

学位論文題名

Study on effects of Chickpea (*Cicer arietinum*) husk and Lablab bean (*Dolichos lablab*) husk, as sources of easily digestible fibre, on rice straw digestion and ruminal characteristics in sheep

(めん羊の稲ワラ消化とルーメン内性状におよぼす易消化性繊維源としてのヒヨコマメ外皮およびフジマメ外皮の影響に関する研究)

学位論文内容の要旨

稲ワラは、稲作が盛んなアジアモンスーン地帯の反芻動物における重要な粗飼料源である。しかし、稲ワラはリグニンや珪酸含量が高く、ルーメン微生物による繊維分解を受けにくいことからその飼料としての栄養価は低いとされている。また、粗蛋白質含量も低いことから、稲ワラを家畜に給与する場合、粗蛋白質を十分に補給する必要がある。これまで、稲ワラの栄養価改善のため、ワラ自体に様々な処理を施したり、あるいは稲ワラ給与時にルーメン内環境を良好にするため濃厚飼料などを補給するなどが行われてきた。しかし、いずれも特別な処理行程もしくは費用がかかり、多くの発展途上国では採用することは難しい。そこで東南アジア諸国では、稲ワラにその地域独特の農業副産物を添加する試みがなされている。その一つとして、ヒヨコマメ (*Cicer arietinum*) 外皮がある。これにはルーメン内で容易に発酵する繊維、すなわち易消化性繊維が多く含まれているとされ、稲ワラ給与下の育成牛にヒヨコマメ外皮を添加した場合、消化率が改善されたとの報告がある。しかし、その際のメカニズム、特に易消化性繊維源の給与がルーメン内性状とルーメン内での稲ワラの分解様相におよぼす影響については不明である。

そこで本研究では、易消化性繊維源としてのヒヨコマメ外皮、および新たな易消化性繊維源と考えられるフジマメ (*Dolichos lablab*) 外皮に着目し、それらの添加がめん羊の稲ワラ消化とルーメン内性状におよぼす影響について、以下の点から検討を行った。

- 1) 稲ワラの *in vitro* 繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮の影響
- 2) 稲ワラ主体飼料を給与しためん羊のルーメン内性状および繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮の影響
- 3) 稲ワラ飼料の *in vitro* 繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮への PEG (Polyethylene glycol) 添加および脱タンニン処理ヒヨコマメ外皮の影響
- 4) 稲ワラ主体飼料を給与しためん羊の繊維消化におよぼすフジマメ外皮およびヒヨコマメ外皮の影響

主な結果は次のように要約される。

- 1) 稲ワラのみ、稲ワラにヒヨコマメ外皮を 5%および 10%添加した 3 つの飼料サンプルについて、24、48 および 72 時間 *in vitro* 培養をおこない、発酵様相および NDF 消失率を測定した。その結果、pH、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_3\text{-N}$)濃度および揮発性脂肪酸 (VFA)濃度は、いずれの培養時間でも、ヒヨコマメ外皮無添加、5%および 10%添加間に差は見られなかった。しかし、中性デタージェント繊維 (NDF)消失率は、5%添加は無添加にくらべ、いずれの培養時間でも有意に高くなった ($P<0.05$)。また、ヒヨコマメ外皮添加量を 10%まで増加すると、さらに NDF 消失率が高くなった ($P<0.05$)。以上のように、ヒヨコマメ外皮の添加は、稲ワラ飼料の発酵様相に大きな影響をあたえなかったが、*in vitro* での繊維消化を促進させる効果があることが確認された。
- 2) ルーメンカニューレ装着去勢雄めん羊 4 頭を用い、稲ワラ主体飼料のみ、およびそれにヒヨコマメ外皮を添加した飼料の 2 処理を設け change over 法で試験を行った。飼料摂取量、ルーメン内性状および全消化管での飼料成分消化率を測定するとともに、粉碎した稲ワラを封入したナイロンバッグをルーメン内で培養し、ルーメン内での稲ワラ乾物 (DM) および NDF の分解割合および速度を求めた。稲ワラ主体飼料は、2-3cm に細切した稲ワラ 1kg に対し市販配合飼料 100g を混合したものであった。添加区のヒヨコマメ外皮の給与量は、稲ワラに対して 5%量 (50g) とした。また、両飼料とも飼料中粗蛋白質 (CP) 含量が 8%になるように尿素を添加した。ヒヨコマメ外皮の添加は、ルーメン内 pH と $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度、および全消化管での飼料成分消化率に影響しなかったが、稲ワラ摂取量および稲ワラ DM および NDF の潜在的可消化分画が増加する傾向が認められた。ヒヨコマメ外皮の添加により、ルーメン内総 VFA 濃度と数種セルロース分解ルーメン微生物の増加傾向が見られたことから、これらが稲ワラの摂取量増加および稲ワラのルーメン内分解の促進に寄与していたと考えられた。
- 3) ヒヨコマメ外皮に多くのタンニンが含まれているが、タンニンは、一般に繊維消化に悪影響をおよぼすとされている。タンニンの影響を低下または除去するため、稲ワラへのヒヨコマメ外皮添加時に PEG を加える区、および稲ワラに脱タンニン処理したヒヨコマメ外皮を添加する区を設け、通常ヒヨコマメ外皮添加と比較することで、タンニンが稲ワラ飼料の *in vitro* NDF 消失率におよぼす影響を検討した。なお、脱タンニン処理は、メタノールあるいは熱湯の 2 通りでおこなった。PEG 添加量はヒヨコマメ外皮の 5%量を、またいずれのヒヨコマメ外皮の添加量とも稲ワラの 5%量とした。ヒヨコマメ外皮を添加した稲ワラ飼料の *in vitro* NDF 消失率は、PEG を加えることで高くなる傾向にあった。また、メタノール、あるいは熱湯で脱タンニン処理したヒヨコマメ外皮の添加により、未処理のヒヨコマメ外皮添加にくらべ、総 VFA 濃度の増加および $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の減少が認められ、培養後 24 時間での NDF 消失率は有意に高くなった ($P<0.05$)。以上のことから、ヒヨコマメ外皮に含まれるタンニンは稲ワラ飼料の繊維消化に対してある程度の悪影響を与えるだろうと解釈された。
- 4) ルーメンカニューレ装着去勢雄めん羊 4 頭を用い、稲ワラ主体飼料のみ、稲ワラ主体飼料にミャンマー産ヒヨコマメ外皮、エジプト産ヒヨコマメ外皮、またはフジマメ外皮を添加した計 4 処理を設け、4×4 ラテン方格法で試験を行った。ルーメン内性状、全消化管での飼料成分消化率および N 出納を測定するとともに、ナイロンバッグ法でルーメン内での稲ワラ DM および NDF の分解割合および速度を求めた。稲ワラ主体飼料は、稲ワラ 800g に対し市販配合飼料 100g を混合したものであった。各外皮の添加量は、先の *in vitro* 試験で効果がみられた 10%量とした。また、両飼料とも CP 含量が 8%になるように尿素を添加した。3 つの外皮いずれも 10%添加によってルーメン内での稲ワラ分解を促進させ得ると考えられた。ミャンマー産およびエジプト産のヒ

ヨコマメ外皮を比較すると、ミャンマー産はタンニン含量が低く、無添加時と比較して酸性デタージェント繊維 (ADF) 消化率が高まる傾向にあったことから、添加物としてはエジプト産にくらべて有効であることが明らかとなった。また、別におこなった *in situ* 培養実験の結果、フジマメ外皮は両ヒヨコマメ外皮にくらべてルーメン内での発酵性が高いことが示され、新たな易消化性繊維源としての可能性が示された。

- 5) 以上のように本研究は、稲ワラの繊維消化に対する易消化性繊維源としてのヒヨコマメ外皮およびフジマメ外皮の影響について *in vitro*、*in situ* および *in vivo* で検討した結果、いずれの外皮も10%程度の添加で稲ワラの繊維消化を促進させる効果がみられることが示唆された。また、ミャンマー産ヒヨコマメ外皮はエジプト産ヒヨコマメ外皮にくらべてタンニン含量が低く、稲ワラに対する添加物としてはミャンマー産が有効であることが明らかとなった。さらに、フジマメ外皮はヒヨコマメ外皮にくらべてタンニン含量が低く、ルーメン内での発酵性が高いことが示され、新たな易消化性繊維源としての可能性が示された。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 近 藤 誠 司
副 査 教 授 田 中 桂 一
副 査 助 教 授 小 林 泰 男
副 査 講 師 中 辻 浩 喜

学 位 論 文 題 名

Study on effects of Chickpea (*Cicer arietinum*) husk and Lablab bean (*Dolichos lablab*) husk, as sources of easily digestible fibre, on rice straw digestion and ruminal characteristics in sheep

(めん羊の稲ワラ消化とルーメン内性状におよぼす易消化性繊維源としてのヒヨコマメ外皮およびフジマメ外皮の影響に関する研究)

本論文は6章からなり、図5、表47、引用文献76を含む総頁数124の英文論文であり、別に3編の参考論文が添えられている

東南アジア諸国で食糧として多量に生産されるヒヨコマメ (*Cicer arietinum*) およびフジマメ (*Dolichos lablab*) の副産物である外皮は、ルーメン内で容易に発酵する繊維である易消化性繊維 (Easily digestible fibre) が多く含まれているとされ、反芻家畜の主たる粗飼料としての稲ワラに対する添加飼料として広く利用されている。それら外皮を稲ワラ給与下の育成牛に添加した場合、消化率が改善されたとの報告があるが、これら易消化性繊維源の給与がルーメン内性状とルーメン内での稲ワラの分解様相におよぼす影響およびその詳細は不明である。

本研究は、易消化性繊維源としてのヒヨコマメ外皮およびフジマメ外皮に着目し、それらの添加がめん羊の稲ワラ消化とルーメン内性状におよぼす影響について検討したものであり、得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 稲ワラの *in vitro* 繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮の影響

稲ワラのみおよび稲ワラにヒヨコマメ外皮を添加した飼料サンプルを *in vitro* 培養した結果、ヒヨコマメ外皮添加の有無による発酵様相の差は見られなかったが、NDF 消失率は、ヒヨコマメ外皮5%添加区が無添加区にくらべて有意に高く ($P<0.05$)、添加量を10%まで増加すると、さらに NDF 消失率が高くなった ($P<0.05$)。ヒヨコマメ外皮の添加は、稲ワラ飼料の発酵様相に大きな影響をあたえなかったが、*in vitro* での繊維消化を促進さ

せる効果があることが確認された。

2. 稲ワラ主体飼料を給与しためん羊のルーメン内性状および繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮の影響

めん羊に稲ワラ主体飼料のみ、およびそれにヒヨコマメ外皮を添加した飼料を給与した結果、ヒヨコマメ外皮の添加による全消化管での飼料成分消化率への影響は認められなかったが、稲ワラ摂取量は増加する傾向にあった。*in situ* 培養実験の結果、ヒヨコマメ外皮の添加により稲ワラの乾物 (DM) および NDF のルーメン内での潜在的可消化分画が増加する傾向が認められた。この時、ルーメン内総 VFA 濃度と数種セルロース分解ルーメン微生物の増加傾向が見られたことから、これらが稲ワラの摂取量増加および稲ワラのルーメン内分解の促進に寄与していたと考えられた。

3. 稲ワラ飼料の *in vitro* 繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮への PEG (Polyethylene glycol) 添加および脱タンニン処理ヒヨコマメ外皮の影響

ヒヨコマメ外皮に含まれるタンニンの繊維消化に対する影響を検討するため、稲ワラへのヒヨコマメ外皮添加時に PEG を加える区、および稲ワラに脱タンニン処理 (メタノールあるいは熱湯) したヒヨコマメ外皮を添加する区を設け *in vitro* 培養した。ヒヨコマメ外皮を添加した稲ワラ飼料の NDF 消失率は、PEG を加えることで高くなる傾向にあった。また、脱タンニン処理したヒヨコマメ外皮の添加区では、未処理外皮の添加区にくらべ総 VFA 濃度の増加および $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の減少がみられ、培養後 24 時間での NDF 消失率は有意に高くなった ($P < 0.05$)。以上のことから、ヒヨコマメ外皮に含まれるタンニンは稲ワラ飼料の繊維消化に対してある程度の悪影響を与えるだろうと解釈された。

3. 稲ワラ主体飼料を給与しためん羊の繊維消化におよぼすヒヨコマメ外皮およびフジマメ外皮の影響

めん羊に稲ワラ主体飼料のみ、それにヒヨコマメ外皮 (ミャンマー産およびエジプト産)、およびフジマメ外皮を添加した飼料を給与した結果、3 つの外皮いずれも稲ワラ飼料への 10% 添加によりルーメン内での稲ワラ分解を促進させ得ると考えられた。ミャンマー産ヒヨコマメ外皮はエジプト産にくらべタンニン含量が低く、無添加時と比較して酸性デタージェント繊維 (ADF) 消化率が高まる傾向にあったことから、ミャンマー産はエジプト産にくらべ有効であることが明らかとなった。また、外皮単体での *in situ* 培養実験の結果、フジマメ外皮は両ヒヨコマメ外皮にくらべ、ルーメン内での発酵性が高いことが示され、フジマメ外皮はヒヨコマメ外皮にくらべ易消化性繊維源として有効である可能性が示された。

以上のように本研究は、稲ワラなどの難発酵性飼料の利用にたいして効果をもつ易消化性繊維という概念をヒヨコマメおよびフジマメ外皮を用いて意義付け、さらに実用面での有効性についても論究しており、学術面および実用面において高く評価される。

よって審査員一同は、ティン グエイが博士 (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。