

●放牧草の採食量の推定

帯広畜産大学 草地学講座

花田 正 明

草地を適切に管理したり、放牧家畜に栄養素を過不足なく給与するためには、放牧草の採食量を推定することが必要となる。放牧草の採食量の推定方法には様々な方法があり、目的や測定条件によって使用する推定方法は異なる。ここでは、いくつかの代表的な放牧草の採食量の推定方法について紹介する。

1 前後差法

前後差法による採食量の推定は放牧前後の草量を測定し、その差から採食量を求めるため、草量の推定精度をいかに高めるかが重要となる。前後差法の原理は簡単であり、実際の生産現場で利用可能な方法ではあるが、この方法では、群全体の採食量は推定できるものの、個体ごとの採食量を推定することはできない。

草量の推定には直接牧草を刈取り、重量を測定する方法と、草高や密度などの草量と関連のある数値から草量を推定する非破壊的方法がある。牧草を刈取って草量を測定する場合、刈取る高さに注意を払う必要がある(表1)。刈取り高さが高いと牧草に与えるダメージは小さいが、刈取り高さ以下の牧草を押し倒し草量を過小評価したり、刈取り高さ以下の部位も採食されることがあり、採食量を過小評価してしまう可能性もある。一方、刈取り高さが低い場合、土壌や根などの混入が多

表1 刈取り高さが草量の測定に及ぼす影響

	刈取り高さ		
	5 cm	3 cm	0 cm
利 点	<ul style="list-style-type: none"> 土壌の混入：少 牧草へのダメージ：少 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌の混入：少 牧草へのダメージ：少 刈取り部位が安定 	<ul style="list-style-type: none"> 刈取り高さ以下を採食できない 刈取り部位が安定
欠 点	<ul style="list-style-type: none"> 刈取り部位が変化 刈取り高さ以下の部位が採食される 	<ul style="list-style-type: none"> 刈取り高さ以下の部位が採食される 	<ul style="list-style-type: none"> 牧草へのダメージ：大 土壌や根の混入：多
適用可能家畜	牛	牛・羊	羊・牛

くなり、草量を過大評価したり、牧草に与えるダメージが大きいなどの欠点がある。

非破壊的方法による草量の測定方法は草丈や密度などの特性値と草量との関係を測定前に求め、特性値を測定することにより草量を測定する方法であり、刈取り方法に比べ少ない労力で草量を測定することができる。しかし、この方法による草量の測定は植生、牧草体の構造、季節、土壌表面の形状などによって影響を受けるため、特性値と草量との関係式を作成する際には、これらのことを考慮しなければならない。この他に、静電気容量や分光分析などの値を用いて草量を非破壊的に測定する方法もある。また、最近、ライジングプレートメータによる草量の推定方法が示され、短草利用の放牧草地では高い精度で草量を推定できることが示されている。

刈取り方法、非破壊的方法のいずれにせよ草地の一部の草量を測定し、草地全体の草量を推定することになる。草量を測定する個所は対象とする草地の均質さと期待する精度によって決定される。しかし、放牧草地のように草量の変動係数が大きい草地では、一定の精度を得るためには実行が不可能な程度の測定数が必要となる。そこで、実用上は可能な測定数を先に決定し、その測定値の平均の信頼範囲を求め、精度を考慮しながら結果を解釈することになる。また、刈取り方法と非破壊的方法を組み合わせることにより、測定値の精度を高めることも可能である。すなわち、刈取り方法により、数か所の草量と草量と関連の高い特性値を測定し、両者の関係式を作成する。さらに、多くの地点において、その特性値を測定し、草量を測定することにより、測定値の精度は向上する。

前後差法による採食量の測定は放牧期間が短く、草量に対して採食量が多い場合に適した方法であるが、採食量を測定する期間が1日を超える場合は、その期間における牧草の再生量を加味しなければならない。測定期間内における牧草の再生量は草地内に家畜が牧草を採食できないように柵を設置し、測定期間終了時にその柵内の草量を測定し、測定開始時の草量から差し引くことにより求められる。しかし、この再生量は非放牧条件

下の値であり、非放牧条件に比べ放牧条件下のほうが牧草の再生速度は遅いため、放牧による牧草の再生速度の低下を補正しなければならない。非放牧条件下における牧草の再生量に対する放牧条件下における牧草の再生量の比は0.50~0.68の範囲にあるといわれている。測定期間における牧草の再生を考慮した前後差法による採食量の測定式は以下ようになる(式1)。

$$\text{式1} \cdots HI = M_b - M_a + g \times \Delta M$$

HI: 放牧草の採食量, M_b : 放牧前草量, M_a : 放牧後草量,
g: 非放牧条件下における牧草の再生量に対する放牧条件下における牧草の再生量の比, ΔM : 非放牧条件下における測定期間中の牧草再生量

2 標識物質法

前後差法に対して標識物質法は個体ごとの採食量を測定できる方法の1つである。この方法の原理は家畜の排糞量を指示物質で求め、さらに、摂取した飼料の乾物消化率を用いて放牧草の乾物採食量を推定する方法である(式2)。

$$\text{式2} \cdots HI_D = F / (1 - D)$$

HI_D : 放牧草の乾物採食量, F: 乾物排糞量, D: 乾物消化率

放牧家畜が排泄する糞を全量採取することは困難であり、この方法では毎日一定量の指示物質を家畜に投与し、糞中の指示物質の濃度から乾物排糞量を測定する(式3)。排糞量の推定に用いる指示物質の条件として、消化管内で消化・吸収されず、滞留しないこと、家畜に対する毒性がなく、飼料に含まれていない物質であるという条件を具備しなければならない。代表的な指示物質として酸化クロム(Cr_2O_3)が用いられている。この他の指示物質として、希土類元素、不活性金属、放射性同位元素などが用いられてきたが、現時点では、回収率や分析方法の点から酸化クロムが最良の指示物質であるといわれている。指示物質として酸化クロムを使用する場合、指示物質の回収率は1.0とみなしてよいが、初めて測定する場合は全糞を採取し、回収率を求める必要がある。

$$\text{式3} \cdots F = M / C \times RR$$

M: 指示物質の投与量, C: 糞中の指示物質濃度, RR: 指示物質の回収率

排糞量を推定するために指示物質を投与する際には、指示物質が糞中に規則正しく排泄されるように注意しなければならない。すなわち、酸化ク

ロムを粉末で投与するのではなく、繊維質に吸着させたり、ゼラチンカプセルに包み、1日の投与回数も数回に分けるなどして消化管内における酸化クロムの分布をできるだけ均一になるようにしなければならない。また、糞中の指示物質濃度には日内変動がみられるため、糞の採取も毎日数回に分けて決められた時間に行う必要がある。飼料の乾物消化率は飼料と糞中の不消化成分含量の比から推定する方法、糞中の特定の成分から推定する方法、in vitro法など様々な方法によって推定することができる。飼料と糞中の不消化成分含量の比から推定する方法の原理は式4、5に示したとおりである。式4は摂取された飼料の不消化成分と排泄された不消化成分が等しいことを示した式であり、この式を消化率(D) = (飼料摂取量(H) - 排泄量(F)) / 飼料摂取量(H)に当てはめると式5になる。

$$\text{式4} \cdots HI_D \times I_n = F \times I_f$$

$$\text{式5} \cdots D = 1 - I_n / I_f$$

I_n : 飼料中の不消化成分の含量, I_f : 糞中の不消化成分の含量

植物体に含まれる不消化成分としてリグニン、クロモーゲン、ケイ酸、酸不溶性灰分、不消化セルロースなどが利用されてきたが、近年、植物体ワックスに含まれるアルカンを利用して消化率のみならず摂取した植物の種類を推定しようとする研究が進められている。糞中の特定の成分から消化率を推定する方法は、あらかじめ特定の成分と家畜を用いた消化試験によって得られた消化率との関係式を求め、糞中の成分をその式に代入して消化率を求める方法である。この方法に用いる成分は不消化成分である必要はなく、一般に窒素が用いられている。In vitro法は反芻胃内容液や酵素により飼料を分解して消化率を推定する方法であり、反芻胃内容液を用いたTilley and Terryの方法が乾物消化率の推定に広く利用されている。

3 体重差法

この方法の原理は放牧前後の家畜の体重差と測定期間内に排泄された糞尿の量、不感蒸泄により肺や皮膚から失われた水分量および飲水量から採食量を推定する方法であり(式6)、数時間単位の期間内における放牧草の採食量を推定するために用いられる方法である。

$$\text{式 6} \cdots HI = (W_2 + F + U + E) - W_1 - L$$

W₁: 放牧前の体重, W₂: 放牧後の体重,
U: 排尿量, E: 不感蒸泄量, L: 飲水量

糞および尿の排泄量は家畜にあらかじめ糞尿採取用の袋を装着し、排泄された糞尿を全量を採取して計量する。不感蒸泄量は放牧草を全く採食できないようにして放牧地に放した別の家畜の放牧前後の体重と排糞および排尿量を測定し、測定期間中の体重の減少量から推定する。

4 家畜生産物量からの推定法

乳や体重増加などの家畜の生産物から採食量を推定する方法は、家畜の維持および生産に要したエネルギー量(E_{M+P})を飼料のエネルギー含量(E_n)で除して採食量を推定する方法である(式7)。

$$\text{式 7} \cdots HI_D = E_{M+P} / E_n$$

エネルギーの単位は可消化エネルギー(DE)、代謝エネルギー(ME)、正味エネルギー(NE)および可消化養分総量(TDN)などが用いられている。維持および生産に要したエネルギー量は英国飼養標準(ARC)、アメリカ飼養標準(NRC)および日本飼養標準などの飼養標準を用いて求める。維持に必要なエネルギーは体重、活動量および環境条件などによって変化し、繋養している家畜の場合は絶食時のエネルギー代謝量に相当するが、放牧飼養の場合、移動に伴うエネルギー消費量の増加を考慮しなければならない。放牧飼養における維持エネルギー量の増加の程度は草量、放牧時間および地形などの放牧条件によって変化し、NRC(1988)では、草量が豊富な場合は10%、草量が少ない場合は20%の維持エネルギーの増加を見込む必要があるとしている。また、日本飼養標準(1994)では、1日8時間程度の時間制限放牧の場合のエネルギー消費増加量は舎飼い時の維持エネルギーの約10%であるとしている。

牧草のエネルギー含量は飼料成分表の値を用いることも可能であり、日本標準飼料成分表には牧

表2 家畜生産物量からの放牧草の採食量の推定方法

家畜の生産レベル	畜種: ホルスタイン種泌乳牛 体重: 650kg、乳量: 30.0kg/日、乳脂肪率: 3.5%	
代謝エネルギー必要量 ¹⁾		
維持エネルギー量	0.1163×650 ^{0.75} ×4.184 ²⁾ ×1.1 ³⁾	= 68.9MJ/日
生産エネルギー量	(0.0913×3.5+0.3678)×30.0/0.62×4.184 ²⁾	= 139.1MJ/日
乾物摂取量の増加に伴う養分量の補正係数	1+(30.0/15)×0.04	= 1.08
総代謝エネルギー要求量	(68.9+139.1)×1.08	= 224.6MJ/日
併給飼料(濃厚飼料)		
代謝エネルギー含量		15.0MJ/kgDM
乾物摂取量		7.0kg/日
代謝エネルギー摂取量	15.0×7.0	= 105.0MJ/日
放牧草		
代謝エネルギー含量		11.5MJ/kgDM
乾物摂取量	(224.6-105.0)/11.5	= 10.4kg/日

注) 1) 日本飼養標準乳牛(1994)より算出。2) 1 cal=4.184 J
3) 放牧飼養におけるエネルギー消費増加割合を10%とした。

草のDE、MEおよびTDN含量が示されている。しかし、放牧条件下における牧草のエネルギー含量のデータは少ない。推定の精度を高めるためには、家畜が採食した部分と同じ部分の牧草を採取し、消化試験あるいは化学分析を実施して採食された牧草のエネルギー含量を推定する必要がある。表2に日本飼養標準を用いた採食量の推定方法の例を示した。

5 放牧飼養における泌乳牛の採食量の推定式

放牧草の採食量は草地、家畜および環境要因など多くの要因によって変動し、これまでに、それらの要因から採食量を推定する試みが多くなされてきた。ここでは、放牧飼養における泌乳牛の採食量の推定式をいくつか紹介する。

$$\text{①} \quad TOMI = 0.323 + 0.177 MY + 0.010 BW + 1.636 C - 1.008 HM + 0.540 HAL - 0.006 HAL^2 - 0.048 HAL \times C$$

(Caird and Holmes, 1986)

TOMI: 有機物摂取量(kg/日), MY: 乳量(kg/日), BW: 体重(kg), C: 濃厚飼料摂取量(kg/日), HM: 草量(tOM/ha), HAL: 割当草量(kgOM/頭/日)

$$\text{②} \quad TDMI = 3.19 + 0.74 FCM + 1.01 HT + 0.71 SD - 1.74 SN$$

(花田, 1995)

TDMI: 乾物摂取量(g/代謝体重/日), FCM: 4%脂肪補正乳量(kg/日), HT: 放牧草のTDN含量(%), SD: 併給飼料からの乾物摂取量(g/代謝体重/日), SN: 併給飼料のNDF含量(%)