

学位論文題名

甜菜製糖副産物の反芻家畜飼料資源としての  
特性に関する研究

学位論文内容の要旨

甜菜は家畜との結びつきが深く、欧州では古くから甜菜と家畜を組み合わせた有畜農業が発達してきた。わが国においても、明治時代に甜菜糖業が導入されて以来、その製造副産物であるビートパルプや糖蜜等が家畜、特に乳牛の飼料として広く用いられてきており、その飼料価値に関する研究も行われてきた。しかし、ビートパルプは粗飼料源として、また、糖蜜は糖質含有飼料としての一般的認識のもとに慣行的に使用されており、研究も、これに沿った形で行われてきた。従って、これら副産物の飼料価値が、いかなる機序に由来するのか、また、飼料としてどのような特性を有するか等の詳細については未だ明らかではない。さらに、近年、わが国では製糖方法として、イオン交換法が採用されているが、この方法にもなって産出される副産物である、ビートパルプ、糖蜜や新たに加わったイオン交換樹脂廃液(CAL: Concentrated anion liquor)等の飼料としての特性についての研究は全く行われていない。これらの特性や作用機序を明らかにすることは、甜菜製糖副産物の有効利用に資するばかりでなく、飼料としての新たな利用法を開発するための基礎となる知見を得ることにもなる。

そこで、本研究は、イオン交換樹脂法による甜菜製糖副産物のビートパルプ、糖蜜およびCALの化学組成、理化学性、消化性ならびに反芻家畜飼料としての特性等を究明し、これらの結果より、乳牛用飼料への使用モデルを構築することを目的として行ったものである。本論文の内容の要旨は以下の通りである。

緒論では、本研究と関わりのある既往の研究報告について紹介、論述し、本研究を行うに到った経緯、ならびに、本研究の意義、目的等を記述している。

本論第1章では、甜菜製糖副産物の化学組成および理化学的特性を知るため、ビートパルプ、糖蜜ならびにCALの化学組成を調査し、ビートパルプの構成炭水化物を分画するとともに、ビートパルプとその構成繊維質の発酵特性や保水性について試験した。ビートパルプの繊維成分はペクチン含量が高い点に特徴がある。ビートパルプの組織は多孔質であり、保水能や膨潤度(SV値)が他の慣

用飼料と比較して最も高く、これら理化学性にはペクチンが大きく関与している。人工ルーメンによる発酵消化試験で、ビートパルプのペクチン画分は、酢酸、プロピオン酸、総酸の産成量およびA/P比がNDF画分やADF画分よりも高かった。糖蜜およびCALは、主として糖とアミノ酸から構成され、いずれもケーン糖蜜に比して粗蛋白質含量がたかく、粗灰分は少なく、易発酵性の窒素源とエネルギー源を有する。

第2章では、甜菜製糖副産物の消化性について検討するため、*in vitro*と*in vivo*での方法を用いて、消化試験を行った。国産と米国産および中国産の輸入ビートパルプとの消化率を比較した結果では、前者が後者よりも高い値を示した。また、国産のビートパルプは輸入物と比較して、可溶性窒素含量が高く、窒素出納試験において、窒素蓄積量が中国産の物より有意に高い値を示した。さらに、尿素を用いて、溶解性窒素の添加による消化への効果を見た結果では、添加量と消化率の間に高い相関を認めたが、その効果は、産出国間で異なった。これらの結果より、消化性の異なる原因として可溶性窒素含量が係わることを明らかにするとともに、一般に流通しているビートパルプの飼料価値には差異があることを指摘した。しかし、現行の利用形態である、粗砕とペレットの形状の違いによる消化性の差異は認められなかった。糖蜜とCALでは、主成分の糖および粗蛋白質が、いずれも高い消化性を示した。

第3章では、甜菜製糖副産物の乳牛用飼料としての利用性について試験した。ビートパルプの利用形態別(生、乾燥粗砕および水浸漬)に人工ルーメンによる消化や乳牛による消化と泌乳について試験を行った結果、差異を認めなかった。ビートパルプとイネ科乾草ならびにアルファルファ乾草との泌乳牛に対する給与効果を比較した結果では、乳牛の反芻行動、糞の性状、乳脂率等に差がなく、産乳量、乳蛋白質率ではビートパルプが優れたことから、ビートパルプが良好な粗飼料としての特性を有することを認めた。また、泌乳牛に対する給与濃厚飼料中の50%をビートパルプとトウモロコシでそれぞれ置き換えて試験した結果で、産乳量、乳成分組成とも差がなかったことから、ビートパルプはエネルギー飼料としての要素を併せ持つことを認めた。ビートパルプにイースト菌を吸着させて効果を調べた試験では、加熱に対するイースト菌の活性の保持に効果を認めた。また、これにビタミンを組み合わせたプレミックスを子牛と乳牛に投与した結果、増体や産乳に改善効果が見られたことから、ビートパルプには、吸着剤としても優れた特性を有することを明らかにした。乳牛用飼料への糖蜜とCALの添加給与試験では、添加により飼料の嗜好性が高まり、その改善効果はビート糖蜜がケーン糖蜜よりも大きいことを示した。

第4章では、以上の研究結果について総合的に考察し、以下のように結論している。甜菜製糖副産物の飼料資源としての特性について、ビートパルプは、ペクチンを多量に含み、膨潤度(SV値)と保水性に優れ、この理化学的特性には、ペクチンが大きく関与する。消化性から見て、一般に流通しているビートパルプの飼料価値は必ずしも同一ではない。乳牛用飼料としてビートパルプは、粗飼料とエネルギー飼料の要素を併せ持つ。ビート糖蜜は、ケーン糖蜜に比べて粗蛋白質含量や消化性が高く、嗜好性に優れている。ビート糖蜜とCALの化学組成は、製造工程によって変化するが、いずれも反芻家畜に対する嗜好性や消化性は良好である。さらに、これらの結果より、甜菜製糖副産物の乳牛用飼料への利用法として、従来の粗飼料に加え、濃厚飼料への利用を含む、新たな使用モデルを提示した。

以上のように、本研究は、ビートパルプの反芻家畜飼料としての特性を体系的に究明するとともに、糖蜜、CAL等の飼料価値についても明らかにしており、甜菜製糖副産物の飼料資源としての有効利用に資する基礎的知見を提示した。

# 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 大久保 正 彦

## 学 位 論 文 題 名

甜菜製糖副産物の反芻家畜飼料資源としての特性に関する研究

本論文は、緒論ならびに本論4章より構成されており、表72、図38、引用文献115を含む、和文論文である。他に、参考論文10編が添えられている。

甜菜製糖副産物は、明治初期に甜菜製糖技術がわが国に導入されて以来、主として、乳牛用飼料として広く用いられてきている。しかし、ビートパルプは粗飼料源として、また、糖蜜は糖質含有飼料としての一般的認識のもとに慣行的に使用されており、研究もこれに沿った形で行われてきた。従って、これら副産物の飼料価値が、いかなる機序に由来するのか、また、飼料としてどのような特性を有するか等の詳細については未だ明らかではない。さらに、近年、わが国では、製糖方法として、イオン交換法が採用されているが、この方法にともなって産出される副産物のビートパルプ、糖蜜や新たに加わったイオン交換樹脂廃液(CAL: Concentrated anion liquor)等の飼料としての特性についての研究は全く行われていない。

そこで、著者は、これらの甜菜製糖副産物について、その化学組成、理化学性、消化性ならびに反芻家畜用飼料としての特性等を究明し、この結果より、乳牛用飼料への使用モデルを構築することを目的として本研究をおこなった。その研究成果は、以下のように要約される。

1. 甜菜製糖副産物の化学組成および理化学的特性を知るため、ビートパルプ、糖蜜ならびにCALの化学組成を調査し、ビートパルプの構成炭水化物を分画し、その発酵特性や保水性について試験した。ビートパルプの繊維成分はペクチン含量が高い点に特徴がある。ビートパルプの組織は多孔質であり、保水能や膨潤度が他の慣用飼料と比較して最も高く、これら理化学性にはペクチンが大きく関与している。人工ルーメンによる発酵消化試験で、ビートパルプのペクチン画分は、酢酸(A)、プロピオン酸(P)、総酸の産生量およびA/P比が中性デタージェン

ト繊維画分や酸性デタージェント繊維画分よりも高かった。糖蜜およびCALは、主として糖とアミノ酸から構成され、いずれもケーン糖蜜に比して粗蛋白質含量が高く、粗灰分は少なく、易発酵性の窒素源とエネルギー源を有する。

2. 甜菜製糖副産物の消化性について検討するため、*in vitro*と*in vivo*での方法を用いて、消化試験を行った。国産ビートパルプと米国産および中国産の輸入ビートパルプとの消化率を比較した結果では、前者が後者よりも高い値を示した。また、国産のビートパルプは輸入物と比較して、可溶性窒素含量が高く、窒素出納試験において、窒素蓄積量が中国産のものより高い値を示した。さらに、溶解性窒素の添加による消化への効果を見た結果では、添加量と消化率の間に高い相関を認められたが、その効果は、産出国間で異なった。これらの結果より、消化性の異なる原因として可溶性窒素含量が係わることを明らかにするとともに、一般に流通しているビートパルプの飼料価値には差異があることを指摘した。しかし、現行の利用形態である、粗砕とペレットの形状の違いによる消化性の差異は認められなかった。糖蜜とCALでは、主成分の糖および粗蛋白質が、いずれも高い消化性を示した。
3. 甜菜製糖副産物の乳牛用飼料としての利用性について試験した。ビートパルプの利用形態(生、乾燥粗砕および水浸漬)による、消化性や産乳効果への試験結果には差異がなかった。ビートパルプとイネ科乾草ならびにアルファルファ乾草との泌乳牛に対する給与効果を比較した結果では、乳牛の反芻行動、糞の性状、乳脂率等に差がなく、ビートパルプが良好な粗飼料としての特性を有することを示した。また、泌乳牛に対する給与濃厚飼料中の50%をビートパルプとトウモロコシでそれぞれ置き換えて試験した結果では、産乳量、乳成分組成とも差がなく、ビートパルプはエネルギー飼料としての要素も併せ持つことを認めた。さらにビート糖蜜とCALの添加は、反芻家畜飼料の嗜好性を改善した。
4. ビートパルプにイースト菌を吸着させて効果を調べた試験では、加熱に対するイースト菌の活性の保持に効果を認めた。また、これを子牛と乳牛に投与した結果、増体や産乳に改善効果が見られたことから、ビートパルプは、含水量の多い飼料の吸着剤としても優れた特性を有することを明らかにした。

5. 以上の結果に基づき、甜菜製糖副産物の乳牛用飼料への利用方法として、慣行の粗飼料源としての利用に加えて、濃厚飼料原料としての活用を含めた新たな使用モデルを提示した。

以上の成果は、ビートパルプの反芻家畜飼料としての特性を体系的に究明するとともに、糖蜜やCAL等の飼料的特性を明らかにしたもので、学術的に高く評価されるだけでなく、実用面でも、甜菜製糖副産物の飼料資源としての活用に大きく寄与するものである。

よって、審査員一同は、別に実施した学力確認試験の成績とあわせて、本論文の提出者田中勝三郎は、博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格あるものと判定した。