

# I 章 緒 言

## I-1 研究の目的

昭和59年度における、わが国の純国内産飼料の自給率は、可消化養分総量で総需要量の27.9%、さらに濃厚飼料の国内産原料は、総需要濃厚飼料の10.6%と極めて低い<sup>121)</sup>。とりわけ、飼料の主体を濃厚飼料とする養豚においては、飼料の大半を海外からの輸入に依存していると言える。

このような情勢を背景に、昭和60年度の農業白書<sup>120)</sup>では、飼料穀物の安定的な供給確保のため、輸入穀物飼料の備蓄対策をはかり、麦作振興及び飼料の自給率向上のため国内産飼料用麦の生産・流通対策を実施し、さらに食品産業副産物等の飼料向けの加工及び利用のための推進をはかることを目標に掲げ、国内における飼料の自給率向上のための方策を提言している。このように、飼料の自給率向上に関する努力は、今後のわが国畜産にとって重要な指針と言える。

一方、北海道における養豚用自給飼料としては、ラジノクロバをはじめ、ビートトップやクズ馬鈴薯等の圃場副産物、さらにポテトパルプやビートパルプ等の食品工業副産物があり、これらの飼料は古くより養豚飼料として活用されてきた。しかし、養豚飼料としてこれらの飼料を用いるには、一般に繊維含量の高いものが多く、その利用にあたっては、飼料特性を十分に把握しておく必要がある。特に、家畜を合理的に飼養し、効率的な生産をはかるためには、育種的改良および環境生理学的要因の解明はもとより、飼料の有する栄養的情報の究明が重要である。

飼料の栄養評価に関する情報としては、飼料の化学成分、採食量、さらには摂取後の各種栄養成分の消化吸収、いわゆる消化率に基づく栄養価値の評価と、その生産効果に関する究明が重要になってくる。しかし、飼料の栄養価を判定する目的で広く採用されている消化試験は、その採用条件によって、消化率に及ぼす影響度合の異なるこ

とが知られている<sup>110,111)</sup>ものの、その採用条件と消化率の変動要因との関係については、十分な解明がなされていない。特に、繊維質に富む飼料は、成分的な偏りの大きい飼料が多いため、消化試験の実施条件によっては、飼料の栄養評価の上で注意が必要になってくるものと判断される。

また、近年、馬鈴薯澱粉工業や甜菜製糖工業より排出される廃液は、河川汚染源として大きな社会問題を提起しているため、これらの廃液中から有価物を回収し、公害対策をはかると同時に、ポテトパルプやビートパルプに添加処理した際の飼料としての有用性が問われている。他方、旧来の生澱粉粕に代り、脱水澱粉粕の開発が試みられ、その保存性や飼料価値に関する検討が必要とされている。また、道内における寒地型作物の一つとして、作付が試みられている作目にヒマワリがあり、その副産物であるヒマワリ粕は養豚用飼料として有望であり、さらに乳牛の飼料として高率に利用されているとうもろこしサイレージについても、養豚用飼料として広く利用の方向にあるが、これらの飼料は、一般に繊維含量が高く、養豚用飼料として利用するには、その飼料特性についての究明が必要である。

以上の観点に立脚し本研究は、北海道内における養豚用自給飼料、特に繊維質飼料を主体に、その栄養評価をはかる上で重要になってくる消化性の評価に関与する変動要因の解明をはかり、消化試験実施上の留意点を明らかにするとともに、道内において特に養豚用飼料として利用性の高い、繊維質飼料の栄養価を査定した。また、消化試験の結果得られた栄養価が、家畜の生産効果に精度よく反映されることが重要であるものの、豚における可消化粗繊維の利用性に関しては色々と論議が多く、その利用効果に関して必ずしも一致した見解が得られていない。このようなことから、豚における繊維成分の消化性と、その生産反応との関連性について追究した。

## I-2 従来の研究

### 消化率の変動要因の解明に関する研究

消化率の測定に及ぼす変動要因については、給与飼料側の要因と供試畜側の要因とに大別することができる。飼料側の要因としては、飼料の給与水準および供試飼料と基礎飼料の配合割合との関係が指摘される。この内、飼料の給与水準と消化率との関係については、その結論は必ずしも一致した見解がみられず、飼料の給与量が増加するにつれ、消化率が有意に低下したとする報告<sup>127,130</sup>)と、消化率に及ぼす影響はわずかであったとする報告<sup>27,92</sup>)がみられる。他方、供試飼料と基礎飼料の配合割合と消化率との関係については、豚において十分な知見がない。

次に、消化率の測定に及ぼす供試畜側の変動要因としての体重(日令)と消化率との関係については、体重の増加とともに、消化率は上昇の傾向が報告されている<sup>106,133,139,181</sup>)。しかし、その傾向は成分によって必ずしも一致した見解がみられず、一般に日令が進むにつれ、粗蛋白質および粗繊維の消化率は上昇の傾向が強いのに対し、NFEのそれは小さいとされている。また、豚の性別は、消化率に影響を及ぼさないことが報告されており<sup>42,139,151,154</sup>)、他方、品種と消化率との関係については、品種により影響を受けたとする報告<sup>151,154,181</sup>)と影響を受けなかったとする報告<sup>46,106</sup>)がみられる。

一方、消化率の測定には、全糞採取法の他に指標物質法がある。指標物質法は、飼料と糞中の指標物質の濃度比によって、消化率を算出することができるため、摂取飼料の量および排糞量を測定する必要がない簡便な方法であり、実際の飼養場面においても応用が可能である。このような利点より、これまでもリグニン<sup>32,33,34,38,39,145,157</sup>)クロモージェン<sup>55,80,81,129,140</sup>)、ポリビニールアルコール<sup>77</sup>)、ポリエチレングリコール<sup>48,76</sup>)、Ferric oxide<sup>132</sup>)、デスプロジウム<sup>87</sup>)、酸化マンガン<sup>83</sup>)、合成クロミウム-51<sup>30</sup>)、希土類元素<sup>93</sup>)、セリウム-144<sup>156</sup>)、プラスチック<sup>28</sup>)等、多くの指標物質について検討がなされてきた。しかしながら、その回収率、分析手法、消

化管内における摂取飼料との移動速度、指標物質の入手等の問題点から、十分活用されるまでには至っていない。このような中で、とりわけ酸化クロム法は、消化率の測定にあたり、簡便な方法として広く採用され、実用の段階にあるが、全糞採取法と酸化クロム法を併用して消化試験を行うと、必ずしも両者の消化率の値が一致しない場合が多く、一般には、全糞採取法に比較し、酸化クロム法で消化率の低いことが報告されている<sup>18,51,73,74,103,152,181</sup>)。しかも、両者の消化率の差は、成分によって異なり、特に粗繊維において、両手法の差の大きいことが報告されている<sup>18,74,152,181</sup>)。他方、近年開発検討されつつある内部指標物質としての酸不溶性灰分法は、すぐれた手法とみなされている<sup>91,98,99,148,157,160,163</sup>)ものの、一方では、飼料中の酸不溶性灰分含量と、その存在形態によっては、消化率の測定精度が大きく左右されるとする報告もみられる<sup>155</sup>)。

### 養豚における繊維質飼料の栄養評価に関する研究

養豚飼料として、道内で主に自給され利用されてきた飼料には、圃場副産物としてのビートトップや澱粉用原料または食用の規格外品であるクズ馬鈴薯、飼料作物としてのラジノクローバ、穀実類としてのえん麦、大麦および小麦等がある。また、広義の意味での道内の自給飼料として、農産副産物である米ヌカ、ビートパルプおよびポテトパルプ、さらに食料品の残渣や厨芥等があり、これらの飼料は古くより養豚飼料として利用されてきたが、穀実類や食料品の残渣物を除き、一般に繊維質成分に富んだものが多い。この内、ビートトップ<sup>171</sup>)、馬鈴薯<sup>137,173,176</sup>)、ラジノクローバ<sup>138,169,172,174,175,181</sup>)については、既に養豚飼料としての有用性が報告されており、また穀実類については、滝川畜試における一連の研究成果がある<sup>101,102,170,177,178,180</sup>)。

一方、近年、馬鈴薯澱粉工業より排出される廃液中から有価物を回収し、ポテトパルプに添加処理した際の飼料価値が豚<sup>184</sup>)および牛<sup>124</sup>)で検討され、いずれも家畜の飼料として有用であることが認められている。しかし、馬鈴薯澱粉工業および甜菜

製糖工業の廃液中から、さらに数種の有価物の回収が試みられ、飼料としての利用が望まれている。

#### 繊維成分の栄養的意義に関する研究

単胃家畜である豚は、反芻家畜に比較し、繊維成分の消化率が低いと考えられているが、本道の代表的な食品工業副産物であるビートパルプおよびポテトパルプの粗繊維の消化率は、それぞれ84%<sup>108)</sup>および78%<sup>141,184)</sup>以上の非常に高い値が報告されている。しかし、豚がこのように、繊維成分を高度に利用することに関して、特に注目した報告はみられない。

一方、豚の消化管内における繊維性物質は、微生物以外では分解されず、しかも微生物による繊維性物質の分解産生物は、主に盲腸および結腸で生産され吸収される揮発性脂肪酸であるとされて

いる<sup>5,8,35,67,85)</sup>。しかし、飼料中の可消化繊維に基づくエネルギーの供給に関して、豚においては非常に論議が多い。すなわち、飼料の消化に対する豚の盲腸の役割は非常に小さく<sup>36,52,97)</sup>、しかも飼料中の繊維が分解されたとしても、エネルギーとして利用される量はわずかであるとする報告がみられる<sup>23,95,166)</sup>。他方、Friendら<sup>43)</sup>は、維持に必要なエネルギーの15から28%が、繊維の分解によって供給できることを報告し、さらにKassら<sup>85)</sup>はアルファルファミールを0～60%配合した飼料を用いた研究において、大腸におけるVFA産生量は、維持エネルギーの5～10%に相当すると報告している。このように、豚におけるエネルギー源としての繊維に関しては、様々な見解がみられる。したがって、今後さらに、肥育効果も含め、繊維の栄養的意義に関しての検討が重要である。

## II章 豚における飼料の消化率の検討

飼料の栄養価を評価する目的で広く採用されている消化試験は、その実施条件によって消化率に及ぼす影響度合の異なることが知られている<sup>110,111)</sup>ものの、その採用条件によって消化率がどのような変動を受けるかについては、十分な解明がなされていないまま、研究者独自の判断に委ねられ実施されているのが現状である。特に、繊維質飼料は、成分的な偏りの大きい飼料が多いため、消化試験の実施条件によって、消化率は大きな影響を受けることが予測される。このようなことから、消化試験の結果得られた測定値が、信頼性の高いデータとして活用されるためには、消化率に及ぼす変動要因の解明をはかり、消化試験の実施条件と測定精度との関連性を十分に把握した上で、消化試験の実施条件を設定することが、必要かつ極めて重要になってくる。

本章では、飼料の給与方法および供試豚の側から考えられる消化率の変動要因について検討を加え、さらに消化率の簡易な評価法とされている指標物質法について、全糞採取法との比較の上で究明した。

### II-1 飼料の給与水準と消化率

#### 目 的

豚において、飼料の給与水準と消化率との関係については、これまでも幾つかの報告がみられるが、その結論は必ずしも一致していない。すなわち、飼料の給与量が増加すると、消化率は有意に低下したとする報告<sup>127,130)</sup>と、飼料の給与量が増加しても、消化率に及ぼす影響はわずかであったとする報告<sup>27,92)</sup>がみられる。

一方、飼料の給与量の増加に伴う消化率の低下は、給与飼料の増加により、消化管内での飼料の通過速度の速まることが大きな理由とされ、特に繊維の消化率においてその影響の大きいことが認

められている<sup>36)</sup>。しかし、給与飼料が消化管内の滞留時間に及ぼす影響は、飼料の給与量の他に、飼料の質的な差による影響も大きな要因の一つとされている<sup>36,48,50)</sup>。したがって、飼料の給与量が消化率に及ぼす影響度合は、飼料の質的な違いによっても異なることが予想される。

そこで、消化率に及ぼす飼料の給与水準について、飼料の質的な違いによる影響との関連で検討を加え、さらに飼料の消化管内通過時間と消化率との関係について検討した。

#### 材料および方法

供試飼料は、栄養価の低い飼料L（豚産肉能力検定飼料；乾物中DCP12%，TDN82%）と、栄養価の高い飼料H（市販の肥育用配合飼料；乾物中DCP16%，TDN90%）の2種類で、その化学成分は表1に示した。

表1 供試飼料の化学成分

	飼料L <sup>1)</sup>	飼料H <sup>2)</sup>
水分(%)	9.5	10.7
粗蛋白質(%)	15.9	18.1
粗脂肪(%)	4.1	2.7
NFE(%)	71.2	73.2
粗繊維(%)	3.1	1.6
粗灰分(%)	5.7	4.5
エネルギー(kcal/g)	4.24	4.22

1) 豚産肉能力検定飼料

2) 市販の肥育用配合飼料

水分以外は乾物中の値

供試豚は、ランドレース去勢雄8頭で、試験供試時体重23~33kgのものであった。

飼料の給与量は、飼料切換え時に体重を測定し、飼料LおよびHとも原物で1日に体重の2, 3, 4および5%給与とし、午前9:00と午後4:00に等量に分けて給与した。

消化試験は、供試豚8頭を4頭ずつ2群に分け、

飼料LおよびHとも4×4のラテン方格法に基づき、予備期間5日、採糞期間5日の全糞採取法により実施した。

消化管内通過時間の測定は、酸化クロムを約40%含有した径1mmの大きさの酸化クロムペーパー<sup>51)</sup>を、採糞期間第1日目の午前の飼料給与時の飼料に20g添加し、給与後5日間にわたり、9:00~16:00と16:00~9:00にそれぞれ分別採糞し、Castle<sup>45)</sup>の方法に基づき、糞中の酸化クロム含量の積算排泄率の曲線より算出した。すなわち、酸化クロムの積算排泄率が5%から10%間隔に95%となるまでに要した排泄時間の総和を10で割り、消化管内平均通過時間とした。なお、酸化クロムの排泄割合は、酸化クロムの排泄量を酸化クロムの給与量で除し、100分率で求めた。

採取した糞は、70℃の通風乾燥器で2~3日乾燥後1日放置してから重量を測定し、粉碎し、分析に供した。飼料および糞の一般分析は、AOAC法に準拠し<sup>118)</sup>、酸化クロムの測定はBrisson<sup>13)</sup>の方法により、エネルギーは島津ポンプカロリメーターCA-3型によりそれぞれ測定した。なお、以下の試験における飼料および糞の一般成分、エネルギーおよび酸化クロムの分析は、本試験と同様である。

統計分析による有意性の検討はDuncan<sup>31)</sup>の多重範

囲検定法によった。

## 結果および考察

### 1) 飼料の給与水準と消化率

飼料の給与水準と消化率および栄養価との関係を、飼料Lについて示すと表2のとおりである。これによると、飼料の給与水準が高まるにつれ各成分の消化率は低下の傾向を示し、乾物およびエネルギーの消化率は2%給与区に比較し5%給与区で有意(P<0.05)に低く、NFEの消化率はその差はわずかであったが、2%給与区に比較し4%および5%給与区で有意(P<0.05)に低く、さらに粗繊維の消化率は2%給与区に比べ5%給与区(P<0.01)および4%給与区(P<0.05)でそれぞれ有意に低かった。また、粗蛋白質および粗脂肪の消化率も、飼料の給与水準が高まるにつれ低下の傾向を示し、乾物、NFEおよびエネルギーの消化率よりも、その低下傾向が大きかったが、両者とも変動が大きく、有意差は認められなかった(P>0.05)。飼料Lの栄養価についてみると、DCPは給与水準による差が小さく、有意差とはならなかった(P>0.05)が、DEについては2%給与区に比較し4%および5%給与区で有意(P<0.05)に低く、TDNは2%給与区に比較し5%給与区で有意(P<0.05)に低かった。

表2 飼料Lにおける給与水準ごとの消化率と栄養価

	2%給与区	3%給与区	4%給与区	5%給与区
消化率				
乾物(%)	82.7 ± 0.5 <sup>1)</sup> <sub>a</sub>	81.6 ± 1.7 <sub>ab</sub>	80.8 ± 1.7 <sub>ab</sub>	80.5 ± 1.0 <sub>b</sub>
粗蛋白質(%)	78.3 ± 1.9	77.4 ± 3.5	75.3 ± 4.3	75.1 ± 2.7
粗脂肪(%)	74.4 ± 3.2	73.0 ± 6.1	70.3 ± 5.8	67.4 ± 6.2
NFE(%)	89.7 ± 0.3 <sub>a</sub>	89.0 ± 0.9 <sub>ab</sub>	88.5 ± 0.9 <sub>b</sub>	88.5 ± 0.4 <sub>b</sub>
粗繊維(%)	18.5 ± 3.8 <sup>A</sup> <sub>a</sub>	12.1 ± 6.8 <sup>AB</sup> <sub>ab</sub>	8.5 ± 7.1 <sup>AB</sup> <sub>ab</sub>	4.9 ± 4.7 <sup>B</sup> <sub>b</sub>
エネルギー(%)	81.9 ± 0.8 <sub>a</sub>	80.6 ± 2.0 <sub>ab</sub>	79.5 ± 1.9 <sub>ab</sub>	79.2 ± 1.2 <sub>b</sub>
栄養価 <sup>2)</sup>				
DCP(%)	12.5 ± 0.3	12.3 ± 0.6	12.0 ± 0.7	11.9 ± 0.4
DE(kcal/g)	3.47 ± 0.04 <sub>a</sub>	3.41 ± 0.09 <sub>ab</sub>	3.36 ± 0.09 <sub>b</sub>	3.35 ± 0.06 <sub>b</sub>
TDN(%)	83.7 ± 0.7 <sub>a</sub>	82.7 ± 1.8 <sub>ab</sub>	81.6 ± 2.0 <sub>ab</sub>	81.3 ± 1.3 <sub>b</sub>

1) 平均値±標準偏差

2) 乾物中の値

注) 給与処理区の異符号間に有意差あり (a, b, c 間: P<0.05, A, B 間: P<0.01)

飼料Hについて飼料の給与水準と消化率および栄養価の関係を示すと表3のとおりである。総体的にみて、飼料Hにおいても飼料Lと同様、給与水準が高まるにつれ各成分の消化率は低下の傾向を示したものの、その差は飼料Lに比較し非常に

小さく、各給与水準間に有意差は認められなかった( $P > 0.05$ )。また、各栄養価においても、給与水準による差は小さく、各給与水準間に有意差は認められなかった ( $P > 0.05$ )。

表3 飼料Hにおける給与水準ごとの消化率と栄養価

	2%給与区	3%給与区	4%給与区	5%給与区
消化率				
乾物 (%)	90.1 ± 0.5 <sup>1)</sup>	90.0 ± 1.0	89.5 ± 0.8	89.4 ± 0.6
粗蛋白質 (%)	87.5 ± 0.7	87.5 ± 1.3	87.3 ± 0.9	86.1 ± 0.6
粗脂肪 (%)	75.4 ± 2.7	75.2 ± 5.8	73.1 ± 3.2	72.6 ± 1.2
N F E (%)	94.3 ± 0.1	94.4 ± 0.4	93.9 ± 0.3	93.9 ± 0.3
粗繊維 (%)	38.0 ± 5.9	35.2 ± 15.1	35.1 ± 15.5	34.2 ± 9.0
エネルギー (%)	89.4 ± 0.4	89.3 ± 1.2	88.8 ± 0.8	88.5 ± 0.5
栄養価 <sup>2)</sup>				
D C P (%)	15.8 ± 0.1	15.8 ± 0.2	15.8 ± 0.2	15.6 ± 0.1
D E (kcal/g)	3.79 ± 0.01	3.77 ± 0.05	3.75 ± 0.03	3.73 ± 0.02
T D N (%)	90.1 ± 0.4	90.1 ± 1.1	89.6 ± 0.8	89.3 ± 0.5

1) 平均値±標準偏差

2) 乾物中の値

飼料の給与水準と消化率に関する報告について、De Goey and Ewan<sup>27)</sup>は子豚に飼料の給与量を、1日あたり体重の2%から5%まで増加させた場合、乾物、エネルギーおよび粗蛋白質の消化率は低下の傾向を示したが、その差は小さく、飼料の給与水準間に有意差がみられなかった( $P > 0.05$ )としている。彼らが用いた飼料のDE含量は、4%給与水準の条件下で3.74kcal/gの値を得ており、本試験の飼料Hの4%給与水準時のDE含量3.75kcal/gとほぼ同程度の栄養価の高い飼料であった。また、Kornegay and Graber<sup>28)</sup>は、トウモロコシと大豆粕を主体とした比較的栄養価の高い飼料を、平均体重52kgあるいは65kgの豚にメタボリックボディサイズあたり8% (体重の約2.8~3.0%) または12% (体重の約4.2~4.5%) 給与した場合、給与水準間において乾物、粗蛋白質およびエネルギーの消化率に有意差がなかったとしている。他方、古谷および高橋<sup>50)</sup>は、後期用人工乳90部にコーンスターチあるいは濾紙粉末を10部配合した2種類の飼料をそれぞれ体重の3あるいは4.5%を子豚

に給与し、給与量と消化率の関係について検討した。その結果、粗繊維の消化率は、飼料多給区に比較し、飼料少給区においてコーンスターチ添加飼料では有意ではないが10%単位、濾紙粉末添加飼料では14%単位有意 ( $P < 0.05$ ) に低くなったとし、さらに乾物および粗脂肪の消化率においても、有意ではないが、濾紙粉末添加飼料の方がコーンスターチ添加飼料に比較し給与水準による差の大きいことを報告している。さらに、斎藤および高橋<sup>130)</sup>は、原物中DCP9.7%、TDN67.4%の比較的栄養価の低い飼料を、体重27~92kgの豚に給与した場合、飼料の給与水準が増加するにつれ、各成分の消化率は低下の傾向を示し、乾物、粗蛋白質およびエネルギーの消化率について、一部の給与水準間に有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めている。

以上の報告結果は、それぞれ飼料の給与水準の範囲が異なるため、同一水準で比較することは不可能であるが、本試験の結果とあわせ考えると、栄養価の高い飼料に比較し、栄養価の低い飼料の方が、給与水準の違いによる消化率の影響を大きく

受ける傾向がうかがわれ、飼料の給与水準と消化率との関係は、多分に、飼料の質的な違いが大きく関与しているものと推察される。このことに関して、反芻家畜においても、良質乾草の場合においては、飼料の給与水準により消化率は影響を受けなかったが、低質乾草では給与水準が高まるにつれ消化率の低下することが報告<sup>10,14,37)</sup>されており、給与粗飼料の質的な差違が、給与水準と消化率との関係に大きな影響を及ぼしていることがうかがわれる。

## 2) 摂取飼料の消化管内通過時間と消化率

酸化クロム投与後の酸化クロムの積算排泄率の推移を、給与水準および個体ごとに、飼料LとHについて示すと図1および図2のとおりである。飼料Lでは、同一給与水準内においても、酸化クロムの排泄曲線にかなり大きな個体間の差が認められ、とくにNo.1の個体は、いずれの給与水準においても、酸化クロムの排泄速度が遅く、No.2の個体は酸化クロムの排泄速度が速い傾向にあった。飼料Hでは、2%および3%給与区で個体差が大きい傾向にあったが、4%および5%給与区では個体差は小さく、ほぼ類似の排泄パターンを示した。さらに、給与水準ごとに4頭の平均排泄率の推移を示すと図3のとおりである。この結果、摂取飼料の消化管内通過時間は、給与水準が同一であれば、飼料Hに比べ飼料Lの方が速く、また同一飼料でも給与水準が高まるにつれ、消化管内通過時間の速まることが認められた。なお、飼料Lにおける2%給与区と飼料Hの5%給与区は、ほぼ同一の排泄曲線を示した。

消化管内通過時間について、5%および95%排泄時間と平均通過時間を、飼料別に示すと表4および5のとおりである。5%および95%排泄時間は、両飼料区とも給与量が高まるにつれ速くなり、飼料Lでは5%排泄時間において、2%給与区と5%給与区との間に有意差 ( $P < 0.05$ ) がみられた。また、飼料Hでは5%排泄時間において、2%給与区と4%給与区 ( $P < 0.05$ ) および2%給与区と5%給与区 ( $P < 0.05$ ) との間に、95%排泄時間では2%給与区と5%給与区 ( $P < 0.01$ ) および2%給与区と4%給与区 ( $P < 0.05$ ) との

間に、それぞれ有意差が認められた。他方、平均通過時間においても、飼料の給与水準が高まると速まり、飼料Lでは2%給与区と5%給与区との間に ( $P < 0.05$ )、飼料Hでは2%給与区と5%給与区 ( $P < 0.01$ )、2%給与区と4%給与区 ( $P < 0.05$ ) および3%給与区と5%給与区 ( $P < 0.05$ ) との間に、それぞれ有意差が認められた。なお、5%および95%排泄時間、さらに平均通過時間は同一給与水準の場合、飼料Hに比較し、飼料Lの方がいずれも速かった。

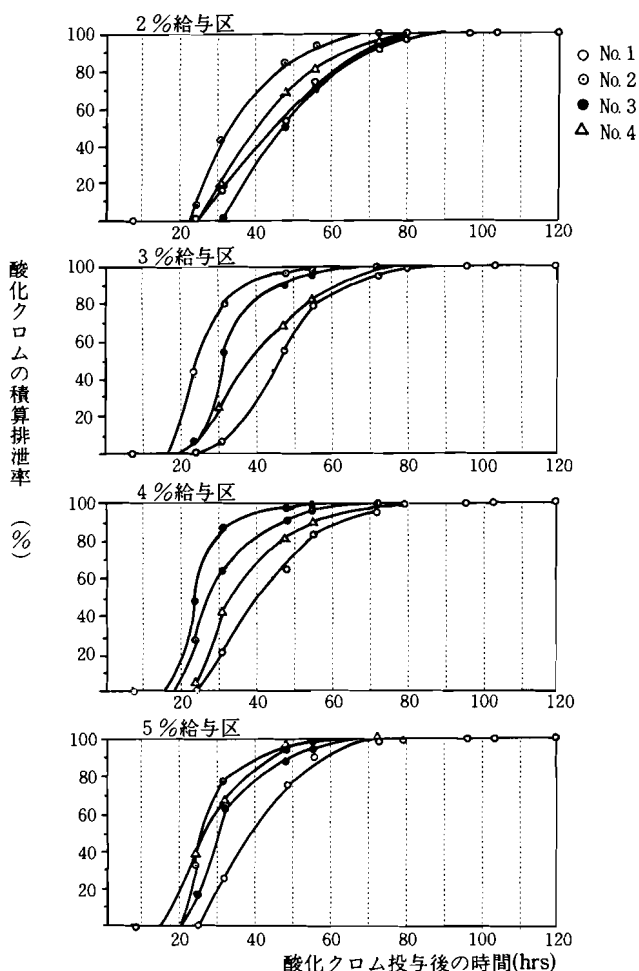


図1 飼料Lの処理区ごとにおける酸化クロム投与後の酸化クロムの積算排泄率の推移

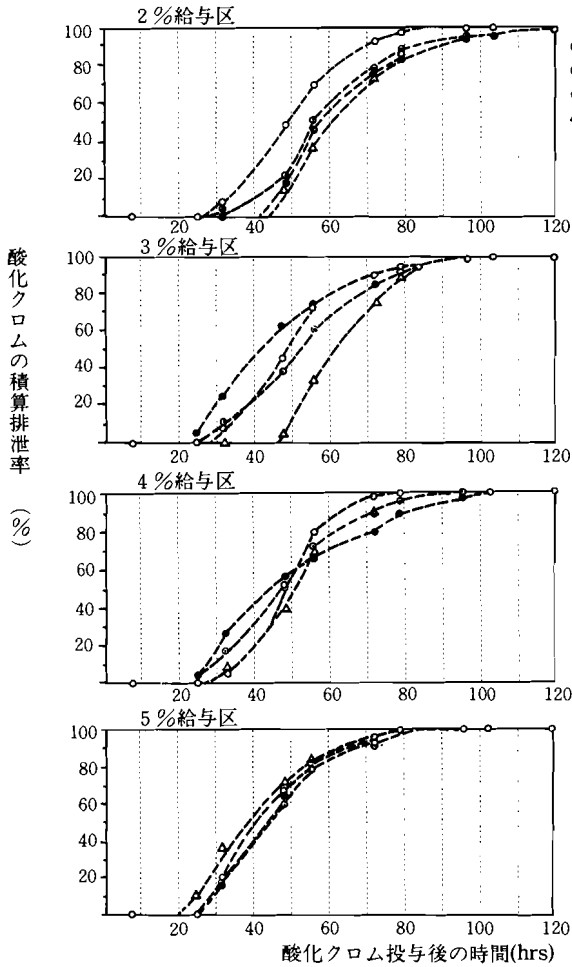


図2 飼料Hの処理区ごとにおける酸化クロム投与後の酸化クロムの積算排泄率の推移

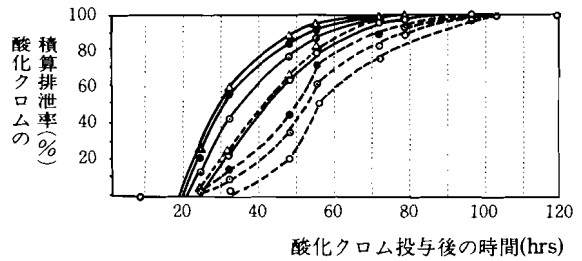


図3 酸化クロム投与後の酸化クロムの積算排泄率の推移

飼料L 2%給与区 (○) 飼料H 2%給与区 (○-○)  
 3%給与区 (●) 飼料H 3%給与区 (●-●)  
 4%給与区 (▲) 飼料H 4%給与区 (▲-▲)  
 5%給与区 (△) 飼料H 5%給与区 (△-△)

飼料の摂取量の増加に伴う消化管内通過時間の短縮は、めん羊では Blaxter ら<sup>9)</sup>, Coombe and Tribe<sup>20)</sup>, Coombe and Kay<sup>19)</sup>, Grovum and Hecker<sup>54)</sup> および山田ら<sup>168)</sup>が、山羊では Castle<sup>15)</sup>が、さらに豚では Castle and Castle<sup>16)</sup>, Parker and Clawson<sup>127)</sup>, 古谷および高橋<sup>48,50)</sup>が報告している。また、飼料の質と消化管内通過時間との関係については、めん羊において消化率の高い乾草は消化率の低い乾草に比べ、消化管内通過時間が遅くなることを Coombe and Kay<sup>19)</sup>が認めており、豚では古谷および高橋<sup>48,50)</sup>が消化率の高い飼料で消化管内通過時間の遅くなることを報告している。

以上の報告と本試験の結果をあわせ考えると、摂取飼料の消化管内における通過時間は、消化管内における不消化物の量が大きな要因として指摘

表4 飼料Lの消化管内通過時間

(hrs)

	排 せ つ 時 間			平均通過時間
	5 %	95 %	95% - 5 %	
2 % 給 与 区	27.0 ± 3.6 <sup>1) a<sup>2)</sup></sup>	69.5 ± 7.7	42.5 ± 6.0	43.8 ± 5.8a
3 % 給 与 区	24.1 ± 4.2ab	59.9 ± 11.7	35.8 ± 8.0	37.7 ± 9.2ab
4 % 給 与 区	23.1 ± 2.6ab	55.4 ± 14.5	32.3 ± 12.5	33.1 ± 8.6ab
5 % 給 与 区	20.4 ± 4.5b	54.1 ± 6.9	33.7 ± 3.7	32.1 ± 5.5b

1) 平均値 ± 標準偏差

2) 給与処理区間の異符号間に有意差あり (a, b間に P < 0.05)



表5 飼料Hの消化管内通過時間

(hrs)

	排 せ つ 時 間			平均通過時間
	5 %	95 %	95%—5 %	
2 % 給 与 区	40.2± 7.6 <sup>1) a<sup>2)</sup></sup>	92.3±10.8Aa	52.1± 3.7	59.3± 5.8Aa
3 % 給 与 区	34.0±10.2ab	82.7± 2.9ABab	48.7± 8.0	52.2± 7.2ABac
4 % 給 与 区	27.8± 3.3b	78.0± 9.8ABb	50.2±13.1	48.9± 1.0ABbc
5 % 給 与 区	24.8± 2.9b	72.0± 1.5Bb	47.2± 3.1	42.5± 2.6Bb

1) 平均値±標準偏差

2) 給与処理区間の異符号間に有意差あり(a,b,c間にP&lt;0.05, A,B間にP&lt;0.01)

される。これらの関係を検討するために、各個体ごとにメタボリックボディサイズあたりの乾物排糞量と、消化管内平均通過時間との関係を見ると図4のとおりである。乾物排糞量(Y: g/kg<sup>0.75</sup>)と消化管内平均通過時間(X: 時間)との間に、飼料LおよびHとも、相関係数が-0.70および-0.85と、いずれも有意(P<0.01)な一次の回帰式が得られたが、回帰直線の勾配は飼料Hの方が緩やかで、全体としては $Y=48.74 \cdot e^{-0.0376x}$ の指数回帰式がえられた。このことから、消化管内平均通過時間は、乾物排糞量が少なくなるにつれ、より大きな影響を受けることが示された。

Castle and Castle<sup>10)</sup>は、豚において乾物消化率が64.4および78.9%と、かなり栄養価の異なる飼料においても、消化管内平均通過時間に明らかな差を認めなかったとしているが、彼らの用いた飼料の乾物消化率は、いずれも本試験で用いた飼料Lの乾物消化率よりもさらに低いことから、排糞

量の比較的多い条件下での検討結果のため、飼料の質的な差違と消化管内平均通過時間との間に、明確な差が得られなかったものと推察される。本試験においても、乾物排糞量は飼料Lで7~22g/kg<sup>0.75</sup>、飼料Hで4~11g/kg<sup>0.75</sup>と飼料Lの方が乾物排糞量の範囲が広がったにもかかわらず、消化管内平均通過時間は表4および5からも明らかなように、飼料Lは2%給与区と5%給与区の差が11.7時間、飼料Hのそれは16.8時間と、飼料Hの方でその差が大きかった。したがって、飼料の給与水準の違いによる消化管内平均通過時間は、飼料の質的な差異によっても、その影響度合が違ってくるものと推察される。

次に、各個体ごとに消化管内平均通過時間と、各成分の消化率との関係について示すと図5および6のとおりである。消化率と消化管内平均通過時間との間における相関関係は、飼料Lではいずれの成分とも1%水準で有意であったが、飼料Hでは乾物、粗蛋白質、NFEおよびエネルギーにおいて5%水準で有意であったものの、粗脂肪と粗繊維については有意(P>0.05)でなく、飼料Hに比較し飼料Lの方が、消化管内通過時間と各成分の消化率との間に、より密接な関係の存在することが示唆された。このことは、豚における摂取飼料の消化管内通過時間が、小腸末端部までは飼料の質による影響が比較的小さいのに対し、盲腸以降ではその影響を大きく受けるとする古谷および高橋<sup>50)</sup>の報告とあわせ考えると、飼料の質的な差異による消化管内、特に盲腸以降における消化管内容物の通過時間の違いが、消化率に大きな影響を及ぼしているものと推察される。すなわち、盲腸以降における消化は、そこに棲息する微生物

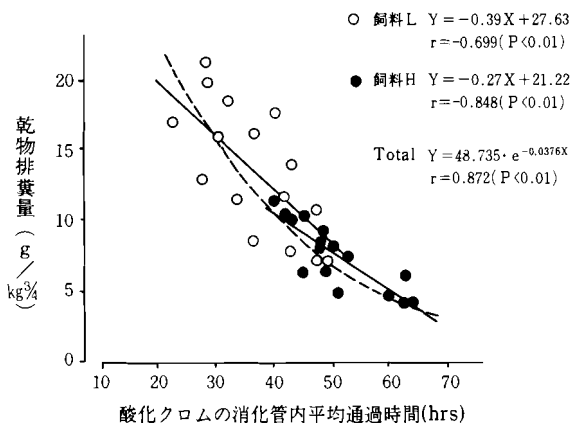
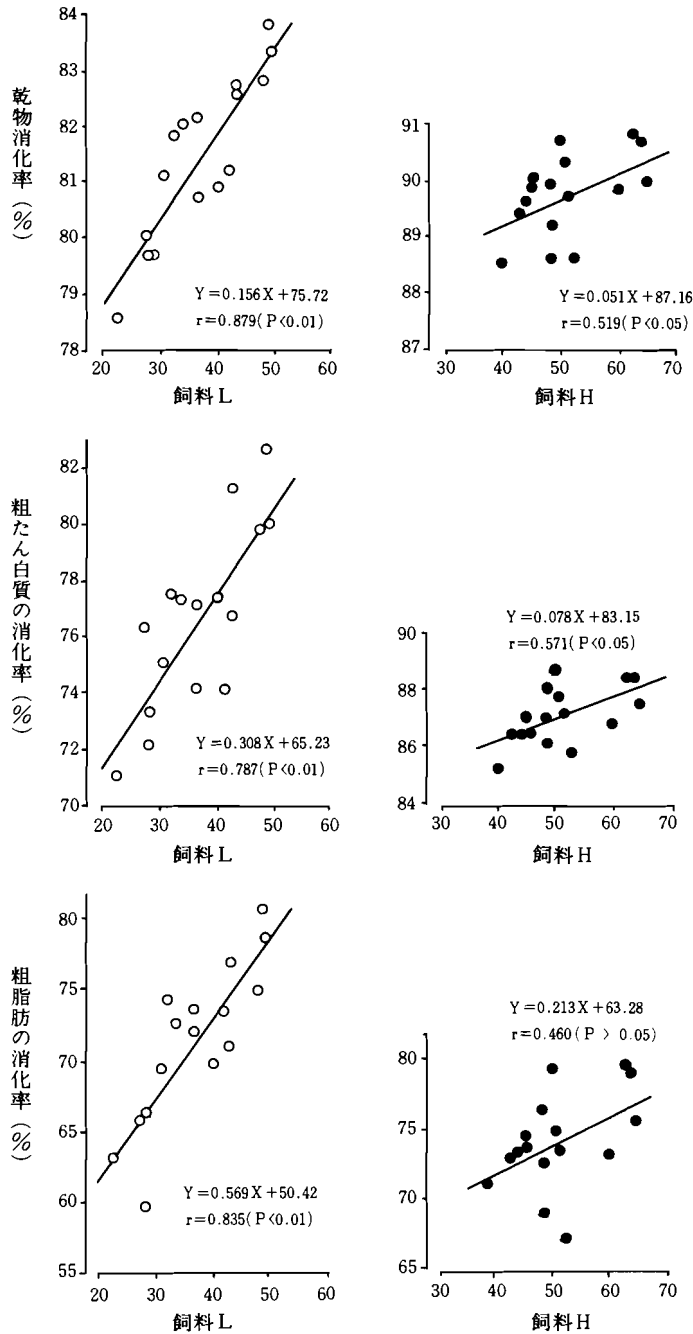


図4 乾物排糞量と酸化クロムの消化管内平均通過時間との関係

の分解作用<sup>43,68,85,164</sup>)によるところが大きいいため、摂取飼料の消化管内滞留時間が長くなると、微生物

による分解時間が長くなり、その結果、消化率が向上するものと推察される。



酸化クロムの消化管内平均通過時間(hrs)

図5 酸化クロムの消化管内平均通過時間と消化率との関係

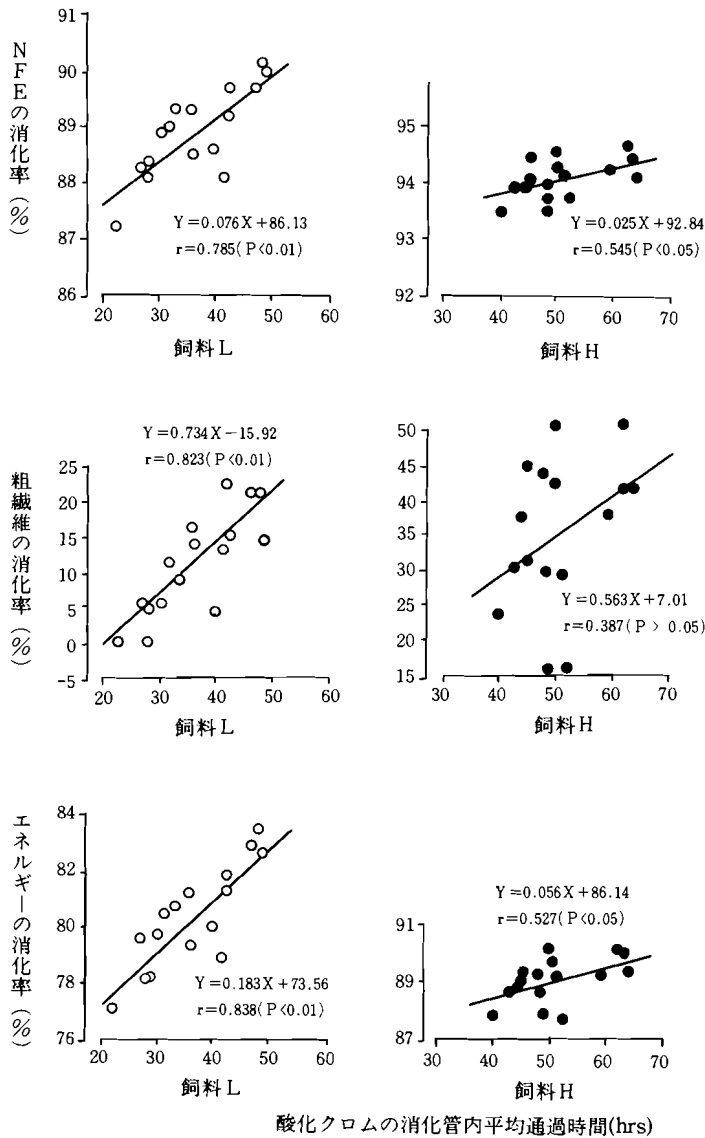


図6 酸化クロムの消化管内平均通過時間と消化率との関係

以上の観点から推量すると、栄養価の高い飼料は栄養価の低い飼料に比較し、消化管内における滞留時間が長いため、高栄養飼料では十分に摂取した条件下でも、盲腸以降における微生物の分解を十分に受ける可能性が大きく、その結果、給与水準による影響が比較的小さいのに対し、低栄養飼料では、盲腸以降での滞留時間が短く、しかも摂取飼料の量によって滞留時間が大きく変化する

ため、微生物の分解を十分に受けない条件下で消化管内を通過する可能性が考えられ、このことが消化率に大きく影響してくるものと推察される。したがって、高栄養飼料に比較し低栄養飼料では、給与水準の違いが消化率に大きな影響を及ぼす可能性が示唆されるため、消化率の測定にあたっては、特に低栄養飼料において給与水準に関する配慮が重要と考えられる。

## II-2 供試飼料と基礎飼料の配合割合と消化率

### 目 的

飼料の消化率を求める際に、成分組成の偏りや嗜好性が劣る等の理由によって、単一給与が不可能な飼料（供試飼料）については、消化率既知の基礎飼料と併用して消化試験を実施し、その結果より、基礎飼料の消化率は不変であるとの前提のもとに、供試飼料の消化率を間接的に求めることが、一般に行われている。しかし、この際に、供試飼料と基礎飼料の配合割合が異なることによって、供試飼料の消化率がどのような影響を受けるかについては、十分な知見がない。特に、供試飼料と基礎飼料の消化性や物理性が違くと、両者の配合割合が異なることによって、消化管内における滞留時間が影響を受け、その結果、前試験でも明らかのように、消化率が変動を受けることも予想される。さらに、粗蛋白質の消化率は、飼料中の粗蛋白質含量<sup>49,53)</sup>や繊維含量<sup>24,96,165)</sup>によって影響を受けるとする報告もみられる。

そこで本試験は、エネルギー飼料であるトウモロコシ、蛋白質飼料である緑葉蛋白質<sup>61,126)</sup>、繊維質飼料であるビートパルプおよびとうもろこしサイレージの消化率を求める際の、基礎飼料との配合割合の違いが、これら供試飼料の消化率にどのような影響を及ぼすか検討し、消化試験実施上における、供試飼料の配合割合について追究した。

### 材料および方法

緑葉蛋白質以外の試験は、基礎飼料として豚産肉能力検定飼料（以下検定飼料と記す）を用いた。

消化試験は、いずれの場合も予備期間5日、採糞期間5日の全糞採取法によった。なお、飼料および糞の分析はII-1と同様であり、とうもろこしサイレージのPHはガラス電極PHメーター、乳酸含量はBarker and Summerson法<sup>109)</sup>、揮発性脂肪酸濃度は水蒸気蒸留法<sup>109)</sup>、その組成はガスクロマトグラフィー法、NH<sub>3</sub>-N濃度の測定は微量拡散法<sup>136)</sup>によった。なお、ガスクロマトグラフ

の運転条件は以下のとおりである。

機種：島津GC-6A型

検出器：FID

カラム：3mm×2mガラスカラム

充填剤：Diasolid ZF

キャリアガス：N<sub>2</sub>、流速40cm/min

カラム温度：120℃

気化室温度：140℃

データ処理：島津クロマトパッカーEIA

### 1) トウモロコシ

トウモロコシを基礎飼料に原物割合で0、10、20および40%代替した4処理区を設定した。供試豚は大ヨークシャー去勢雄4頭(体重27~29kg)を用い、4×4のラテン方格法によった。飼料の給与量は、1日当たり体重の4%とした。供試飼料の化学成分は表6に示した。

表6 供試飼料の化学成分

	基礎飼料	トウモロコシ
水分(%)	9.2	9.1
粗蛋白質(%)	17.7	10.9
粗脂肪(%)	5.0	5.1
NFE(%)	66.3	80.7
粗繊維(%)	4.3	1.7
粗灰分(%)	6.7	1.6
エネルギー(kcal/g)	4.52	4.50

水分以外は乾物中の値

### 2) 緑葉蛋白質

基礎飼料には、検定飼料中に含有する大豆粕を除外した大豆粕無配合の飼料を調製して用いた。試験飼料は、基礎飼料に緑葉蛋白質を、0、5、10、20および30%代替した5処理区を設け、5、10、20および30%区はランドレース去勢雄4頭(体重38~40kg)を用い、4×4のラテン方格法により、基礎飼料は同時期に、他のランドレース去勢雄4頭を用いてそれぞれ消化試験を実施した。飼料の給与量は、1日あたり体重の4%とした。供試飼料の化学成分は表7に示した。

### 3) ビートパルプ

ビートパルプを基礎飼料に原物割合で、0、10、

20および30%代替した4処理区を設定した。供試豚は、大ヨークシャー去勢雄8頭で、体重30kg~32kgのものを1群とし4×4のラテン方格法により消化試験を実施した。飼料の給与量は、1日あたり体重の4%とした。供試飼料の化学成分は表8に示した。

表7 供試飼料の化学成分

	基礎飼料	緑葉蛋白質
水分(%)	11.7	7.7
粗蛋白質(%)	15.2	60.4
粗脂肪(%)	3.7	9.3
N F E(%)	70.3	18.7
粗繊維(%)	4.4	2.5
粗灰分(%)	6.4	9.1
エネルギー(kcal/g)	4.61	5.85

水分以外は乾物中の値

表8 供試飼料の化学成分

	基礎飼料	ビートパルプ
水分(%)	9.2	5.8
粗蛋白質(%)	19.0	11.6
粗脂肪(%)	5.2	2.3
N F E(%)	64.5	62.4
粗繊維(%)	4.2	20.0
粗灰分(%)	7.1	3.7
エネルギー(kcal/g)	4.49	4.41

水分以外は乾物中の値

#### 4) とうもろこしサイレージ

供試とうもろこしは、早生品種C535を、糊熟後期~黄熟中期に切断長8.5mmとし、約500kgをプラスチック板(100×200cm)2枚を円筒形とし、内側をビニールで覆った簡易サイロに貯蔵した。サイレージの発酵品質は、表9に示すように、PHおよび有機酸組成から判断し、発酵品質の良好なものであった。供試豚は、ランドレース去勢雄8頭(体重73kg~80kg)で、1処理区4頭ずつを用いた。試験区分は表10のとおりで、基礎飼料とサイレージの合計乾物摂取量がほぼ等量になるように、基礎飼料の給与量を調節した。消化試験は、基礎飼料区について実施した後、10%区と20%区を同時期に、さらに30%区と40%区を同時期に実施した。供試飼料の化学成分は表11に示した。とうもろこしサイレージは同一サイロ内のものであったが、10・20%区の先に供試したものと、その後の30・40%区に供試したものとで水分含量が大きく異なった。このことは貯蔵中に水分の異動が生じたためと推察されるが、詳細については不明である。その他の成分については、サイレージ間に、特に明らかな差は認められなかった。

表9 サイレージの発酵品質

	水分	PH	総酸	乳酸	揮発酸	揮発酸				NH <sub>3</sub> -N
						酢酸	プロピオン酸	酪酸	バレン酸	
	%		%	%	%	%	%	%	%	mg/100g
10・20%区	74.3	3.68	1.95	1.61	0.35	0.35	+	-	-	17.2
30・40%区	80.0	3.60	2.03	1.70	0.33	0.33	+	-	-	16.7

表10 乾物摂取量および摂取割合

配合区	乾物摂取量(kg/日)			乾物摂取割合(%)	
	配合飼料	サイレージ	合計	配合飼料	サイレージ
配合区	2.22	0	2.22	100	0
10%区	2.02	0.26	2.28	89	11
20%区	1.77	0.51	2.28	78	22
30%区	1.51	0.60	2.11	72	28
40%区	1.26	0.80	2.06	61	39

表11 供試飼料の化学成分

	水分	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分	エネルギー
	%	%	%	%	%	%	kcal/g
基礎飼料	11.4	18.2	4.7	65.2	5.1	6.9	4.41
サイレーシ							
10・20%区用	74.3	9.2	4.0	63.7	18.2	4.9	4.59
30・40%区用	80.0	8.7	4.1	63.2	19.3	4.9	4.56

水分以外は乾物中の値

## 結果および考察

### 1) トウモロコシ

基礎飼料およびトウモロコシの消化率と栄養価は表12に示した。トウモロコシの消化率および栄養価は、配合割合の差違により有意差は認められなかった ( $P>0.05$ ) が、NFEとエネルギーの消化率およびDEはトウモロコシの配合割合が増加するにつれ上昇の傾向を示した。また、乾物消化率は、10%区に比較し20%および30%区で約3%単位高かった。なお、粗蛋白質、粗脂肪、および粗繊維の消化率は、標準偏差が非常に大きく、一定の傾向を認めることはできなかった。

### 2) 緑葉蛋白質

基礎飼料および緑葉蛋白質の消化率と栄養価は表13に示した。トウモロコシ同様、緑葉蛋白質の消化率および栄養価においても、配合割合の差違

により有意差は認められなかった ( $P>0.05$ )。しかし、緑葉蛋白質の配合割合が増加するにつれ、乾物消化率およびTDN含量は低下の傾向を示した。

### 3) ビートパルプ

ビートパルプの乾物摂取割合は、10%区が10.35%、20%区が20.38%、30%区が28.33%で、30%区はビートパルプの給与量のうち、10%程度の残食を示した。基礎飼料およびビートパルプの消化率と栄養価は表14に示した。ビートパルプの消化率はビートパルプの配合割合が増加するにつれ、粗脂肪を除く各消化率は上昇の傾向を示し、エネルギーにおいて、10%区と30%区との間に5%水準で有意差が認められた。なお、ビートパルプの粗繊維の消化率は、20%区および30%区で約77%であり、基礎飼料の乾物消化率78.6%に近い、非

表12 供試飼料の消化率および栄養価

基礎飼料	トウモロコシ			
	10%区	20%区	40%区	
消化率				
乾物 (%)	79.5 ± 0.5 <sup>1)</sup>	82.1 ± 13.4	85.3 ± 10.0	85.3 ± 4.6
粗蛋白質 (%)	76.3 ± 2.0	70.0 ± 25.8	71.1 ± 20.9	67.1 ± 12.1
粗脂肪 (%)	65.7 ± 3.6	66.2 ± 23.7	73.3 ± 22.9	65.7 ± 14.9
NFE (%)	88.5 ± 0.3	88.3 ± 7.6	89.9 ± 4.8	91.3 ± 1.7
粗繊維 (%)	22.7 ± 2.7	25.0 ± 50.0	27.7 ± 48.5	26.0 ± 30.0
エネルギー (%)	78.7 ± 0.8	78.6 ± 15.8	81.8 ± 11.4	83.1 ± 4.8
栄養価 <sup>2)</sup>				
DCP (%)	7.6 ± 2.8	7.6 ± 2.8	7.7 ± 2.3	7.3 ± 1.3
DE (kcal/g)	3.54 ± 0.71	3.54 ± 0.7	3.70 ± 0.5	3.74 ± 0.2
TDN (%)	86.9 ± 11.6	86.9 ± 11.6	89.1 ± 9.2	88.9 ± 4.7

1) 平均値±標準偏差

2) 乾物中の値

常に高い値であった。栄養価についてみると、20%区と30%区ではほぼ同じ値であったが、10%区ではDEおよびTDN含量とも1割程度低かった。したがって、ビートパルプの配合割合が異なることによって、消化率および栄養価に影響を及ぼすことを認めたが、本試験ではビートパルプの乾物摂取割合が約2割以上になると、ビートパルプの消化率は、ほぼ安定するものと推察された。

## 4) とうもろこしサイレージ

基礎飼料およびとうもろこしサイレージの消化率と栄養価は表15に示した。粗脂肪の消化率は30%区で低かったが、各区とも総体的に高い値であった。その他の成分の消化率についてみると、NFEは処理による差は認められなかったが、乾物、粗蛋白質、粗繊維、エネルギーはサイレージの配合割合が増加するにつれ、低下の傾向を示した。

表13 供試飼料の消化率および栄養価

	基礎飼料	緑葉蛋白質			
		5%区	10%区	20%区	30%区
消化率					
乾物 (%)	81.0 ± 0.7 <sup>1)</sup>	70.0 ± 8.0	69.4 ± 6.0	66.9 ± 2.3	65.7 ± 0.6
粗蛋白質 (%)	79.3 ± 1.2	82.4 ± 1.9	82.2 ± 3.0	82.2 ± 1.6	79.8 ± 2.4
粗脂肪 (%)	70.4 ± 4.8	64.1 ± 27.5	44.4 ± 32.6	43.0 ± 3.3	43.6 ± 8.5
NFE (%)	89.0 ± 0.6	46.7 ± 36.9	58.9 ± 25.9	49.9 ± 5.3	51.2 ± 7.6
粗繊維 (%)	24.3 ± 4.8	61.7 ± 48.2	80.4 ± 30.5	53.0 ± 31.1	65.7 ± 16.4
エネルギー (%)	80.5 ± 1.0	66.8 ± 6.8	67.8 ± 6.3	66.2 ± 2.4	65.2 ± 0.8
栄養価 <sup>2)</sup>					
DCP (%)	12.1 ± 0.2	49.8 ± 1.2	49.6 ± 1.8	49.6 ± 0.9	48.2 ± 1.5
DE (kcal/g)	3.71 ± 0.04	3.91 ± 0.40	3.97 ± 0.37	3.87 ± 0.14	3.82 ± 0.04
TDN (%)	81.5 ± 0.8	73.4 ± 3.6	71.9 ± 6.8	69.3 ± 2.3	68.5 ± 1.1

1) 平均値±標準偏差

2) 乾物中の値

表14 供試飼料の消化率および栄養価

	基礎飼料	ビートパルプ		
		10%区	20%区	30%区
消化率				
乾物 (%)	78.6 ± 0.5 <sup>1)</sup>	66.8 ± 6.7	69.8 ± 4.5	70.8 ± 2.8
粗蛋白質 (%)	79.5 ± 1.9	6.0 ± 15.4	9.1 ± 14.4	9.3 ± 9.5
粗脂肪 (%)	68.3 ± 6.4	10.7 ± 27.9	9.6 ± 27.2	0
NFE (%)	87.1 ± 0.8	83.5 ± 8.9	86.4 ± 3.7	87.7 ± 3.2
粗繊維 (%)	23.9 ± 1.5	71.7 ± 9.4	76.6 ± 6.2	77.6 ± 7.2
エネルギー (%)	79.0 ± 0.7	56.9 ± 5.6 <sup>a3)</sup>	61.9 ± 6.3 <sub>ab</sub>	63.7 ± 3.0 <sub>b</sub>
栄養価 <sup>2)</sup>				
DCP (%)	15.1 ± 0.4	0.7 ± 1.8	1.1 ± 1.7	1.1 ± 1.1
DE (kcal/g)	3.54 ± 0.03	2.51 ± 0.25 <sub>a</sub>	2.73 ± 0.28 <sub>ab</sub>	2.81 ± 0.13 <sub>b</sub>
TDN (%)	80.3 ± 0.6	67.7 ± 6.4	70.8 ± 4.3	71.7 ± 3.5

1) 平均値±標準偏差

2) 乾物中の値

3) ビートパルプの処理区間において異符号間に有意差あり (a, b間にP&lt;0.05)

表15 供試飼料の消化率および栄養価

基礎飼料	サイレージ				
	10 % 区	20 % 区	30 % 区	40 % 区	
<b>消化率</b>					
乾物 (%)	78.7 ± 0.2 <sup>1)</sup>	74.9 ± 5.0 <sup>A3)</sup>	68.6 ± 0.8 <sup>B</sup>	67.9 ± 2.0 <sup>B</sup>	66.6 ± 0.7 <sup>B</sup>
粗蛋白質 (%)	75.1 ± 1.4	86.5 ± 18.1 <sup>A</sup>	63.1 ± 4.5 <sup>B</sup>	62.8 ± 4.8 <sup>B</sup>	63.0 ± 3.3 <sup>B</sup>
粗脂肪 (%)	82.5 ± 3.6	100.0 ± 0 <sub>a</sub>	100.0 ± 0 <sub>a</sub>	92.5 ± 7.1 <sub>b</sub>	98.0 ± 3.1 <sub>ab</sub>
N F E (%)	87.0 ± 0.5	80.4 ± 4.4	81.0 ± 0.2	80.4 ± 1.8	79.6 ± 0.9
粗繊維 (%)	35.7 ± 2.2	43.4 ± 7.3 <sub>a</sub>	35.6 ± 3.6 <sub>ab</sub>	34.6 ± 6.6 <sub>ab</sub>	32.8 ± 5.6 <sub>b</sub>
エネルギー (%)	78.6 ± 0.4	82.1 ± 5.8 <sup>A</sup>	75.4 ± 0.3 <sup>B</sup>	73.4 ± 2.9 <sup>B</sup>	71.9 ± 1.7 <sup>B</sup>
<b>栄養価<sup>2)</sup></b>					
D C P (%)	13.7 ± 0.2	8.0 ± 1.7 <sup>A</sup>	5.8 ± 0.4 <sup>B</sup>	5.5 ± 0.4 <sup>B</sup>	5.5 ± 0.3 <sup>B</sup>
D E (kcal/g)	3.47 ± 0.02	3.77 ± 0.27 <sup>A</sup>	3.46 ± 0.01 <sup>B</sup>	3.35 ± 0.13 <sup>B</sup>	3.28 ± 0.08 <sup>B</sup>
T D N (%)	80.9 ± 0.4	76.0 ± 5.6 <sub>a</sub>	72.9 ± 0.8 <sub>b</sub>	71.5 ± 2.1 <sub>b</sub>	71.2 ± 1.6 <sub>b</sub>

- 1) 平均値±標準偏差
- 2) 乾物中の値
- 3) サイレージの処理区間において異符号間に有意差あり (a, b間に P<0.05, A, B間に P<0.01)

特に、20%区、30%区および40%区では、消化率の差は小さいものの、10%区では他区に比較し、有意に高い値を示した。栄養価についてみると、消化率同様、10%区では他区よりも高い値であったが、20%以上の処理区における差は小さかった。

以上、4種類の供試飼料について、配合割合と消化率との関係を検討した結果、供試飼料の配合割合が異なることによって、供試飼料の消化率は影響を受けるものと推察された。すなわち、トウモロコシおよび緑葉蛋白質とも、消化率および栄養価に有意差は認められなかった (P>0.05) もの、緑葉蛋白質における5%区と30%区のTDN含量の差は4.9%単位に及んでいる。さらに、ビートパルプでは、10%区と30%区の差がDE含量で0.30kcal/g、TDN含量で4.0%単位、またとうもろこしサイレージでは10%区と40%区との差がDCP含量で2.5%単位、DE含量で0.49kcal/g、TDN含量で4.8%単位であった。したがって、これら配合割合の差違に基づく栄養価の差は、飼料の栄養評価の上で注目すべき値と判断される。

次に、これらの関係を、さらに検討するため、供試飼料の乾物配合割合と栄養価の関係について示すと図7のとおりである。総合的に判断し、供試飼料の配合割合がおよそ20%までは栄養価の変化がやや大きいものの、配合割合が20%以上にな

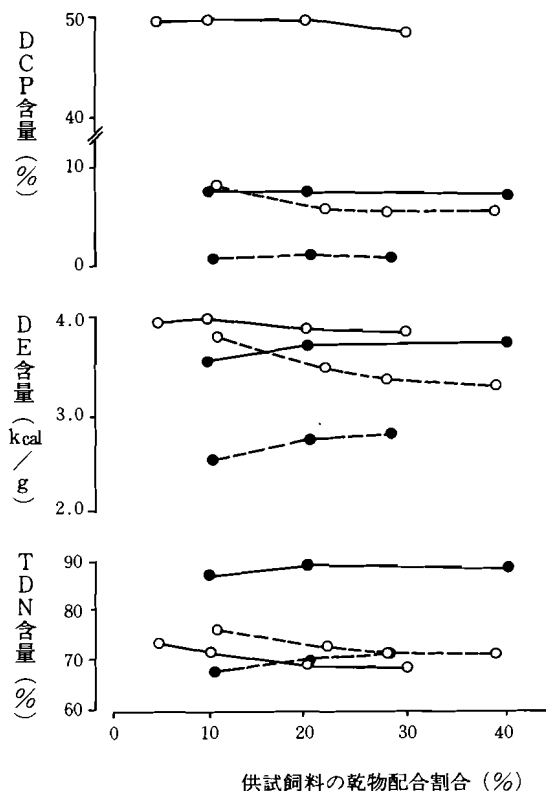


図7 供試飼料の乾物配合割合と栄養価との関係

- ( トウモロコシ (●—●)      緑葉蛋白質 (○—○)
- ( ビートパルプ (●-●)      とうもろこしサイレージ (○-○) )



ると栄養価の変化の小さいことがうかがわれる。また、表12, 13, 14および15から明らかなように、供試飼料の配合割合が増加するにつれ、供試飼料の消化率および栄養価の標準偏差は相対的に小さな値となった。これらのことから、供試飼料の消化率を求めるには、できるだけ配合割合を高めることが重要であり、本試験の結果からすると、供試飼料の配合割合を20%以上にすることが望ましいものと判断された。

## II-3 供試豚の体重と消化率

### 目 的

現在、豚の消化試験において、供試豚として通常用いられるのは、発育に伴う消化機能の発達程度、個体の取扱い易さ、採糞の簡便さ等から勘案し、特殊な事情を除き、およそ20kg時点の子豚から80kg時点の肥育後期の去勢豚が一般的である。しかし、この時期の豚の消化率は、発育に伴って高まる傾向にあるとする報告<sup>106,133,139,181)</sup>が多く、必ずしも消化率の測定にあたり、安定した条件にあるとは言えない。したがって、この時期の供試豚における発育ステージと消化率との関係を把握することは、消化試験実施上の留意点を明らかにする上で、重要な意義を有するものと考えられる。

そこで本試験は、1974~1984年の11年間にわたり、豚産肉能力検定飼料について、ほぼ同一飼養条件下で消化試験を実施した、体重24kgから74kgのランドレース去勢雄53頭について体重と消化率との関係を検討した。

### 材料および方法

体重と消化率との関係を検討するにあたり、体重以外の要因をできるだけ最小限に留め、他方ではデータ数をできるだけ多く収集する目的で、供試豚はランドレース去勢雄、供試飼料は豚産肉能力検定飼料、飼料の給与量は1日あたり体重の4.0~5.0%、消化試験は各豚とも代謝ケージに收容し、予備期間5日、採糞期間5日の全糞採取法のもとで、消化試験を実施して得られたデータに

ついて解析した。これらの条件のもとで、1974~1984年の11年間に延11例にわたって消化試験を実施したが、その供試豚の体重と飼料の給与量を表16に、さらに供試飼料である豚産肉能力検定飼料の化学成分を表17に示した。なお、豚産肉能力検定飼料の原料の配合割合を参考までに表18に示した。飼料の化学成分は必ずしも同一ではなく、年次による変動がみられた。これは、その年ごとによる供給原料の差違に基づくものと考えられる。また、本試験で採用した各個体ごとの体重は、消化試験期間10日の中間時体重とし、試験開始時と終了時に体重を測定し、その平均値をもって消化率測定時の体重とした。

表16 消化試験の実施内容

年度	供試頭数	供試時体重 <sup>1)</sup>	体重当り1日の飼料給与量	
			kg	%
1974	5	38.7~45.2	4.6~5.0	
1975	6	50.9~54.4	4.4~4.8	
1976	6	46.8~52.9	4.6~4.8	
1976	6	46.4~53.8	4.6~4.8	
1977	5	65.3~74.0	4.3~4.5	
1979	4	42.9~47.0	4.0~4.1	
1980	4	31.8~44.8	4.0	
1982	5	36.4~56.0	4.0	
1983	4	27.5~35.0	4.0	
1983	4	24.3~38.5	5.0	
1984	4	27.5~35.0	4.0	

1) 消化試験の中間時体重

消化試験の実施方法、飼料および糞の分析はII-1と同様である。

### 結果および考察

乾物、粗蛋白質、粗脂肪、NFE、粗繊維およびエネルギーの消化率と体重との関係を図8~13に示した。粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維およびエネルギーの各消化率と体重との間に1%水準で有意な相関関係を得たが、乾物およびNFEの消化率と体重との間には有意(P>0.05)な相関関係は認められなかった。

表17 供試飼料の化学成分 (n=11の平均値±標準偏差)

水分	粗蛋白質	粗脂肪	N F E	粗繊維	粗灰分	G E
10.9%	17.4%	4.3%	67.7%	4.4%	6.3%	4.49 kcal/g
±1.4	±0.8	±0.5	±1.8	±0.7	±0.4	±0.14

水分以外は乾物中の値

表18 豚産肉能力検定飼料の原料の配合割合

原料	配合割合	備考
トウモロコシ	22.00%	黄色品
マイロ	22.00	
大麦	22.00	
魚粕	4.00	C P 60%保証
大豆粕	9.00	C P 45%保証
フスマ	12.00	
脱脂米ヌカ	4.00	抽出品
アルファルファ	2.50	デハイC P 17%保証
炭酸カルシウム	0.70	Ca 95%以上
第3リン酸カルシウム	0.80	P 15%以上
食塩	0.50	
微量ミネラル	0.15	Cu 0.5%, Fe 5%, Mn 2%, Zn 5%, I 0.05%の含有を保証
ビタミンA D	0.15	1g中Aを10,000Iu, Dを1,000Iuの含有を保証
ビタミンB群	0.10	1g中B <sub>1</sub> 2.5mg, B <sub>2</sub> 2.5mg, ナイアシン10mg, パントテン酸10mg, B <sub>6</sub> 0.5mg, コリン20mg, B <sub>12</sub> 10μgの含有を保証
合成メチオニン	0.10	DLメチオニン98%以上

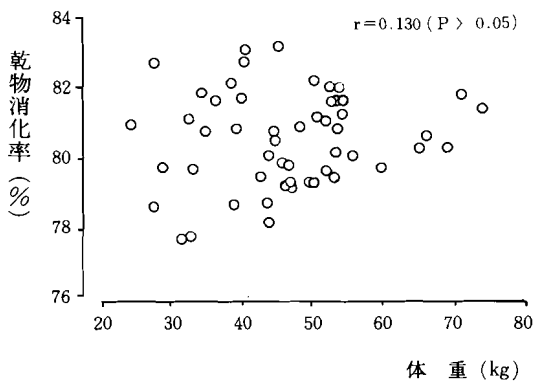


図8 体重と乾物消化率との関係

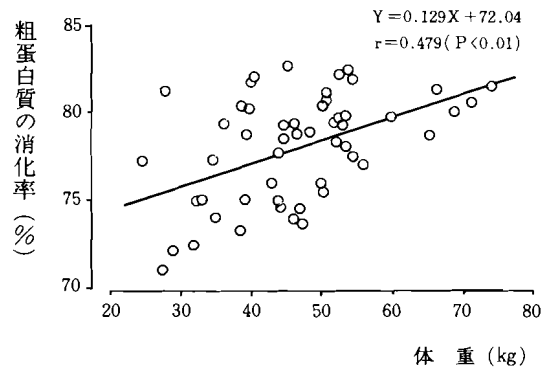


図9 体重と粗蛋白質の消化率との関係

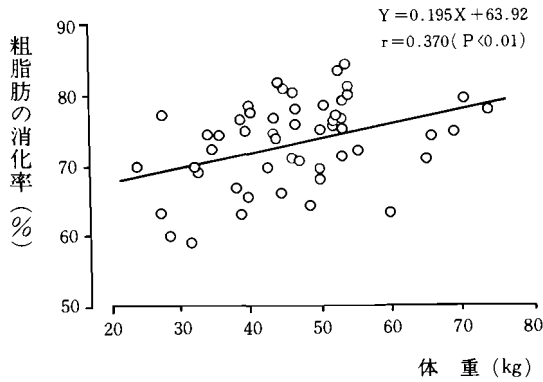


図10 体重と粗脂肪の消化率との関係

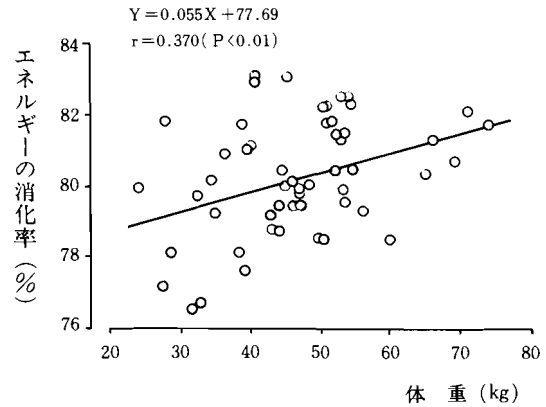


図13 体重とエネルギーの消化率との関係

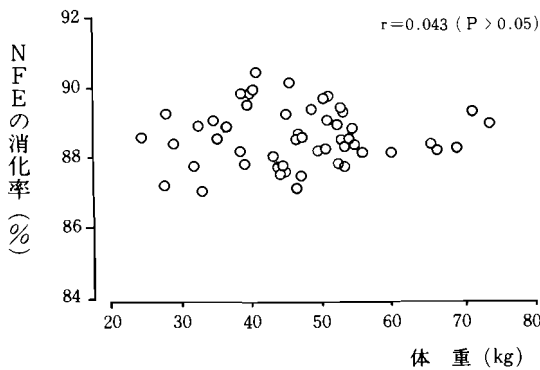


図11 体重とNFEの消化率との関係

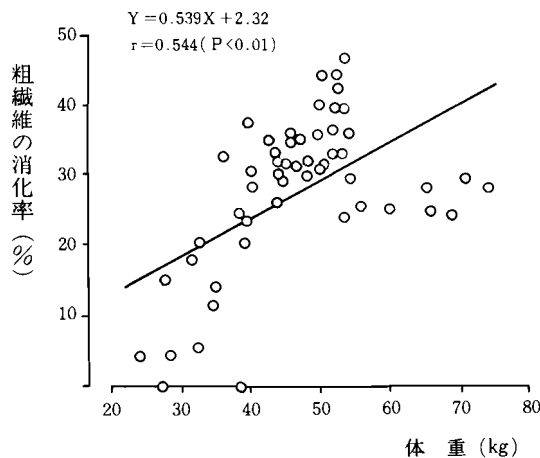


図12 体重と粗繊維の消化率との関係

佐々木ら<sup>133)</sup>は、中ヨークシャーを用いて、日令90日から180日の間に4期にわたって消化率を検討したところ、粗蛋白質および純蛋白質の消化率は日令とともに上昇の傾向を認めたが、粗繊維、粗脂肪およびNFEの消化率については、一定の傾向を認めなかったと報告している。また、森ら<sup>106)</sup>は、ランドレースとパークシャーの2品種を用いて、夏季と冬季に日令70~190日(夏季:体重17~97kg, 冬季:体重18~91kg)の間に5期にわたって消化試験を実施し、日令と消化率との関係について検討した結果、日令が進むにつれ各成分の消化率の上昇傾向は、特に粗蛋白質および粗脂肪の消化率で大きく、NFEの消化率で小さく、他方粗繊維の消化率においては、一定の傾向を認めなかったとしている。さらに吉本<sup>182)</sup>は、佐々木ら<sup>133)</sup>、森ら<sup>106)</sup>、浅井ら<sup>6)</sup>および吉本<sup>181)</sup>の発育時期別の成績をとりまとめた結果、日令が進むにつれて粗蛋白質および粗繊維の消化率は上昇の傾向が強いのに対し、NFEの消化率は小さかったと結論付けている。また、Siers<sup>139)</sup>はヨークシャーにおいて、消化率に及ぼす性および体重の影響について検討した結果、性的影響は認められなかったが、体重が34kgから80kgに増加すると乾物、粗蛋白質および粗脂肪の消化率は上昇を示したと報告している。

これまでの報告および本試験の結果から推論し、粗蛋白質、粗脂肪および粗繊維の消化率は、体重または日令とともに上昇の傾向を示し、他方NFE

Eの消化率は大きな影響を受けないものと判断される。なお、Thorbek<sup>150)</sup>によると、エネルギーの消化率は、20kg から90kg の豚において、体重10kg あたり0.5%ずつ向上したと報告している。すなわち、本試験で得られたエネルギーと体重との回帰式 $Y=0.055X+77.69$  (Y:エネルギーの消化率%, X:体重 kg)から、体重10kg あたりエネルギーの消化率は0.55%ずつ向上することが推量され、Thorbek<sup>150)</sup>と本試験の結果において、ほぼ一致した結果が得られた。

次に、DCP、DEおよびTDN含量と体重との関係について示すと図14~16のとおりである。DCPおよびDEは、それぞれの消化率同様、体重とともに上昇の傾向を示したが、TDNについては一定の傾向を認めなかった。なおTDNについては、森ら<sup>106)</sup>も体重との間に一定の傾向が認められなかったと報告している。

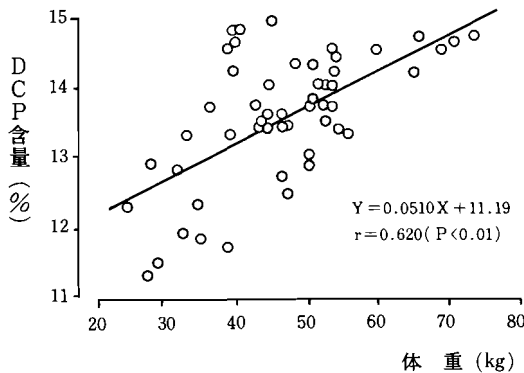


図14 体重と配合飼料のDCP含量との関係

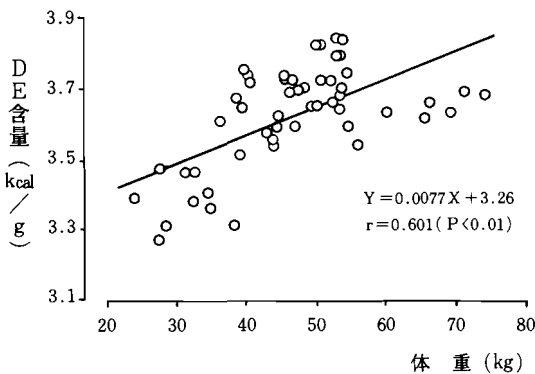


図15 体重と配合飼料のDE含量との関係

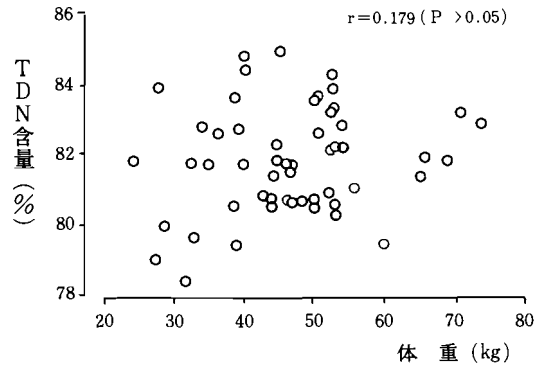


図16 体重と配合飼料のTDN含量との関係

以上のことから、およそ20kg から80kg までの肥育豚は、消化試験を実施する上で、供試時体重によって、粗蛋白質、粗脂肪、粗繊維およびエネルギーの消化率、さらにDCPおよびDE含量に影響を及ぼすことから、供試飼料の消化率を求めるには、供試飼料を実際に豚に利用する時期を十分に勘案した上で、供試豚の選定を図ることが重要と考えられる。また、本試験の結果からすると、粗繊維の消化率(図12)は、体重40kg までとはくに著明な上昇を示し、その後の変化が比較的小さいことから、粗繊維の消化率を論議する際には、体重40kg 時以降の豚を供試するのが望ましいものと推察された。

#### II-4 品種による消化率の比較

##### 目的

豚の消化率におよぼす品種間の変動に関しては、わが国においても既に幾つかの報告がみられる。すなわち、高橋ら<sup>154)</sup>は、パークシャーとヨークシャーの2品種について検討した結果、育成前期においてヨークシャーの方が粗蛋白質の消化率が高く、粗繊維の消化率の劣ることを、森ら<sup>106)</sup>はパークシャーとランドレースについて、いずれの成分の消化率とも差の認められなかったことを、吉本<sup>181)</sup>は中ヨークシャー、大ヨークシャー、ランドレースおよびハンプシャーの4品種の消化率を比較し、中ヨークシャーおよび大ヨークシャーは粗蛋白質およびNFEの消化能がすぐれ、他方粗繊維の消

化率はハンブシャーで高かったことを報告している。これらのことから、品種によっては、消化率に変動を及ぼすことが推察される。

そこで本試験は、現在わが国において、最も代表的な品種とみなされるランドレースと大ヨークシャーについて、両者の消化率を比較検討した。

#### 材料および方法

供試豚は、ランドレース去勢雄(体重26~31kg) 4頭、大ヨークシャー去勢雄(体重27~29kg) 4頭で、両品種とも、ほぼ同一体重のものを用いた。

供試飼料は、表19に示すように、配合飼料(豚産肉能力検定飼料(飼料A)および配合飼料をトウモロコシで20%(飼料B)または40%(飼料C)代替した飼料と、同じく大豆粕で20%(飼料D)代替した飼料の、合計4種類の飼料である。なお、供試飼料の化学成分は表20に示した。

表19 供試飼料の構成内容 (%)

	飼料A	飼料B	飼料C	飼料D
配合飼料	100	80	60	80
トウモロコシ	—	20	40	—
大豆粕	—	—	—	20

表20 供試飼料の化学成分

	飼料A	飼料B	飼料C	飼料D
水分(%)	9.2	9.3	8.7	8.1
粗蛋白質(%)	17.7	16.7	14.5	24.3
粗脂肪(%)	5.0	5.1	5.0	4.4
N F E(%)	66.3	68.7	72.6	59.8
粗繊維(%)	4.3	3.8	3.2	4.7
粗灰分(%)	6.7	5.7	4.7	6.8
エネルギー(kcal/g)	4.52	4.50	4.52	4.54

水分以外は乾物中の値

飼料の給与量は、1日あたり体重の4%とし、午前(9:00)と午後(3:00)に等量に分けて給与した。

消化試験は、ランドレースおよび大ヨークシャーとも4×4のラテン方格法に基づき、同一時期に、予備期間5日、採糞期間5日の全糞採取法に

より実施した。

飼料および糞の分析方法は、II-1と同様であり、両品種間の消化率および栄養価の有意性の検討はt-検定<sup>17)</sup>によった。

#### 結果および考察

飼料A, B, CおよびDについて、それぞれランドレースと大ヨークシャーの消化率と栄養価との関係を示すと、表21~24のとおりである。ランドレースおよび大ヨークシャーの品種間における、各成分の消化率および栄養価の差は極めて小さく、いずれの成分とも品種間に有意差は認められなかった( $P > 0.05$ )。なお、本験において、両品種の消化率の差が2.0%単位以上であったのは、飼料CおよびDの粗脂肪と粗繊維の消化率のみであった。特に、粗脂肪および粗繊維の消化率は、表20からも明らかなように、それぞれの成分含量が少なく、しかも両成分の消化率の標準偏差は、他の成分に比較して大きいことから、試験誤差に基づく影響が大きかったものと判断される。

吉本<sup>18)</sup>によると、粗蛋白質およびN F Eの消化率は、ランドレースに比較し大ヨークシャーの方が有意( $P < 0.01$ )に高かったと報告している。しかし、彼はアルファルファミール70%、コーンスターチ20%、砂糖10%からなる、かなり特殊な飼料を用いて検討していることから、本試験のように、養豚用飼料として一般的に利用されている

表21 飼料Aの消化率および栄養価

	ランドレース	大ヨークシャー
消化率		
乾物(%)	78.7 ± 1.3	79.5 ± 0.5
粗蛋白質(%)	75.4 ± 2.7	76.3 ± 2.0
粗脂肪(%)	64.1 ± 4.1	65.7 ± 3.6
N F E(%)	87.9 ± 0.9	88.5 ± 0.3
粗繊維(%)	21.6 ± 5.2	22.7 ± 2.7
エネルギー(%)	77.7 ± 1.6	78.7 ± 0.8
栄養価 <sup>1)</sup>		
D C P(%)	13.4 ± 0.5	13.5 ± 0.4
D E(kcal/g)	3.52 ± 0.08	3.56 ± 0.03
T D N(%)	79.8 ± 1.4	80.5 ± 0.7

1) 乾物中の値

表22 飼料Bの消化率および栄養価

	ランドレース	大ヨークシャー
消化率		
乾物(%)	80.3 ± 2.3	80.7 ± 2.0
粗蛋白質(%)	75.3 ± 2.8	76.9 ± 3.6
粗脂肪(%)	66.9 ± 6.2	67.5 ± 4.7
N F E(%)	88.8 ± 1.4	88.8 ± 1.1
粗繊維(%)	22.1 ± 11.1	22.1 ± 8.2
エネルギー(%)	79.0 ± 2.7	79.3 ± 2.3
栄養価 <sup>1)</sup>		
D C P(%)	12.6 ± 0.5	12.8 ± 0.6
D E(kcal/g)	3.55 ± 0.12	3.57 ± 0.10
T D N(%)	82.1 ± 2.5	82.4 ± 2.1

## 1) 乾物中の値

表23 飼料Cの消化率および栄養価

	ランドレース	大ヨークシャー
消化率		
乾物(%)	82.7 ± 3.0	81.8 ± 1.8
粗蛋白質(%)	74.7 ± 6.3	73.5 ± 3.5
粗脂肪(%)	69.3 ± 12.4	66.2 ± 6.1
N F E(%)	90.0 ± 1.5	89.7 ± 0.8
粗繊維(%)	26.0 ± 9.7	21.1 ± 8.9
エネルギー(%)	81.2 ± 3.5	80.3 ± 1.9
栄養価 <sup>1)</sup>		
D C P(%)	10.8 ± 0.9	10.7 ± 0.5
D E(kcal/g)	3.67 ± 0.16	3.63 ± 0.09
T D N(%)	84.8 ± 3.6	83.9 ± 1.9

## 1) 乾物中の値

表24 飼料Dの消化率および栄養価

	ランドレース	大ヨークシャー
消化率		
乾物(%)	81.1 ± 1.0	80.3 ± 2.7
粗蛋白質(%)	82.3 ± 1.6	81.0 ± 2.6
粗脂肪(%)	67.6 ± 4.3	64.4 ± 7.8
N F E(%)	89.0 ± 0.7	88.6 ± 1.8
粗繊維(%)	34.0 ± 4.0	32.0 ± 6.0
エネルギー(%)	80.5 ± 1.2	79.8 ± 2.3
栄養価 <sup>1)</sup>		
D C P(%)	20.0 ± 0.4	19.7 ± 0.6
D E(kcal/g)	3.65 ± 0.05	3.62 ± 0.11
T D N(%)	81.5 ± 1.3	80.5 ± 2.7

## 1) 乾物中の値

配合飼料を主体に、トウモロコシおよび大豆粕を配合した飼料を用いて検討した結果とは、その成績が必ずしも一致しないことが推察される。すなわち、特殊な飼料の給与条件のもとでは、場合によっては、品種の有する特性が発揮され、その結果、消化率に差異の生ずることも思考されるが、これらの問題に関しては、さらに今後の検討が必要であろう。

一方、本試験では、配合飼料として豚産肉能力検定飼料を用いたが、その主原料は表18に示すように、トウモロコシ、マイロ、大麦、フスマおよび大豆粕であり、これにさらにトウモロコシや大豆粕を高率に配合した飼料を供試した。したがって、これらの飼料において、ランドレースと大ヨークシャーとの間に、特に消化率に明らかな差が認められないことから、現在、養豚用配合飼料の主原料である穀類や大豆粕の消化率の測定にあたっては、少なくとも両品種間における消化率の差は、考慮する必要がないものと判断される。

## II-5 全糞採取法と指標物質法との関係

## II-5-1 全糞採取法と酸化クロム法の比較

## 目 的

豚の消化試験においては、酸化クロムを指標物質とする方法が広く普及している。しかし、全糞採取法と酸化クロム法を併用して消化試験を行うと、必ずしも両者の消化率の値が一致しない場合が多く、一般には、全糞採取法に比較し、酸化クロム法で消化率の低いことが報告<sup>18,44,51,73,74,152,181)</sup>されている。

一方、全糞採取法と酸化クロム法の消化率の差は、各成分とも必ずしも同じような傾向はみられず、成分によって異なり、特に粗繊維で両手法の差の大きいことが報告<sup>18,74,152,181)</sup>されている。

そこで本試験では、1974年から1981年の8年間に、33種類の飼料について、全糞採取法と酸化クロム法の消化率の関係について検討を加えると同時に、両手法における各成分の消化率および栄養

価の差違について検討した。

試験の実施内容について示すと表25のとおりである。

材料および方法

表25 消化試験の構成内容

年度	供試頭数	給与飼料の構成	試験開始時体重 kg	酸化クロム添加量 %	1日の飼料の給与量
1974	5	検定飼料 <sup>1)</sup> 100%	35—41*	0.1	旧の検定基準
	6	検定飼料 90%+動物性油脂10%			
	6	検定飼料 82%+動物性油脂10%+カゼイン 8%			
	6	検定飼料 74%+動物性油脂10%+カゼイン16%			
1975	6	検定飼料100%	36—42*	0.2	旧の検定基準
	6	検定飼料 70%+破碎えん麦30%			
	6	検定飼料 70%+粒状えん麦30%			
1976	6	検定飼料100%	34—40*	0.2	旧の検定基準
	5	検定飼料 70%+破碎大麦30%			
	6	検定飼料 70%+粒状大麦30%			
	6	検定飼料100%			
1977	3	検定飼料 70%+ビートパルプペレット30%	70—82*	0.2	旧の検定基準
	3	検定飼料 70%+ポテトパルプペレット30%			
	3	検定飼料 70%+アルファルファ LPC <sup>2)</sup> 30%			
	3	検定飼料 80%+オーチャードグラス LPC20%			
	3	検定飼料 80%+ポテトプロテイン20%			
1978	4	検定飼料100%	56—67*	0.2	旧の検定基準
	4	検定飼料 80%+アルファルファミール20%			
	4	検定飼料 75%+アルファルファミール20%+動物性油脂5%			
	4	検定飼料100%			
1980	4	検定飼料100%	26—31*	0.2	体重の4%
	4	検定飼料 80%+トウモロコシ20%			
	4	検定飼料 60%+トウモロコシ40%			
	4	検定飼料 80%+大豆粕20%	27—29**	0.2	体重の4%
	4	検定飼料100%			
	4	検定飼料 80%+トウモロコシ20%			
1981	4	検定飼料100%	30—32*	0.2	体重の4%
	4	検定飼料 90%+ビートパルプ10%			
	4	検定飼料 80%+ビートパルプ20%			
	4	検定飼料 70%+ビートパルプ30%	45—54*	0.2	体重の3.5%
	4	検定飼料100%			
	4	検定飼料 80%+ビートパルプ20%			

1) 豚産肉能力検定飼料

2) 緑葉蛋白質 (Leaf Protein Concentrate)

\* ランドレース去勢雄, \*\* 大ヨークシャー去勢雄

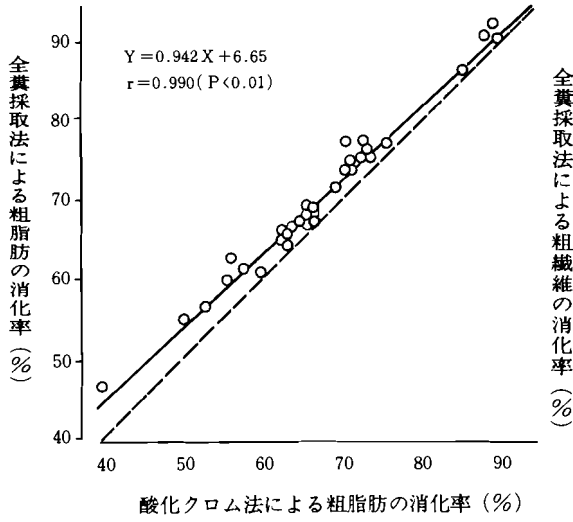


図19 粗脂肪の消化率における全糞採取法と酸化クロム法との関係

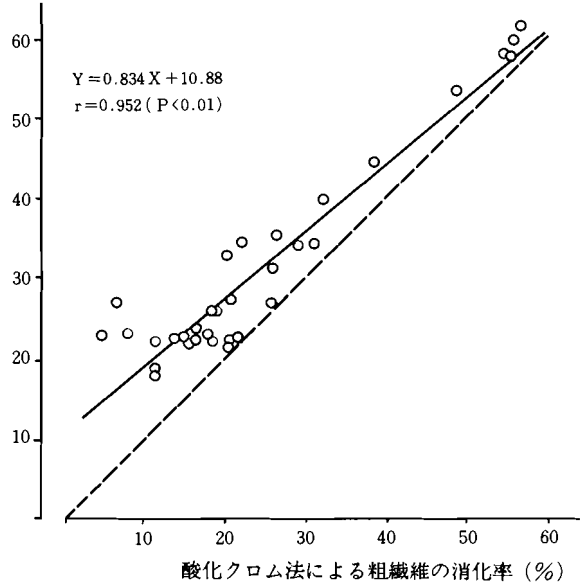


図21 粗繊維の消化率における全糞採取法と酸化クロム法との関係

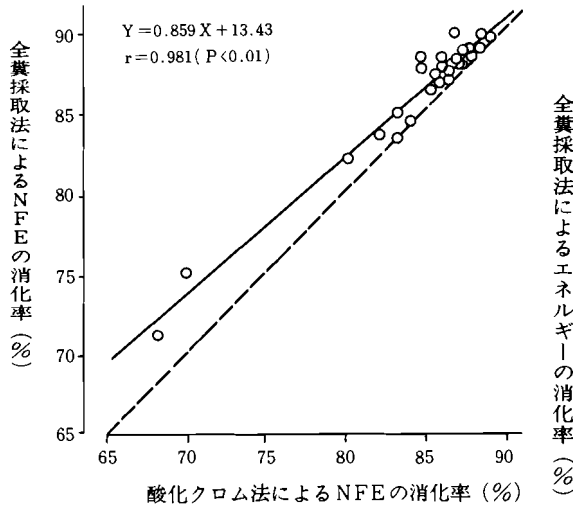


図20 NFEの消化率における全糞採取法と酸化クロム法との関係

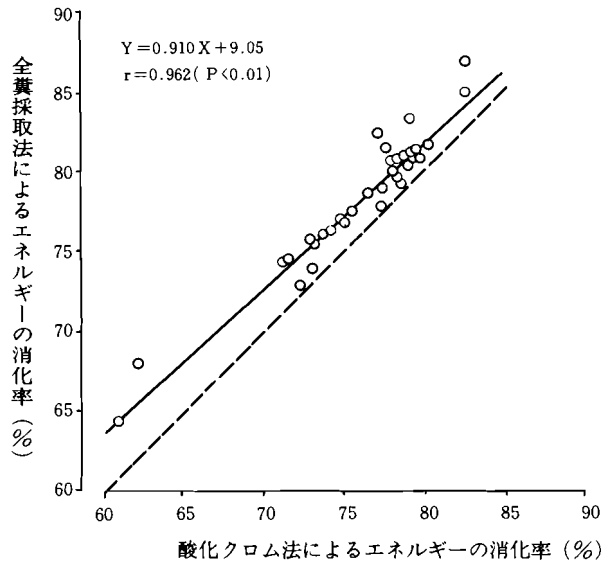


図22 エネルギーの消化率における全糞採取法と酸化クロム法との関係



表26 全糞採取法および酸化クロム法の平均消化率と両手法の消化率の差 (%)

	消化率の平均値 <sup>1)</sup>		両手法の <sup>1)</sup> 消化率の差
	全糞採取法	酸化クロム法	
乾物	78.72± 4.31	76.54± 4.65	2.18±1.33
粗蛋白質	76.37± 6.21	74.04± 6.64	2.33±1.36
粗脂肪	70.32±10.14	67.58±10.65	2.74±1.56
N F E	86.75± 4.05	85.35± 4.62	1.41±1.02
粗繊維	31.46±12.93	24.67±14.76	6.79±4.65
エネルギー	78.23± 4.47	76.04± 4.73	2.19±1.29

1) 平均値±標準偏差

酸化クロム法による消化率は、次式によって求まる。

$$\text{消化率}(\%) = 100 - \frac{\text{糞中成分}(\%)}{\text{飼料中成分}(\%)} \times \frac{\text{飼料中酸化クロム}(\%)}{\text{糞中酸化クロム}(\%)} \times \text{酸化クロムの回収率}(\%)$$

しかし、酸化クロム法による消化率は、酸化クロムの回収率を100%と仮定して算出されるため、酸化クロムの回収率に基づく補正は行われな。したがって、酸化クロムの回収率を100%としたときの、酸化クロム法による消化率を90%とすると、前式の

$$\frac{\text{糞中成分}(\%)}{\text{飼料中成分}(\%)} \times \frac{\text{飼料中酸化クロム}(\%)}{\text{糞中酸化クロム}(\%)}$$

の値は0.10でなければならない。この条件下で、酸化クロムの回収率が70~90%の範囲で変化した際の消化率を求めると、酸化クロムの回収率が70%のとき93%、80%のとき、92%、90%のとき91%となる。同様に、酸化クロム法による消化率が10~90%の範囲において、酸化クロムの回収率ごとに補正された消化率(=全糞採取法の値)との関係について算出して示すと表27のとおりである。これらの関係を、本試験の成績について検討するために、表26で得られた酸化クロム法の消化率の値を、酸化クロムの回収率90.8%で補正した場合の消化率の値について、各成分ごとに求めると、乾物78.70%、粗蛋白質76.43%、粗脂肪70.56%、N F E 86.70%、粗繊維31.60%、エネルギー78.24%となり、表26の全糞採取法によって得られた消化率の値とほぼ一致する。さらに、表27の関

係を図式化すると図23のとおりである。図23からも明らかのように、酸化クロムの回収率が小さくなると両手法の消化率の差が大きくなり、他方、酸化クロムの回収率が同じ条件でも、消化率の値が小さくなると、両手法の消化率の差が大きくなることを示している。このことは、消化率の低い成分で両手法の消化率の差が大きかった本試験の結果と一致する。また、各成分における全糞採取法と酸化クロム法の関係において、特に粗繊維の相関係数が他の成分に比較して低かったのは、粗繊維の消化率が総体的に低いため、他の成分に比べ両手法の消化率の差が大きくなったためと判断される。すなわち、図21からも明らかのように、酸化クロム法による粗繊維の消化率が低くなると、全糞採取法と酸化クロム法との間に明確な関係が認められなくなり、しかも両手法の消化率の差が大きくなることから明らかである。

以上のことから、全糞採取法に比較し、酸化クロム法で消化率が低かったとする報

表27 酸化クロム法の消化率を酸化クロムの回収率に基づいて補正した際の消化率の推定値との関係 (%)

酸化クロムの回収率	酸化クロム法による消化率									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
70	37	44	51	58	65	72	79	86	93	補正された消化率 (全糞採取法の消化率)
80	28	36	44	52	60	68	76	84	92	
90	19	28	37	46	55	64	73	82	91	

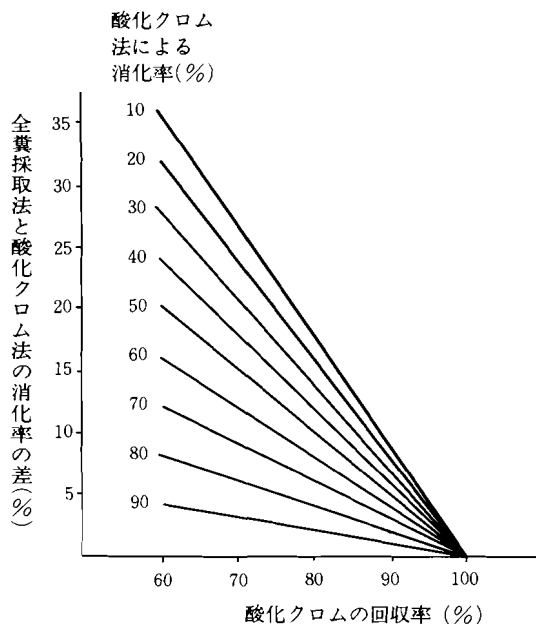


図23 酸化クロム法の消化率ごとにおける全糞採取法と酸化クロム法の消化率の差と酸化クロムの回収率との関係

告<sup>18,44,51,73,74,152,181</sup>)は、酸化クロムの回収率に起因し、さらに両手法の各成分ごとにおける消化率の差の大きさの違い<sup>17,60,131,150</sup>)は、消化率の値による影響と結論される。本試験における酸化クロムの回収率は90.8%で、Furuya ら<sup>51</sup>)の報告値89.8%とほぼ同じ値であった。また、全糞採取法と酸化クロム法の消化率の比較において、高橋ら<sup>152</sup>)は両者間に統計的な差は認められなかったとし、Furuya ら<sup>51</sup>)および吉本<sup>181</sup>)は両者間に有意差があったと報告している。特に、吉本<sup>181</sup>)は、酸化クロム法による粗繊維の消化率は測定不能な場合があるため、なるべく全糞採取法を採用することが望ましいと結論づけている。すなわち、指標物質の回収率が100%でない限り、全糞採取法と指標物質法の消化率の差は、消化率の低い成分ほど大きくなるため、そのような成分の消化性を検討するには、全糞採取法を採用するのが望ましいと言える。

次に33種類の飼料からDCP、DEおよびTDNについて、全糞採取法と酸化クロム法の間を求めると、図24~26のとおりである。全糞採取法

(Y)と酸化クロム法(X)との間に、DCP(%)で $Y=0.991X+0.54$  ( $r=0.998$ )、DE(kcal/g)で $Y=0.998X+0.11$  ( $r=0.979$ )、TDN(%)で $Y=0.989X+2.86$  ( $r=0.985$ )と各栄養価とも相関係数0.98以上の有意( $P<0.01$ )な関係が得られた。このことから、酸化クロム法によって得られた栄養価から、全糞採取法の各栄養価を精度よく推定できるものと推察された。

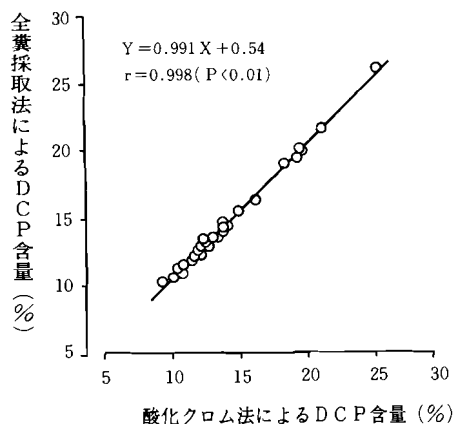


図24 DCP含量における全糞採取法と酸化クロム法との関係

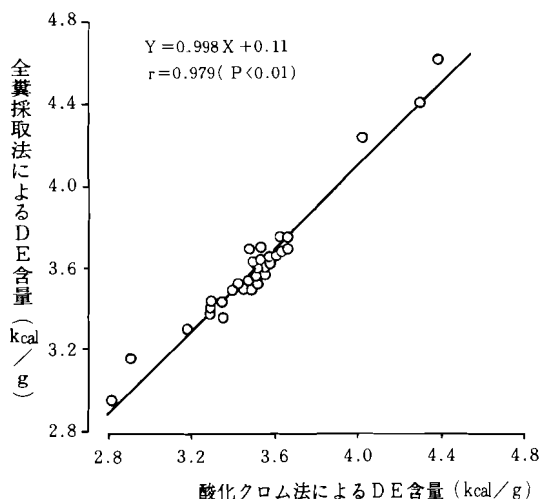


図25 DE含量における全糞採取法と酸化クロム法との関係

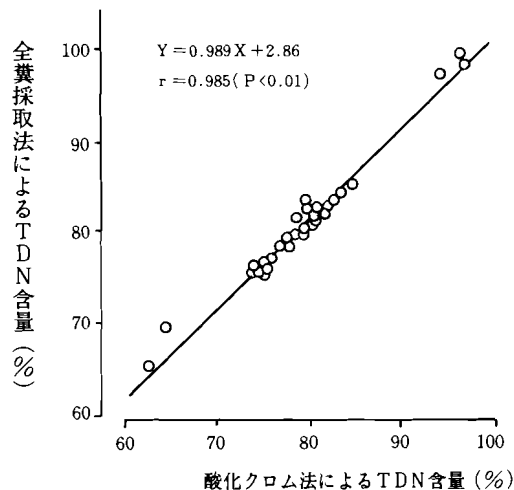


図26 TDN含量における全糞採取法と酸化クロム法との関係

### II-5-2 全糞採取法と酸不溶性灰分法の比較

#### 目的

豚の消化試験においては、消化率測定上の簡便さより、指標物質法が種々検討され、とりわけ、外部指標物質としての酸化クロム法は、すでに実用の段階にある。しかし、前試験(II-5-1)でも明らかのように、酸化クロムの回収率は一般に低いため、必ずしも満足すべき指標物質とは言い難い面があり、酸化クロム法採用にあたっての是非論がみられる<sup>18,51,73,103,181</sup>。特に、外部指標物質は、飼料に均一に添加されることは勿論のこと、摂取飼料と分離することなく消化管内を移動することが要求される。このような問題点を克服するため、他方では外部指標物質法に代り、天然指標物質、いわゆる内部指標物質法の検討も注目されてきた。

内部指標物質法としては、古くより反芻家畜を中心に、リグニン<sup>32,33,34,38,39,145,157</sup>およびクロモーゲン<sup>55,80,81,129,140</sup>を用いる方法が検討され、これらに関する報告も多い。しかし、これらの指標物質は、定量化上煩雑であり、必ずしも回収率が良好でないことなどから、十分な普及をみるまでには至っていない。

一方、近年、内部指標物質の一つとして、酸不

溶性灰分(以下A I Aと略す)を用いた手法が開発され、すでに反芻家畜<sup>157,160</sup>、馬<sup>148</sup>、豚<sup>59,91,98,99</sup>、鶏<sup>163</sup>、で良好な成績を得ている。しかし、A I A法に関しては、分析が比較的容易であるものの、必ずしも消化管内での安定性が優れているとは言い難く、A I Aの主体をなすケイ酸の存在形態によっては、消化管内で可溶化し吸収を受けることも指摘<sup>7,122</sup>されている。

そこで本試験では、豚の消化試験において、A I A法を採用するにあたっての整合性を検討するため、延30種類の飼料を用いて、全糞採取法との比較を行った。

#### 材料および方法

試験の構成内容は表28のとおりである。

供試飼料は、表28に示すごとく、基礎飼料として豚産肉能力検定飼料を用い、これにトウモロコシ、大豆粕、ポテトパルプサイレージ(III-2)、ビートパルプ、部位別とうもろこしサイレージ(III-5)、コーンスターチおよび緑葉蛋白質(II-3)を1種類あるいは2種類を組み合わせた飼料と、市販の肥育用配合飼料の延30種類の飼料である。

消化試験および飼料の分析方法は、II-1と同様であり、A I Aの定量はMcCartyら<sup>98</sup>の4N-塩酸法に基づいた。

#### 結果および考察

乾物、粗蛋白質、粗脂肪、N F E、粗繊維およびエネルギーの順に、全糞採取法とA I A法との関係を示すと図27~32のとおりである。各成分ごとの消化率における、全糞採取法(Y:%)とA I A法(X:%)との関係についてみると、乾物で $Y=0.778X+18.20$  ( $r=0.937$ )、粗蛋白質で $Y=0.862X+11.22$  ( $r=0.935$ )、粗脂肪で $Y=0.841X+11.99$  ( $r=0.948$ )、N F Eで $Y=0.791X+18.69$  ( $r=0.947$ )、粗繊維で $Y=0.759X+9.07$  ( $r=0.892$ )、エネルギーで $Y=0.761X+19.37$  ( $r=0.931$ )のいずれも有意( $P<0.01$ )な関係が得られたが、前試験(II-5-1)の全糞採取法と酸化クロム法との関係から得られた各成分の相関係数よりも、いずれの値とも低かった。

表28 消化試験の構成内容

年度	供試頭数	給与飼料の構成	供試時体重	1日当り飼料の給与量
kg				
1980	4	検定飼料 <sup>1)</sup> 100%	26~30	体重の4%
	4	検定飼料 80%+トウモロコシ20%*		
	4	検定飼料 60%+トウモロコシ40%*	54~58	体重の4%
	4	検定飼料 80%+大豆カス20%*		
	4	検定飼料100%		
4	検定飼料 70%+ポテトパルプサイレージ30%**			
1981	4	検定飼料100%	30~32	体重の4%
	4	検定飼料 90%+ビートパルプ10%*		
	4	検定飼料 80%+ビートパルプ20%*		
	4	検定飼料 70%+ビートパルプ30%*	42~48	検定 2 kg サイレージ 2 kg
	4	検定飼料 72%+雌穂とうもろこしサイレージ28%**		
	4	検定飼料 83%+茎葉とうもろこしサイレージ17%**		
	4	検定飼料 79%+ホールクロップとうもろこしサイレージ21%**		
4	検定飼料 82%+茎葉とうもろこしサイレージ18%**			
4	検定飼料 79%+ホールクロップとうもろこしサイレージ21%**			
1982	5	検定飼料100%	32~38	体重の4%
	5	検定飼料 60%+トウモロコシ40%*		
	3	検定飼料 71%+ビートパルプ21%+大豆カス8%*	54~61	体重の4%
3	検定飼料 75.8%+コーンスターチ15.6%+大豆カス8.6%*			
1983	3	検定飼料 70%+アルファルファ L P C <sup>2)</sup> (A) 30%*	31~47	体重の4%
	3	検定飼料 70%+アルファルファ L P C (B) 30%*		
	3	検定飼料100%		
	6	検定飼料100%	26~33	体重の2%
	6	検定飼料100%	26~33	体重の4%
	6	市販の肥育用配合飼料100%	26~33	体重の2%
6	市販の肥育用配合飼料100%	26~33	体重の4%	
1984	4	大豆カス無配合飼料 <sup>3)</sup> 100%	38~40	体重の4%
	4	大豆カス無配合飼料 90%+アルファルファ L P C 10%*		
	4	大豆カス無配合飼料 80%+アルファルファ L P C 20%*		
	4	大豆カス無配合飼料 70%+アルファルファ L P C 30%*		

1) 豚産肉能力検定飼料      2) 緑葉蛋白質 (Leaf Protein Concentrate)

3) 検定飼料中から大豆カスを除外

\* 風乾物重量割合      \*\* 乾物重量割合

各成分における、全糞採取法およびA I A法の消化率の全平均値および両手法の消化率の差を示すと、表29のとおりである。両手法の消化率の差は、N F E < 乾物 < エネルギー < 粗蛋白質 < 粗脂肪 < 粗繊維の順に大きな値となり、両手法の差は消化率の高い成分で小さく、逆に低い成分で大きく、前試験 (II-5-1) の結論を裏付けた。ま

た、両手法間の消化率において、いずれの成分とも統計上 (t-検定)<sup>179)</sup>、有意差は認められなかった (P > 0.05)。なお、A I Aの回収率は、全平均値と標準偏差で示すと97.5 ± 10.1%で、前試験 (II-5-1) の酸化クロム法の値と比較すると、A I Aの方が平均回収率は良好であったが、その標準偏差は酸化クロム法の5.3 (変動係数5.8%)

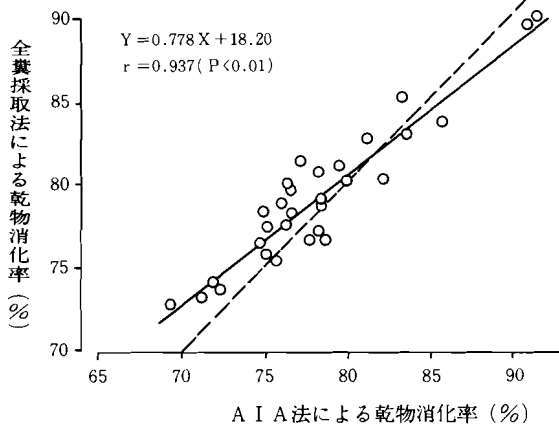


図27 乾物消化率における全糞採取法と A I A法との関係

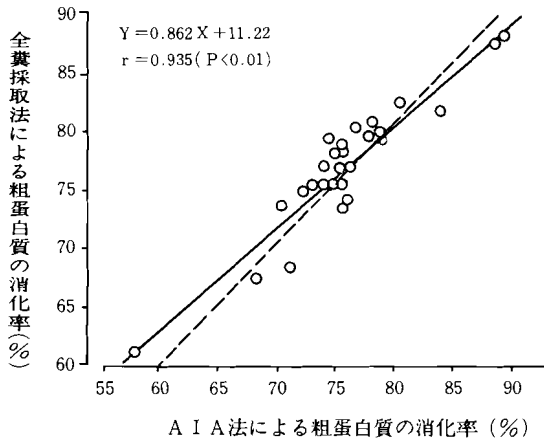


図28 粗蛋白質中の消化率における全糞採取法と A I A法との関係

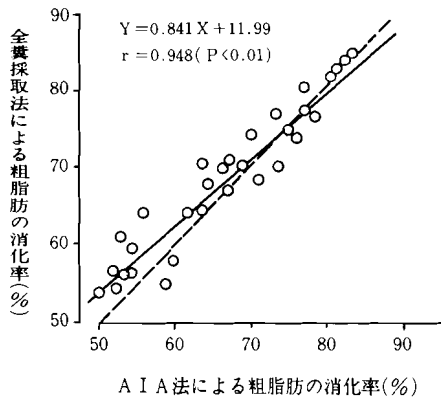


図29 粗脂肪の消化率における全糞採取法と A I A法との関係

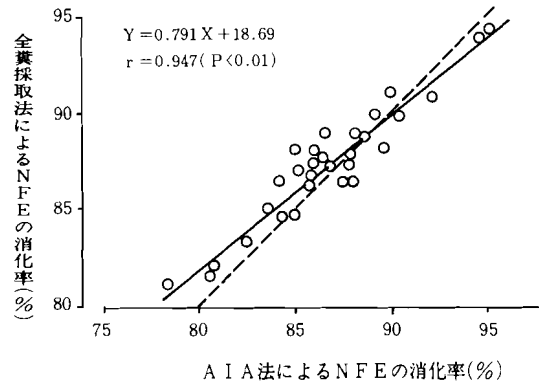


図30 NFEの消化率における全糞採取法と A I A法との関係

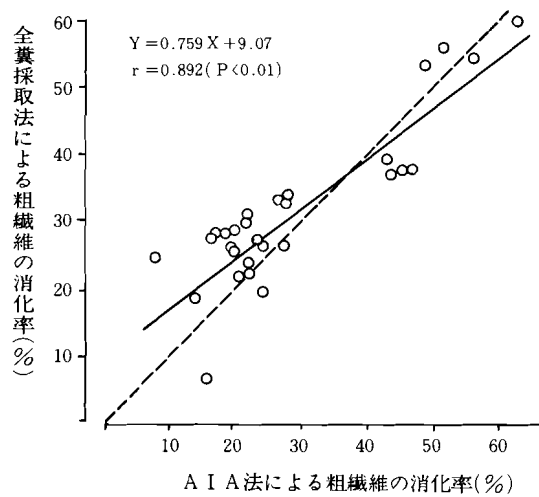


図31 粗繊維の消化率における全糞採取法と A I A法との関係

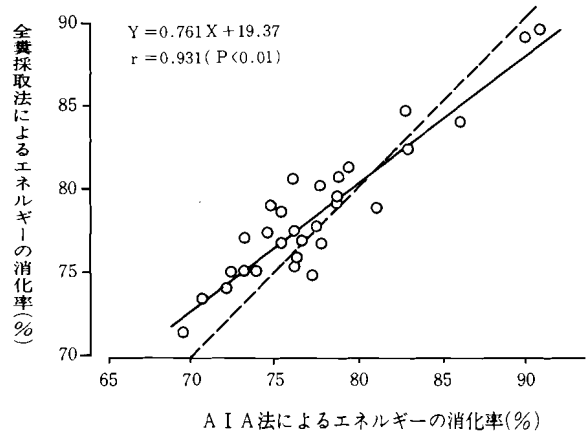


図32 エネルギーの消化率における全糞採取法と A I A法との関係

に対し、A I A法は10.1 (変動係数10.4%) と、約2倍の変動係数を示した。したがって、A I A法は、酸化クロム法に比較し、糞中における指標物質の回収率の変動係数が大きいこと、各消化率において、全糞採取法との間における相関係数が、酸化クロム法のそれらより低くなったものと判断される。

表29 全糞採取法および酸不溶性灰分法の平均消化率と両手法の消化率の差 (%)

	消化率の平均値 <sup>1)</sup>		両手法の <sup>1)</sup> 消化率の差
	全糞採取法	酸不溶性灰分法	
乾物	79.23±4.21	78.40±5.07	0.83±1.85
粗蛋白質	76.90±5.26	76.20±5.71	0.70±2.03
粗脂肪	67.84±9.10	66.43±10.27	1.42±3.32
N F E	87.34±3.13	86.74±3.74	0.59±1.27
粗繊維	31.14±11.94	29.06±14.04	2.08±6.36
エネルギー	78.48±4.18	77.64±5.11	0.84±1.95

1) 平均値±標準偏差

次に、糞中のA I Aの回収率と飼料中のA I A含量との関係を見ると、図33のとおりである。この結果、飼料中のA I A含量が低くなると、糞中のA I Aの回収率は大きく変動を示し、飼料中のA I A含量が0.5%以下の場合に、特にA I Aの回収率の変動幅の大きいことが認められた。なお、飼料中のA I A含量が0.5%以下においては、糞中のA I Aの回収率が100%以上の場合も多くみられたが、飼料中のA I A含量が0.5%以上になると、糞中のA I Aの回収率は100%以下となる場合が多かった。このことは、飼料中のA I A含量が少なくなると、通常分析誤差の範囲内でも、測定精度の低下により、回収率の変動幅が大きくなることを示しているものと推察される。また、飼料中のA I A含量の増加に伴い、A I Aの回収率が100%以下と、総体的に低下するのは、Baileyら<sup>7)</sup>およびNottle<sup>122)</sup>が報告しているように、A I Aの主体をなすケイ酸の一部が、消化管内で可溶化し吸収を受けることによる影響が推測される。

30種類の飼料における、DCP、DEおよびTDNについて、全糞採取法とA I A法の間における関係を求めると図34～図36のとおりである。全糞採取法(Y)

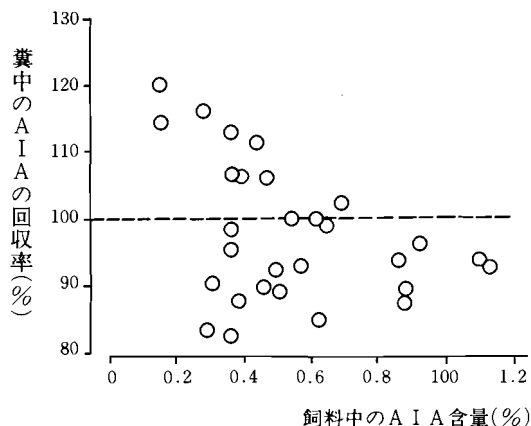


図33 飼料中のA I A含量と糞中のA I Aの回収率との関係

とA I A法(X)との間に、DCP (%)で $Y = 1.025X - 0.20$  ( $r = 0.995$ ), DE (kcal/g)で $Y = 0.799X + 0.74$  ( $r = 0.840$ ), TDN (%)で $Y = 0.789X + 17.51$  ( $r = 0.936$ )の、いずれも有意( $P < 0.01$ )な関係が認められた。他方、本試験で得られた相関係数を、前試験の全糞採取法と酸化クロム法で得られた相関係数の値と比較すると、DCPにおいては両者とも非常に高い相関係数が認められたものの、DEおよびTDNは酸化クロム法に比較し、A I A法でいずれも低かった。

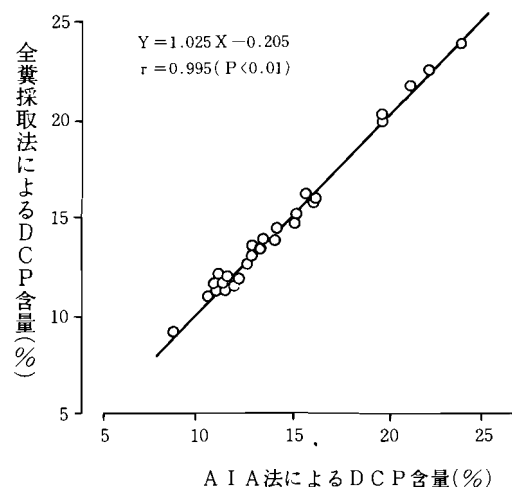


図34 DCPにおける全糞採取法とA I A法との関係

以上の結果から、A I Aの糞中における平均回収率は、酸化クロムより良好であったものの、飼料によってはA I Aの回収率が大きく変動し、特

にA I A含量の低い飼料において、回収率の変動幅が大きいことから、消化試験実施上、さらに今後の検討が必要と推察された。

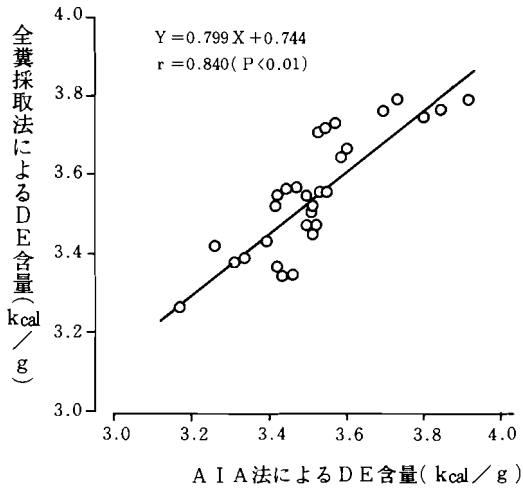


図35 DEにおける全糞採取法とA I A法との関係

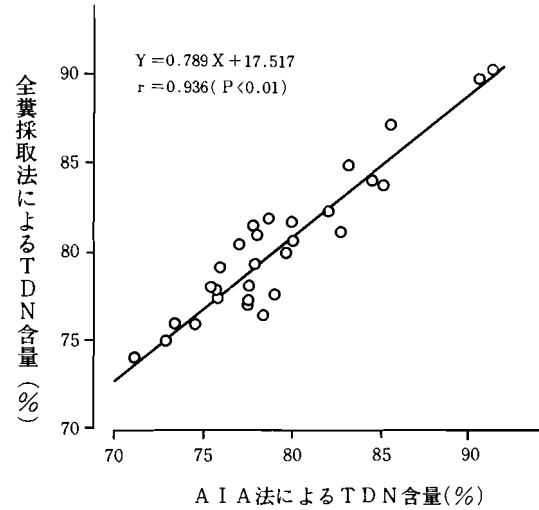


図36 TDNにおける全糞採取法とA I A法との関係