

学位論文題名

反芻胃内飼料片の粒度別動態解析

学位論文内容の要旨

反芻家畜は、単胃家畜の飼料として適さない粗飼料を体の維持および生産に利用できる能力を持つ。粗飼料は一般に穀類等に比べて容積の割に養分含量が低く、その摂取量は主に反芻胃内の充満度によって制限されると言われている。摂取され、反芻胃内に流入した粗飼料は発酵・吸収および通過により反芻胃内から消失する。摂取飼料の反芻胃内消失によって反芻胃内充満度が緩和され、粗飼料摂取が可能となると考えられる。

粗飼料摂取量および反芻胃内消化率に影響を及ぼす要因を解明するため、従来から反芻胃内容物の消失に関与する発酵および通過についての研究が行われてきた。既往の研究では反芻胃内容物を単一相と見なしているが、反芻胃内には粒度や化学成分組成等の理化学的性質を異にする多様な飼料片が混在している。反芻胃内飼料片の発酵、通過の様相は斉一ではなく、粒度によって発酵および通過速度が異なることが想定される。

従って、反芻胃内容物の発酵、通過による消失速度の律速のメカニズムを解明するためには、反芻胃内容物を構成する飼料片の微細化、発酵、通過の様相について粒度別に明確にし、更に全体の通過、発酵吸収による消失速度との関連について追究していく必要がある。

本研究は、延べ13頭の反芻胃カニューレ装着めん羊を供試し、複数の希土類元素で標識した粒度別飼料片をマーカーに用い、反芻胃内飼料片の動態に関するモデルを設定し、それに基づきめん羊の反芻胃内のマーカー量の変化を独自の数学的手法によって解析することにより反芻胃内に混在する多様な飼料片の粒度微細化、発酵、通過の様相を定量的に解明したものである。本研究の検討項目は以下の3項目である。

1. 反芻胃内飼料片の動態の解析に関する方法論的検討（試験1，2）
2. 反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵および通過による消失速度定数の測定（試験3，4）
3. 反芻胃内飼料片粒度別分画を構成する飼料片の動態についての定量的解析（試験5）

第I章では、研究の意義と研究目的を述べるとともに、反芻胃内飼料片の粒度別動態について

の既往の研究の進捗状況について述べ、粒度別の反芻胃内飼料片の微細化、発酵、通過速度定数の解析法は確立されていないことを示した。

第Ⅱ章では、複数の希土類元素で標識した粒度別の飼料片をマーカーに用いて、反芻胃内飼料片粒度別の動態解析の可能性について検討した。試験1では、複数の希土類元素で標識した粒度別飼料片をめん羊の反芻胃内に投与し、希土類元素の糞中排泄パターンを解析することにより、粒度別飼料片の反芻胃内通過速度定数を同時に測定した。粒度別の希土類元素標識飼料片の反芻胃内通過速度定数は、飼料片粒度が減少するにつれて大きな値を示し、飼料片粒度の微細化の過程を反映することが示された。

試験2では、ナイロンバッグ法を用い、粒度別の希土類元素標識飼料片の反芻胃内分解および標識飼料片からの希土類元素の解離の程度について測定した。反芻胃内での標識飼料片からの希土類元素の解離は認められなかった。また、希土類元素標識飼料片は可消化であり、飼料片粒度別の反芻胃内発酵の過程を示すマーカーとなる可能性も示唆された。試験1, 2の結果から、粒度別希土類元素標識飼料片は、反芻胃内飼料片の微細化、発酵、通過の様相を解析するためのマーカーとして利用可能であることを示した。

第Ⅲ章ではめん羊の総反芻胃内飼料片を粒度別分画に分類し、各分画の消失速度定数を指標に、粒度別飼料片の動態について解析を行った。試験3では、反芻胃内容物を5粒度分画（P1 > 5600 μm ；P2, 5600~1800 μm ；P3, 1800~600 μm ；P4, 600~150 μm ；P5 \leq 150 μm ）に分け、各分画の微細化、通過に関するモデルを設定した。P1, P2, P3, P4の各粒度に相当する希土類元素標識飼料片をめん羊の反芻胃内に投与し、各分画中の希土類元素重量を測定した。設定したモデルに基づき、分画中の各希土類元素重量の増加および減少速度から分画の消失速度定数の解析を行った。P1, P2, P3, P4, P5の消失速度定数は測定できたが、微細化および通過によって消失する小粒度のP3, P4については、微細化および通過による消失速度定数の分離測定は不可能であり、試験3での解析法に代わる粒度別分画の消失速度定数の解析法の検討が必要となった。また、測定された速度定数を用い試験3で設定したモデルに基づきP1, P2, P3重量の推定を行ったところ、推定値は実測値を上回り、試験3で設定したモデルに発酵による分画の消失についてのパラメーターを組み込むことの必要性を示唆した。

試験4では、反芻胃内容物を5粒度分画（LP > 5600 μm ；MP, 5600~1800 μm ；SP, 1800~300 μm ；EP, 300~47 μm ；VFP \leq 47 μm ）に分け、各分画の微細化、発酵、通過に関するモデルを設定した。LP, MP, SP, FPの各粒度に相当する希土類元素標識飼料片をめん羊の反芻胃内に投与し、各分画中の希土類元素重量の経時変化を測定した。設定したモデルに基づき、各

分画中の希土類元素重量の変化を線形微分方程式を用いて解析することにより、各分画の微細化、発酵、通過による消失速度定数の分離測定ができた。試験4で設定したモデルおよび微細化、発酵、通過による分画の消失速度定数と、実際の粒度別分画重量の変化との適合度を検討するため、各分画の消失速度定数を用いてLP、MP、SP、FP、VEP重量を推定し実測値と比較した。分画の推定重量は実測値と概ね一致し、試験4で設定したモデルおよび各消失速度定数は、実際の反芻胃内飼料片の動態を反映することを示した。

第IV章（試験5）では、反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失量を解析した。めん羊に品質の異なる2種類の乾草をそれぞれ1日1回一定量摂取させ、試験4で検討した解析方法によって各分画の微細化、発酵、通過による消失速度定数を算出した。さらに、乾草摂取終了直後の反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失量の推定式を導いた。本推定式によって、従来の研究では測定し得なかった反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失量の推定および、総反芻胃内容物について通過による消失量と発酵による消失量の分離測定ができた。反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失量の推定値は個体差が大きかった。各分画の反芻胃内通過による消失量および大粒度の飼料片の発酵による消失量は高品質乾草給与時が低品質乾草給与時に比べて多かった。また、反芻時の咀嚼行動の乾草間の差異から、反芻胃内飼料片分画の消失速度には、粒度以外の物理的要因も関与することを示唆した。

第V章では以上の結果を総括し、試験1、2で検討した粒度別希土類元素標識飼料片をマーカーに用い、試験4で設定したモデルに基づき反芻胃内粒度別分画中のマーカー重量変化を微分方程式を用いて解析した結果、反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失速度定数の分離測定ができ、更に試験5で検討した推定式を用いることにより微細化、発酵、通過による消失量の推測が可能であることを示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 朝日田 康 司
副 査 教 授 上 山 英 一
副 査 教 授 堀 口 郁 夫
副 査 助 教 授 大久保 正 彦

本論文は、表18枚、図16枚、引用文献81、補遺を含む総ページ数133の和文論文であり、5章に分けて論述されている。別に参考論文2篇が添えられている。

粗飼料は一般に穀類等に比べて容積の割に養分含量が低く、その摂取量は主に反芻胃内の充満度によって制限されると言われている。粗飼料摂取量および反芻胃内消化率に影響を及ぼす要因を解明するため、従来から反芻胃内容物の消失に関与する発酵および通過についての研究が行われてきた。既往の研究では反芻胃内容物を単一相と見なしているが、反芻胃内には粒度や化学成分組成等の理化学的性質を異にする多様な飼料片が混在している。従って、反芻胃内容物の発酵、通過による消失速度の律速のメカニズムを解明するためには、反芻胃内容物を構成する飼料片の微細化、発酵および通過の様相について粒度別に明確にし、更に全体の通過、発酵・吸収による消失速度との関連について追究していく必要がある。

本研究は、延べ13頭の反芻胃カニューレ装着めん羊を供試し、複数の希土類元素で標識した粒度別飼料片をマーカーに用い、反芻胃内のマーカー量の変化を独自の数学的手法によって解析することにより、反芻胃内に混在する多様な飼料片の粒度微細化、発酵、通過の様相を定量的に解明したものである。本研究は以下の3項目について5つの試験を行っている。

1. 反芻胃内飼料片の動態の解析に関する方法論的検討（試験1，2）
2. 反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵および通過による消失速度定数の測定（試験3，4）
3. 反芻胃内飼料片粒度別分画を構成する飼料片の動態についての定量的解析（試験5）

研究の成果は、以下の様に要約される。

- 1) 試験1では粒度別飼料片の反芻胃内通過速度定数の測定を行った。複数の希土類元素で標識した粒度別飼料片をマーカーとして反芻胃内に投与し、希土類元素の糞中排泄パターンを解析することによって、粒度別飼料片の反芻胃内通過速度定数の同時測定ができた。また、粒度別飼料片の反芻胃内通過速度定数は、粒度微細化の過程を反映した。

- 2) 試験2では希土類元素標識飼料片の反芻胃内分解について測定し、希土類元素標識飼料片は可消化であり飼料片粒度別の分解の過程を示すマーカーとなる可能性を示した。また、反芻胃内における希土類元素標識飼料片からの希土類元素の解離は認められなかった。
- 3) 試験3では反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、通過による消失速度定数を解析するためのダイナミックモデル（以下モデルと略）を設定した。設定したモデルに基づき、反芻胃内に投与した各希土類元素マーカーの粒度別分画中の量の増加および減少速度から微細化、通過速度定数の解析を行ったが、微細化および反芻胃内通過による消失速度定数の分離測定は不可能であった。
- 4) 試験4では反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、通過および発酵による消失速度定数を解析するため、試験3のモデルを改変した。このモデルに基づき、反芻胃内に投与した希土類元素マーカーの粒度別分画中の量変化を線形微分方程式を用いて解析することにより、各分画の微細化、発酵、通過による消失速度定数の分離測定ができた。また、試験4で設定したモデルおよび各消失速度定数は、実際の反芻胃内飼料片の動態を反映していることが認められた。
- 5) 試験5では、乾草摂取終了直後の反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失量を求める推定式を導いた。本推定式を用いることにより従来の研究では解析し得なかった反芻胃内飼料片粒度別分画の微細化、発酵、通過による各消失量を求めることができた。また、品質の異なる乾草をめん羊に給与した場合の各粒度別分画の微細化、発酵、通過による消失量の差異が明らかとなった。

以上のように、本研究の独創的な解析法、およびそれによって得られた知見は学術的に高く評価される。よって、審査員一同は、最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者一戸俊義は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。