

論文の内容の要旨

氏名：LIU CHUNYAN

博士の専攻分野の名称：博士（生物資源生産科学）

論文題名：高度集約型反芻家畜生産における副産物資材の飼料価値評価

背景と目的

日本は人口が多く、国土が狭いことから、世界的にも高度集約型の畜産技術が展開されている。また食品工業も盛んなことから、食品製造副産物や規格外品・調製残渣およびその元となる農産副産物・廃棄物等の飼料化が期待されており、それはコスト削減や食糧自給率の向上、および資源の有効利用に伴う環境汚染の低減にもつながる。

本研究では、特徴的な性質を有する低・未利用資材に焦点をあてて、その飼料価値を評価するとともに、未利用資源利用技術の開発におけるポイントを探る。検討した資材として、(1)ダイコン残渣（高エネルギーが期待）、(2)パイナップル残渣（高エネルギー・高繊維が期待）、(3)ヒマワリ粕（高蛋白質が期待）を採用し、反芻胃（ルーメン）内微生物を用いたインビトロ・スクリーニング試験から、実際の動物に給与する飼養試験まで一連の研究を実施した。

第1章 ダイコン残渣の飼料価値

ダイコン残渣は、外食産業や惣菜生産で排出されるダイコン皮や未利用部分からなる高水分資材である。

【試験1：インビトロ試験】ルーメンフィステル装着ホルスタイン乾乳牛より採取したルーメン内細菌を用い、嫌氣的バッチ培養試験を実施した。対照飼料としてイタリアンライグラス乾草(IRC)とコーンを用いた。測定項目として、乾物消化率(DMD)、pH、ガス産生量とその組成、揮発性脂肪酸(VFA)およびその他の有機酸濃度を測定した。

その結果、ダイコン残渣のDMD、総ガス産生量およびVFA濃度はコーン同等程度の高い値を示した。しかしメタンは、IRCやコーンでは産生したにもかかわらず、ダイコン残渣では発生が見られなかった(図1)。

【試験2：ヤギ消化試験】去勢雄シバヤギ4頭を用い、全糞採取による消化試験を行った。対照区にはアルファルファキューブ(AF)をエネルギー維持量給与し、ダイコン区では対照区の乾物20%をダイコン残渣に置換した。化学成分、消化率、TDN、ルーメン発酵特性、血液性状などを調べた。

その結果、ダイコン残渣のDMDおよびTDNはそれぞれ87および79%(DM中)であった。また繊維成分(NDF)も高い消化率(90%)を示した。ルーメン内諸特性には差は見られなかった。

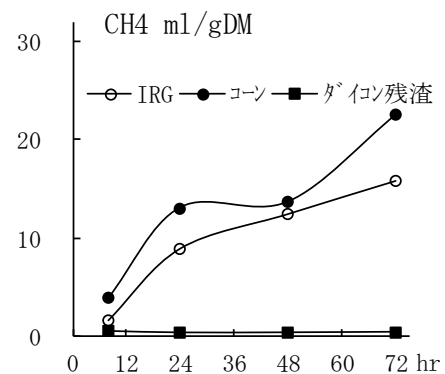


図1. インビトロ・メタン産生量

第2章 パイナップル残渣の栄養価

パイナップル残渣は、皮や芯からなる非可食部であり、水分含量も高い。また繊維および糖分含量が高いことから高エネルギーの繊維質飼料と考えられる。そこで、ホルスタイン非泌乳牛4頭を用いてイネ科乾草主体の慣用飼料をエネルギー維持量給与した対照区と、対照区飼料を乾物で20%パイナップル残渣に置換したパイン区。およびパイン区のパイナップル残渣を倍給与にした多給区の3区を設けた。給与後3時間目のルーメン液および血液性状を採取・分析した。

その結果、パイン残渣のDMDおよびTDNはそれぞれ71および70%と高い値を示し、NDF消化率も64%を示した(パイン区)。多給区では、パイン区の比べ全ての成分消化率で低い値を示した(但し有意なのはNFC

のみ)。ルーメン液では多給区で ORP に低い値が、血液性状では多給区において中性脂肪酸、遊離脂肪酸、BUN で有意に低い値が、また AST で高い値が示された。

第3章 ヒマワリ粕の飼料特性価値

ヒマワリ粕 (sunflower meal) は世界的に利用されている蛋白質飼料であるが、溶媒抽出ではなく圧搾抽出した脱脂ヒマワリ粕 (sunflower cake) の蛋白質利用性に関してはあまり知られていない。そこで本章では、ヒマワリ粕中蛋白質の利用性を代表的な飼料である大豆粕と比較した。

【試験1：インシチュ・バッチ培養試験】 試料をポリエステルバッグ (平均孔径 50 μ m) に秤量し、フェステル装着牛のルーメン内で経時的に培養するインシチュ試験を実施し、蛋白質分解パラメータを求めた。また同牛から採取したルーメン細菌を用いて嫌氣的バッチ培養を行い、発酵特性を求めた。試料としてはヒマワリ粕 (国産、粗脂肪 20%) の他に、大豆粕とビール粕を用いた。

表1. ルーメン内蛋白質分解パラメータ

	大豆粕	ヒマワリ粕	ビール粕
a(%/DM)	30.5	76.4	22.6
b(%/DM)	69.7	20.9	86.7
kd(%/h)	9.2	11.1	2.4

その結果、ルーメン内の蛋白質分解パラメータは牛の代謝蛋白質システムに必要な数値であり、可溶性画分 (a)、微生物分解画分 (b) および b 画分の分解速度 (kd) からなる。ヒマワリ粕のパラメータは a が極めて高く、また分解性画分 (a+b) も 90%以上の高い値を示した。また kd も高い値を示した (表1)。

従来、a 画分はそのほとんどを非蛋白態窒素 (NPN) が占め、ルーメン微生物に直接利用されるものとされてきた。しかし、実際には可溶性蛋白質として、利用されるまでに分解時間を要する可能性も考えられる。そこで飼料中の可溶性画分を遠心処理で分離し、無処理および塩酸分解処理したものをニンヒドリン法で分析し、アミノ酸+オリゴペプチドおよびポリペプチド+蛋白質画分の割合を求めた。その結果、ヒマワリ粕 a 画分中のアミノ態窒素化合物は 64%と半数以上の値を占めた。

【試験2：ヤギを用いた代謝試験 (CP を統一)】 去勢雄シバヤギ 4 頭を用いて予備・本試験各 7 日間でエネルギー維持量の AF を給与した (対照区)、対照区の乾物 30%をヒマワリ粕 (CP28%) に置換したヒマワリ粕区、およびヒマワリ粕区と CP を同じなるように対照区の乾物 10%を大豆粕 (CP50%) に置換した大豆粕区を設けた。

その結果として、乾物で 30%給与したヒマワリ粕では残飼が発生しなかった。ヒマワリ粕区の CP 消化率および TDN では、大豆粕区と有意差は見られなかった。また、ルーメン内特性および血液性状には、ヒマワリ粕区と大豆粕区間に有意差は見られなかった。しかし、N 出納においては、消化量 (吸収量) が同じにもほぼ同じにも係わらず、N 蓄積量はヒマワリ粕区で大豆粕区よりも低い値が示された。

【試験3：ウシを用いた代謝試験 (CP と NFC を統一)】 ホルスタイン非泌乳牛 4 頭に朝夕 2 回給与し、自由飲水とした。AF を主体とした対照区に対して、CP (12.5%) および NFC (40%) 含量を同一水準にした大豆粕区 (大豆粕 15%) およびヒマワリ粕区 (ヒマワリ粕 29%) の 3 区を設け、全糞・全尿意採取の代謝試験を実施した。

その結果、ルーメン内の微生物合成量および代謝蛋白質の生物価を揃えるために、区間で CP および NFC (微生物合成に必要なエネルギー量) を揃えた。CP 消化率は区間で差が見られなかった。ヒマワリ粕区は低い MDF 消化率を示したが、NFC 消化率は高かった。ルーメン特性と血液性状では、ヒマワリ粕区の血中ケトン体で低い値が見られた以外、差は見られなかった。N 出納では、吸収量、排泄量および蓄積量において、区間に差は見られなかった。

考 察

ダイコン残渣は、高エネルギー飼料としての利用が考えられるが、水分が高いため、保存や流通方式の検討が必要である。またダイコン残渣給与によって、メタン抑制による温室効果ガス抑制の可能性が示された。ダイコンに含まれるイソチオシアネートの作用と考えられるが、ダイコン残渣給与下での直接的なメタン測定による検討が求められる。

次に、パイナップル残渣は高繊維質飼料でありながら高エネルギー飼料としての利用が考えられる。また採食性も良好であるが、多給によりルーメン液・血液特性が変化したことから、乾物で 30%を越える給与には、消化・代謝に対する何らかの影響を及ぼす可能性が示された。

最後に、ヒマワリ粕 (sunflower cake) は、代表的な蛋白質飼料である大豆粕と比較しても、採食性が

良好で、高い蛋白質消化率が示された。しかし低い窒素蓄積量を示したことから、生物価は大豆粕には及ばないと考えられた。しかし適度な NFC を供給してルーメン内微生物合成量を高めれば、その利用性向上も期待される。またヒマワリ粕は、インシチュ試験で高い可溶性画分を示したが、その半数以上はアミノ態窒素であった。このことから、蛋白質飼料の評価には、この可溶性画分にも、分解速度等のパラメータを追加することによる精密化の重要性が示唆された。