

6. ミルカーの仕組み

ミルカーはたくさんの部品から構成されていて、これらが調和的に作動して牛乳の収穫という目的を達成します。ミルカーシステムは真空ポンプ、真空タンク、レシーバージャー及びたくさんの機器があって複雑に見えますが、個々の機械の機能は比較的簡単に理解できるものです。そこで、ミルカーシステムを形成する各種の構成部分を見てみましょう。

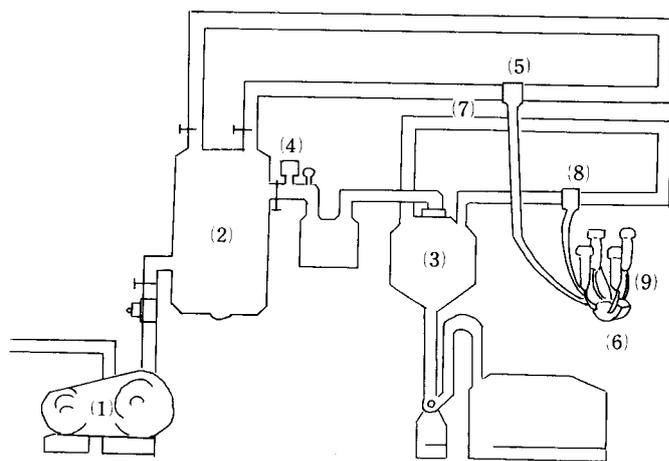


図7 ミルカーシステム

(1) 真空ポンプ (バキュームポンプ)

真空ポンプは空気を除去（取り除き）、ミルキングシステム内に陰圧を作り出すための（部分的真空）“エアーポンプ”。

① 真空配管に振動や熱が伝わるのを防ぐため、ポンプに直接プラスチックパイプをつなげずポンプに近い位置でゴムもしくは振動を遮断する配管で接続する。

② 真空ポンプの能力を推定する大まかな方法

1馬力(モーター0.75KW)=283.2リットル/分(10CFM)

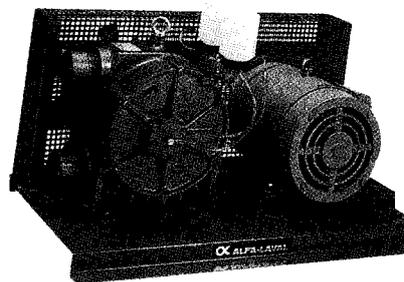
ア 概算として覚えておくことは、モーターが1馬力であれば、真空ポンプの能力はおよそ283.2リットル/分(10CFM)。

イ 吸入口、排気口、バルブのいずれも配管に制約要素（絞られている部分）があるとポンプの性能が阻害される。

ウ パイプラインミルカーの必要排気量（そのシステムにおける指定真空圧にて）

991リットル/分(35CFM)~1,133リットル/分(40CFM)+85リットル/分(3CFM)×n+その他付属の必要量

*nは使用ユニット数-5



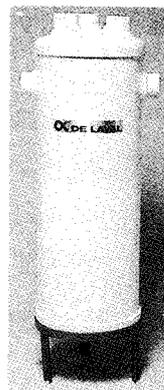
写真② 真空ポンプ(バキュームポンプ)

(2) 真空タンク (ディストリビューションタンク)

真空供給源から得た真空を安定させてシステム内の複数の真空消費場所に分岐させること、ゴミや水分、誤って吸入された乳汁や洗浄液を除去する役割。

- ① タンク出口のラインのサイズは7.5cm (3インチ) が好ましい。
- ② タンクの容量は、1ユニットにつき5ガロン (19リットル) 必要。
- ③ ドレンバルブ (自動排水弁) を付ける。

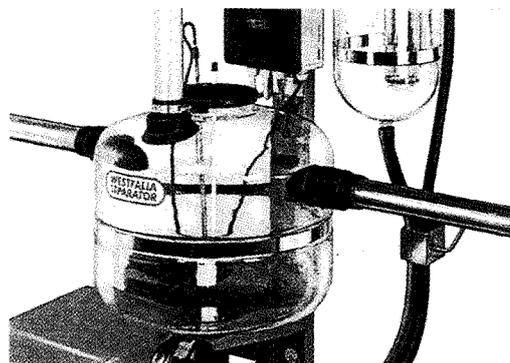
写真③ (ディストリビューションタンク) 真空タンク



(3) レシーバージャー

配管に流入する牛乳と空気を集合させ、そして分離させるもの。

- ① サニタリートラップとレシーバージャーをつないでいるパイプによって搾乳作業に必要な陰圧を供給している。例えば、真空ポンプ、真空タンク、パルセーター配管が適正に設計されていたとしても、このパイプが細ければシステム全体の制限要因となってしまう。
- ② サニタリートラップは、牛乳や液体が真空系に入り込まないように、液体の逆流を防止するためのもので搾乳システムの真空供給系と牛乳を分離するための装置。



写真④ レシーバージャーとサニタリートラップ

(4) 調圧器 (レギュレーター)

調圧器の役割は、搾乳システムの中に流れ込んでくる空気を感知して、搾乳システム全体の陰圧のレベルを設定レベルに一定に保つこと。

- ① ウェイト式、スプリング式、ダイヤフラム式の3タイプがあり、感度はダイヤフラム式>スプリング式>ウェイト式の順が良い。
- ② 真空ポンプ能力にあった調圧器を選択する。例えば、真空ポンプの能力が2832リットル/分 (100CFM)の場合、調圧器の能力は2832リットル/分 (100CFM)より大きなものを選択する。
- ③ 調圧器の設定場所は、最も感度の良い状態で機能させるために、真空タンクとサニタリートラップの間の真空ライン (ヘッダーライン) に取付けるのが好ましい (サニタリートラップに近く、曲りから50cm離れた場所)(図8)。

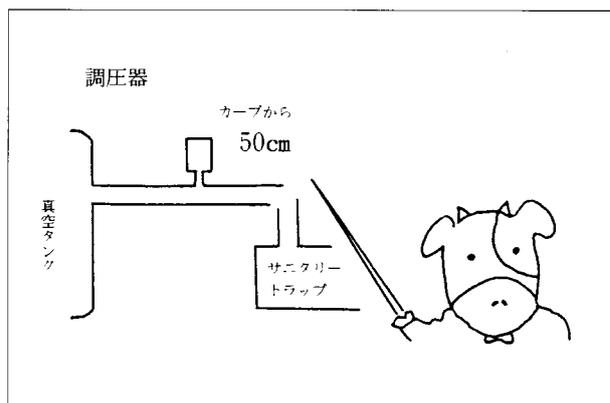


図8 調圧器の位置

(5) パルセーター

パルセーターの役割は大気圧空気と搾乳空気圧を交互に送入すること。

- ① 電磁式（すべてのパルセーターが電気信号で作動する）、気圧式（バキュームポンプからの陰圧で作動する）の2タイプがあり、さらに動き方によって1挙動式（4分房を同時に搾乳する）、交互式（2分房休み、2分房搾乳を繰り返す。前後式：前後に搾乳、休止を繰り返す。左右式：左右に搾乳、休止を繰り返す）の2タイプに分かれている。
- ② パルセーターはメーカーによって1分間に45～60回の拍動数で作動し、その拍動比（搾乳：休止）もメーカーによって50:50、55:45、60:40、65:35、70:30などがある。

(6) ミルククロー

4つの分房からの乳汁を受け、牛乳ホース（ミルクホース）に送る場所。

- ① クローの容量については大きいもの程よく、安定していて、搾乳スピードが短縮され、最大の乳量を得られる。
- ② クローの空気流入孔（ブリードホール）は、ユニット当たり6～10リットル／分（0.2～0.35 CFM）の空気（エア）の流入が必要。
- ③ クローの出口の口径が1.6cm（5／8インチ）必要。
- ④ 真空圧を遮断する場所が、クローについているものと牛乳ホース（ミルクホース）についているものがあるが、牛乳ホース（ミルクホース）についているものでホースをつぶしてしまうタイプは、ホースの老化や劣化を早める傾向にあるので早めの交換が必要。

(7) 配管

① 主真空配管（ヘッダーライン）

ア 真空タンクからの配管は、主真空配管と呼ばれるもので3本出ていなければならない（3ラインシステム：2本がパルセーターライン、1本がレシーバージャーに向かって配管されているシステム）。

イ 主真空配管の口径サイズは少なくともミルクラインの口径と同じかそれ以上でなければならない。

ウ 主真空配管の口径サイズと使用可能ユニット数（3A）

主真空配管の口径サイズ	ユニット数
5.0cm（2インチ）	1～10ユニット
6.25cm（2.5インチ）	11～13ユニット
7.5cm（3インチ）	14ユニット以上

エ 全体のシステムでバキュームポンプの容量がどんなに大きくても、サンタリートラップとレシーバージャーをつないでいる配管の口径が絞られていては、牛乳（ミルク）配管に十分な陰圧が供給できない。

オ ポンプから真空タンクまで長い場合、ストレートの方が良い。真空タンクからレシーバージャーまではできるだけ短くする。

カ 真空ポンプインレットとレシーバージャーの間の真空度は、2 kPa（1.5cmHg）以上差があってはいけない。

キ 配管の曲がり（エルボー）の数が多いと、システムの機能は低下するので配管の曲がりの数は最

小限に抑える。

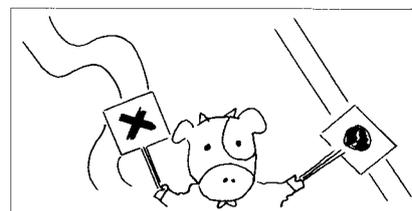
ク ラインの口径と配管の曲がり1個の換算の目安 (cm)

配管の曲がり	ラインの口径		
	5.0cm (2インチ)	6.25cm (2.5インチ)	7.5cm (3インチ)
45度 標準	46	62	77
90度 半径 (R/D=0.75)	185	246	308
90度 中半径 (R/D=1.8)	90	105	120

*R/Dは配管の曲がりの外半径をパイプの内半径で割った数値。

ケ 真っすぐな配管30mの真空圧低下 (cmHg)

リットル/分	ラインの口径	
	5.0cm(2インチ)	7.5cm(3インチ)
1133	0.9	0.2
1416	1.4	0.2
1699	2.0	0.4



*真空圧38cmHg時

(例) 上記クとケの表からポンプ能力1416リットル/分、配管25m、口径5.0cm (2インチ)で、真空度の差が2 kPa(1.5cmHg)以下であると思っても、90度 (半径) の配管の曲がりが5つあるときは
 $1.8\text{ m} \times 5 = 9.0\text{ m}$
 $25.0\text{ m} + 9.0\text{ m} = 34.0\text{ m}$ の距離があると考えられ、真空度の差が2 k P a (1.5cmHg)以上になる。

② 牛乳 (ミルク) 配管

ア 搾乳した牛乳が牛乳配管の高さまで、持ち上げられなければならないという状況が真空圧を落とす一要因なので、牛乳配管の高さは低い程良く、理想とする高さは床から2 m以下が理想。

イ 配管の高さが床から2 m以下であったとしても、ミルクホースが長すぎると配管が高いことと同じ結果になるので、ミルクホースの長さは必要最小限にする。

ウ 1スロープ当たりのユニットの数を正確にするために牛乳配管のハイポイント(1番高い位置)がどこであるか知ることが大切。

エ 勾配の目安

8/1000 (10mで8cm)

オ 空気流速が2～4 m/秒を超えると、生乳の表面が波が立ち始めスラグ流が発生する。スラグ流が発生すると牛乳配管内の真空度を2 kPa(1.5cmHg)以上低下させ、乳頭先端の真空圧の変動を起こす。

スラグ流発生の原因

a ユニットをつけたり、外したりするときに入る空気。

b 配管の太さ(細いほど空気の流れが速くなる)。

カ 配管内が牛乳で溢れると、搾乳に必要な陰圧が供給できなくなる。

キ 配管内に最大量の牛乳が流れている状態で、牛乳は口径の約3分の1の所を流れている状態が望ましい。

ク 口径は、長さと同時に使用するユニット台数によって決められる。

ケ 牛乳配管の口径と使用可能ユニット数

ミルク配管口径	1スロープ当たりの使用可能ユニット数
3.8cm (1.5インチ)	1ユニット
5.0cm (2.0インチ)	2～3ユニット
6.3cm (2.5インチ)	3～6ユニット
7.5cm (3.0インチ)	6～9ユニット

③ パルセーター配管

ア パルセーター配管の口径と使用可能ユニット数 (3A)

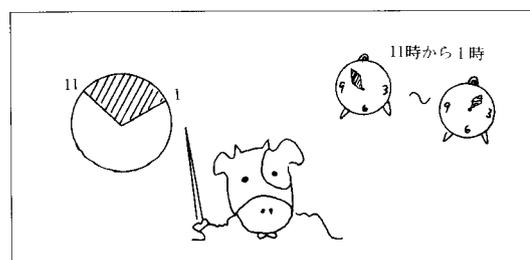
パルセーター配管の口径	ユニット数
5.0cm (2インチ)	1～14ユニット
7.5cm (3インチ)	15ユニット以上

(8) インレット

① インレットの口径が小さいと牛乳の流れを制限するため、搾乳時間が長くなり乳量を減少させる要因となる。

② インレットの口径16mm (5/8インチ)。

③ インレットの位置は、ラインの断面から見て時計だとすると、11時から1時の間に付ける。



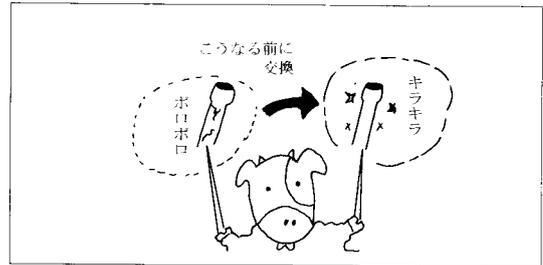
(9) ライナーゴム

① ライナーゴムはミルクカーシステムの中で唯一、牛と触れるものである。ライナーゴムの交換時期はメーカー、素材によって異なるのでメーカーの指示に従って交換する。

② ライナーの使用可能日数の計算法

ライナーの指定使用限度×使用ユニット数

1日の搾乳回数×搾乳頭数



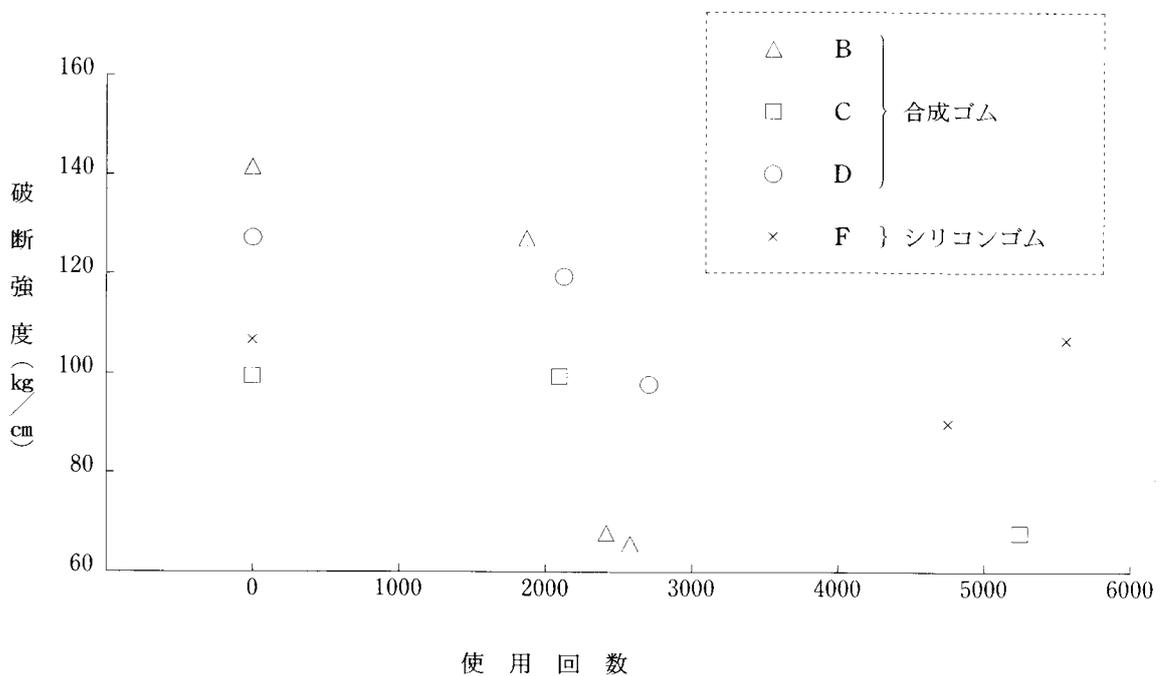
例 ライナーの指定使用限度：1200回、使用ユニット数：6台

1日の搾乳回数：2回、搾乳頭数：60頭の場合

$(1200 \times 6) \div (2 \times 60) = 60$ ライナーの使用可能日数は60日間

③ ライナーはクロー、シェルにあったものを使う。

④ ライナーの使用回数と強度



*合成ゴムのライナーでは使用回数が2000回をこえると急激に強度が落ちてくる。

7. ミルカーの点検項目と維持管理

(1) ミルカー点検の必要性

ミルカーシステムは、作業機械の中でも特に維持管理が重要です。

主要な部品は、時間や使用回数と共に緩みや変形、劣化や破損が生じてきます。また、空気や水分、牛乳などが通る配管や流入孔があるため、システム内部でも毎日のように汚れやゴミが溜っていきます。

他の機械と違う点は、唯一乳牛という生産動物に触れるということです。そのため、ミルカーに異常があると、即、乳牛にも影響が及んでいきます。

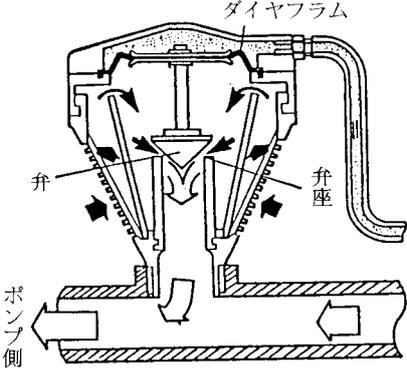
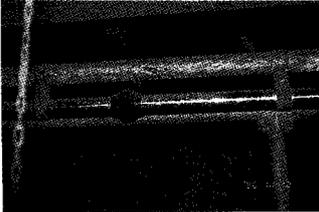
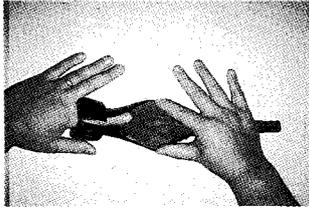
保守管理を怠ると、乳房炎の感染要因を増やすことになり、乳牛の産乳量を制約させ、経済的な損失も大きくなります。

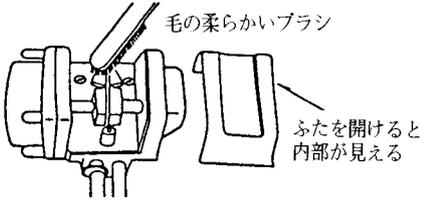
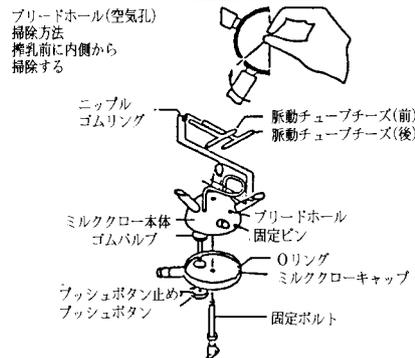
ミルカー点検には、定期的にエアフロメーターやパルサーレコーダーなどの計測機械を使う方法もありますが、酪農家自らがやらねばならない日常点検もあります。

《日常の点検整備項目》

	点 検 項 目	内 容	図・写真
真空ポンプ	1. オイル	◎潤滑油が十分に入っているか。 ◎潤滑油が正常に流れているか。 ◎潤滑油が漏れていないか。	
	2. ベルト	◎適当な張りがあるか（押してみても1～1.5cmくぼむ程度）。 ◎劣化していないか。 ◎油が付いていないか。	
	3. 羽根	◎破損、すり減りがなにか。 ◎ポンプを止める時に逆回転していないか。	
	4. プーリー	◎真空ポンプとモーターとの間でプーリーの位置が狂っていないか。 ◎油が付いていないか（空回りの原因になるため）。	
真空タンク	1. 外観のチェック	◎材質が垂鉛引きの金属製の場合、年数がたつにつれて徐々に腐食し穴があくため要注意。	
	2. ドレンバルブ	◎ゴミや水が溜っていないか。 ◎パッキンが破損していないか。 ◎弁は、指で押してみても動くかどうか。	
	3. 内部のチェック	◎可能であれば開けてみて、内部に異常がないか観察してみる。	
	4. タンクのフタ	◎開閉ボタンがある形式の真空タンクの場合、フタに緩みがないか。	

写真⑤ バランスタンク

	点 検 項 目	内 容	図・写真
調 圧 器	1. 形 式	◎ウエイト式やスプリング式は、ダイヤフラム式より感度が落ちるため可能であれば交換する。	 <p style="text-align: center;">ダイヤフラム</p> <p style="text-align: center;">弁</p> <p style="text-align: center;">弁座</p> <p style="text-align: center;">ポンプ側</p>
	2. 汚れがないか	◎大量の空気やゴミ、ほこりや水分などを吸入し、常に汚れが生じるため、少なくとも月に1回は分解し、特に空気の入り口部分や内部の弁はこまめに清掃を行う。また、ダイヤフラムも年に1回は交換する。	
配 管	1. 配管の継ぎ目	◎ゴム製の場合、劣化や破損がないか。プラスチック製の場合、緩みがないか。	 <p style="text-align: center;">写真⑥ 配管の継ぎ目</p>
	2. ミルク配管の勾配	◎最低でも年1回は水準器等で勾配が狂っていないか確認。勾配は、8/1000以上（10mいって8cm上がる高さ）が推奨値。	
	3. ミルクタップ	◎ミルクタップの孔は自動洗浄でも汚れが残る場合があるため、ブラシ等を用いて洗浄。 ◎ミルクタップの孔とミルク配管の孔の位置がずれていないか確認。	
	4. ドレンバルブ	◎真空タンクの内容と同じ。	
	5. 真空配管内部	◎可能であれば配管をばらし、汚れやゴミが溜っていないか確認。	
	6. 検査用バルブ	◎定期的な測定器を使った検査が行えるよう、各配管部にはバルブがあると便利。	
ジャー	1. 内部が汚れていないか	◎内部のくぼみやジャーの上部は、毎回、自動洗浄を行っていても汚れが残りやすいので清掃が必要。	
ライ ナー ・ ゴ ム 類	1. 交換が必要か	◎ライナーやミルクチューブ、パルセーションチューブなどのゴム部品は、裂けたり、ヒビ割れが生じてから交換するのでは遅すぎるので定期的に点検し交換する。	 <p style="text-align: center;">写真⑦ ライナーの内部</p>
	2. ライナー交換時	◎ティートカップシェルにライナーを装着する場合、ライナーの口部や胴部がねじれないよう注意。	

	点 検 項 目	内 容	図・写真
パ ル セ ー タ ー	1. 拍動数のチェック	<p>◎拍動数は、全ユニット同じでなければならない。しかし、時と共に各ユニットでズレが生じてくるため点検が必要。</p> <p>【点検方法】</p> <p>①全ユニットをミルク配管に装着し、真空圧が指定の値にあるか確認してから行う。</p> <p>②エアー式の場合： 音を聞きながら1分間の拍動数を数える（カチッという音が2回で1回の拍動数）。 電磁式の場合： コントロールパネルで1分間のランプ点滅回数を数える。</p> <p>③メーカーの指定では、機種により1分間で約45～60回の基準拍動数がある。狂っている場合は説明書に従い調節するか、メーカーに相談。（メーカー指定±3回）</p>	 <p>パルセーターの内部清掃(ブラシかけ)</p>
	2 汚れていないか	◎エアー式は、内外部全体とフィルターを含む空気流入部分、電磁式は、外部全体と配線の接続部分などを柔らかいブラシ等で洗浄する。	
ミ ル ク ク ロ ー	1. ブリードホール	◎ゴミなどでブリードホールがつままっていると、乳汁がミルクチューブ内に溜り搾れなくなる。ブリードホールがつまっていないか、毎日点検する必要がある。	 <p>ミルクローの構造と清掃例</p>
バ ケ ッ ト	1. 異常がないか	◎汚れていないか。 ◎部品に破損はないか。 ◎内部のパッキンは交換が必要か。	◎分娩してすぐの牛や乳房炎の牛など、一番重要な牛に使うものにもかかわらず、管理がおろそかになりがちになっている。ライナーやホースなどのゴム類を点検し、定期的に交換する。また、パルセーターの拍動数、拍動比は、他のユニットと同じにすべきである。

8. システムの評価方法

(NMC機械搾乳委員会1994から)

ステップ1. システム内の真空圧差測定

- a) レシーバージャ、レギュレーター（あるいはセンサー）、真空ポンプから一番離れているエアライン、真空ポンプの入り口の4ヶ所の作動中真空圧を測定。

評価：ポンプの入り口とレシーバージャ間が0.5インチHg以上の差があれば、ラインの口径が小さいか、チーズやエルボーの数が多過ぎるか、空気流入が不必要に大き過ぎることを示す。レシーバージャとレギュレーター間に0.2インチHg以上の差があると、その設置場所が正しくないか、レシーバージャとレギュレーター間の配管に制約がありすぎるため、真空圧をコントロールする性能を制約することを意味する。

レシーバと一番離れているエアラインとの差が0.6インチHg以上あってはならない。

- b) ユニット1個をオープンにして逆さに吊るして、ユニット落下と同じ状況にして、レシーバージャの真空圧を測定。（ユニットが20個のシステムの場合、2個のユニットをオープンする）

評価：システム全体が少なくともユニット1個の落下に対応できるエアフローの余裕が要求される。よって、落下しない時のレシーバとの差が0.6インチHg以上に低下してはならない。

ステップ2. リカバリーテスト（復帰テスト）

システム作動時真空圧が1インチHg下がるまで、レシーバージャに設置しているエアフローメーターから空気を入れる。そして瞬時にエアフローメーターを閉じ、その時の真空圧の変化を読み取る。3秒以内に戻り、かつシステム作動真空圧より0.5インチHg以上のオーバーライドがあってはならない。

ステップ3. 有効リザーブとマニュアルリザーブの測定

- a) 有効リザーブ（レギュレーター作動、ユニットは擬似乳頭をして稼働）

搾乳中、計算外の空気流入（ユニットの脱落など）に対して、どのくらいのポンプ能力の余裕が用意されているかを測定する。

エアフローメーターをレシーバージャに装着して、レシーバージャの真空圧が作動時より0.6インチHg低下するまで徐々に開ける。その時の空気流入量が有効リザーブである。

- b) マニュアルリザーブ（レギュレーター無作動、ユニットは擬似乳頭をして稼働）

レギュレーターを停止させて、上記同様に測定する。但し、安全のためにレギュレーターを停止させる前にエアフローメーターを大きく開ること。作動時の真空圧より0.6インチHg低下させた時点の空気流入量を測定する。

- c) レギュレーター閉止割合

$$\text{有効リザーブ} / \text{マニュアルリザーブ} \times 100$$

上記のガイドラインとして90%以上がのぞましい。もし、それ以下であると、次のステップの測定によって配管上の問題か、レギュレーターそのものの問題かを特定する。

- d) 有効リザーブの測定時のレギュレーター付近の真空圧測定

レシーバージャで加えられる0.6インチHg低下に対して、1/2～2/3（0.3～0.4インチHg）示していれば、配管は問題なく、レギュレーター本体に問題ある。もし、0.3インチHg以下であれば配管が適切でないか、ポンプ容量が大き過ぎるか、レギュレーターの位置がサニタリートラップから遠過ぎるかなどの問題がある。

ステップ4. システム各部で使われる空気消費量の測定

レギュレーターを停止して、ユニットには擬似乳頭をして稼動する。

- a) システム作動時の真空圧でレシーバージャーにおける空気流入量を測定する。
- b) パルセーターを外すかスイッチを切り、上記同様に測定する。
- c) ユニットを外し、上記同様に測定する。
- d) レギュレーターを外してプラグし、上記同様に測定する。
- e) その他、ミルクメーターなどの空気を消費する附属的部品を外して、上記同様に測定する。

評価：バルセーター空気消費量 = $(a - b) / \text{ユニット台数}$

ユニットのブリードホール空気消費量 = $(c - b) / \text{ユニット台数}$

レギュレーター独自の空気消費量 = $c - d$

一般的にユニット1台当たり1~2CFM空気を消費する（メーカーの規格を調べる）。

センチネル製レギュレーターの内、モデル100、350などは空気流入コントロール部分の動きを潤滑するために空気を余計に消費する構造になっており、10~20CFM要求される。

ステップ5. 真空ポンプ容量の測定

- a) ポンプ入気口の近くでエアフローメーターを開放して設置し、15インチHgで空気流入量を測定する。（各メーカーの基準と比較する）。
- b) ステップ1にて測定したポンプ入気口の真空圧でポンプの空気流入量を測定する。

ステップ6. システムの空気漏れ

ステップ5のbにおける空気流入量からステップ4のeの空気流入量を差し引くと、そのシステムの空気漏れが出てくる。最大ロスは10%以内でなければならない。

ステップ7. 有効リザーブの再測定

測定後、正しく稼動するか確認するためである（忘れてはいけない）。

これらのシステム評価は最低でも1年に一度は実施したいものです。いずれにしても、この測定には測定機器類が必要になりますので、希望があれば農協や普及所に申しでてください。