

牛やめん羊の糞から得られる情報

北海道立中央農業試験場 畜産部

石栗敏機

今回は考え方の出発点を逆にして、牛やめん羊が食べる飼料（ここでは主として牧草）をそれらを採食して排泄された糞からさかのぼって、どんな情報が得られるかを考えてみた。

野生動物の観察には、それらの排泄した糞は貴重な情報源となっている。彼らがどんなものを食べ、どんな行動をとっているかを知ることができるからである。

辞書で“ふん”と引くと、広辞苑（第4版1991年）には：ふん【糞】くそ。大便。「犬の一」「一尿」「馬一」とある。

百科事典（ブリタニカ）には“くそ”，“ふん”的項目がない。

くそたれ、くそまじめなどあまりいい響きではない。

畜産大事典（1989年訂正）の和文索引からの“ふん”には：

「腸内容物が大腸を通過するにつれて消化作用は衰え、水分が吸収されて糞（feces）となり、肛門から排泄される。糞中には主として飼料の不消化物と消化されても吸収されなかったもの、消化器からの分泌物や細菌なども含まれている。排泄される糞量は、飼料の種類、摂食量、消化の

表1 家畜の排ふん量 (KELLNER)

	体 重(kg)	排ふん日量(kg)	水分含量(%)	反 応	pH
馬	550～650	6～14	73～78		6.4～7
牛	500	20～25	82～86		6.8
めん羊	45～55	0.8～1.2	55～65	中性または弱酸性	
山 羊	30	0.5～1.0	56～75		
豚	100	2～3	65～75	変動する	
鶏	2～3	0.03～0.04	70～75	弱アルカリ性	7.5

難易などによって異なるが、各家畜の平均1日あたりの排糞量および水分含量などを表V-2-3(表1)に示した」

とある。1,800ページの事典のなかで、糞に関する記述はこれだけである。

牧草の栄養価を調べるために行う消化試験は有無を言わせぬくさい糞との付き合いに終始する。糞を集めて計量し、これを乾燥器へ入れて水分を飛ばすのであるが、強いにおいも飛んでくる。乾いた糞を粉碎器にかけると今度は微細な粉が舞い、上がって鼻の穴が糞の粉で黒くなる。これらの仕事は他人には頗みずらく、研究者自身が直接手をくだすことになる。

慣れとはありがたいもので、本人はこれらを全く気にしなくなるが、周りの人たちからはくさい、くさいと言われるはめになる。

こんなことを何10年もやっていると、いやおうなしに糞に関心を持つことになる。

糞にも個性がある。見ただけで何番のめん羊の糞か分かる。におい、色、大きさ、形で何をどのくらい食べたときの糞であるか想像がつくようになる。もりもり食べて、下痢をしないで、たくさんたれてくれることを祈りながら、約2週間毎日同じ単調な仕事の繰り返し、1点の牧草からの糞の試料を得ることになる。

1 糞はかすではない

かすと言うと消化できる部分がすべてなくなったものが糞であるかのように見える。冒頭の

畜産大事典の記述のように、確かに糞の大部分は飼料に由来する物質ではあるが、これ以外の物質も含まれているのでやっかいである。その中身の大部分は飼料（ここでは牧草）そのものである。

桜井（畜産試験場草地部 1963年）は牧草類の組織とこれが採食されたときの糞を顕微鏡下で観察し、貴重な情報を提供している。これによると：

消化される組織は同化柔組織、篩管およびリグニン化していない透明柔組織であった。消化されない組織は導管、厚膜組織、表皮組織、毛茸およびリグニン化した透明柔組織であった。牧草の組織は家畜のそしゃくにより、表皮をはく離して切断された形態と表皮をはく離は行われず、切断された形態の二つの状態で消化をうける。この場合、前者は良く消化されるが、後者は消化器管内に滞留している間に十分な消化を受けず、不消化となって排泄される。表皮のはく離の難易は草種固有の性質で、春型および周年型は比較的はく離が容易で良い消化を示すが、夏型草種のはく離が困難で、消化が悪いことを示した。また、草種固有の性質とともに生育時期、環境により異なり、周年型草種は高温乾燥下で生育する場合、生育が進むに従って表皮のはく離が困難になる。これが消化を低下させる原因となった。可消化組織のうち葉緑粒および原形質を多くもつ棚状組織、管束鞘細胞などの消化は透明柔組織、葉緑粒および原形質の少ない同化柔組織の消化に比較して遅れる。このように消化の差異を示すのは細胞の透過性が大きい要因であって、生育が進むに従って消化液の透過性が低下し、消化を遅らせる原因となった。

このように総括している。

牧草を採食しているめん羊の生の糞を中性デタージェント溶液で煮沸後、濾過するとにおいのないきれいな植物組織が得られる。糞はまさしく植物組織そのものが排泄されたものであることが実感できる。

糞は消化されやすい部分が吸収されて残ったかすだとすると、その中身は低たんぱく質、高纖維質の組成を示し、牧草の種類や生育ステージが変

表2 牧草および糞中成分（乾物中%）

	粗たんぱく質	粗脂肪	炭水化物	NDF	DCP	TDN
オーチャードグラス (早刈り・1番草)	14.0	4.3	71.1	50.2	9.7	68.0
採食時の糞	15.0	7.4	61.3	57.1		
オーチャードグラス (遅刈り・1番草)	7.2	3.5	80.3	68.4	3.3	40.1
採食時の糞	6.8	3.6	80.3	76.7		

わっても大きくは変動しないことが想像される。しかし、実際はそうではない。

ほとんどの成分で牧草中の含有率と糞中の含有率との間には正の相関が得られ、採食した牧草の組成によって、糞中の組成も変わることが分かった。消化率が高く、栄養価の高い牧草を採食すると高たんぱく、低纖維質含量の糞をたれる。この関係を表2に示した。

牧草と糞の成分含有率との間には次の関係がある。ある成分の不消化率×ある成分の牧草中含有率=乾物の不消化率×ある成分の糞中含有率

細胞壁物質や粗脂肪のように糞中の含有率が牧草中より高い成分ではこれらの消化率は乾物の消化率より低い。逆に、細胞内容物や炭水化物のように糞中の含有率が牧草中より低い成分ではこれらの消化率は乾物の消化率より高い。粗たんぱく質では牧草中と糞中の含有率が近似する傾向がある。

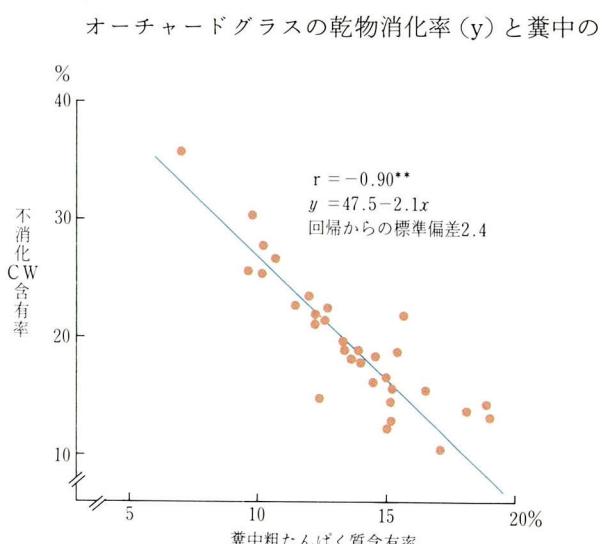


図1 牧草採食時の糞中粗たんぱく質含有率(x: %)と牧草中不消化細胞壁物質(CW)含有率(y: %)の関係

粗たんぱく質含有率(x)の間には、 $y = 33.8 + 2.39x$ の一次回帰式が得られ、糞中の粗たんぱく質含有率から採食した牧草の乾物消化率が推定できた。また、糞中の粗たんぱく質含有率と牧草中の不消化細胞壁物質含有率の関係を図1に示した。このように糞中の粗たんぱく質含有率が高いことは良質な牧草を採食している証となった。

2 たれる糞の量は変わらない

残飼の出る飼料の量を給与する消化試験を続けていて気が付いたのは、めん羊がたれる糞の量は給与する牧草の生育ステージや番草が変わってもあまり変化しないことである。一日にたれる糞の量は30×40 cmのバットにイネ科牧草は7分目、アルファルファやアカクローバでは山盛りとなつた。一日の糞の乾物量は体重当たり、オーチャードグラス0.79%，チモシー0.77%，ペレニアルライグラス0.73%，アルファルファ1.06%，アカクローバ1.10%であった。お腹いっぱい食べさせていると飼料が変わっても、たれる糞の量は変わらないと話しても、そのとおりだと周りの人から言ってもらえたことがない。

慣行の消化試験では飼料の給与量は残飼の出ない量で、体重の維持レベルで消化率が測定される。このため消化率の高い飼料では糞の量は少なく、消化率の低い飼料では糞の量は多くなるというのが一般的な常識である。

増淵ら(草地試験場1976年)はイネ科主体混播牧草を飽食させ、それに濃厚飼料を組み合わせた飼養試験を行なって、濃厚飼料を増給すると糞の量は増加したが、牧草の質(生育ステージ)が変わっても糞の量は体重の1.02%ではほぼ一定であったことを報告した。また、牧草のみ飽食させたときの糞の量は0.93%，濃厚飼料を12 kg給与しても1.16%であった。

コンラッドら(1964年)は泌乳牛に全飼料の消化率が52から80%の各種の飼料を給与した成績から、たれる糞の量は体重1,000ポンド当たり乾物で10.7ポンド、有機物で9.4ポンドであり変動しないことを報告している。

さらに、古くはレーマン(1941年)は乳牛の成績で、有機物の排泄量は9.5ポンドであることを

報告している。

NRCの乳牛の採食量の検討委員会が、発表から30年もたったコンラッドの成績を基に乾物摂取量の考え方を展開させている。

そして、ありがたいことに、1989年改訂のNRCの乳牛飼養標準にこの部分の解説がのつたのである。しかし、残念ながら糞の量は変わらないとはどこにも記述されていないようである。

3 粕の量から採食量が分かる

乳牛の飼養標準—NRC飼養標準第6版全訳—デーリィ・ジャパン社(1990年)ページ13、乾物摂取量に影響を与える要素には：

「摂取量が、胃袋を飼料で満たすことで限界に達している間は、さまざまな飼料消化率のもとでのDMI(乾物摂取量)は次の式から予測できる(Conrad, 1966)。

$$DMI = 5.4 W / 500 F \quad (1)$$

ここでDMIはkg/日、W(体重)は生体重kg、Fは不消化なDM%が単位である。この式を使うと、予測されるDMIは生体重の2.25%(消化率が52%の時)から4.32%(消化率が75%の時)までの範囲にある」とある。

この直訳ではおそらく多くの読者には理解が難しいと思われた。

そこで、これを解説することにした。出発点をたれる糞の量は変わらないとすると理解が早い。5.4/500は体重500 kgの乳牛がたれる糞の量は5.4 kgであることを示す($5.4/500=1.08\%$)。前述のコンラッドの報告から体重の1.07%の糞をたれるので、体重にこれをかけると糞の量が分かる。

$$\text{乾物消化率} = (\text{乾物摂取量} - \text{乾物排泄量}) / \text{乾物摂取量}$$

この関係から以下の式が導かれる。

$$\text{乾物摂取量} = \text{乾物排泄量} / (1 - \text{乾物消化率})$$

すなわち、(1)の式は体重に1.07%をかけて糞の量を求め、これを乾物の不消化率で割ったものが乾物摂取量となる関係を示している(不消化率=1-消化率)。

乾物消化率が52%のときは、 $1.07 / (1 - 0.52) = 2.2$ の関係が得られ、体重の2.2%の乾物摂取量と

なる。

乾物消化率が75%のときは、 $1.07/(1-0.75)=4.3$ の関係が得られ、体重の4.3%の乾物摂取量となる。これらのことと説明している。

めん羊に牧草を自由採食させて調べた成績から、以下の関係式が得られた。

イネ科牧草の自由採食量(乾物摂取量: kg/日)

$$= \text{体重(kg)} \times 0.8 / (1 - \text{乾物消化率})$$

マメ科牧草の自由採食量(乾物摂取量: kg/日)

$$= \text{体重(kg)} \times 1.1 / (1 - \text{乾物消化率})$$

このように糞の量から採食量が推定できた。

4 糞の量から養分摂取量が分かる

養分摂取量は摂取量から排泄量を引いた残りであることから、たれる糞の量が変わらないとすると養分摂取量は簡単に推定ができる。

めん羊の可消化エネルギー摂取量 (DEI: kcal/kg^{0.75}) は自由採食量(飽食時の乾物摂取量 VI: g/kg^{0.75}) を用いて、以下の式から精度よく推定できた。

オーチャードグラス:

$$\text{DEI} = 4.31 (\text{VI} - 2.23)$$

アルファルファ:

$$\text{DEI} = 4.45 (\text{VI} - 2.98)$$

可消化乾物摂取量 = 乾物摂取量 × 乾物消化率

この関係に(1)の式の関係を導入すると

$$\begin{aligned} \text{可消化乾物摂取量} &= \text{乾物排泄量} \times \text{乾物消化率} \\ &\quad / \text{乾物不消化率} \end{aligned}$$

体重 600 kg の乳牛はどれだけ飼料を食べ、用意する飼料の栄養価で養分摂取量がどのように変わるかを計算する。

まず、1日にたれる糞の量を計算する。

$$600 \times 0.0107 = 6.42 \text{ kg}$$

飼料の TDN 含量はほぼエネルギーの消化率と等しいので、コンラッドの $\text{DEI}_f = 5.4 \text{ W}/500(1-dE)$ を用い、給与する全飼料の TDN 含量が 65%の場合

$$\text{TDN 摂取量} =$$

$$18.3 \times 0.65 = 6.42 \times 0.65 / 0.35 = 11.9 \text{ kg}$$

給与する全飼料の TDN 含量が 75% の場合

$$\text{TDN 摂取量} =$$

$$25.7 \times 0.75 = 6.42 \times 0.75 / 0.25 = 19.3 \text{ kg}$$

このように飼料の TDN 含量を 65% から 75% へ 10% 高めると TDN 摂取量は 62% 高まる。

乳牛は1日に10から24回も糞をたれる。高泌乳牛は採食量も多く、糞はゆるくなり、どんどん排泄する。糞の水分含量を85% とすると、体重 600 kg の牛では 43 kg の糞の量になる。搾乳牛 100 頭の牛舎からは1日に4t以上の糞が出る。

いろんな意味で糞をあなどってはならない。

雪印推奨図書案内

◎イネ科・マメ科牧草の主要病害を写真入りで解説!

原色「牧草の病害」

A5版 200頁 西原 夏樹著 頒価 3,000円

◎アルファルファの品種・栽培・病虫害・収穫調製などを網羅!

新刊「アルファルファ(ルーサン)」—その品種・栽培・利用—

A5版 250頁 鈴木 信治著 頒価 3,000円

◎酪農家のバイブル、サイレージ調製には、これ一冊でOK!

微生物のパフォーマンスとその制御「サイレージバイブル」

A5版 124頁 監修 高野 信雄 安宅 一夫 頒価 1,000円

◎植物ホルモンに関しては、これ一冊でOK!

作物の収量・品質向上への期待「サイトカインバイブル」

A5版 125頁 編著 萩田 隆治 頒価 2,000円

☆いずれも送料、消費税込み価格
お申込みは最寄の弊社営業所へ