

# 鳥取県における適正な T M R 調製技術についての検証（第一報）

吉岡 勉・河村康雄

## 要 約

当场では農家からの飼料成分分析依頼に対しては「飼料分析を活用した給与技術向上支援事業」において対応し、一般成分分析等の分析結果を農家あるいは各関係機関等へ報告しているところである。

同事業の一部である「適正な T M R 調製技術についての検証」により、県内 16 戸の酪農家が調製した T M R（混合飼料）の成分分析と粒度（物理性）調査を行った。

- 1 成分及び粒度の調査結果は、鳥取県における T M R の指標として活用できる。
- 2 乳量 1 万 kg/年頭以上のグループは、C P、N F C が高く、N D F、A D F、C F、硝酸態窒素が低い。
- 3 粒度では、乳量 1 万 kg/年頭以上のグループは 19 mm 以上の飼料片が少なく、8 mm から 1.18 mm の飼料片が多い。

## 緒 言

当场で実施している依頼飼料分析の件数は年々増加する傾向があり、平成 13 年度には 158 件の依頼件数だったものが、平成 16 年度には 345 件と二倍以上の増加となっている。

従来、飼料分析の依頼はサイレージあるいは乾草といった自給粗飼料を中心としたものが多数を占めており、依頼した農家は分析結果を基にして栽培体系や肥培管理のチェックを行っていた。

しかしながら近年、酪農家の経営規模の大型化と乳牛の飛躍的な生産性の向上に伴い、緻密な給与と飼料診断が不可欠となり、購入粗飼料、または T M R の成分分析の実施について要望があがっている。

特に T M R については、自分の計算した飼料給与メニューごとの成分割合になっているかどうかの確認のため、分析の必要性を感じる農家が増加してきており（平成 13 年度：3 件、平成 14 年度：34 件、平成 15 年度：60 件）当场でも平成 16 年度から平成 18 年度にかけて「適正な T M R 調製技術についての検証」事業を実施し、T M R の成分分析と県内の状況調査を行っている。

県内では、約 20 戸の農家が T M R 攪拌機を所有し、T M R を調製している。今回、そのうちの 16 戸に T M R の提供を依頼し、成分分析及び粒度調査を行った。

また、配合割合と攪拌機への投入順序等についての聞き取り調査も同時に行った。

## 材 料 及 び 方 法

### 1 供試 T M R

県内の酪農家のうち、自身で T M R を調製している農家 16 戸から提供されたもので、泌乳期に給与している T M R 16 検体。

### 2 調査項目

#### 1) 成分分析

水分、C P（粗蛋白質）、E E（粗脂肪）、N F E（可溶無窒素物）、C F（粗繊維）、A D F（酸性デタージェント繊維）、N D F（中性デタージェント繊維）、N F C（非繊維性炭水化物）、C A（粗灰分）、硝酸態窒素含量、C P s（溶解性蛋白質）

#### 2) 粒度分析

ペンシルベニア州立大学のパーティクルセパレーター（飼料断片分離器）を用い、T M R の粒度分布を調査した。

#### 3) T M R 調製作業の手順

農家へ調査票を配布し、T M R の材料と攪拌機への投入順序等について聞き取り調査を行った。

### 3 分析方法及び機器

- 1) 水分：予備乾燥後、135 度で 2 時間加熱乾燥
- 2) 粗繊維、ADF、NDF：ファイバテックシステム
- 3) 粗脂肪：ソックスレー脂肪抽出装置
- 4) 粗蛋白質：ケルダール法
- 5) Cps：ホウ酸塩・リン酸塩緩衝液による培養法を用い、CP中の割合とDM(乾物)中の割合の2種類で表している。

- 6) 硝酸態窒素：RQフレックスによる簡易測定法
- 7) 粗灰分：600 度で 2 時間加熱灰化

- 8) NFE、NFCは計算により算出  

$$NFE = 100 - \text{水分} - CP - EE - CF - CA$$

$$NFC = 100 - \text{水分} - CP - EE - NDF - CA$$

#### 9) 粒度分布

4 個のプラスチック製のふるいを重ね合わせたパーティクルセパレーターによりTMRをふるい、定められた切断長毎に分類し、各切断長の重量分布割合を測定。

なお、サンプルは 1,000 グラム程度を用意し、広げたシートの上でよく混合した後、サンプルを均一に広げ、四分割した対角に相対する部分を使用した。ふるいは 1.1Hz(66cycles/min)以上のスピードで四面を水平に 5 回振り、それを 2 反復行った。なお、ストロークは 17 cmとした。

ふるいは、上からUpper(穴：19 mm) Middle(穴：8 mm) Lower(1.18 mm金網) Bottom Pan(受け皿)となっている。

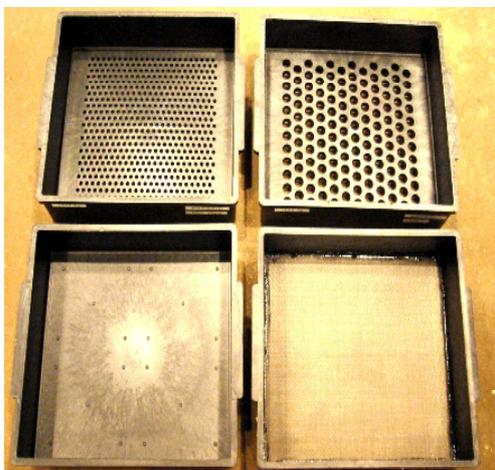


写真 1 パーティクルセパレーター

- 右上：Upper(穴：19 mm)
- 左上：Middle(穴：8 mm)
- 右下：Lower(1.18 mm金網)
- 左下：Bottom Pan(受け皿)

## 結果

供試TMR 16 検体の成分分析結果を表 1 に示した。

表 1 供試TMRの成分分析値

	水分は原物当たり%、硝酸態窒素はmg/l、その他は乾物中%											
	水分	CP	EE	NFE	CF	ADF	NDF	CA	硝酸態窒素 (原物中)	NFC	CPs(CP中)	CPs(DM中)
TMR1	34.2	16.3	4.7	48.6	22.9	24.2	38.5	7.5	248.6	33.0	33.28	5.42
TMR2	48.9	17.0	5.5	52.8	16.6	20.3	30.7	8.1	22.6	38.7	28.61	4.86
TMR3	45.9	15.5	4.5	51.4	20.5	24.2	38.1	8.0	81.4	33.9	30.69	4.76
TMR4	35.0	18.6	4.9	52.9	16.2	19.6	31.2	7.4	146.9	37.9	29.13	5.42
TMR5	43.4	15.6	4.2	54.1	19.3	23.8	34.3	6.8	33.9	39.1	28.81	4.49
TMR6	40.2	15.7	4.7	53.6	17.9	21.3	33.0	8.1	63.3	38.5	31.01	4.87
TMR7	41.2	15.9	4.4	53.5	16.9	21.3	34.3	9.3	94.9	36.1	25.32	4.03
TMR8	49.2	16.4	4.2	57.1	15.6	19.0	29.1	6.7	18.1	43.6	26.55	4.35
TMR9	40.4	16.2	5.0	55.5	15.5	19.3	31.9	7.9	24.9	39.0	31.07	5.03
TMR10	33.3	15.6	4.7	53.6	19.6	23.6	35.9	6.5	169.5	37.3	28.53	4.45
TMR11	42.5	15.2	4.8	51.4	20.2	24.0	37.7	8.4	36.2	33.9	27.96	4.25
TMR12	37.8	15.6	4.4	53.1	18.9	23.3	34.8	7.9	74.6	37.3	25.62	4.00
TMR13	32.8	15.0	3.1	52.8	20.8	25.0	38.2	8.2	63.3	35.5	28.28	4.24
TMR14	48.0	15.9	3.8	54.9	18.1	22.3	35.3	7.3	36.2	37.7	31.22	4.96
TMR15	33.6	16.5	4.9	54.3	16.9	20.6	28.6	7.3	42.9	42.6	26.77	4.42
TMR16	41.3	16.2	5.2	54.9	15.5	20.2	28.6	8.2	81.4	41.9	29.80	4.83
平均	40.5	16.1	4.6	53.4	18.2	22.0	33.8	7.7	77.4	37.9	28.92	4.65

これを、各農家の過去一年間における経産牛一頭あたりの乳量(大山乳業農業協同組合調べ)でグループ分けして表 2、表 3 に示した。なお、乳量の調査は 16 戸のうち、牛群検定を実施している農家 14 戸のデータを使用している。

表 2 経産牛 1 頭あたり乳量 1 万 kg 未満のグループ

	水分	CP	EE	NFE	CF	ADF	NDF	CA	硝酸態窒素 (原物中)	NFC	CPs(CP中)	CPs(DM中)	乳量/年・頭
TMR13	32.8	15.0	3.1	52.8	20.8	25.0	38.2	8.2	63.3	35.5	28.28	4.24	8125
TMR10	33.3	15.6	4.7	53.6	19.6	23.6	35.9	6.5	169.5	37.3	28.53	4.45	9517
TMR3	45.9	15.5	4.5	51.4	20.5	24.2	38.1	8.0	81.4	33.9	30.69	4.76	9519
TMR14	48.0	15.9	3.8	54.9	18.1	22.3	35.3	7.3	36.2	37.7	31.22	4.96	9605
TMR1	34.2	16.3	4.7	48.6	22.9	24.2	38.5	7.5	248.6	33.0	33.28	5.42	9643
TMR15	33.6	16.5	4.9	54.3	16.9	20.6	28.6	7.3	42.9	42.6	26.77	4.42	9740
TMR7	41.2	15.9	4.4	53.5	16.9	21.3	34.3	9.3	94.9	36.1	25.32	4.03	9749
平均	38.4	15.8	4.3	52.7	19.4	23.0	35.6	7.7	105.3	36.6	29.16	4.61	9414

表3 経産牛1頭あたり乳量1万kg以上のグループ

	水分	CP	EE	NFE	CF	ADF	NDF	CA	硝酸態窒素 (原物中)	NFC	CPs(CP中)	CPs(DM中)	乳量/年・頭
TMR8	49.2	16.4	4.2	57.1	15.6	19.0	29.1	6.7	18.1	43.6	26.55	4.35	10021
TMR12	37.8	15.6	4.4	53.1	18.9	23.3	34.8	7.9	74.6	37.3	25.62	4.00	10429
TMR6	40.2	15.7	4.7	53.6	17.9	21.3	33.0	8.1	63.3	38.5	31.01	4.87	10553
TMR4	35.0	18.6	4.9	52.9	16.2	19.6	31.2	7.4	146.9	37.9	29.13	5.42	10570
TMR9	40.4	16.2	5.0	55.5	15.5	19.3	31.9	7.9	24.9	39.0	31.07	5.03	11226
TMR2	48.9	17.0	5.5	52.8	16.6	20.3	30.7	8.1	22.6	38.7	28.61	4.86	11402
TMR5	43.4	15.6	4.2	54.1	19.3	23.8	34.3	6.8	33.9	39.1	28.81	4.49	12073
平均	42.1	16.4	4.7	54.2	17.1	20.9	32.1	7.6	54.9	39.2	28.69	4.72	10896

経産牛1頭あたり乳量1万kg以上のグループはCP、NFCが高く、NDF、ADF、CF、硝酸態窒素が低い傾向が見られた。

次にパーティクルセパレーターにより分類された各ふるい毎の重量分布割合を表6及び表7に示した。調査は1検体につき二反復行った。各ふるいに残る割合については二反復の平均値で示し、飼料片の平均切断長サイズとその標準偏差は反復調査毎のデータを使用して反復毎のパラッキが確認出来るよう示した。

なお、平均サイズ及び標準偏差の計算は、ペンシルベニア州立大学のホームページ上にある計算ワークシートを使用した。

また、平均サイズの単位はインチで表示している。

(1インチ = 2.54 cm)

表5はパーティクルセパレーターを用いた時に各ふるいに残る飼料切片の重量割合について、ペンシルベニア州立大学が推奨している値を示したものである。これはFor Maximum Milk Makersの推奨値として計算されているものである。

表5 ペンシルベニア州立大学の示す粒度の推奨値

Recommended Distribution of Particles	
Seive	Particles Remaining (% of total)
Upper	2 to 8
Middle	30 to 50
Lower	30 to 50
Bottom Pan	20 or less

表6 経産牛1頭あたり乳量1万kg未満のグループの粒度分布

	乳量/年・頭	Upper	Middle	Lower	Bottom Pan	平均サイズ±SD	平均サイズ±SD
TMR13	8125	19	29	39	14	0.26±0.126	0.23±0.116
TMR10	9517	6	26	51	16	0.18±0.105	0.17±0.106
TMR3	9519	14	23	51	11	0.21±0.104	0.22±0.115
TMR14	9605	13	35	41	11	0.23±0.110	0.27±0.110
TMR1	9643	9	31	46	14	0.20±0.107	0.22±0.111
TMR15	9740	12	23	53	12	0.19±0.104	0.22±0.110
TMR7	9749	19	28	44	9	0.26±0.112	0.26±0.112
平均	9414	13	28	46	12	0.22	0.23

表7 経産牛1頭あたり乳量1万kg以上のグループの粒度分布

	乳量/年・頭	Upper	Middle	Lower	Bottom Pan	平均サイズ±SD	平均サイズ±SD
TMR8	10021	14	26	53	7	0.24±0.103	0.23±0.101
TMR12	10429	10	26	50	14	0.20±0.107	0.20±0.110
TMR6	10553	7	31	50	11	0.22±0.103	0.20±0.100
TMR4	10570	7	23	57	14	0.18±0.101	0.17±0.102
TMR9	11226	11	41	40	8	0.27±0.100	0.26±0.103
TMR2	11402	14	25	52	10	0.22±0.106	0.23±0.107
TMR5	12073	11	26	53	10	0.22±0.104	0.21±0.104
平均	10896	11	28	51	11	0.22	0.21

粒度分布の表

平均サイズに大きな差は見られないものの、乳量1万kg以上のグループではUpper(19mm以上の切片)に残る割合が少なく、Lower(8mmから1.18mmの切片)に残る割合が多くなっている。

今回の調査では、いずれのグループもUpper(19mm以上の切片)に残る割合が高く、Middle(8mm~19mm)に残る割合が低かった。

次に、TMR調製作業の手順の聞き取り調査結果を示す。

調査した16戸が使用する攪拌機は、カービー社製が7台、ストルティー社製が4台、コンプリートサービス社製が3台、ニューホーランド社製、ミクストロン社製が各1台となっていた。

材料の投入順序については、最初に禾本科牧草を投入する農家が14戸と最も多く、マメ科牧草、配合飼料を最初に投入する農家は各1戸ずつであった。ただし、マメ科牧草を最初に投入していた農家については、調査し

た日のマメ科牧草の茎が太く、硬い繊維を持っていたため、最初に細断したということであり、通常は禾本科牧草を最初に投入している。また、配合飼料を最初に投入していた農家の使用する攪拌機は、カッティング機能が不十分な機種であるため、事前に粗飼料をカットし、攪拌機に投入しているのが理由であった。

全体の傾向として、粗飼料から投入していく農家がほとんどであるが、トウモロコシサイレージについては、一番最後に投入する農家が多く見られた。

加水している農家は14農家で、そのうち11農家が全ての材料を投入した後に加水していた。

攪拌時間と粒度の関係については、機種、回転数等による差が大きいいため、統一的な見解は困難である。ただし、攪拌時間が長すぎると過剰混合となり、粗飼料の繊維が裂け、採食量の低下につながる<sup>1)</sup>ことが知られているため、今後も調査を続ける必要がある。

## 考 察

TMRの成分分析は従来、積極的には行われておらず、鳥取県におけるTMR調製農家の実態は把握されていなかった。今回の調査において得られた成分値は、鳥取県の標準的な指標として用いることが可能と考えられる。

具体的な成分を見ると、乳量1万kg以上のグループはNDF、ADF、CFといった、構造的炭水化物の割合が低い傾向が見られた。この成分は、植物体に含まれるセルロース、ヘミセルロース、リグニンが主であることから、粗飼料の割合が少ないことが推察される。逆に、NFCやCPが高い傾向が見られるのも、トウモロコシや麦といったデンプン質飼料や、大豆粕のような高タンパク飼料の割合が高いことも示唆される。

飼料中のNDF含量を35%とすることで乳量、乾物摂取量、乳成分、および第一胃の性状が安定的に保たれるという栄養管理指標<sup>2)</sup>が知られている。乳量1万kg未満のグループについてはこの基準を満たしているものの、乳量1万kg以上のグループについては若干少なくなっており、乳牛の健康管理面においては不安定になる要素を持つ面も見られる。

また、過剰なCP含量、Cps含量は血中尿素窒素の

上昇(>20mg/dl)に伴う種々の障害を引き起こすが、その上限値は一律には定められない。<sup>2)</sup> 今回の調査によると、農家によりTMRに混合する材料またはその割合は様々であるため、Cpsの含量も大きく異なっていた。Cpsと乳量との関係は特定できなかったものの、Cpsの分析は一定の精度を確立しているため、牛群の体調管理の指標として代謝プロファイル等のデータと併せ、有効活用することが可能だと考えられる。

パーティクルセパレーターによる粒度の調査は、ルーメンマットの形成に必要な飼料の物理性の評価と同時に飼料片の偏りからくる「選び食い」の防止を数値で確認するのに有効な方法であり、農家の関心も高い。今回の聞き取り調査において、飼料中に十分なNDF含量が確保されているにもかかわらず、TMR攪拌機の過剰混合で切断長が異常に短くなり、それが原因と考えられる食滞や第四胃変異が発生した農家が散見された。つまり、切断長が短いということは、乾物摂取量の増加と、乳量の増加につながるものの、適正な粒度の割合を持つTMRでなければ重大な事故を引き起こす要因になることを意味している。

特に、ルーメンマットを形成するのに有効な「長もの」の割合は重要であり、ふるいの一番上つまりUpper(19mm以上の切片)に残る割合が重要だと考えられる。乳量の多い農家はこの割合が少ない農家が多く、乳牛の健康管理面において十分な注意が必要である。

ペンシルベニア州立大学の推奨する値は、Upperに2~10%が残れば良いとされている。今回の調査では10%以上残っている農家が多く、推奨値から見ると多すぎるということになるが、グラスを中心とした飼養管理を行う日本の酪農形態に合った推奨値かどうか疑問視する声も聞かれており、今後も、調査が必要だと考えられる。

また、Lower(8mmから1.18mmの切片)の残る部分については、1万kg以上のグループでは平均値が推奨値である30~50%の域を越えており、かなり粒度が細かい傾向も見られた。この層の割合が多いと、たとえ長ものの割合が高いTMRでも平均サイズが短くなる傾向が見られ、結果的に物理性の低いTMRとなってしまう。

ペンシルベニア州立大学の推奨する推奨値と、今回の調査結果を比較すると、Middle(8mm~19mm)に

残る割合に大きな差があることがうかがえる。推奨値では 30 ~ 50 % の飼料切片が残ることが理想とされているが、県内の農家の平均は各グループとも 28 % と推奨値からは外れていた。この層は短めの乾草やトウモロコシサイレージ、ビートパルプ、圧ペントウモロコシ、綿実等が残る層である。粗飼料割合を重視し、なおかつ粒度にも気を配る農家はこの層の割合が多いのが特徴である。

色々な切断長の飼料片がまんべんなく含まれる TMR であれば、反芻行動の誘発も行われ、かつルーメン内の通過速度も偏り無く、良好なルーメン内環境を保つことが期待されるため、材料の投入順、混合機の使用方法、混合時間といった面での指導も行っていく必要がある。

## 謝 辞

今回の調査に当たり、TMR の採材に協力して頂いた株式会社ナスアグリサービスの船越秀俊氏、株式会社サン動薬の竹森理氏、東伯普及所の岡本副主幹、また、各農家の乳量調査を行って頂いた大山乳業農業協同組合酪農指導部に感謝の意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) 生産獣医療システム，乳牛編 3，菊池実ら
- 2) 日本飼養標準，乳牛，(1999年版)