

博士（農 学） 鈴 木 知 之

学 位 論 文 題 名

ウシにおける反芻時の飼料片微細化
メカニズムに関する研究

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、反芻時の飼料片微細化メカニズムを明らかにすることを目的とした。食道および反芻胃にフィステルを形成した去勢牛を供試し、反芻時に食道フィステルから反芻時食塊を採取する方法を用いて、反芻時における飼料片の微細化を検討した。また、反芻時微細化に影響する要因を明確にするために、飼料給与は 1 日 1 回の制限給与とし、反芻時微細化を経時的に検討した。微細化に影響する要因のひとつである飼料片強度については、レオメーターによる剪断エネルギーを強度の指標とした。

1. 試験 1 および 2 では、オーチャードグラス乾草を給与した去勢牛 2 頭を供試し、反芻時微細化に影響する要因を検討した。反芻時に吐き戻される食塊は反芻胃上層内 容物であり、食塊重量は日内変動を示さなかつたが、食塊中の大飼料片割合は反芻胃内上層内容物の大飼料片割合と関連していた。吐き戻された食塊の一部は咀嚼直前に反芻胃へ送り返され、その結果口腔に残った大飼料片を動物は咀嚼しているが、これらの食塊の大飼料片割合は、吐き戻し食塊の大飼料片割合と関連していた。
2. 希土類元素をマーカーとした茎部および葉部を給与したときの、吐き戻し大飼料片中の希土類元素濃度から 1 日に摂取された大飼料片の微細化様相を検討した。その結果、同一の乾草でも茎部と葉部では微細化の様相は異なり、反芻時咀嚼により微細化される割合は、葉部よりも茎部の方が高く、磨碎による微細化あるいは大飼料片のままで反芻胃から通過する画分の割合は葉部の方が高かった。
3. 反芻胃内で *in situ* 培養した大飼料片茎部および葉部の剪断エネルギーは、2 時間の培養で大きく低下し、その後、大飼料片のセルロース含量の低下とともに、経時的に剪断エネルギーが低下していた。このことから、大飼料片の葉部および茎部は、水和および纖維質発酵により強度が低下することが示された。また、吐き戻し大飼料片全体の強度も経時的に低下しており、これには大飼料片中の茎部および葉部の水和および発酵による強度低下と、厚さおよび滞留時間の異なる茎部と葉部の割合が関与していることが示唆された。反芻時の大飼料片微細化量は経時的に低下する一方で微細化の効率は増加しており、これらには咀嚼を受ける大飼料片の強度と重量が関与していることが示唆された。

4. 試験 3 では、反芻時大飼料片微細化に影響していると考えられる、咀嚼を受ける大飼料片重量と反芻時微細化との関係を検討した。吐き戻し大飼料片重量を変動させることを目的として、食道および反芻胃フィスティル形成去勢牛 3 頭に、2 段階の摂取レベルで出穂期オーチャードグラス乾草を給与し、反芻時微細化を検討した。その結果、反芻胃内上層内容物中大飼料片割合は飼料摂取量の影響を受けなかつたが、吐き戻し食塊重量は高摂取量区で低摂取量区よりも高かつたことから、咀嚼を受ける大飼料片の重量は高摂取量区の方が高くなつた。一方、吐き戻し大飼料片の強度は飼料摂取量による影響は受けなかつた。その結果、高摂取量区の方が低摂取量区よりも咀嚼回数は多く、大飼料片微細化量は高く、そして大飼料片微細化割合は低くなつた。このことから、吐き戻し大飼料片の重量は微細化量および微細化効率に影響することが示唆された。
5. 試験 4 では、反芻時に咀嚼を受ける大飼料片の重量は一定で、強度だけを変動させることを意図して、結実期刈り取りチモシー乾草給与下で、反芻胃内に尿素を連続注入することにより反芻時微細化を検討した。その結果、対照区では、反芻胃内アンモニア態窒素濃度が微生物増殖のための至適濃度の下限である 5mg/100mL を下回つてゐた。尿素添加によりアンモニア態窒素濃度は上昇し、*in situ* 培養大飼料片茎部の潜在的可消化 NDF 画分が増加し、剪断エネルギーが低下した。このことから、アンモニアを窒素源として要求するものが多い纖維質分解菌が増殖したことにより、纖維質発酵が促進されて飼料片の強度が低下したものと考えられた。反芻時微細化される大飼料片の重量は尿素添加によっても変化が見られず、強度が低下したことから、大飼料片微細化量および微細化割合は尿素添加により高くなつた。このことから、纖維質発酵による大飼料片の強度低下が、反芻時の微細化量および微細化効率に影響することが示唆された。
6. 試験 3 および 4 の結果から、反芻時微細化と採食時微細化過程、反芻胃内における磨碎による微細化および纖維質発酵との関係を検討した。飼料摂取量が同じであるときは、強度の高い低品質乾草(結実期チモシー乾草)の方が強度の低い高品質乾草(出穂期オーチャードグラス乾草)よりも採食時咀嚼による大飼料片微細化量は高く、飼料片の厚さの低下程度も大きかつた。高品質乾草の方が低品質乾草よりも、*in situ* 培養飼料片茎部の剪断エネルギーは低かつた。吐き戻し大飼料片茎部の強度は、厚さと発酵による強度低下の関係から両乾草とも同程度となつた。しかし、咀嚼を受ける大飼料片重量は、高品質乾草の方が低品質乾草よりも高かつたため、微細化量は高品質乾草の方が高くなつた。
7. 採食時咀嚼による、大飼料片の微細化量と損傷による厚さの低下は、反芻時微細化効率および微細化量に影響しており、反芻時の微細化を検討する場合、発酵による強度低下だけでなく、採食時咀嚼の影響も考慮すべきであることが示された。採食時微細化、反芻時微細化および反芻胃内での磨碎による微細化は、相互に関連しあつており、乾草の強度、茎葉比、発酵特性および飼料摂取量によって、摂取大飼料片の反芻時微細化様相が変動することが示された。
8. 以上の結果から本研究により、反芻時の微細化が採食時咀嚼を介して、粗飼料の物理・化学的特性および摂取量と密接に関連していることが示された。そこから、反芻時微細化を評価する際には飼料の強度や発酵特性だけでなく、採食時の微細化あるいは厚さの低下も考慮する必要がある

ことが示された。また、明らかとなった反芻時微細化メカニズムを利用して、反芻家畜飼養において反芻時微細化を促進できる可能性が示唆された。

学位論文審査の要旨

主査 教授 田中桂一

副査 教授 大久保正彦

副査 助教授 小林泰男

学位論文題名

ウシにおける反芻時の飼料片微細化 メカニズムに関する研究

本論文は、図 12、表 20、引用文献 92 を含み、5 章で構成されている。別に参考文献 7 編が添えられている。

反芻動物は、自然界に最も豊富な植物性飼料を高度に消化利用できるように特殊な消化器構造を持っているだけでなく、一度、採食嚥下したものを再び口腔内に吐き戻し、再咀嚼した後、再び嚥下して（反芻）、飼料を微細化し、消化を助けている。しかし反芻動物の特徴である反芻時の飼料片微細化がどのような要因の影響を受け、どの様なメカニズムでなされているかは手法上の問題もあり十分に解明されていない。本論文では、反芻動物の反芻時の飼料微細化メカニズムを明らかにした。研究は、食道と反芻胃にフィステルを装着したホルステイン種去勢牛を供試し、反芻時に食道フィステルから反芻時食塊を採取し、反芻による飼料片の微細化を、また微細化に影響する要因について検討したものである。研究成果は以下のようにまとめられる。

1. 反芻時に吐き戻される食塊は反芻胃内上層部の内容物であり、吐き戻された食塊の一部は咀嚼前に反芻胃へ戻され、口腔内に残った大飼料片を咀嚼しており、この食塊の大飼料片割合は吐き戻し食塊のそれと関連あることを明らかにした。
2. 反芻時咀嚼による飼料部位の微細化割合は、希土類元素で茎部および葉部を標識することによって測定し、葉部よりも茎部の方が高く、磨碎による微細化あるいは大飼料片のままで反芻胃から通過する画分の割合は葉部の方が高いことを明らかにした。
3. 反芻胃内で *in situ* 培養した飼料片茎部および葉部の剪断エネルギーをレオメーターで測定したところ、剪断エネルギーはセルロース含量の低下とともに経時的に低下し

た。このことから、大飼料片の茎部および葉部は、水和および纖維質発酵により強度が低下することを明らかにした。また、吐き戻し大飼料片全体の強度も経時に低下しており、これには大飼料片中の茎部および葉部の反芻胃内での発酵による強度低下と、飼料片の厚さおよび茎部と葉部の割合が関与していることを示唆した。反芻時の大飼料片微細化量は経時に低下する一方で微細化効率は増加しており、これらには咀嚼を受ける大飼料片の強度と重量が関与していることを明らかにした。

4. 反芻時の大飼料片微細化に影響すると考えられる吐き戻し大飼料片重量と反芻時微細化との関係を検討し、吐き戻し食塊重量および咀嚼を受ける大飼料片の重量は飼料摂取量が多くなると高くなつたが、吐き戻し大飼料片の強度は飼料摂取量による影響は受けなかつた。また、飼料摂取量が多くなると咀嚼回数、大飼料片微細化量は高くなつたが、微細化効率は低くなり、吐き戻し大飼料片の重量増加は微細化量を増加させるが、微細化効率は低下することを示唆した。
5. 吐き戻し飼料片強度が反芻時微細化におよぼす影響を明らかにするために、チモシー乾草給与下で反芻胃内に尿素を連続注入し、反芻胃内のアンモニア態窒素濃度を増加させると、これを窒素源とする纖維質分解菌の増殖および纖維質発酵が促進し、反芻時に吐き戻される飼料片の強度が低下した。このことにより飼料片の強度低下が大飼料片の微細化量および微細化効率を高くすることを明らかにした。
6. 反芻時微細化と採食時微細化との関係を検討した結果、採食時咀嚼による大飼料片の微細化と損傷による厚さの低下は、反芻時微細化効率および微細化量に影響していることを明らかにした。

以上のように、本論文は反芻時の微細化は粗飼料の物理・化学的特性および摂取量と採食時咀嚼との間の密接な相互関係に支配されていること、そして反芻時の微細化を評価する場合、飼料の強度や反芻胃内での発酵特性だけでなく、採食時での飼料の微細化あるいは厚さの低下も考慮する必要があることを明らかにした。この成果は、反芻家畜の飼育において反芻胃内に滞留している飼料片を効率よく微細化して発酵を促進させ、同時に微細化した飼料片を下部消化管にすみやかに送り、粗飼料の利用効率を改善するのに有用な知見を提供するものであり、学術的・実用的に高く評価される。

よって審査員一同は、鈴木知之が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。