのガス発生経過を図1に示す。

1日当りの廃液添加量が90 g/lまでは、添加量が多いほど、発生ガス量が多くなるが、100 g/l・日になると、ガス発生量が減少し、ついには発酵が停止する。このような場合のpHは、7.0以下で酸性である。

この実験では、1日当りの最高処理量は、90 g/lで、有機物負荷4.5 g/l・日となる。この場合のガス発生量は、対廃液3.29倍、有機物当り634 ml/gであった。

他のメタン発酵と同様、有機物負荷の小さいほど、有機物当りのガス発生量が多く、BOD除去率もよくなる。

H₂Sの含量がまちまちなのは、種汚泥として硫化物の多いクエン酸中和廃液のメタン発酵液を用いたためと考えられる。

表2 焼ちゅう蒸留廃液の添加量のメタン発酵への影響

			A	B	C
廃液添加量 g/l・日			70	80	90
有機物負荷 g/l・日			3.5	4.0	4.5
ガス発生量	対発酵液 l/l		2.60	2.72	2.96
	対廃液 ml/g		37.1	34.0	32.9
	対有機物 ml/g		78.1	68.0	63.4
ガス組成	CH ₄ %		53.9	55.1	54.8
	CO ₂ %		46.1	44.9	45.2
	H ₂ S ppm		95.0	12.0	18.0
CH ₄ 収得量 ml/g・有機物			42.1	37.5	34.7
消化液	pH		7.37	7.36	7.23
	汚泥濃度 V/V %		1.0	1.0	1.2
	COD mg/l		1,110	1,140	1,200
	〃除去率 %		96.2	96.1	95.9
	BOD mg/l		670	1,850	2,600
	〃除去率 %		97.9	94.1	91.7

註) 原廃液を水で1.5倍に希釈して添加。

3.2 廃液濃度の影響

焼ちゅう蒸留廃液は粘度が高いために、容器や機器類に粘着し取扱いにくい、水で希釈することによって容易になる。希釈の影響を調べるために、有機物負荷 $4.5 \text{ g/l} \cdot \text{日}$ になるように採取した原廃液に水を加えて、それぞれ1倍、1.5倍、2倍の希釈廃液を調製し、発酵液と交換添加する方法でメタン発酵を行った。

図2に、ガス発生経過（有機物1g当りの発生量ml）とpHの変化を示す。

2倍希釈液の場合は、数日後pHが低下すると共に、ガス発生量も少なくなる。

表3にガス発生量、ガス組成、消化液の水質を示す。

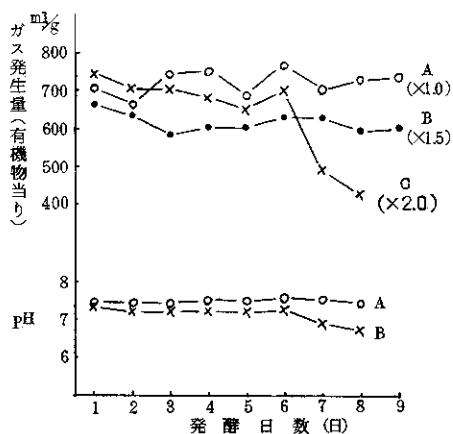


図2 濃度の異なる廃液を添加した発酵経過

表3 廃液濃度のメタン発酵への影響

			A	B	C
希釈倍数	倍		1.0	1.5	2.0
液量負荷	ml/l		90	140	180
滞留時間	日		11.1	7.1	5.6
ガス発生量	対発酵液	l/l	3.28	2.96	2.30
	対原廃液	ml/g	36.4	32.9	25.6
	対有機物	ml/g	70.4	63.4	49.3
ガス組成	CH ₄	%	56.4	54.8	52.6
	CO ₂	%	43.6	45.2	47.4
	H ₂ S	ppm	800	180	220
消化液	pH		7.52	7.23	6.95
	汚泥濃度	Vol%	13	12	10
	COD	mg/l	1,770	1,200	1,300
	〃除去率	%	93.9	95.9	95.5
	BOD	mg/l	1,780	2,610	5,070
	〃除去率	%	94.3	91.7	83.9

註) 有機物負荷 $4.5 \text{ g/l} \cdot \text{日}$
 分 析 発酵10日間継続後

表3から明らかなように希釈水を多くして、液
窒素負荷を大きくすると

- ① ガス発生量が低下する。
- ② 発生ガス中のメタン含量が低下する。
- ③ 発酵液のpHが低下する。
- ④ 汚泥濃度が低下する。
- ⑤ BOD除去率が低下する。

このようなことから、メタン発酵だけを考えると希釈は最少限に止め、できるだけ濃厚な状態で添加した方が効率がよい。ということができる。

4. 実用化する場合の試算

4.1 計算の基礎

廃液中の有機物含量	5%
有機物負荷量	$4\text{g/l}\cdot\text{日}(\text{kg/m}^3\cdot\text{日})$
ガス発生量	$600\text{ml/g}\cdot\text{有機物}$
メタン含量	54%
BOD除去率	90%
焼ちゅう製造量	5kl/日
蒸留廃液排出量	10kl/日

4.2 試算

- ① 有機物総量 ($1\text{kl} = 1,000\text{kg}$ とする。)
 $1,000\text{kg} \times 5\% = 500\text{kg}$
- ② 発酵槽実容積 (活性汚泥で生ずる余剰汚泥などの添加を考慮して30%増しとする。)
 $500\text{kg} \div 4\text{kg} \times 1.3 = 162.5(\text{m}^3)$
- ③ 所要電力 (かく拌などにBOD1t当たり約100KWh)
 $100\text{KWh} \times 0.5 = 50\text{KWh}$
- ④ ガス発生量
 $0.6\text{m}^3 \times 500 = 300\text{m}^3$
- ⑤ 発生ガスの発熱量 (純メタンの発熱量は $9,000\text{Kcal/Nm}^3$)
 $9,000\text{Kcal} \times 0.54 = 4,860\text{Kcal}$
この発熱量は都市ガスに匹敵する。
- ⑥ エネルギー回収量
 $4,860\text{Kcal} \times 300 = 14.58 \times 10^5\text{Kcal}$

重油換算 ($9,700\text{Kcal/kg}$) 150kg
電力換算 ($2,450\text{Kcal/KWh}$) 59.5KWh
(発電の熱効率を35%とする。)

⑦ 消化液

BOD濃度 $3,500\text{mg/l}$
BOD総量 35kg

活性汚泥法その他の処理をする必要がある。

⑧ その他

栄養源の補充は、必要ない。

発酵槽の保温が十分であれば、外部からの加温は必要ない。ただし、発酵液の液温が $35 \sim 38^\circ\text{C}$ になるように廃液の液温を添加時に調節する必要がある。

5. あとがき

蒸留廃液の固型分の大部分は炭水化物で、メタン発酵の栄養バランスとしては、リンは十分であるが、窒素が不足する。しかし、別に補充しなければならない量ではない。

汚泥濃度20%で、最大有機物負荷量 $4.5\text{g/l}\cdot\text{日}$ が得られたが、余裕をみて $4.0\text{g/l}\cdot\text{日}$ (原廃液 $80\text{g/l}\cdot\text{日}$) とすると、12.5日滞留となり、メタン含量約55%のガスが廃液の約3.4倍量発生し、BODの94%が除去される。

1日当りの焼ちゅう製造量 5kl (10kl の廃液) の場合、実容積約 165m^3 の発酵槽を設備すれば重油換算 150kg のエネルギーが得られることになる。発酵槽の温度維持に排熱などを利用すれば、運転に必要なエネルギー量は、液かく拌などに約 50KWh の電力が消費されるだけである。消化液の再処理が必要なことはいうまでもない。

試料採取にご協力頂いた薩摩酒造(株) 鮫島研究室長に深謝します。

6. 文献

- 1) 松久保, 前田; 鹿工試年報27, 89 (1981)