

## 摘 要

粗飼料の栄養価と自由採食量は、反芻家畜の生産性を決定する重要な要因であり、家畜生産の効率化および増大を図るには、粗飼料の栄養的特性と家畜の採食行動に応じた飼養管理技術の確立が必要不可欠である。反芻家畜に摂取された粗飼料は、反芻胃において、咀嚼による物理的消化、あるいは、微生物による化学的消化作用を受けた後、反芻胃を通過すると考えられており、消化管通過速度の測定は、粗飼料の消化プロセスや自由採食量の解明に有力な情報を提供する。しかしながら、粗飼料の消化管通過には、飼料側あるいは動物側の要因が相互に複雑に関与することや、研究者間で使用するマーカ―や測定方法が異なることから、粗飼料の消化管における動態およびその制御機構については、未解明な点が多い。このため、統一された消化管通過速度の測定方法の確立、また、消化管通過速度に関与する要因間相互の関係解明が強く望まれている。本研究は、希土類元素を固相マーカ―として利用する反芻家畜の消化管通過速度測定法の適用性について検討するとともに、反芻胃通過に影響する飼料側要因を取り上げ、それらが飼料の微細化－消化管通過－消化率とどのような相互関係を有するかを究明しようとしたものである。得られた成績は以下のとおりである。

### 1. 粗飼料の反芻家畜消化管通過速度測定における固相マーカ―としての希土類元素の標識方法についての検討

#### 1) 希土類元素の飼料片への標識方法の検討

希土類元素を固相マーカ―とした乾草給与ヒツジの消化管通過速度測定における、飼料の標識方法の検討を行った。7種類の乾草について、浸漬法とスプ

レイ法によって標識した飼料片を18頭のヒツジに同時投与して消化管通過速度定数を推定した結果、浸漬法とスプレイ法との間には高い相関が認められること、反芻胃通過速度定数( $k_1$ )には方法間に差は認められなかったものの、スプレイ法は浸漬法に比べ、下部消化管通過速度定数( $k_2$ )が大きく、初期出現時間(TT)および平均滞留時間(TMRT)が短いことが明らかとなり、浸漬法はスプレイ法に比べ消化管における液相への溶出が少ないことが示唆された。

2)希土類元素標識対象としての乾草とその中性デタージェント繊維の比較  
消化管通過速度の固相マーカーとして利用する場合、希土類元素を飼料に直接標識する方法と、その中性デタージェント繊維に標識する方法との差異を検討した。その結果、①希土類元素を飼料の中性デタージェント繊維(NDF)に標識した場合、飼料に直接標識した場合に比べて反芻胃通過速度は遅くなること、②特にその差はイネ科牧草よりもマメ科牧草で大きいことが判明し、反芻家畜消化管における挙動は飼料とそのNDFでは異なることが明らかとなった。

### 3)固相マーカーとしての酸化クロムと希土類元素の比較

消化管固相通過速度マーカーとしての希土類元素と酸化クロムの特徴を明らかにする目的で、各マーカーの上部消化管における挙動を直接回収試験によって実測するとともに、希土類元素と酸化クロムを固相マーカーとして、2種類の乾草の通過速度を比較測定した。その結果、①粗飼料に標識した希土類元素はほぼ100%固相に回収されること、②酸化クロムの反芻胃内残存率は個体差が大きいこと、③酸化クロムは希土類元素標識飼料片に比べ、通過速度が有意に大きいことが示され、これら2種類のマーカーの反芻胃内での動態が異なることが明らかとなった。

## 2. 消化管通過に影響を及ぼす粗飼料側要因の解明

### 1) 生育時期が異なる乾草の消化管通過速度の差異

生育に伴う繊維構造の変化が、消化管通過速度に及ぼす影響を明らかにする目的で、出穂前、出穂期および結実期に収穫したチモシー乾草のヒツジ消化管通過速度を測定し、併せて微細化の主要因と考えられている採食反芻行動との関係を検討した。その結果、摂取量が同一であっても乾草の刈り取り期の差違は消化管通過速度に影響し、牧草の生育が進むにつれて消化管通過速度が遅くなり、採食反芻時の咀嚼時間が長くなることが明らかとなり、粗飼料の反芻胃通過には、牧草の生育時期と微細化の難易が密接に関与していることが推察された。

### 2) 低タンパク粗飼料に対する窒素源の添加が消化管通過速度に及ぼす影響

出穂期および結実期のチモシー乾草に大豆粕を添加し、窒素源の添加の有無が消化管通過速度に及ぼす影響を検討した。その結果、大豆粕の添加は、低タンパク粗飼料摂取時の採食反芻時間を短縮するものの、消化管通過速度には影響を及ぼさないことが明らかとなった。

### 3) 飼料の物理的形態（切断長）が消化管通過速度に及ぼす影響

トウモロコシおよびソルガムを供試飼料として、サイレージ調製における切断長の差異(9mmと20mm)がヒツジの消化管通過速度に及ぼす影響を検討した。その結果、トウモロコシとソルガムでは、サイレージの切断長が採食量や消化管通過速度に及ぼす影響は異なり、トウモロコシサイレージでは、本試験で設定した切断長の範囲内では採食・反芻時間および消化管通過速度には変化が見られなかった。一方、ソルガムサイレージでは、切断長が長くなると採食

反芻時間が有意に長くなり、固相の反芻胃通過速度が遅くなることが明らかとなった。

#### 4) 飼料摂取量と消化管通過速度の関係

乾物摂取量が採食・反芻時間、消化管通過速度および消化率に及ぼす影響を明らかにする目的で、チモシー乾草とアルファルファハイキューブを用い、摂取水準を3段階に設定し飼養試験を行った。その結果、摂取水準の消化管通過速度、採食・反芻時間および消化率に対する効果は飼料によって異なり、消化管通過速度は両飼料とも摂取量の増加により速くなるものの、平均滞留時間の減少に伴うNDF消化率の低下は、アルファルファハイキューブがチモシー乾草に比べてより大きいことが明らかとなった。

#### 5) 粗飼料の消化管通過速度に影響する要因の統計解析

上記の成績を基にして、回帰分析により各要因の寄与率を解析した。その結果、反芻胃通過に及ぼす飼料摂取量の影響は、草種によって異なり、マメ科乾草の反芻胃通過速度はイネ科乾草よりも速いことが明らかになった。また、反芻胃滞留時間(y)と乾物摂取量(x<sub>1</sub>)およびNDF消化率あるいはADF消化率(x<sub>2</sub>)との間に、

$$y=51.57-0.601x_1+0.213x_2 \text{ (NDF消化率: } R^2=0.575 \text{ (} p<0.01\text{))}$$

$$y=49.65-0.593x_1+0.238x_2 \text{ (ADF消化率: } R^2=0.570 \text{ (} p<0.01\text{))}$$

の有意な重回帰式が成立し、粗飼料の反芻胃通過には乾物摂取量、消化率および繊維含量が相互に関与していることが明らかとなった。

以上のとおり、本研究の成績から、希土類元素は従来の固相マーカースに比べ、摂取飼料の反芻家畜消化管における挙動をよりの確に反映することが明らかと

なり，本法は実用性の高い消化管通過速度測定法であると結論された。また，粗飼料の消化管通過は，飼料摂取量のみならず，生育に伴う繊維構造の変化による影響を強く受けることが明らかとなり，摂取飼料の消化管通過には草種および生育ステージの差異に基づく反芻胃における飼料微細化の難易が密接に関与していると結論された。