

# 豚舎排水における沖縄型簡易無加温メタン発酵処理技術の開発

(1)保温方法の違いがメタン発酵槽内液温およびBOD除去率に及ぼす影響

二宮恵介 風岡雅輝\* 鈴木英之\*\* 片桐慶人

## I 要 約

豚舎排水の簡易無加温メタン発酵処理技術の開発のため、1000lのローリータンクを発酵槽とする無加温メタン発酵装置を作製し、試験区として発酵槽に断熱材を被覆する断熱材区、発酵槽の下部を地下に埋設する半地下区および無処理の対照区を設け、保温方法の違いが発酵槽内液温およびBOD除去率に及ぼす影響について検討を行ったところ、以下のとおりであった。

1. 外気温の最低値は2020年2月に8.6℃を示し、発酵槽内液温の最低値は同月に対照区15.0℃、断熱材区17.1℃および半地下区18.7℃を示した。
2. BOD除去率は対照区70.5%、断熱材区72.0%および半地下区70.0%であった。

## II 緒 言

水質汚濁防止法における生物化学的酸素要求量(BOD)の一般排水基準は160mg/lであるが、本県における2012年から2013年の養豚農家の調査<sup>1)</sup>では、冬季の肥育経営における基準超過の割合が高くなっている。ふん尿混合豚舎排水等の高濃度に有機物を含む汚水の処理法には、古くからメタン発酵処理技術が知られており、近年再注目されている。脇屋ら<sup>2)</sup>は冬季の加温による沈殿汚泥のメタン発酵処理について報告しているが、温暖な気候の本県においては、通年で無加温による低コストなメタン発酵処理の可能性があると考えられる。しかし、本県における無加温メタン発酵処理についての知見はみられない。

そこで本研究では、1000lのローリータンクを用いた無加温メタン発酵装置を作製し、本県気候下での保温方法の違いが発酵槽内液温およびBOD除去率に及ぼす影響について検討を行ったので報告する。

## III 材料および方法

無加温メタン発酵装置の概略図を図1に示した。1000lのローリータンクを発酵槽とし、汚水投入時にメタン発酵により発生した消化液が越流する構造とした。試験区は、発酵槽をポリスチレンフォーム製の断熱材(厚さ20mm)で被覆する断熱材区、発酵槽下部を地下に埋設する半地下区および無処理の対照区とし、1反復で行った。2019年6月3日に当センターの既存メタン発酵槽からの消化液300lを各発酵槽に投入し、毎日30l(滞留日数:33.3日)の汚水を投入した。槽内の攪拌は水中ポンプ(40PU2.15S, 鶴見製作所)により3時間に1回15分間行った。なお、槽内の沈殿物の堆積防止を目的に汚水の投入は攪拌中に行った。供試汚水は、篩い目0.5mmの振動篩い機による固液分離後の豚舎排水を投入した。試験期間は2019年7月から2020年2月とした。調査項目は、外気温、発酵槽内液温、BOD、浮遊物質(SS)、pH、アンモニア性窒素(NH<sub>4</sub>-N)、全窒素(T-N)、メタン(CH<sub>4</sub>)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)および硫化水素(H<sub>2</sub>S)とした。外気温および発酵槽内液温は温度記録計(RTR-502, T&D)を用いて1時間ごとに測定した。BODは圧力センサ式BOD自動測定器(BODTrak II, HACH)、SSは遠心分離法<sup>3)</sup>、pHはガラス電極法<sup>3)</sup>、NH<sub>4</sub>-Nはデジタルパケットテスト(DPM2-NH<sub>4</sub>, 共立理化学研究所)、T-Nは紫外吸光度法<sup>3)</sup>、CH<sub>4</sub>はポータブルガス検知器(RX-8000, 理研計器)、CO<sub>2</sub>およびH<sub>2</sub>Sは検知管(2HH, 4H, ガステック)を用いてそれぞれ1週間に1回程度の頻度で測定した。

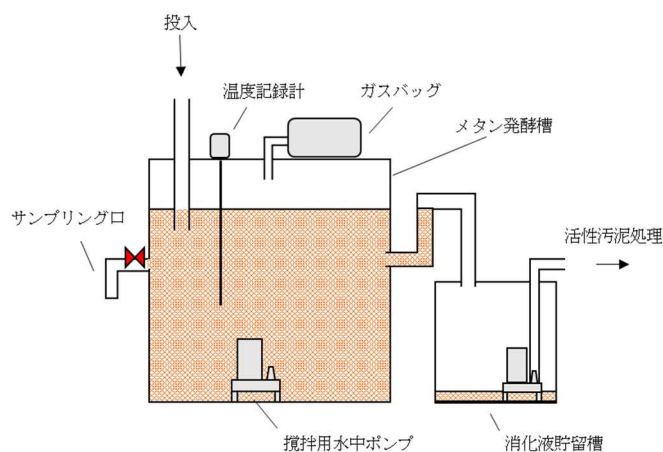


図1 無加温メタン発酵装置の概略図

#### IV 結果および考察

表1に外気温および発酵槽内液温の推移を示した。外気温の最高値は2019年8月に38.8℃を示し、発酵槽内液温の最高値は同月に対照区32.1℃、断熱材区31.8℃および半地下区31.7℃を示した。また、外気温の最低値は2020年2月に8.6℃を示し、発酵槽内液温の最低値は同月に対照区15.0℃、断熱材区17.1℃および半地下区で18.7℃を示した。温度はメタン発酵の処理効率に大きな影響を及ぼす因子の一つであり、至適温度は15～20℃(低温消化帯)、30～37℃(中温消化帯)および50～55℃(高温消化帯)の3つがある<sup>4)</sup>。このことから、本試験における発酵槽内液温は夏季に中温消化帯付近、冬季に低温消化帯付近の温度帯にあったと考えられる。また、試験期間中の発酵槽内液温の最低値は、おおむね対照区と比較して断熱材区および半地下区で高い値を示す傾向にあった。このことから、発酵槽の断熱材被覆および半地下への埋設は発酵槽の保温対策として一定の効果があることが示唆された。

表1 外気温および発酵槽内液温の推移

単位:℃

	外気温			対照区			断熱材区			半地下区		
	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値	平均値	最高値	最低値
2019年7月	28.7	38.5	24.1	30.0	31.8	27.7	31.7	31.8	29.2	29.9	31.6	28.3
8月	28.5	38.8	24.5	30.1	32.1	28.0	30.8	31.8	29.5	29.8	31.7	27.8
9月	27.0	37.0	23.0	28.7	31.7	25.7	29.9	31.7	28.4	29.2	31.1	27.1
10月	25.0	34.3	19.3	27.2	30.2	24.2	28.2	29.9	26.5	28.1	31.1	26.2
11月	21.9	29.2	15.5	23.9	26.6	21.6	25.1	26.9	23.5	25.0	26.5	23.3
12月	18.6	28.3	13.5	20.5	23.0	17.0	21.9	23.6	20.7	21.9	26.3	20.4
2020年1月	17.0	28.9	10.8	18.9	22.7	15.6	20.2	22.0	18.0	20.7	24.0	19.1
2月	17.1	26.8	8.6	18.5	23.3	15.0	19.7	24.0	17.1	19.7	22.6	18.7

図2に投入汚水および消化液のBODの推移を示した。投入汚水のBODは2019年7月から11月と比較して、12月以降に高くなる傾向を示した。高温期には豚の遊び水が増大し、汚水への混入水量が増加することから、混入水の希釈による投入汚水中BODの季節変動が生じたと考えられた。いっぽう、消化液中BODはすべての試験区において、おおむね同様な傾向で推移した。

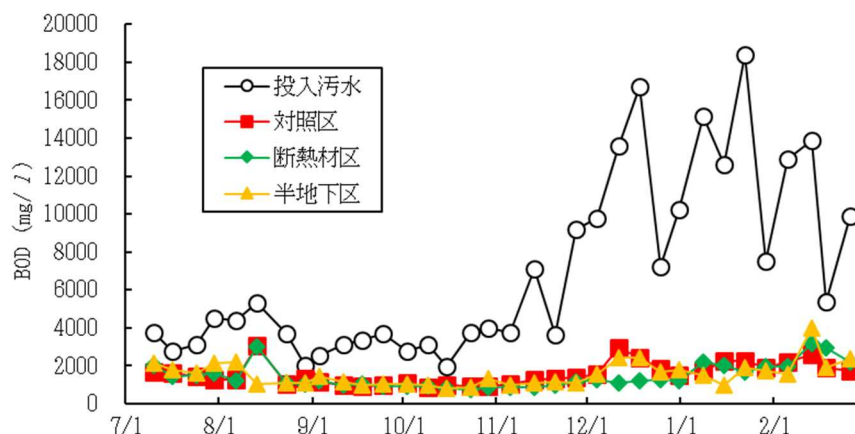


図2 投入汚水および消化液の BOD の推移

表2に投入汚水、消化液の水質およびBOD除去率を示した。すべての水質調査項目において、試験区間に大きな差はみられなかった。試験期間中のBOD除去率は、対照区70.5%、断熱材区72.0%および半地下区70.0%であった。沈殿除去を含むメタン発酵処理におけるBOD除去率の目安は、80~85%程度とされている<sup>6)</sup>が、本試験においてはそれよりも低い値となった。

表3に期間別の投入汚水、消化液のBODおよびBOD除去率を示した。投入汚水中BODの低い2019年7月から11月とBODの高い2019年12月から2020年2月のBOD除去率を比較したところ、7月から11月は対照区61.4%、断熱材区62.6%および半地下区59.2%となり、12月から2月は対照区79.7%、断熱材区81.5%、半地下区80.9%となった。すべての区において12月から2月のBOD除去率が高い傾向を示したことから、投入汚水の量が一定の場合には、BODの低い汚水と比較してBODの高い汚水の処理効率が良い可能性が示唆された。

表2 投入汚水、消化液の水質およびBOD除去率

	投入汚水		消化液					
			対照区		断熱材区		半地下区	
BOD (mg/l)	6911 ± 4720	1576 ± 596	1457 ± 657	1557 ± 649				
SS (mg/l)	9691 ± 7416	3324 ± 1078	3438 ± 1426	3956 ± 1762				
pH	7.5 ± 0.1	7.5 ± 0.1	7.6 ± 0.1	7.5 ± 0.1				
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	640 ± 194	708 ± 116	730 ± 119	709 ± 111				
T-N (mg/l)	1018 ± 353	915 ± 155	900 ± 159	918 ± 150				
BOD除去率 (%)	—	70.5 ± 14.1	72.0 ± 15.0	70.0 ± 15.5				

注) 平均値±標準偏差

表3 期間別のBODおよびBOD除去率

期間	項目	投入汚水	消化液					
			対照区		断熱材区		半地下区	
2019年7月~11月	BOD (mg/l)	3890 ± 1659	1273 ± 476	1205 ± 517	1294 ± 432			
	BOD除去率 (%)	—	61.4 ± 13.8	62.6 ± 13.4	59.2 ± 14.8			
2019年12月~2020年2月	BOD (mg/l)	11790 ± 3863	2064 ± 423	1863 ± 672	1983 ± 727			
	BOD除去率 (%)	—	79.7 ± 6.6	81.5 ± 12.4	80.9 ± 8.1			

注) 平均値±標準偏差

表3に月ごとのガス成分の平均値を示した。CH<sub>4</sub>の試験期間中の平均値は、対照区50.3%、断熱材区54.0%および半地下区51.0%であった。一般的なメタン発酵処理で発生するメタンガス濃度55~65%<sup>6)</sup>と比較して低い値であった。また、すべての区において夏季よりも冬季にCH<sub>4</sub>濃度が高い傾向を示した。

表3 月ごとのガス成分の平均値

年月	対照区			断熱材区			半地下区		
	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S(ppm)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S(ppm)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S(ppm)
2019年7月	40.2	11.3	360	56.3	13.5	500	51.0	17.0	600
8月	45.0	17.2	263	63.3	17.9	1088	45.2	16.7	563
9月	43.8	18.5	338	45.9	15.8	585	44.3	17.6	530
10月	52.7	17.5	688	26.0	12.8	550	38.7	16.0	555
11月	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12月	66.0	18.6	2933	71.8	26.0	2233	68.8	25.8	1467
2020年1月	62.3	24.0	3600	59.8	25.0	1800	66.8	24.0	1600
2月	-	-	-	-	-	-	-	-	-
平均値	50.3	17.9	1363	54.0	18.3	1126	51.0	19.2	886

注)11月および2月データは機器トラブルによる欠損値

以上のことから、無加温メタン発酵槽の断熱材被覆および半地下埋設は保温対策として一定の効果が示唆されたものの、BOD除去率には影響を及ぼさないことが示唆された。今後はメタン発酵処理で発生した消化液の浄化処理および液肥利用等についての検討が必要である。

## V 引用文献

- 1) 沖縄型畜産排水対策モデル事業共同企業体(2014)沖縄型畜産排水対策モデル事業に係る業務委託報告書, 沖縄型畜産排水対策モデル事業共同企業体
- 2) 脇屋裕一郎・田中宗浩・橋本暁子・坂井隆宏・式町秀明(2005)メタン発酵処理技術を活用した沈殿汚泥処理法の開発, 西日本畜産学会報, 48, 81-84
- 3) 公益社団法人日本下水道協会(2012)下水試験方法上巻-2012年版-, 223-327, 公益社団法人日本下水道協会
- 4) 公益社団法人日本下水道協会(2001)下水道施設計画・設計指針と解説後編-2001年版-, 381-411, 公益社団法人日本下水道協会
- 5) 一般財団法人畜産環境整備機構畜産環境技術研究所(2018)畜産汚水の処理技術マニュアル-処理の基本から高度処理まで-, 22, 一般財団法人畜産環境整備機構
- 6) 財団法人畜産環境整備機構(2004)家畜ふん尿処理の設計・審査技術, 171-184, 財団法人畜産環境整備機構

研究補助：宮城広明，宮城敏政，仲宗根安利