



Title	膜分離法を用いた家畜糞尿のメタン発酵処理
Author(s)	岡庭, 良安; 生村, 隆司; 野口, 真人
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 廃棄物 . 6-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 161-164
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7126">https://hdl.handle.net/2115/7126</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-6-4_p161-164.pdf



## 6-4 膜分離法を用いた家畜糞尿のメタン発酵処理

岡庭良安, ○生村隆司, 野口真人 (住友重機械工業)

### 1. はじめに

全国で発生する家畜糞尿は年間約9000万トンと言われ、その大部分が肥料として有効利用されているものの野ざらしで堆肥化されている糞尿も多く、家畜密度の高い地域では地下水汚染や悪臭といった環境問題が顕在化している。

ヨーロッパにおいては家畜糞尿のメタン発酵処理技術がデンマークやドイツを中心として普及し、バイオガスエネルギーが回収されると共に発酵液は液肥として利用されている。しかし、液肥として利用する場合、糞尿中の窒素分はそのまま農地に還元されるため、窒素過多の日本国内においては窒素除去の可能な糞尿処理技術が必要になると考えられる。

当社においても農畜産廃棄物の処理に関する研究、及び研究を踏まえた嫌気性消化処理プロセスのケーススタディーを実施している<sup>(1)</sup>。

本報ではメタン発酵後の脱離液の脱窒素処理およびメタン発酵の効率化を目的として実施した実証プラント実験結果から、メタン発酵において達成した効果について報告する。

### 2. 膜分離メタン発酵システム

膜分離メタン発酵システムの構成概念図を図1に示す。本システムでは、乳牛の糞尿や豚糞尿等比較的高水分の除渣後の家畜糞尿、および生ごみを混合してメタン発酵を行い、回転平膜を用いて脱離液を得る。メタン発酵で発生したメタンガスはアンモニアストリッピング処理の熱源として利用し、膜分離した脱離液中の窒素除去を行う。

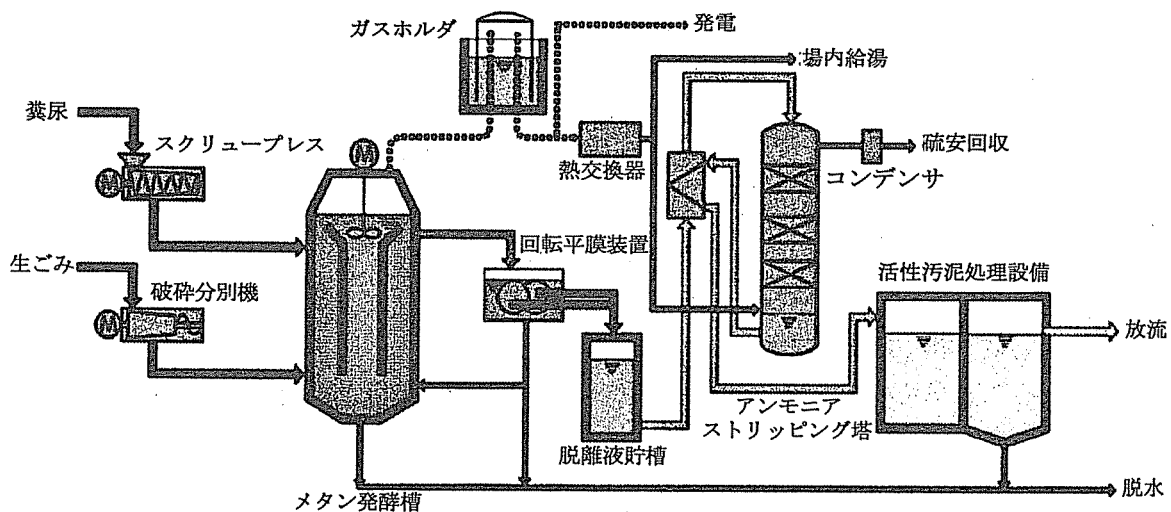


図1 膜分離メタン発酵システムの構成概念図

アンモニアストリッピングによって膜処理水中の窒素を除去し、炭素窒素比 (C/N 比) を改善することによって、脱窒素に必要となるメタノール等の炭素源を削減し、かつ、窒素負荷量を下げることによって生物学的脱窒素設備を簡素化する。

本システムの実証プラント (処理能力約 0.5 t/日) の全景を写真 1 に示す。プラントは東京農業大学内に建設され、2002年9月現在実証運転中である。

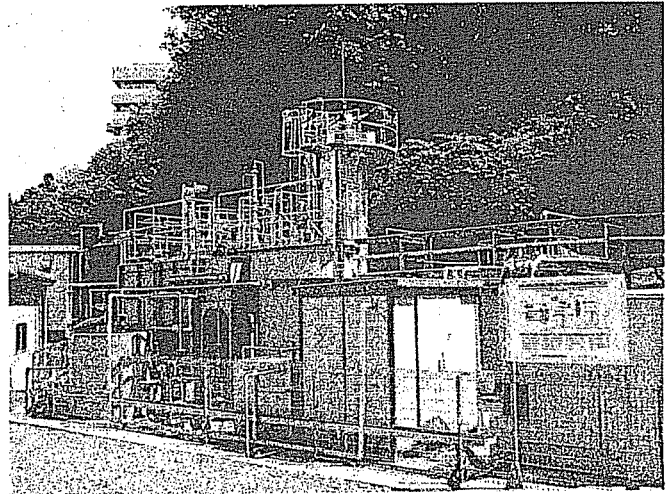


写真 1 実証プラント全景

### 3. 実験方法

#### (1) 供試試料

試験に用いた乳牛糞尿の性状を表 1 に示した。試験に用いた乳牛糞尿はバンクリーナ式牛舎の糞尿であり、ロールプレスにより粗大な有機物を取り除いた糞尿である。

表 1 試験試料の性状

	ave	min	max	n
pH	7.90	7.52	8.33	17
TS(mg/L)	75500	66900	82300	24
VS(mg/L)	57800	51500	63000	24
MLSS(mg/L)	55400	47400	63400	11
MLVSS(mg/L)	45000	38500	53000	11
Cr-T(mg/L)	94300	84600	127000	11
Cr-F(mg/L)	29100	23400	33200	11
NH <sub>4</sub> -N(mg/L)	2100	1870	2340	10
TK-N(mg/L)	4400	4200	4800	10
T-P(mg/L)	991	884	1070	10
BOD-T(mg/L)	8540	7020	11400	10
BOD-F(mg/L)	5670	4220	9240	10
Fe	305	158	447	10

#### (2) 試験装置

膜分離には回転平膜分離装置を用いた (写真 2)。回転平膜は中空の回転軸に設置した円板の両面にポリスルホン材質の限外ろ過膜を貼っており、中空の回転軸を吸引することによってメタン発酵混合液から透明な脱離液を回収できる。装置は複数の回転軸に装着した円板膜を交互に組み合わせ同方向に回転させることにより、膜面のせん断流速を上げセルフクリーニングを行うことによって長期間安定したフラックスを得ることができる。

試験装置の主な仕様は以下のとおりである。

メタン発酵槽容積 : 6m<sup>3</sup>

膜分離装置型式 : 円板状回転平膜

平膜の形状 : φ750mm ディスク

(0.75m<sup>2</sup>)×5 枚, 計 3.75m<sup>2</sup>

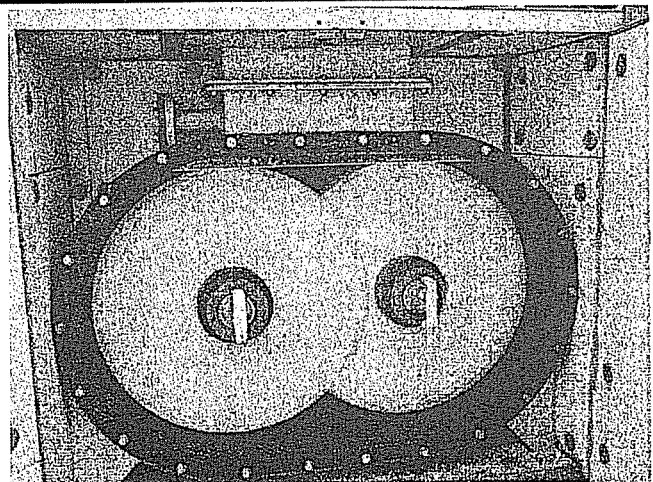


写真 2 回転平膜分離装置

#### (3) 運転方法

メタン発酵は中温 (約 37°C) とし、乳牛糞尿を 1 時間に 1 回、24 回/日発酵槽へ投入した。

膜分離装置は回転数 60rpm とし、18 分吸引、2 分停止の 20 分サイクルの間欠吸引で運転した。吸引時の膜透過流速は 0.1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・日とした。

#### 4. 試験結果

##### (1) 膜分離メタン発酵

VS 負荷を 3.9~6.6 (kg-VS/m<sup>3</sup>・日) に変化させて実験を行った。メタン発酵槽の負荷量、バイオガス発生量等の運転データを表 2 に示した。

また、VS 負荷に対するバイオガス発生量と VS 分解率を図 2 に、VS 負荷に対するメタンガス発生量と投入 COD<sub>Cr</sub>(kg)あたりのメタンガス発生量を図 3 に示す。乳牛糞尿を対象としたメタン発酵試験において、VS 負荷 5.0kg-VS/m<sup>3</sup>・日を境に分解率やガス発生量に変化が見られた。また、負荷 5.0kg-VS/m<sup>3</sup>・日では、投入 COD<sub>Cr</sub> あたりのメタンガス発生量が約 0.11m<sup>3</sup>/kg -COD<sub>Cr</sub> となり、COD<sub>Cr</sub> 分解率、および VS 分解率は双方とも約 30%であった。RUN1~RUN 8 はメタン発酵液から膜透過液を回収し、メタン菌濃度を高めて行った試験であり、最大 VS 負荷 6.6kg-VS/m<sup>3</sup>・日においても VFA980mg/L 以下の安定した処理が行えた。

表 2 メタン発酵試験の結果

	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5	RUN 6	RUN 7	RUN 8	
槽容積(m <sup>3</sup> )	6	6	6	6	6	6	6	6	
膜処理量(m <sup>3</sup> /d)	0.145	0.201	0.162	0.250	0.257	0.150	0.144	0.329	
汚泥引抜量(m <sup>3</sup> /d)	0.288	0.286	0.330	0.330	0.330	0.450	0.474	0.325	
原料投入量(m <sup>3</sup> /d)	0.433	0.487	0.492	0.580	0.587	0.600	0.618	0.654	
濃縮率(倍)	1.5	1.7	1.5	1.8	1.8	1.3	1.3	2.0	
HRT(day)	13.8	12.3	12.2	10.3	10.2	10.0	9.7	9.2	
容積負荷									
(kg/m <sup>3</sup> /d) COD <sub>Cr</sub>	6.41	7.03	7.59	8.91	8.81	9.20	10.02	10.44	
VS	3.93	4.29	5.02	5.49	5.66	5.97	6.35	6.55	
ガス発生量(m <sup>3</sup> /d)	6.8	7.5	8.4	9.0	9.1	9.6	10.1	10.6	
CH4濃度	59.2	59.0	59.6	59.1	58.3	59.7	58.9	57.6	
発酵槽内	pH	7.90	7.86	7.75	7.76	7.81	7.82	7.81	7.83
	TS(mg/L)	81900	77900	81400	83300	84000	83900	84900	91800
	VS(mg/L)	60000	57100	60300	62100	62800	63200	64200	69400
	MLSS(mg/L)	61800	62600	65900	70600	67300	63200	63500	73700
	MLVSS(mg/L)	47300	47900	50500	53900	52200	49200	52300	59400
	TK-N(mg/L)	4910	5040	4920	4630	5030	5140	4960	5100
	T-P(mg/L)	1450	1400	1450	1480	1340	1480	1460	1460
膜処理水	pH	7.86	7.79	7.78	7.82	7.81	7.88	7.89	7.88
	TS(mg/L)	8760	10700	10400	10100	10800	11100	11800	11900
	VS(mg/L)	3240	4140	4000	3860	4260	4400	4570	4590
	COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	2120	2710	2710	2560	2790	2940	2930	2920
	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	5280	6620	6580	6460	7380	7490	8470	8210
	NH <sub>4</sub> -N(mg/L)	1950	2380	2260	2200	2380	2410	2930	2700
	TK-N(mg/L)	2100	2470	2390	2350	2530	2580	2530	2570
	O-P(mg/L)	23.2	18.5	18.0	13.3	15.4	17.6	19.4	17.9
	BOD(mg/L)	1120	1240	1260	1670	1710	2110	2150	1710
VFA	441	307	512	789	735	738	982	856	
バイオガス発生量(Nm <sup>3</sup> /日)	6.7	7.4	8.2	8.7	8.8	9.3	9.8	10.3	
発生メタンガス量(Nm <sup>3</sup> /日)	3.9	4.3	4.9	5.2	5.2	5.6	5.8	5.9	
COD <sub>Cr</sub> 分解量(kg/日)	11.3	12.4	14.0	14.7	14.7	15.9	16.5	16.9	
COD投入量(kg/日)	38.5	42.2	45.6	53.5	52.9	55.2	60.1	62.6	
COD分解率(%)	29.3	29.4	30.7	27.5	27.9	28.8	27.4	27.1	
VS分解量(kg/日)	8.2	9.0	10.0	10.7	10.9	11.3	12.0	12.8	
VS投入量(kg/日)	23.6	25.7	30.1	32.9	34.0	35.8	38.1	39.3	
VS増加量 <sup>1)</sup> (kg/日)	0.68	0.74	0.84	0.88	0.88	0.95	0.99	1.02	
VS減量 <sup>2)</sup> (kg/日)	7.5	8.3	9.2	9.8	10.0	10.4	11.0	11.8	
VS分解率(%)	31.7	32.1	30.5	29.8	29.6	29.0	29.0	30.0	

注 1)VS増加量=COD<sub>Cr</sub>分解量×0.06として計算した。

2)VS減量=VS分解量-VS増加量

##### (2) 従来法によるメタン発酵 (F&D 方式)

膜分離装置を使用せず VS 負荷 5.0kg-VS/m<sup>3</sup>・日で運転を行った結果を表 3 に示す。この場合、発酵槽内の VS は 5.29%となり、VS 分解率は 27.1%となった。また、有機酸濃度も膜分離装置を使用した RUN 3 と比較して徐々に高くなる傾向にあった。VS 分解率の低下 (30.5%→27.1%) はメタン発酵液の菌濃度の低下 (VS として 6.03%→5.29%) に起因していると考えられた。従って、メタン発酵法でメタン発酵液の VS 濃度を高濃度に維持することは有機物分解率を上げ、かつ、安定した処理を行う上で有効な手段であると判断できた。

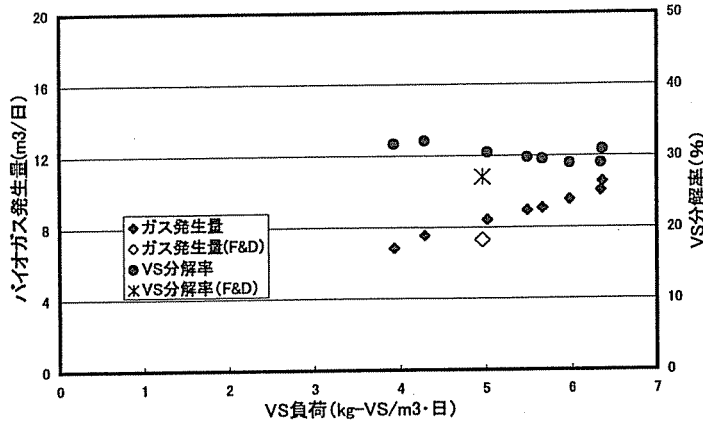


図2 有機物負荷に対するバイオガス発生量とVS分解率  
(牛糞尿負荷試験)

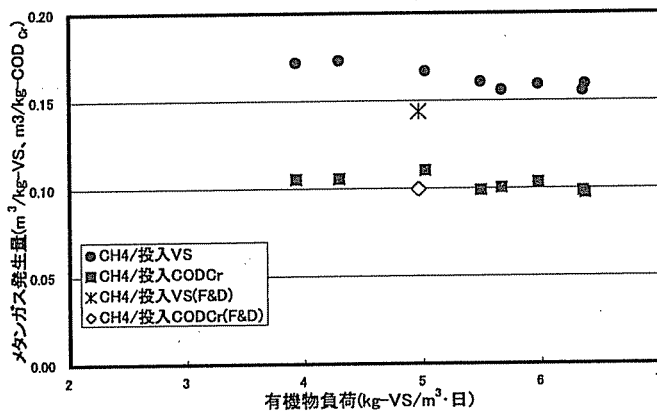


図3 有機物負荷に対するメタンガス発生量  
(牛糞尿負荷試験)

## 5. まとめ

- (1) 乳牛糞尿の膜分離メタン発酵では、 $5.0\text{kg-VS/m}^3\cdot\text{日}$ の条件において、VS分解率、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 分解率とも約30%となり、従来法に比較して、約1.0%分解率が向上した。  
分解率の上昇は、メタン発酵液のVS濃度を膜分離によって高濃度化したことによると考えられた
- (2) 膜分離メタン発酵において、夾雑物除去後の糞尿を原料としてVS負荷 $6.6\text{kg/m}^3\cdot\text{日}$ 、HRT9.2日の条件で安定したメタン発酵処理を行うことが出来た。  
メタン発酵槽の小容積化は、発酵槽の必要加温熱量の削減につながり、処理系外での利用可能エネルギーの創出上も効果的である。本システムは余剰エネルギーを窒素除去に利用するシステムであり、その効果については別途報告したい。

尚、本研究は1999、2000、2001年度の(財)畜産環境整備機構の助成研究事業の研究成果の一部を含んでいる。

## 6. 参考文献

- (1) 加藤明徳, 野池達也. 各種畜産廃棄物の嫌気性消化処理におけるメタンガス発生量. 廃棄物学会論文集, Vol.10, No.1, p1~8, 1999.

表2 従来法の結果

		従来法
槽容積( $\text{m}^3$ )		6
膜処理量( $\text{m}^3/\text{d}$ )		0.000
汚泥引抜量( $\text{m}^3/\text{d}$ )		0.507
原料投入量( $\text{m}^3/\text{d}$ )		0.507
HRT(day)		11.8
容積負荷	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	7.16
	VS	4.96
ガス発生量( $\text{m}^3/\text{d}$ )		7.3
CH4濃度		58.6
発酵槽内	pH	7.83
	TS(mg/L)	70000
	VS(mg/L)	52900
	MLSS(mg/L)	62000
	MLVSS(mg/L)	48500
	TK-N(mg/L)	4640
	T-P(mg/L)	1170
	Fe	621
	VFA	729
	バイオガス発生量	( $\text{Nm}^3/\text{日}$ )
発生メタンガス量	( $\text{Nm}^3/\text{日}$ )	4.2
$\text{COD}_{\text{Cr}}$ 分解量	(kg/日)	11.9
$\text{COD}$ 投入量	(kg/日)	43.0
$\text{COD}$ 分解率	(%)	27.7
VS分解量	(kg/日)	8.8
VS投入量	(kg/日)	29.8
VS増加量 <sup>1)</sup>	(kg/日)	0.72
VS減量 <sup>2)</sup>	(kg/日)	8.1
VS分解率	(%)	27.1

注 1)VS増加量= $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 分解量 $\times 0.08$ として  
2)VS減量=VS分解量-VS増加量