特集・第6回生物膜法研究シンポジウムより

回転円板法によると畜場排水処理—第3報

福本哲也*

1. はじめに

第1報¹⁾、第2報²⁾で述べたとおり、と畜場からの排水は血液を主として蛋白質、脂肪を多量に含み、BODが高く負荷変動も大きいことが知られている。従来は主として活性汚泥法が使われてきたが、汚泥が膨化しやすくSVI値が高くなり、汚泥の沈降性が悪くなる等、安定した処理を行うことが容易ではなかった。

本文で報告する宮崎県都城市食肉センターでは、上記の点を考慮し、その排水処理に回転円板方式が採用され、処理施設は1988年5月に運転を開始し、今年5月からは5年目を迎える。第2報までは、運転開始当初の報告を行ったが、本報ではその後の運転経過について報告するものである。

2. 施設の概要

(1) と畜場施設

本食肉センターの規模を下記に示す。

- ・敷地面積 15,371 m²
- ・と畜場1日当たり処理能力

大動物	60頭
小動物	1,100頭
- ・部分肉処理能力

大動物	35頭
小動物	630頭

と畜場の作業工程は動物の種類により多少異なるが概ね図-1に示すとおりである。

搬入された動物は、一旦係留され、と殺室で放血後頭処理、皮剥ぎを経て、内臓を除去される。その後枝割及び洗浄を行い、出荷されるまで冷凍される。

図に示すとおり、それぞれの工程から異なった水質の排水が排出されるが、その中でも特にと殺室での放血量が排水濃度に大きく影響する。従来のと畜場ではこの血液回収率が40～50%であったが、本食肉センター

では90%を目標としている。

(2) 排水処理施設

表1に工程別計画処理水質、図-2に処理フローシート、表2に主要設備仕様、写真1、2に処理施設の全景を示す。

処理施設は敷地の関係により2階建の構造としており、回転円板体は2階に設置されている。本施設は住宅地に位置するため、写真に示すとおり建築的にも注意を払い、また処理施設全体の脱臭を硫酸、苛性ソーダ、次亜塩素酸ソーダの薬品洗浄方式により行っている。なお、処理水質の規制値が緩やかであるのは、本処理施設が下水道の除外施設であるためである。

図-2に示すように、と畜場から排出された排水はBOD除去率40～50%を目標とし、固形物スクリーンとウェッジワイヤー型の微細目スクリーンにて皮毛、

図-1 と畜場の作業工程と排水

* パスコエンジニアリング(株)水処理事業部
Tetsuya FUKUMOTO

内臓、肉片等を除去される。固形物スクリーンからのしき物は回収され、微細目スクリーンからのしき物は脱水後搬出され肥料化される。スクリーニングされた排水は、流量調整槽を経て、無薬注の加圧浮上槽でn-Hex 抽出物質除去率90%を目標として、油分の除去を行う。本施設では、この加圧浮上槽の後に第1沈殿槽が設置されているが、これは特別なトラブル例えば、汚泥処理系統に何らかの問題が生じ、流量調整槽に汚泥が堆積してしまった場合に、その機能が活かされる。

第1沈殿槽を出た排水は、汚水分配計量槽を経て2系列5段の回転円板槽に入るが、汚水分配計量槽は、系列への流量調整だけではなく、回転円板体の初段負荷軽減を目的とし、3段目へ分注出来る構造としている。

表1 工程別計画水質

項目	pH	BOD	SS	n-Hex 抽出	COD
工程	—	mg/ℓ	mg/ℓ	物質mg/ℓ	mg/ℓ
流入水	5.8～8.6	1,200	1,000	200	300
スクリーン処理水	5.8～8.6	800	500	150	250
第1沈殿槽処理水	5.8～8.6	720	400	50	250
最終処理水	5.8～8.6	200	200	30	200
下水道基準					規制無
日平均排水量	1,650㎥/日（排水時間6時間）				
日最大排水量	2,010㎥/日（排水時間8時間）

図-2 処理フローシート

表2 主要設備仕様

設備名称	仕様
自動固形物スクリーン	型式 自動バースクリーン
	仕様 6.00%×473㎥/H×0.4kw×1台
自動微細目スクリーン	型式 ウェッジワイヤー型
	仕様 0.75%×190㎥/H×0.4kw×2台
流量調整槽	必要容量 平均汚水量に対して16時間以上
	実容量 1474.5㎥
	攪拌空気量 槽容量に対して1.0㎥/㎥・H
無薬注加圧浮上槽	有効容量 平均汚水量+加圧水量に対して30分以上
	実容量 129.4㎥
第1沈殿槽	必要容量 平均汚水量に対して3.0時間以上
	実容量 266.7㎥
回転円板体	型式 平板式1軸1段型
	円板直径 3,000mm
	設置方式 2系列×5段（総台数10台）
	円板材質 高密度発泡ポリスチレン
	円板ピッチ 27.0mm
	円板総面積 4,241㎥/台×10台=42,410㎥
	円板周速 13.2m/分及び18.84m/分の可変速
	動力 ポールチェンジモーター1.5kw/2.2kw
	駆動装置 円板体録型ウォームギア減速機
第2沈殿槽	必要容量 平均汚水量に対して4.0時間以上
	実容量 352.6㎥
汚泥脱水機	型式 多重円板式
	仕様 105kgs/日×3.58kw×2台

写真1 排水処理施設全景

写真2 排水処理施設全景
（円板体据付工事中）

回転円板体は、生物膜がかなり厚くなり、その荷重も大きくなることが予想されるため、製品重量が軽く浮力が大きい高密度発泡ポリスチレン製とし、円板体ピッチも27mmと間隔の広いタイプを採用している。回転円板槽で処理された排水は、第2沈殿槽で固液分離され消毒後放流される。

加圧浮上槽、第1沈殿槽、第2沈殿槽から発生する余剰汚泥は、汚泥貯留槽を経て含水率85%以下に脱水処理され、スクリーンしき物と同様肥料化されている。

3. 運 転 経 過

(1) 水 量

表3に昭和63年6月から平成3年1月までの動物処理頭数と排水量の推移を示す。頭当たりの排水量は、徐々に減少する傾向にあり、平成2年度では平均0.72m³/頭・日となっている。従来のと畜場では一般に1.20m³/頭・日と言われており、本排水処理施設もこの数値を採用して設計されたが、食肉センター側の節水努力により、排水量は60%程度となっている。

(2) 水 質

図-3、4、5、6に運転開始当初の昭和63年6月から平成3年11月までの放流水質の経月変化を示す。この図によれば、平成元年11、12月及び平成3年9、10月を除けば、

処理水 S S 15.6~82.0mg/ℓ

COD 20.5~57.9mg/ℓ

BOD 18.4~94.9mg/ℓ

T-N 17.4~80.8mg/ℓ

と所定の数値の半分以下となっている。この間の流入水質については、連続で測定を行っていないので数少ないデータから推定すると、

SS1,500mg/ℓ, COD250mg/ℓ, BOD1,000mg/ℓ, T-N150mg/ℓ程度と考えられる。この数値によりそれぞれの除去率を計算すると、

S S 除去率 94.5~99.0%

COD除去率 76.8~91.8%

BOD除去率 90.5~98.2%

T-N除去率 46.1~88.4%と推定される。

なお、過去2回の水質悪化の原因は、平成元年11月12月が、加圧浮上槽のトラブルにより、原水ポンプ槽から直接回転円板槽

表3 処理頭数と排水量

	処 理 頭 数				合計	積算 流量	稼働 日数	日平均 排水量	頭当たり 排水量	
	牛		豚							羊
	頭/月	頭/月	頭/月	頭/月						
昭和63年6月	498	6	22,032	0	22,536	24,235	26	932	1.08	
7月	587	3	22,576	1	23,167	23,513	26	904	1.01	
8月	619	10	22,363	0	22,992	22,654	26	871	0.99	
9月	593	3	23,646	0	24,242	22,095	24	921	0.91	
10月	600	9	25,363	0	25,972	22,588	25	904	0.87	
11月	643	7	24,794	0	25,444	20,846	22	948	0.82	
12月	743	9	28,228	0	28,980	23,249	24	969	0.80	
平成元年1月	470	6	24,545	0	25,021	18,967	23	825	0.76	
2月	544	4	23,617	0	24,165	18,301	21	871	0.76	
3月	546	9	26,730	0	27,285	20,562	25	822	0.75	
平 均					24,980	21,701			0.87	
4月	569	9	25,765	0	26,343	18,752	24	781	0.71	
5月	612	6	25,278	0	25,896	22,902	24	954	0.88	
6月	573	7	24,709	1	25,290	23,608	26	908	0.93	
7月	605	7	23,216	0	23,828	24,902	26	958	1.05	
8月	627	7	25,495	0	26,129	26,862	25	1,074	1.03	
9月	659	6	26,824	0	27,489	25,188	23	1,095	0.92	
10月	718	5	30,828	0	31,551	22,266	25	891	0.71	
11月	758	7	31,600	1	32,366	21,763	24	906	0.67	
12月	781	12	31,366	0	32,159	21,472	23	934	0.66	
平成2年1月	464	2	28,677	0	29,143	17,498	23	761	0.60	
2月	523	5	29,106	0	29,634	18,510	22	841	0.62	
3月	517	4	30,875	0	31,396	20,125	26	774	0.64	
平 均					28,435	21,987			0.77	
4月	563	4	29,155	0	29,722	19,189	24	800	0.65	
5月	545	6	30,154	0	30,705	19,911	24	830	0.65	
6月	459	7	27,957	1	28,424	19,941	26	767	0.70	
7月	589	2	27,702	1	28,294	22,330	26	859	0.79	
8月	592	7	27,659	0	28,296	23,518	24	980	0.83	
9月	613	3	28,570	0	29,186	24,229	24	1,010	0.83	
10月	694	6	33,415	0	34,115	25,134	26	967	0.74	
11月	753	5	33,534	0	34,292	23,251	23	1,011	0.68	
12月	822	6	33,892	1	34,721	23,621	23	1,027	0.68	
平成3年1月	537	2	31,829	0	32,368	21,808	23	948	0.67	
平 均					31,012	22,293			0.72	

へ流入させたためであること、平成3年9月、10月が流量調整槽清掃のため、同じく直接回転円板槽へ流入させたことによるものである。

図-7に工程別の水質変化を示す。流入水BOD 1,050.5mg/ℓは、第1沈殿槽までの前処理段階で、概

図-3 昭和63年度放流水質の経月変化

図-4 平成元年度放流水質の経月変化

図-5 平成2年度放流水質の経月変化

図-6 平成3年度放流水質の経月変化

図-7 工程別処理水質の変化

ね50%除去され、540.8mg/ℓで回転円板槽に流入している。この時点では、汚水分配計量槽では分注は行っていないので、排水量を950m³/日とすると、実際の円板体BOD面積負荷は、

全負荷 12.1g BOD/m²・日

初段負荷 60.6g BOD/m²・日

となる。

4. ランニングコスト

排水処理施設の機能を判断する上で、処理能力だけではなく、ランニングコストは非常に重要なことである。ここではランニングコストとして、しき物の処分料金、脱水ケーキの処分料金、脱水助剤の使用料金、電気料金について記述するもので、管理に必要な人件費、機器類の補修費は含めていない。なお電気料金については、食肉センター全体で受電を行っており、排水処理施設だけの実際の電気料金を出すことが難しいため、排水処理施設単独で受電したと仮定して、計算により算出した。

表4に、昭和63年6月から、平成3年1月までの実際のしき物の搬出量、脱水ケーキの搬出量、脱水剤使用量を示す。ランニングコストの計算では、平成2年度の数値を使用するものとする。なお、搬出されたしき物、脱水ケーキは資化性が高く肥料化されているため、一般の産業廃棄物よりその処分費は安い。

表5は排水処理施設の内、脱臭設備を除く全動力のリストとその消費電力である。以下にランニングコストの計算を行う。

(1) 基本電気料金

契約負荷設備の内最大のものから

最初の2台につき100%

(15.0kw+15.0kw) × 1.00 = 30.00kw

次の2台につき95%

(15.0kw+15.0kw) × 0.95 = 28.50kw

上記以外につき90%

(159.26kw - 60.0kw) × 0.90 = 89.33kw

合 計 147.83kw

表4 しさ物、脱水ケーキ搬出量

	固形物スクリーン しき搬出量	微細目スクリーン しき搬出量	脱水汚泥 搬出量	アニオン剤 使用量	カチオン剤 使用量
	m ³ /月	m ³ /月	m ³ /月	kg/月	kg/月
昭和63年6月	23.9	74.0	95.0	18.0	130.0
7月	39.5	73.0	62.5	16.0	120.0
8月	51.1	69.0	32.7	20.0	116.0
9月	65.5	73.0	64.5	18.0	110.0
10月	73.5	85.5	115.0	56.0	204.0
11月	55.6	78.0	106.0	30.0	150.0
12月	27.1	80.0	123.0	26.0	140.0
平成元年1月	33.2	72.0	87.5	24.0	120.0
2月	33.1	42.5	67.0	12.0	100.0
3月	17.7	30.2	70.0	13.0	90.0
平均	42.0	67.7	82.3	23.3	128.0
4月	12.1	33.0	62.8	17.0	140.0
5月	14.4	30.7	66.2	24.0	140.0
6月	14.1	38.1	76.7	25.0	150.0
7月	14.0	23.2	70.5	20.0	150.0
8月	17.8	33.7	77.4	28.0	150.0
9月	17.6	37.5	75.7	27.0	120.0
10月	21.1	38.4	115.9	41.0	180.0
11月	20.7	35.0	101.8	43.0	150.0
12月	22.6	36.2	162.0	21.0	130.0
平成2年1月	14.2	25.0	62.0	14.0	130.0
2月	18.0	33.0	90.8	15.0	110.0
3月	19.2	28.5	123.0	14.0	150.0
平均	17.2	32.7	90.4	24.1	141.7
4月	17.9	36.0	105.0	28.0	154.0
5月	19.3	34.5	99.2	17.0	135.0
6月	18.0	32.3	110.0	34.0	220.0
7月	18.7	22.0	108.0	24.0	135.0
8月	18.8	21.1	95.5	34.0	175.0
9月	20.0	22.1	101.5	21.0	150.0
10月	22.0	26.4	106.0	17.0	150.0
11月	21.1	23.0	108.0	29.0	150.0
12月	23.0	23.8	118.6	28.0	160.0
平成3年1月	19.2	23.0	94.5	25.0	160.0
平均	19.8	26.4	104.6	25.7	158.9

表5 動力及び消費電力リスト

機器名称	全負荷 kw	設置数 台	常用数 台	運転時間 時間	負荷率	消費電力 kw・h/日
固形物スクリーン	0.4	1	1	8.0	0.8	2.56
原水ポンプ	15.0	3	2	8.0	0.8	192.00
微細目洗浄機	3.7	1	1	8.0	0.8	23.68
スクリュコンベア	0.75	1	1	8.0	0.8	4.80
調整槽ポンプ	5.5	2	1	24.0	0.8	105.60
調整槽ブロワー	15.0	2	2	24.0	0.8	576.00
加圧ポンプ	11.0	1	1	24.0	0.8	211.20
フロス掻寄機	0.4	1	1	24.0	0.6	5.76
コンプレッサー	2.2	1	1	24.0	0.8	42.24
第1沈殿掻寄機	0.75	1	1	24.0	0.6	10.80
回転円板体	2.20	10	10	24.0	0.4	211.20
第2沈殿掻寄機	0.75	1	1	24.0	0.6	10.80
原水槽汚泥ポンプ	2.2	1	1	0.0	0.8	0.00
調整槽汚泥ポンプ	3.7	1	1	0.0	0.8	0.00
第1沈殿汚泥ポンプ	3.7	1	1	1.0	0.8	2.96
第2沈殿汚泥ポンプ	3.7	1	1	1.0	0.8	2.96
汚泥槽ブロワー	7.5	1	1	24.0	0.8	144.00
汚泥供給ポンプ	2.2	2	1	6.0	0.8	10.56
汚泥脱水機	3.58	2	2	6.0	0.8	34.37
脱水剤溶解機	2.2	2	1	1.0	0.8	1.76
脱水剤ポンプ	0.75	4	2	6.0	0.8	7.20
ケーキホッパー	0.75	1	1	0.1	0.8	0.06
合計	159.26					1,600.51

表5 の合計の内

最初の6kwにつき100% $6.0\text{kw} \times 1.0 = 6.00\text{kw}$
 次の14kwにつき90% $14.0\text{kw} \times 0.9 = 12.60\text{kw}$
 次の30kwにつき80% $30.0\text{kw} \times 0.8 = 24.00\text{kw}$
 次の100kwにつき70% $97.8\text{kw} \times 0.7 = 68.46\text{kw}$

合 計 111.06kw

高圧基本料金を1,375円/kwとして計算すると

$111.06\text{kw} \times 1,375\text{円/kw} \approx 152,700\text{円/月}$

(2) 使用電気料金

年間稼働日数を291日、年平均高圧使用料金を14.81円/kw・hとして計算すると

$1,600.51\text{kw} \cdot \text{h} / \text{日} \times 14.81\text{円/kw} \cdot \text{h} \times 291\text{日/年} \div 12\text{月/年} \approx 574,800\text{円/月}$

(3) しさ物処分料金

発生量は、固形物スクリーンと微細目スクリーンからのしさを合計して表4より月平均46.2m³/日とする。
 $46.2\text{m}^3/\text{月} \times 3,500\text{円/m}^3 \approx 161,700\text{円/月}$

(4) 脱水ケーキ処分料金

発生量は、表4より月平均104.6m³/日とする。
 $104.6\text{m}^3/\text{月} \times 3,500\text{円/m}^3 \approx 366,100\text{円/月}$

(5) アニオン系脱水助剤使用料金

使用量は、表4より月平均25.7kg/月とする。
 $25.7\text{kg/月} \times 1,500\text{円/m}^3 \approx 38,600\text{円/月}$

(6) カチオン系脱水助剤使用料金

使用量は、表4より月平均158.9kg/月とする。
 $158.9\text{kg/月} \times 1,300\text{円/m}^3 \approx 206,600\text{円/月}$

以上をまとめて表6に示す。

表6 ランニングコスト

	項 目	金 額
1	基本電気料金	152,700円/月
2	使用電気料金	574,800円/月
3	しさを処分料金	161,700円/月
4	脱水ケーキ処分料金	366,100円/月
5	脱水助剤使用料金	
	アニオン系高分子	38,600円/月
	カチオン系高分子	206,600円/月
	合 計	1,500,500円/月
備考	実稼働による原単位	
	$1,500,500\text{円/月} \div 25\text{日/月} \approx 60,000\text{円/日}$	
	$1,500,500\text{円/月} \div 22,300\text{m}^3/\text{月} \approx 70\text{円/m}^3$	
	$1,500,500\text{円/月} \div 31,000\text{頭/月} \approx 50\text{円/頭}$	

5. お わ り に

食肉センターの方々の努力により、排水量が計画よりも少なく、当初予定の負荷では運転されていないとはいえ非常に良好な水質を得ている。生物処理だけで

は除去が難しい処理水に残る僅かな血液の色の除去、あるいはもっと高度な処理、例えばBOD、CODとも20mg/ℓ以下が必要な時には、円板体処理水に凝集剤として塩化第二鉄を加えれば、簡単に処理が行えることが実験でも明らかになっている。

今後は、汚水分配計量槽の機能を使い、人為的に円板体BOD負荷を変化させ、試験を行っていきたいと考えている。

最後に、本報告書をまとめるにあたり貴重な資料、御意見を頂いた都城市畜産課の皆様には厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 第2回回転円板法研究シンポジウム論文集 p.39 (1980年)
- 2) 第3回生物膜法研究シンポジウム論文集 p.59 (1988年)

「環境技術」報文投稿について

環境問題は、大気汚濁、水質汚濁、廃棄物、騒音、振動、悪臭等の制御、さらにアセスメントと多岐にわたり従来の学問体系の境界領域にあるものが多いことは周知のとおりです。したがって現在の学界の場において発表の場を求めにくい場合が多いと思われます。また大気汚染制御、水質汚濁制御、廃棄物処理は、相互に関連があるにもかかわらず、発表の場は、別々であります。「環境技術」では、このような現状をふまえて、学界、行政側の方々、民間の現場の方々に、巾広い研究発表の場を提供する目的で「報文」欄を設けております。

1. 報文の内容

報文は、未刊行で環境工学に関する基礎的研究の外に環境技術の進歩に寄与する新しい研究。

2. 報文の体裁

- a. 表題……表題、氏名、研究の行われた機関名と、その場所および現在の勤務先を書く(和文、英文)。

研究の行われた機関名は、研究を行った時点におけるものを書く。

- b. 摘要……つぎの項目に分け、和文400字程度、英文200字程度に書く。

目的：研究の目的方法など。

成果：結果、応用面を分かりやすく説明

し、必要な場合は、重要な数式をその記号説明とともに書く。

c. 緒言・まえがき

……報文内容のその分野における位置を述べること、従ってその研究が従来の研究とどういう関係にあるか、どういう点で新しいのか、などを明確に述べる。

- d. 本文……研究の方法、結果および考察などを述べる。なお数式の誘導は、なるべく簡単にし、結果を示す数式には、その解釈を付記することが望ましい。

e. 結語あるいはむすび

……主要結論その他を簡単に述べる。

f. 引用文献

……その研究の展開に直接利用された文献は、報文の末尾に書く。

- g. 頁数……1回掲載分のページは原則として6ページ以内を目標とする。

3. 原稿の採否

投稿原稿の採否は、査読委員の意見を基礎として、編集委員会が決定する。

4. その他

詳細については、「環境技術」編集部へ。