

TMR の粒度（パーティクルサイズ）

1. 飼料の粒度管理の必要性

[酪農・豆知識第 30 号](#)で TMR は粗飼料を細切し濃厚飼料と混合給与するため、牛の選択採食（選び食い）を防止でき、濃厚飼料と粗飼料が適切な割合で摂取され、効率の良い安定した第一胃内発酵を保ち、長期間健全な消化機能を維持できることを紹介しました。

TMR は、乳牛の体重や乳量、泌乳ステージなどと、飼料原料の水分含量、各栄養素濃度、嗜好性などを考慮して設計されます。このときもう一つ、飼槽に入った飼料の粒度（パーティクルサイズ）への配慮が必要です。粒度の大きい（切断長の長い）粗飼料は、選び食いのリスクが大きくなりますが、反芻や咀嚼を促進し、唾液の分泌を促し、ルーメン pH を安定させる働き（いわゆる粗飼料因子）が高くなります。一方、粒度の小さい（切断長の短い）粗飼料は、いわゆる粗飼料因子は低くなりますが、TMR を均一に混合しやすく、消化率も向上するとされています。

このため、TMR はどの程度の粒度が適切かということが問題となります。

2. PSPS（ペン・ステート・パーティクルサイズ・セパレーター）

TMR の粒度を客観的に把握する一つの方法として、PSPS という 3 段式の篩（ふるい）が一般的に利用されてきました。これは直径 19mm と 8mm の穴の開いた篩で、飼料を 19mm の篩に残るもの、8mm の篩に残るもの、そして 8mm の篩も通過してしまうものという具合に、粒度に応じて 3 つのグループに分ける道具です。しかし、乳牛の飼料は濃厚飼料が全体の 40～60% を占めますので、乳牛用の TMR の大部分はこれまでの PSPS の 2 段目の篩（8mm の穴）を通過してしまいます。そこで最近 8mm の穴の開いた篩の下に、さらに 1.18mm の穴の開いた篩が付き、合計で 4 段式のものになりました。これは 1.18mm の穴の付いた篩を通過する粒度の小さいものは、その篩に残るものと比較して、ルーメン通過速度が速くなるという研究データがあるからです。

3. PSPS の正しい使い方

PSPS の問題点の一つは、同じサンプルであっても使う人の腕力や使い方によって、異なるデータが出てくる可能性があることです。当然のことながら、一生懸命 PSPS を揺り動かせば、サンプルがふるいの穴を通過しやすくなるため、細かい粒度の割合が高くなります。ペンシルバニア州立大学の実験では、17cm の間隔で PSPS を往復（ピストン運動）させる早さを、20 秒あたりのピストン回数をそれぞれ 18 回、22 回および 32 回の 3 通りに設定して、同じサンプルを分析しました。結果は表 1 に示しましたが、一生懸命 32 回振っても、22 回振っても、結果に変わりはありませんでした。しかし、18 回と 22 回では、データに大きな違いが観察されました。この実験結果をもとに、「PSPS を使う時は、20 秒で 22 回往復以上の頻度で動かすように」と推奨されています。

表1 PSPSを動かす速度が
TMRの粒度分布に与える影響

	20秒あたりの往復回数		
	18回	22回	32回
> 19mm	40.9%	6.4%	6.9%
19～8mm	24.6%	42.9%	43.8%
8～1.18mm	31.5%	36.7%	35.3%
< 1.18mm	3.0%	14.0%	14.0%
平均粒度	11.2mm	5.8mm	5.7mm

4. TMR の粒度推奨値

以前の TMR 粒度推奨値は、19mm の穴の付いたふるいに残るものが 6～10% なければなら

ないとされていましたが、新しい推奨値は 2～8%で良いとしています（表2）。

これは、つまり、断長の長い乾草やサイレージが TMR にたくさん含まれていると、牛が選り食いしやすくなるという事実を考慮して、粒度の大きいものをあまり含めるべきではないという考え方に基づいています。

表2 PSPSによるTMRの粒度推奨値

	旧	新
>19mm	6～10%	2～8%
19～8mm	30～50%	30～50%
8～1.18mm	40～60%	30～50%
<1.18mm		20%以下

5. TMR の粒度と選り食いのしやすさ

表3に粒度だけが異なる2種類のTMRを給与し、時間の経過とともに飼槽に残ったTMRのNDF含量（繊維成分、粗飼料に多い）の変化を調べた実験の結果を示しました。どちらのTMRも給餌直後のNDF含量は33%ですが、16時間経過後に飼槽に残ったTMRのNDF含量は、粒度の小さいTMRが36%であるのに対して、粒度の大きいTMRでは41%になっています。24時間後には、その差はさらに広がって36%と44%です。飼槽に残っているTMRのNDF含量が時間の経過とともに高くなっているということは、実際に牛の口に入っているTMRのNDF含量が低いことを意味しています。すなわち、粒度の大きいTMRは、選り食いされやすいことが分かります。NDF33%で飼料設計しているつもりでも、牛が摂取しているTMRのNDF含量はもっと低い可能性があるわけです。粒度の小さいTMRに長い乾草を入れて補ってやろうとする場合、残滓をチェックして、きちんと牛の口に入っているかどうか確認する必要があります。

DMIを最大にするためには、給与量の5%くらいが残滓として残るくらいのTMRを給与することが勧められていますが、PSPSの一つの使い方として、「給餌直後のTMR」と、「残滓として残っているTMR」の粒度の比較をすることが考えられます。この比較により、客観的に選り食いの程度をデータ化することが出来ます。

表3 TMRの粒度が選り食いに与える影響

	短	長
粒度の分布		
>19mm	7%	16%
19～8mm	56%	50%
8～1.18mm	34%	30%
<1.18mm	4%	4%
給餌後のTMR中のNDF%の変化		
給餌直後	33%	33%
8時間後	34%	35%
16時間後	36%	41%
24時間後	36%	44%

6. 粒度の大きい粗飼料のその他の問題点

粒度の大きい粗飼料がTMRを選び食いしやすくする以外に、問題点として考えられるのは、サイレージ発酵品質です。これは、粒度の大きい粗飼料は踏圧によって空気を除くことが難しくなるために考えられるリスクです。

TMRの粒度が反芻時間やルーメンpHに影響を与える点に関しては、十分な研究データの裏づけがあります。しかし、DMIや乳量に本当にプラスの影響があるのかどうかに関しては、まだ、明確な結果が出ていません。しかし濃厚飼料の給与量が少なく粗飼料の給与量が多い飼料設計では、もともとアシドーシスになるリスクが低いため、粒度の大きい粗飼料やTMRを給与するメリットはそれほど高くありません。逆に、粒度の大きい乾草を大量に給与すると、咀嚼に時間がかかりすぎるためDMIや乳量が低下することも考えられます。

従って、粒度が大事になるのは、「濃厚飼料の給与をなるべく多くしたい、しかしアシドーシスのリスクを低くしたい」というような場合です。粗飼料の給与量が少ないため、粗飼料の物理的な質が非常に大切になるためです。

粒度を考えた飼料設計は、乳牛の飼養管理上大切な技術です。PSPSは粒度を客観的にそして簡単にデータ化するための便利な道具と言えるでしょう。

参考文献：大場 真人「パーティクル・サイズ最前線」、COW BELL 夏季号（No.87）平成15年8月