

畜産環境アドバイザーのひろば

ミルクパーラー排水の原単位の設定と低コスト浄化処理施設

静岡県畜産技術研究所 飼料環境科
上席研究員 佐藤 克昭

平成21年度のスーパーアドバイザー研修における研究テーマとして、需要が増えているミルクパーラー排水用の浄化処理施設が対象となりました。

そこで、本多先生と受講者の技術と知識と経験を振り絞って、メーカーとは違う発想で、酪農家のためのシンプルで確実な処理を行う低コストな浄化処理施設を設計したので以下に紹介します。

はじめに

ミルクパーラーの排水は、比較的少量で汚濁物質濃度が低いため、水質汚濁防止法の規制を受けないことが多かったのですが、近年の多頭化による排水量の増加と、地方自治体の排水基準上乗せ規制の強化などにより、処理施設の必要性が高まっています。しかし、ミルクパーラー排水の処理はまだ一般的ではなく、いろんな処理方法が提案されており、現場でもどのような方式を取り入れるべきか、悩むところです。

ミルクパーラー排水に含まれる汚濁物質は、搾乳機械・装置の洗浄水に含まれる牛乳と、搾乳中や待機場場に排せつされたふん尿であることから、畜舎汚水と同様に、好気性微生物を用いた活性汚泥法汚水処理技術が最も妥当であると考えます。

しかし、ここでミルクパーラー排水の汚濁物質に関する原単位が定まっていないことが問題となります。処理装置の規模を決定する上で、最も重要な汚濁物質の原単位がないため、せっかくのアドバイザー研修で得られた成果が発揮できません。

1. ミルクパーラー排水の原単位設定

ミルクパーラー排水の原単位設定には、排出される汚水量と汚濁物質の量を、実際の現場で測定する必要があります。しかし、一般の酪農場で1日の排水量と排水の水質を実測することは非常に困難で、正確な測定には、1日分の排水を貯留できる槽を用意し、槽内に貯まった排水の容積を測定するとともに、槽内を攪拌して濃度が均一になった排水を採取・分析した

データが必要になります。このため、正確にミルクパーラー排水の測定を行った研究事例は少なく、わずか2例の研究結果（平成7年度神奈川県畜産研究所試験研究成績書、大分県農林水産研究センター平成17年度試験成績報告書）に、10カ所のミルクパーラー排水の汚水量と性状が明らかにされているのみです。したがって、われわれが検討したミルクパーラー排水の原単位も、これらの測定結果をもとに算出を行いました。

表1 原単位の決定に用いたミルクパーラー排水の分析データ

農場	A	B	C	E	F	G	H	I	J
搾乳頭数(頭)	15	22	44	60	70	80	104	110	180
日排水量(m ³ /日)	1.73	1.63	3.30	3.00	3.15	3.19	4.88	4.25	6.00
日排水量(L/日・頭)	115	74	75	50	45	40	47	39	33
SS濃度(mg/L)	341	492	358	277	528	514	405	300	461
SS日排出量(g/日)	588	802	1,181	830	1,663	1,638	1,976	1,275	2,764
SS日排出量(g/日・頭)	39	36	27	14	24	20	19	12	15
BOD濃度(mg/L)	138	461	807	648	460	533	202	392	107
BOD日排出量(g/日)	237	751	2,663	1,944	1,449	1,698	986	1,666	643
BOD日排出量(g/日・頭)	16	34	61	32	21	21	9	15	4

表1は、上記の研究結果から、廃棄乳が混入した1例を除いた9カ所の排水量と汚濁物質の量を示したものです。総排水量は搾乳頭数にほぼ比例しますが、搾乳頭数が多くなるほど、搾乳牛1頭あたりの排水量や汚濁物質の量は、少なくなる傾向にあります。これは、ミルクパーラー排水の排水量や水質が、搾乳頭数だけでなく、搾乳施設の大きさや構造などに左右されるためと思われます。このため、ミルクパーラー排水の原単位は、ふん尿由来の汚水と異なり、搾乳頭数(飼養規模)別に、1頭あたりの汚濁物質の排出原単位を設定する必要があります。

そこで、搾乳頭数と1頭あたりの排水量、SS及びBODの排出量の関係から、まず統計的な手法を用い

て回帰式を導き出し、推定値を計算する方法を用いました。しかし、この方法では、実排水の排出量が計算による推定値を超える場合があります。確実な処理が必要な排水処理施設の設計には向かないとして、別の方法を模索しました。その結果、1頭あたりの排水量が似かよった搾乳頭数で区切り、それぞれの区間で上限を決定する方法を試みました。搾乳頭数を数段階に区切り、排水量はそれぞれの区間の最大値を上限とし、BODとSSは全体の最大濃度を採用して排出量の上限を設定しました。図1-1,2,3は、この基準で設定した上限値を、階段状のグラフで示したものです。この方法を用いれば、すべての実排水データが上限値を超えることはありません。さらに、安全性を考慮して、基準の数値を1.2倍して、計算がしやすいように数字を切り上げたものが、表2に示すミルクパーラー排水の汚濁物質原単位(案)です。排水量とSSは、100頭以上の規模になっても1頭あたりの汚濁物質量はほとんど低下しませんが、BODは

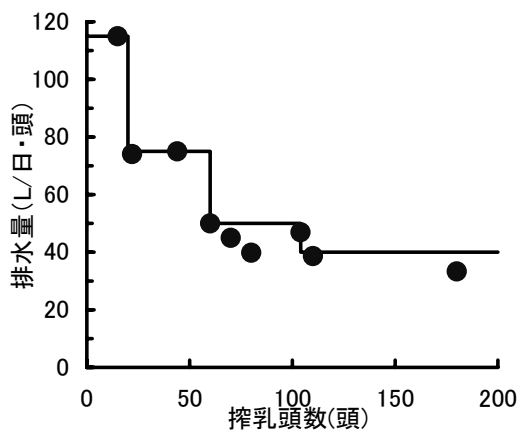


図1-1 搾乳頭数ランク別の排水量の実数と上限の関係

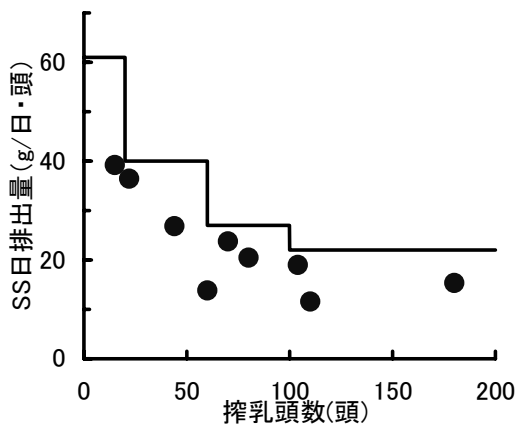


図1-2 搾乳頭数ランク別のSS日排出量の実数と上限の関係

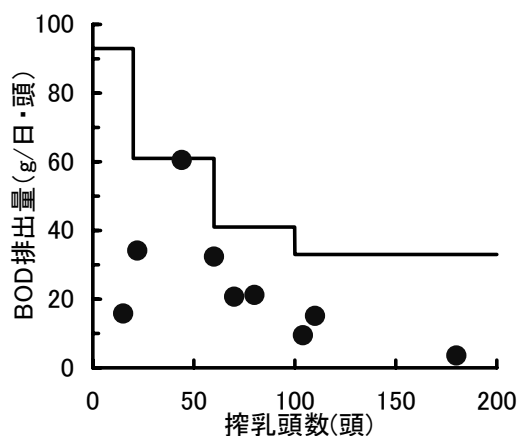


図1-3 搾乳頭数ランク別のBOD日排出量の実数と上限の関係

表2 ミルクパーラー排水の汚濁物質原単位(案)

搾乳頭数	排水量	BOD量	SS量
20頭～50頭	90L	75g	50g
51頭～100頭	60L	50g	35g
101頭～150頭	50L	40g	30g
151頭～200頭	50L	35g	30g
201頭以上	50L	30g	30g

機械や装置内の残乳の影響が大きいため、機械・装置の規模で総BOD量が決定され、搾乳頭数が増えるほど1頭あたりのBODは下がると予想されます。実排水データにおいても、180頭規模では100頭規模の1/2以下となっているため、BODのみ、100頭以上の規模をさらに段階を分けて、原単位を設定しました。また、搾乳頭数が20頭未満でミルクパーラーを設置する経営はないと思われるので、原単位は搾乳頭数20頭以上で設定しました。

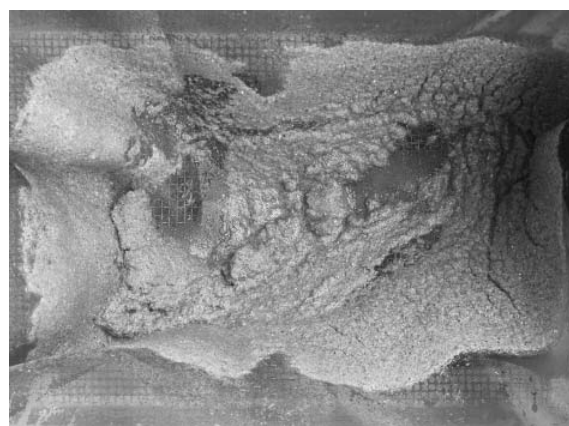
さて、これで原単位が求められましたので、いよいよ実際の浄化処理施設の設計を行うこととしました。

2. ミルクパーラー排水処理施設モデルプランの提案

ミルクパーラー排水は、①汚水の量が少なく、汚濁物質の濃度が低濃度である。②搾乳前後の一定時間しか汚水が発生しないという2点で、ふん尿主体の畜舎汚水と異なるため、回分式の活性汚泥浄化法が、最も適している処理法と考えました。



1段目の1.5mm目開き網カゴに残った排水中の粗大有機物



2段目の0.75mm目開き網カゴに残った排水中の粗大有機物

まず、前処理ですが、少量で低濃度の排水であるため、畜舎汚水の処理に用いるスクリーンと沈砂槽、固液分離機等は設置せず、目開きを変えた2段の網カゴにより大形固形物を除去して前処理とします。写真は当研究所で行った実験例ですが、1段目は目開き1.5mm程度、2段目は目開き0.75mm程度の金網を使うと、良好な粗大有機物除去効果を示しました。なお、待機場などに排せつされたふんは、汚濁物質濃度が高いので、洗浄前に別途回収しておく必要があります。

次は、ばっ気槽への汚水投入法ですが、汚水の発生は1日2回ですので、そのつどポンプアップしてばっ気槽に投入することで、大きな汚水貯留槽を設置する必要がなくなります。また、ミルクパーラー排水のBODは、畜舎汚水に比べて低濃度（1,200ppm以下）であるので、希釈せずにばっ気槽に投入することができます。しかし、ミルクパーラー排水への廃棄乳の混入は、排水のBODを著しく上昇させるので、別途処理することが基本となります。また、パイプラインに傾斜をつけ、ライン内に生乳が残らないように

するなど、ちょっとした工夫で、排水のBODを下げる効果があります。

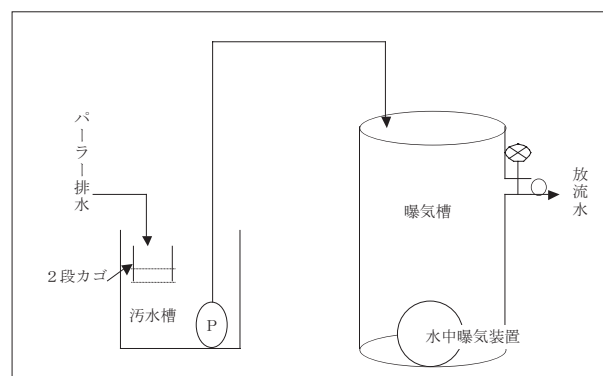


図2 ミルクパーラー排水処理施設モデルプランのフローシート

図2は、排水処理施設の概略を示したものです。回分式ばっ気槽の運転は、朝の搾乳時の排水が流入する時間から逆算し、それまでに、ばっ気停止→静置→上澄み液放流の工程を行う必要があります。この工程は、タイマーと電磁弁を用いれば、自動運転が可能です。朝の搾乳時の排水が、ばっ気槽に入ったところでばっ気を開始しますので、20時間程度のばっ気処理を行うことになります。

ばっ気槽の余剰汚泥処理については、引拔が必要な量になったら、バキュームカーで引き抜き、農地還元を行います。酪農家は飼料畑を所有している場合が多いので、汚泥の処理は比較的容易であると思います。

3. ミルクパーラー排水処理施設の設計

次に、原単位と処理方式が決定したので、搾乳牛100頭規模の処理施設の設計計算を行いました。計算方法は、アドバイザー講習経験者ならおなじみの方法です。

パーラー排水の低コスト活性汚泥法浄化処理施設設計計算

設 計 諸 元

1. 処理対象頭数	搾乳頭数 100頭
2. 処理対象排水量	1頭1日当たりの排水量を60ℓ/日とする。 $100\text{頭} \times 60\ell \div 1,000 = 6\text{ m}^3/\text{日}$
3. 処理対象BOD	搾乳牛1頭当たりのBOD排出量を50g/頭・日とする。
BOD量	$100\text{頭} \times 50\text{ g} \div 1,000 = 5\text{ kg}/\text{日}$
BOD濃度	$5\text{ kg} \div 6\text{ m}^3 \times 1,000 \div 1,000 = 834\text{ ppm}$
4. 処理対象SS	搾乳牛1頭当たりのSS排出量を35g/頭・日とする。
SS量	$100\text{頭} \times 35\text{ g} \div 1,000 = 3.5\text{ kg}/\text{日}$
SS濃度	$3.5\text{ kg} \div 6\text{ m}^3 \times 1,000 \div 1,000 = 584\text{ ppm}$

設 計 計 算

1. 投入槽	1日分の1/3の排水量を貯留できる容積とする。
有効容積	$6\text{ m}^3 \times 1/3 = 2\text{ m}^3$
投入ポンプ	閉塞・故障時の対応を考慮し口径50mm、0.75kwの水中汚物用ポンプを2基設置し、交互運転を行う。自動運転のため上限・下限フロートスイッチ付きのポンプとする。
2. 2段式網カゴ	安全設計のためBOD、SSの除去はないものとする。 ステンレス製網籠とし、上段網籠の目開きを1.5mm、下段網籠の目開きを0.75mmとする。
3. 曝気槽有効容積	BOD容積負荷量を0.3kg/m ³ ・日とする。 $5\text{ kg} \div 0.3\text{ kg} \div 1,000 = 17\text{ m}^3$
除去BOD量	BOD、SSの除去率を共に90%とする。 $5\text{ kg} \times 0.9 = 4.5\text{ kg}$
除去SS量	$3.5\text{ kg} \times 0.9 = 3.15\text{ kg}$
必要酸素量	MLSS濃度を4,500ppmに、BOD酸化係数を1.0、呼吸作用係数を0.03とする。 $4.5\text{ kg} \times 1 + 0.03 (17\text{ m}^3 \times 4.5\text{ kg}/\text{m}^3) = 6.795\text{ kg}$
必要空気量	水への酸素溶解効率を8%とする。 $6.795\text{ kg} \div 0.08 \div 0.28\text{ kg}/\text{m}^3 \div 1,000 = 304\text{ m}^3$ $304\text{ m}^3 \div 21.5\text{ 時間} \div 60\text{ 分} \div 1,000 = 0.236\text{ m}^3/\text{分}$ 安全性を考慮して1.5kw（2馬力）のバッキレーターを設置する。
4. 処理水BOD	$5\text{ kg} \times (1 - 0.9) = 0.5\text{ kg}$ $0.5\text{ kg} \div 6\text{ m}^3 \times 1,000 \div 1,000 = 84\text{ ppm}$
処理水SS	$3.5\text{ kg} \times (1 - 0.9) = 0.35\text{ kg}$ $0.35\text{ kg} \div 6\text{ m}^3 \times 1,000 \div 1,000 = 59\text{ ppm}$
5. 余剰汚泥量	BODからの汚泥生成率を0.5に、活性汚泥の減少率を0.075に、MLSSの80%がMLVSSとする。 $4.5\text{ kg} \times 0.5 + 3.15\text{ kg} - 0.075 (17\text{ m}^3 \times 4.5\text{ kg}/\text{m}^3 \times 0.8) = 0.81\text{ kg}$
引き抜き汚泥量	汚泥濃度1%の沈殿汚泥を引き抜く $0.81\text{ kg} \div 0.01 = 81\text{ kg}/\text{日}$ $81\text{ kg}/\text{日} \times 30\text{ 日} \div 1,000 = 2.43\text{ m}^3/\text{月}$

以上のように、前処理がなく、回分式で汚泥返送がないため、非常にシンプルな計算結果となりました。

4. おわりに

ミルクパーラー排水の処理法は、様々な方式が研究され、提案されています。かく言う筆者も、現在新しい処理法の研究を行っています。しかし、今までは基本となる汚濁物質の原単位が明らかでなかったため、処理法の有効性を判断できませんでした。今回私たちが提案した原単位と、それに伴う回分式活性汚泥浄化法の設計は、処理法の基本となるもので、この方法と比較することにより、他の処理法のメリット、デメリットが明らかになります。

これからは、ミルクパーラー排水の処理施設の設置が必要となった場合、今回の成果を参考に、酪農家のために最適な処理法を選択するとが、畜産環境アドバイザーとして、私たちが果たす役割であると思います。

