V章 総合討論

飼料の自給率の低いわが国において，飼料資源の開発およびその効率的な利用法に関しての追究は重要な課題と言える。

道内における養豚用飼料としては，ラジノクローバをはじめ，圃場副産物や食品工業副産物があり，古くより養豚飼料として活用されてきた。他方，これらの飼料は，成分的な偏りが大きく，養豚飼料として用いるには，一般に繊維含量の高い飼料が多いため，栄養的なバランスを十分に考慮した上で，飼料としての活用をはかる必要があり，そのためには，飼料の有する栄養特性の究明が重要になってくる。

一方，養豚における飼料の消化性の評価に関する研究は，必ずしも十分な解明がなされておらず，なお不明な点が多く，消化試験の実施条件によっては，栄養評価の上で大きな影響を及ぼすことが予想される。他方，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栄養的意義に関しては，種々論議が多い。

そこで本研究は，養豚において消化試験実施上の留意点を明らかにするとともに，養豚飼料として，今後，道内において利用性の高いと考えられる繊維質飼料の栄養価を査定し，さらに繊維成分の消化率と，消化管内における消失率を検討し，繊維成分の消化性を究明した。また，養豚における可消化粗繊維の栄養的意義について，粗繊維の消化率の優れるビートパルプを用いて，肥育効果との関連で検討を加えた。

1．豚における飼料の消化率の検討

消化率の変動要因の解明をはかるため，まず，飼料の給与水準と消化率との関係について検討した。すなわち，消化率に及ぼす飼料の給与水準の影響に関しては，必ずしも一致した見解が得られておらず，消化率に影響があったとする報告[127,130]と，なかったとする報告[27,92]がみられる。これらの見解の違いは，飼料の質的な差違が大きく作因しているものと予想されることから，本試験では栄養価の異なる飼料L(乾物中DCP12%, TDN82%)と飼料H(乾物中DCP16%, TDN90%)の2種類の配合飼料を用い，それぞれ1日あたり体重の2，3，4および5%給与水準として比較検討した。その結果，飼料LおよびHとも，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，その傾向は飼料Hに比較し飼料Lで明らかであった。すなわち，飼料Hでは，各成分の消化率とも給与水準間に有意差を認めなかった（$P>0.05$）が，飼料Lにおいては2%給与区に比較し，5%給与区で乾物，NFEおよびエネルギーの消化率が5%水準で，粗繊維の消化率が1%水準でそれぞれ有意に低かった。栄養価についてみると，飼料Hでは給与水準区間に有意差を認めなかったが，飼料LではDEにおいて4%および5%給与区が2%給与区よりも有意（$P<0.05$）に，TDNにおいて5%給与区が2%給与区より有意（$P<0.05$）にそれぞれ低かった。他方，摂取飼料の消化管内通過時間は，飼料LおよびHとも，飼料の給与水準が高まると速まり，さらに飼料LとHを同一給与水準で比較すると，飼料LはHよりも明らかに消化管内通過時間の速いことが認められた。また，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相関関係についてみると，飼料Lはいずれの成分とも1%水準で有意な関係を認めたが，飼料H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，粗脂肪と粗繊維においては有意な関係が認められなかった（$P>0.05$）。以上の結果から，飼料の給与水準と消化率との関係は，飼料の質によってその反応度合が異なった。このことは，飼料Lの栄養価が飼料Hに比較し，かなり低いことから，飼料Lにおける消化管内通過速度が比較的速く，

この結果,腸内微生物による分解が不十分となり,飼料Lの高水準飼料給与区でその影響を大きく受けたためと推察された。特に,粗繊維の消化は,微生物の分解作用に起因するため,飼料L(表2)における飼料の給与水準の増加に伴う粗繊維の消化率の大きな低下は,腸内微生物による分解が不十分であったことを裏付けているものと考えられる。これらのことから,飼料の給与水準に関しての配慮は,低栄養飼料において,特に重要になってくるものと推察された。

また,供試飼料と基礎飼料の配合割合の差違が,供試飼料の消化率に及ぼす影響について,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,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を用いて検討した。4種類の供試飼料とも,そ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ことが認められたが,総体的に判断し,供試飼料の栄養価は,配合割合が20%以上になるとほぼ安定する傾向がみられた。また,供試飼料の消化率および栄養価の標準偏差は,配合割合が増加するにつれ減少した。これらのことから,供試飼料の消化率を求めるためには,できる限り,配合割合を高めることが重要であり,本試験の結果から,供試飼料の配合割合は,20%以上とすることが望ましいと判断された。

一般に,反芻家畜では,飼料の構成割合の変化によって,ルーメン微生物の作用が大きな影響を受ける場合がある。すなわち,可溶性炭水化物含量の増加に伴う繊維成分の消化率の低下,いわゆる澱粉減退現象[110]はその良い例といえる。しかし,単胃の家畜が,消化管内において,微生物の作用を積極的に受けるのは,摂取飼料の大半が消化吸収した後の,盲腸以降の消化管とされている[43,68,85,164]。したがって,単胃の家畜においては,飼料の構成割合の変化に基づく,消化管内微生物の消化に関与する影響は,比較的少ないものと推察される。

窪田および森本[94]によると,鶏の配合飼料において,単体飼料の個々の可消化養分の和が,配合飼料の可消化養分として表すことができる。いわゆる可消化養分の相加性[111]の成立することを認めている。豚において,この種の試験成績は見あたらないが,本試験の結果では,供試飼料の配合割合が,20%以上になると,消化率の値がほぼ安定することから,豚においても比較的良く,単体飼料間の可消化養分の相加性が成立するものと推察される。しかし,本試験において,配合割合が10%程度と低い場合に,供試飼料の栄養価が過少または過大評価される傾向がみられるが,このことは,配合割合が少ないことによる試験精度の低下に基づく誤差なのか,または,その他の要因に起因するかについては,今後の検討が必要であろう。なお,本試験では,比較的豚の飼料として利用されている飼料を,供試飼料として用いており,しかも,基礎飼料の粗蛋白質含量は,最も低い場合でも,緑葉蛋白質の基礎飼料の15.2%と比較的高いことから,粗蛋白質の消化率は,内因性窒素化合物の影響を比較的受けない条件[49]であったことも予想される。したがって,本試験よりも,さらに特殊な成分の飼料を用いた条件において,可消化成分の相加性が成立するか否かについては,さらに今後の検討が重要と考えられる。

消化試験を実施する上で,供試豚に由来する消化率の変動要因である,供試豚の体重と消化率との関係について,ほぼ同一飼養条件下で消化試験を実施して得た,体重24kgから74kgのランドレース去勢雄53頭の消化率の成績を用いて解析した。その結果,粗蛋白質,粗脂肪,粗繊維およびエネルギーの消化率は,体重との間に有意($P<0.01$)な相関関係を認めたが,乾物およびNFEの消化率のそれは有意でなかった($P>0.05$)。また,栄養価と体重との関係については,DCPおよびDEと体重との間にそれぞれ有意($P<0.01$)な相関関係を認めたが,TDNのそれは有意でなかった($P>0.05$)。なお,これらの成分のうちで,特に粗繊維の消化率は,体重40kg以下で低い傾向がみられ,40kg以上における変化が少なかった。このように,供試豚の体重が消化率に影響を及ぼすことが示唆されることから,消化率測定にあたっては,供試飼料を実際に豚に利用する時期を十分に考慮した上で,供試豚の選定をはかることが重要と考えら

れる。特に，粗繊維の消化率は，体重40kgまではと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，粗繊維の消化率を究明する際には，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。

さらに，ランドレースと大ヨークシャーの品種間における消化率の差違を検討するため，配合飼料および配合飼料の一部をトウモロコシで20%または40%代替えした飼料と，大豆粕を20%代替えした飼料の4種類の飼料を用いて比較検討した。その結果，いずれの飼料においても，ランドレースと大ヨークシャーの品種間に，各成分の消化率および栄養価とも明らかな差を認めなかった。このことから，消化率の測定にあたっては，ランドレースと大ヨークシャーの品種間差について，特に考慮する必要はないものと判断された。

次に，消化率測定のための簡易評価法である指標物質法について究明した。まず，酸化クロム法と全糞採取法との消化率の比較を，ランドレース去勢雄延131頭，大ヨークシャー去勢雄延16頭の合計147頭を用い，33種類の飼料について検討した結果，全糞採取法と酸化クロム法との消化率の関係を相関係数で示すと，乾物で0.959，粗蛋白質で0.980，粗脂肪で0.990，NFEで0.981，粗繊維で0.952，エネルギーで0.962のいずれも有意（$P<0.01$）な関係が得られた。なお，酸化クロムの回収率を，その平均値と標準偏差で示すと90.8±5.3%であった。この結果，各成分の消化率とも，酸化クロム法に比較し全糞採取法で有意（$P<0.01$）に高く，両手法の差は，乾物で2.18%，粗蛋白質で2.33%，粗脂肪で2.74%，NFEで1.41%，粗繊維で6.79%，エネルギーで2.19%であり，消化率の低い成分ほど，両手法の消化率の差の大きいことが確認された。したがって，消化率の低い成分の消化性を論ずる際には，全糞採取法を採用することが望ましいものと判断された。また，栄養価についても，全糞採取法と酸化クロム法との間における相関係数は，DCPで0.998，DEで0.979，TDNで0.985のいずれも有意（$P<0.01$）な関係が得られた。この結果，酸化クロム法によって得られた栄養価により，全糞採取法の各栄養価を精度よく推定できるものと判断された。他方，指標物質法の利点は，全糞を採取する必要のない点にある。しかし，酸化クロムの排泄には日内変動がみられ[47,66,73,104,131]，さらに古谷および高橋[47]によると，給餌法と消化率の関係について，給与回数が1日に1～3回に比較し，自由摂取の場合，酸化クロムの回収率が低かったと報告している。したがって，本試験のように，全糞採取法および定量給与の条件でない場合には，多少異なった結論の得られることも予想される。また，本試験およびこれまでの報告[18,44,51,73,74,152,181]から推測し，酸化クロムの回収率は一般に低いと考えられるが，この原因については，さらに今後の検討が必要であろう。

全糞採取法とAIA法の関係を，ランドレース去勢雄延125頭を用い，30種類の飼料について検討した結果，全糞採取法とAIA法との消化率の相関係数は，乾物で0.937，粗蛋白質で0.935，粗脂肪で0.948，NFEで0.947，粗繊維で0.892，エネルギーで0.931のいずれも有意（$P<0.01$）な関係が認められた。また，栄養価については，全糞採取法とAIA法との間における相関係数はDCPで0.995，DEで0.840，TDNで0.936のいずれも有意（$P<0.01$）な関係が認められた。なお，糞中におけるAIAの回収率を，その平均値と標準偏差で示すと97.5±10.1%であった。したがって，AIAの平均回収率は，前試験の酸化クロムの平均回収率よりも良好な値を示したものの，その標準偏差が大きく，AIAの回収率の変動係数は，酸化クロムの回収率の変動係数に比較し，約2倍の値であった。なお，全糞採取法との相関係数は，全成分とも酸化クロム法に比較しAIA法で低い傾向がみられたが，この理由として，AIAの回収率の変動係数が大きかったためと考えられる。特に，AIA含量が0.5%以下の飼料において，AIAの回収率の変動幅が大きいことから，AIA法による消化試験については，さらに今後の検討が必要と考えられた。

以上，消化率の変動要因について解析を行った結果，消化試験の実施条件によって消化率は影響を受けることが明らかとなった。特に，繊維質飼料は，一般に消化性の劣る飼料が多いことを考慮すると，飼料の給与水準は極端に低い条件を避け，

供試飼料の基礎飼料に対する配合割合は，消化率の安定性と精度を加味し，20%以上とすることが望ましいものと判断された。また，繊維成分の消化性を吟味するには，体重40kg 以上の豚を供試するように配慮する必要がある。他方，ランドレースと大ヨークシャーとの品種間には，特に消化率に差がないものと判断された。なお，消化率の低い飼料の消化性を査定するには，指標物質法の採用は避けるべきであり，また，AIA 法の採用にあたっては，AIA 含量の低い飼料において，消化率の測定精度の低下が認められた。したがって，消化率の測定にあたっては，これらの測定条件を十分に考慮した上で消化試験の実施条件を策定することが重要になってくるものと推察された。

2．繊維質飼料の栄養価

道内における自給飼料として，今後とも，その利用性の高いと考えられる数種の飼料について，繊維質飼料を中心に，その栄養価を査定した。

まず，道内の主要な食品工業である馬鈴薯澱粉工業および甜菜製糖工業において，近年，工業廃液に対する公害問題が指摘されるに及び，廃液中の有価物の回収と，その飼料としての利用性が問われている。そこで，馬鈴薯澱粉工業および甜菜製糖工業廃液添加ポテトパルプの栄養価について検討を加えた。その結果，馬鈴薯澱粉廃液および甜菜製糖廃液（ステッフェン液）添加ポテトパルプは，いずれも NFE および粗繊維の消化率は良好であった。しかし，両廃液添加ポテトパルプとも，成分的には粗蛋白質の強化がはかられたものの，いずれもその消化率は低く，廃液中の粗蛋白質の消化性は低いものと判断された。なお，両飼料の乾物中の栄養価は，馬鈴薯澱粉廃液添加ポテトパルプが DCP 含量で7.5%，TDN 含量で58.8%，ステッフェン液添加ポテトパルプが DCP 含量で2.8%，TDN 含量で71.9%であった。したがって，馬鈴薯澱粉廃液添加ポテトパルプは，DCP および TDN 両面より，栄養補正の配慮が必要と判断された。他方，ステッフェン液は，エネルギー飼料としての価値が推量され，特にステッフェン液中の粗灰分の除去が可能になれば，ステッフェン液添加ポテトパルプはエネルギー飼料としての価値がさらに向上するものと推察され，今後，この方面での検討が必要と考えられた。

一方，旧来の生澱粉粕や乾燥澱粉粕に代り，水分を73%に調整した脱水澱粉粕は，乾燥澱粉粕に比較し，生産コストが低減し，しかも生澱粉粕に比較し輸送が容易となり，さらに保存性の向上が確認され，2年間にわたる密封貯蔵において品質の低下は認められなかった。本試験において，脱水澱粉粕の保存性の向上のために添加した甜菜製糖工業廃液，いわゆるステッフェン液の7%添加による保存効果は特に明らかでなく，むしろ TDN 含量は若干の低下を示した。なお，ステッフェン液の添加の有無にかかわらず，乾物中の TDN 含量は，80%以上の高い値を示し，脱水澱粉粕はエネルギー飼料として，価値の高いものと推測された。しかし，脱水澱粉粕は，水分を除去しても，なお水分含量が73%と高いため，肉豚では乾物摂取量の点で困難であることから，摂取量の充足が可能である繁殖豚での利用が有効と推察された。

さらに，甜菜製糖工業廃液であるアニオン液およびカチオン液の化学成分と，カチオン液およびステッフェン液添加ビートパルプペレットについて廃液無添加のビートパルプペレットとの栄養価を比較検討した。その結果，アニオン液は乾物中の粗灰分含量が53.6%と極めて高く，飼料としての利用性は困難と判断された。他方，カチオン液は，乾物中の粗蛋白質含量が35.8%と良好な値であった。また，ビートパルプペレットの NFE，粗繊維およびエネルギーの消化率は良好であったが，粗蛋白質については，その成分含量および消化率が低く，DCP は乾物中1.8%と極めて低かった。これに対し，ステッフェンおよびカチオン液添加ビートパルプペレットは，粗蛋白質含量と消化率の向上がみられ，ステッフェン液添加ビートパルプペレットの DCP は乾物中6.8%，同じくカチオン液添加ビートパルプペレットのそれは11.2%であった。このように，ビートパルプへ廃液を添加することにより，DCP 含量の向上がみられたが，な

お配合飼料より低く，さらに乾物中のTDN含量は，配合飼料に比較し約10%単位低い飼料であった。

次に，ヒマワリの採油残渣であるヒマワリ粕について，栄養価値とその肥育性について検討した。ヒマワリ粕の化学成分は，乾物中の粗蛋白質含量が38.0%，粗繊維含量が20.0%と高く，粗脂肪含量が1.6%，NFE含量が33.0%と低い飼料であった。また，ヒマワリ粕の粗蛋白質の消化率は81.5%と良好であったが，NFEおよび粗繊維のそれは38.7および26.5%と低いため，栄養価は乾物中DCP含量が31.0%と良好な値を示したものの，TDN含量は51.6%と低く，高蛋白・低エネルギーとしての飼料特性が認められた。さらに，配合飼料中の大豆粕をヒマワリ粕で50%代替えし，肥育効果について検討を加えた結果，試験所要日数は長くなり，1日あたりの増体量は低下の傾向がみられたが，飼料消費量および飼料要求率は明らかな差が認められず，このことから，ヒマワリ粕の嗜好性の悪化による影響が示唆された。なお，配合飼料中の大豆粕の50%をヒマワリ粕で代替えしても，特に枝肉形質への悪影響は認められないことから，若干の嗜好性の低下はみられるものの，ヒマワリ粕は蛋白質飼料としての活用が期待できるものと推察された。他方，消化試験の結果，ヒマワリ粕の栄養価は，原物中DCP含量が27.3%，TDN含量が45.3%であった。したがって，大豆粕の栄養価をDCP含量40.7%，TDN含量70.9%[119]として比較すると，大豆粕をヒマワリ粕で25%代替えした場合，前期肥育飼料においてDCP含量で0.5%単位，TDN含量で0.9%単位低下することになり，同じく50%代替えでは，DCP含量で1.0%単位，TDN含量で1.8%単位の低下となった。後期肥育飼料でも，ほぼこれに準じた低下がみられたが，肥育試験の結果からすると，飼料の消費量はヒマワリ粕の代替えによってもほぼ同じ値を示したことから，この程度の栄養価の違いでは，明瞭な差が表われないことも推察される。今後は，ヒマワリ粕の代替え量をさらに増加させた上での検討が重要と思われる。

近年，とうもろこしサイレージは，乳牛の飼料のみならず，養豚においても関心が高く，自給飼料として広く利用の方向にある。とうもろこしサイレージは，栄養価の点でみると，栄養価の高い子実部と，栄養価の低い茎葉部とに大別され，これらの比率は熟期との間に明らかな関係[143]が認められている。したがって，とうもろこしの熟期の発育に伴う子実割合の増加は，栄養価の点で重要な意義を有するものと考えられる。そこで本試験では，子実の混入割合に大きな影響を及ぼすとうもろこしの熟期，ならびに茎葉部と雌穂部別におけるとうもろこしサイレージの栄養価を明らかにするため検討を加えた。その結果，TDN含量（Y：%）と子実割合（X：%）との間には $Y=0.405X+49.53$ （$r=0.965$，$P<0.01$）の有意な一次の回帰式が得られ，この回帰式より，茎葉部のTDN含量は約50%，子実のTDN含量は約90%と推定された。このことから，とうもろこしサイレージの栄養価は，子実の混入割合によって影響を受け，しかも子実割合を測定することにより，とうもろこしサイレージのTDN含量は，ほぼ推定可能と判断された。一方，とうもろこしサイレージを，肉豚に高率に利用するには，採食量の点で制約を受けるため，当然その主体は，繁殖豚と考えられるが，とうもろこしサイレージの消化性は肥育豚と繁殖豚で異なるため[142]，繁殖豚での利用にあたっては，さらに栄養価の点で検討が必要になるものと推察される。

以上，道内において，養豚用飼料として，利用性の高い飼料について，繊維質飼料を主体にその栄養価の査定を行ったが，これらの飼料は，栄養的には偏りが大きく，その利用に当っては，当然ながら，栄養特性を十分に考慮した上で，活用をはかることが重要である。他方，これらの飼料の消化性について検討すると，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，Ⅲ－1，Ⅲ－2およびⅢ－3からも明らかなように，いずれも74%以上の高い値が得られた。一般に，豚における粗繊維の消化率は，Ⅲ－4およびⅢ－5のヒマワリ粕やとうもろこしサイレージ，さらにⅢ章で基礎飼料として併用した配合飼料の値からも推測されるように40%以下の飼料が多く，ビートパルプやポテトパルプのように，

高い消化性を有する飼料については，特に注目した報告がなく，さらに詳細な検討が必要と考えられる。しかも，ビートパルプやポテトパルプの粗繊維含量は，ビートパルプで21%(Ⅲ－3)，ポテトパルプで14%（Ⅲ－2）と高いことから，これら両飼料の可消化粗繊維含量は，栄養評価の上で重要な意義を有するものと推考される。

3．繊維質飼料における繊維成分の消化と肥育効果

Ⅲ章において，各種繊維質飼料の栄養価について検討を加えた結果，道内における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豚における消化率は極めて優れることを認めた。そこで，豚における繊維の消化性を追究するため，Van Soest の細胞壁構成成分の分画手法[161,162]に基づき，豚における繊維の消化性を明らかにするとともに，繊維成分の消化性の優れるビートパルプを用いて，肥育効果を検討し，繊維成分の栄養的意義に関して追究した。

繊維質飼料である，ビートパルプ，ポテトパルプおよびアルファルファの繊維成分の，豚における消化率についてみると，粗繊維，セルロースおよびヘミセルロースの消化率は，ビートパルプが73.7%，70.0%および92.0%，ポテトパルプが，84.3%，94.4%および95.7%，アルファルファが19.9%，30.2%および31.9%であり，基礎飼料として用いた配合飼料のそれは25.0%，49.0%および55.9%であった。このことから，アルファルファおよび配合飼料に比較し，ビートパルプおよびポテトパルプの繊維成分の消化率は極めて高かった。ビートパルプおよびポテトパルプの繊維成分の消化率が特に高かった理由として，両者とも繊維含量の高い割に，ADL 含量が極めて低いためと推察された。すなわち，飼料中の ADL 含量と消化率との関係について，Sullivan[146]は，牧草中のリグニン含量が高まると乾物消化率の低下することを，堀井ら[64]は，OCW の消化率と ADL 含量との間に高い負の相関のあることを，阿部ら[3]は，リグニンを溶脱することによりセルラーゼによる分解率が顕著に増加することを，さらに川村ら[86]は，植物組織においてリグニン化の現象による消化率の低下を組織学的に検討している。これらのことから，植物組織におけるリグニン化は，OCW の消化の阻害因子として作用していることがうかがわれ，リグニン化の進んでいない組織においては，OCW の消化が有利に行われるものと考えられる。したがって，ビートパルプおよびポテトパルプの ADL 含量が極めて低いことは，それぞれの組織において，リグニンの結晶化，すなわち OCW に対するリグニンの被覆が極めて少なく，そのため豚においても，セルロースやヘミセルロースの消化が容易であったものと推察される。他方，ビートパルプやポテトパルプにおいて，繊維含量の割にリグニン化現象が少ないのは，塊茎の植物組織の大きな特徴なのか，あるいは茎葉部と果肉部の組織の差異とも考えられ，これらの点に関しては，さらに今後の検討が必要であろう。

次に，これら繊維質飼料の，豚の消化管内における消化の様相について，各成分の消化管内における消失率より追究した。アルファルファ，ビートパルプおよびポテトパルプの消化管内における一般成分の消化の過程について推測すると，アルファルファは小腸で主に消化されたが，その粗繊維は消化管全体を通じあまり良く消化されなかった。他方，ビートパルプは小腸での消化が劣ったが，盲腸以降での消化が良好で，特に粗繊維は盲腸以降で非常によく消化された。さらに，ポテトパルプは消化管全体で良く消化され，ポテトパルプの粗繊維は小腸でも消化を受ける可能性が示唆された。次に，OCW 成分の消化の様相について推測すると，ポテトパルプのヘミセルロースは，小腸末端部までにかなりの消化が起り，またポテトパルプのセルロースの消化は盲腸で良く消化されたのに対し，ビートパルプのセルロースの消化は，盲腸および大腸を通じて消化されるものと推察された。しかし，石川[75]や Moore[103]が指摘するように，飼料の胃から小腸への移動において，粗繊維は乾物に比較して遅いことから，それ以降の消化管において，必ずしも酸化クロムが OCW 成分と

同速で移動するかどうかについては不明である。特に，消化管内における飼料の通過時間は，盲腸および大腸で16～37時間を要するのに対し，小腸での通過時間は3～5時間と非常に短いため[48,75,149]，小腸における酸化クロムと各成分との通過速度の差異は，各成分の消失率の測定上，大きな問題と考えられる。したがって，OCW成分の消化管内における消化の様相に関しては，さらに詳細な検討が必要と思われる。

一方，これら繊維質飼料の給与に基づく，消化管内容物の性状についてみると，ビートパルプおよびポテトパルプの多給は，配合飼料単一給与またはアルファルファ多給時に比べ，消化管全体を通じてNH_3－N濃度が低く，さらに小腸内乳酸含量が低下し，盲腸以降の消化管内における水分含量が高かった。これらの差異は，各飼料のOCW成分とその消化性の違いによる影響が考えられ，さらに繊維成分の消化性の違いは，II－1でも明らかなように，摂取飼料の消化管内通過速度に大きな影響を及ぼすことが推測され，この点からしても飼料の質的な差異が消化管内性状に及ぼす影響の違いが予測される。しかし，本試験において，消化管内容物中のVFA濃度は，繊維成分の消化率の優れたビートパルプおよびポテトパルプ多給区と，繊維成分の消化率の劣った配合飼料単一給与区およびアルファルファ多給区との間に，明確な差を認めることはできなかった。このことは，消化管内で産生したVFAは，一方では吸収されるため，単純に消化管内VFA濃度からの検討は不可能とも考えられる。今後はさらに，繊維成分の差違とVFAの産生量との関連性についての追究が必要であろう。

以上のように，ビートパルプおよびポテトパルプの繊維成分は，豚において非常によく消化されることが明らかとなった。しかしながら，一方では，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。例えば，Lloydら[97]，Farrellら[36]およびGargalloら[52]は，飼料の消化に対する豚の盲腸の役割は非常に小さく，しかもWoodmanら[66]，Cunninghamら[23]およびLikuskiら[95]は，飼料中の繊維はそれが分解したとしても，エネルギーとして利用される量はわずかであるとしている。他方，Friendら[43]は，維持に必要なエネルギーの15～28%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[85]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の栄養的意義に関しては，様々の見解がみられる。

そこで，繊維成分の栄養的意義を究明するため，繊維成分の消化性の優れるビートパルプを用いて，その肥育効果について検討した。その結果，ビートパルプとコーンスターチに由来する可消化炭水化物の摂取量が，両者において同一であっても，ビートパルプの可消化炭水化物は，コーンスターチの可消化炭水化物と比較し，肥育に及ぼす生産反応の異なることが認められた。このことから，生体に及ぼす可消化炭水化物の栄養的効果は，可消化炭水化物の質的な差異によって影響を受けるものと推察された。

他方，ビートパルプの給与は，消化器官の発達に大きな影響を及ぼすことが示唆された。すなわち，育成豚に繊維質飼料を給与することは，将来，消化器官の発達した，健全な種雄豚や繁殖母豚を作出するためにも重要であり，この観点からしても，育成時における繊維質飼料の積極的な利用をはかることは，重要な意義を有するものと推察された。

Ⅵ章　摘　　要

本研究は，豚における消化性の評価に関与する変動要因の解析をはかり，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，養豚用飼料として利用性の高い繊維質飼料の栄養価を明らかにし，さらに繊維成分の消化性と，その生産効果に及ぼす影響について追究した。得られた成果を要約すると以下のとおりである。

1．飼料の給与水準と消化率との関係は，飼料の質によってその影響度合が異なり，高栄養飼料に比較し低栄養飼料の方が，消化率に及ぼす影響が大きかった。したがって，給与水準に関しての配慮は，低栄養飼料において，特に重要になるものと推察された。

2．供試飼料と基礎飼料の配合割合と消化率の関係を，トウモロコシ，緑葉蛋白質，ビートパルプおよびとうもろこしサイレージを用いて検討した結果，供試飼料の配合割合が異なることによって，栄養価に差異が認められたが，供試飼料の配合割合が20％以上において，消化率はほぼ安定するものと推論された。

3．供試豚の体重と消化率との関係についてみると，粗蛋白質，粗脂肪，粗繊維およびエネルギーの消化率は，体重の増加に伴っていずれも有意（$P<0.01$）に向上し，特に粗繊維の消化率は，体重40kg時点までにおける向上が著明であった。他方，乾物およびＮＦＥの消化率は，体重との間に有意な関係は認められなかった（$P>0.05$）。

4．ランドレースと大ヨークシャーの品種間における消化率の比較を検討した結果，消化率および栄養価とも，両品種間に有意差は認められなかった（$P>0.05$）。

5．全糞採取法と酸化クロム法による消化率の関係を比較検討した結果，酸化クロムの平均回収率は90.8％で，各成分の消化率とも全糞採取法で有意（$P<0.01$）に高かった。なお，消化率の低い成分ほど両手法の消化率の差の大きいことが確認された。したがって，消化率の低い成分の消化性を論ずるには，全糞採取法を採用することが望ましいものと判断された。また，酸化クロム法によって得られた栄養価より，全糞採取法の各栄養価を精度よく推定することが可能であった。

6．全糞採取法とＡＩＡ法による消化率の関係を比較検討した結果，ＡＩＡの平均回収率は97.5％で，酸化クロムよりも回収率は高く，各成分の消化率とも全糞採取法とＡＩＡ法との間に有意な差は認められなかった（$P>0.05$）。しかし，飼料の種類の違いによって，ＡＩＡ含量の回収率は大きな影響を受け，その回収率の標準偏差は酸化クロム法よりも大きく，特にＡＩＡ含量が0.5％以下の飼料において，回収率の変動幅が大きかった。また，ＤＣＰは酸化クロム同様，全糞採取法との間に非常に高い相関係数を認めたが，ＤＥおよびＴＤＮのそれは，酸化クロム法より低かった。

7．馬鈴薯澱粉工業廃液添加ポテトパルプは，ＤＣＰおよびＴＤＮ両面より，栄養補正が必要であり，甜菜製糖工業廃液であるステッフェン液は，エネルギー飼料としての価値が推量され，ステッフェン液添加ポテトパルプは，エネルギー飼料としての価値が認められた。

8．脱水澱粉粕は，旧来の生澱粉粕に比較し輸送や保存性の点で優れ，乾物中のＴＤＮ含量は，80％以上と高かった。しかし，水分含量が73％と高いため，乾物摂取量の充足の可能な繁殖豚での利用が有効と推察された。

9．甜菜製糖工業廃液であるステッフェンおよびカチオン液添加ビートパルプペレットは，無添加のビートパルプペレットに比較し，いずれもＤＣＰの向上が認められたが，なお配合飼料より低く，さらに乾物中のＴＤＮ含量は配合飼料に比較し，両者とも約10％単位低かった。

10．ヒマワリ粕の栄養価は，乾物中のＤＣＰ含量が31.0％，ＴＤＮ含量が51.6％であり，高蛋白・低エネルギー飼料としての特性が認められた。さらに，配合飼料中に含有する大豆粕の50％をヒマ

ワリ粕で代替えし，肥育試験を実施した結果，ヒマワリ粕は蛋白質飼料としての利用が期待できるものと推察された。

11. とうもろこしサイレージの栄養価は，子実部と茎葉部の比率によって大きな影響を受け，乾物中におけるＴＤＮ含量（Ｙ：％）と子実割合（Ｘ：％）との間にはＹ＝0.405Ｘ＋49.53（ｒ＝0.965，Ｐ＜0.01）の有意な一次の回帰式が得られた。この結果，乾物中におけるとうもろこしサイレージの茎葉部のＴＤＮ含量は約50％，子実のＴＤＮ含量は90％と推定され，とうもろこしの子実割合を予め測定することにより，とうもろこしサイレージのＴＤＮ含量の推定が可能と判断された。

12. ビートパルプ，ポテトパルプ，アルファルファおよび配合飼料の粗繊維，セルロースおよびヘミセルロースの消化率は，アルファルファおよび配合飼料に比較し，ビートパルプおよびポテトパルプで非常に高かった。その理由として，ビートパルプおよびポテトパルプとも繊維含量が高い割に，ＡＤＬ含量が極めて低いためと推論した。

13. アルファルファは小腸で主に消化されたが，その粗繊維は消化管全体を通じあまり良く消化されなかった。ビートパルプは小腸での消化が低かったが，盲腸以降での消化が高く，特に粗繊維は盲腸以降で非常によく消化された。さらに，ポテトパルプは消化管全体を通じ良く消化され，ポテトパルプの粗繊維は小腸でも消化を受ける可能性が示唆された。

14. ビートパルプのヘミセルロースは，盲腸以降で良く消化されたのに対し，ポテトパルプのヘミセルロースは小腸末端部までにかなりの消化が起るものと推察された。また，ポテトパルプのセルロースは，盲腸で良く消化されたのに対し，ビートパルプのセルロースは盲腸および大腸を通じて消化されるものと推察された。

15. 繊維質飼料の種類によって，豚の消化管内容物の性状に及ぼす影響の異なることが認められた。また，豚の盲腸および結腸には，反芻家畜の第一胃内と同等以上のＶＦＡ濃度の存在が認められた。

16. 繊維成分の消化率の高いビートパルプについて，その粗繊維含量を含む可消化炭水化物の栄養的意義を，コーンスターチに由来する可消化炭水化物との比較の上で究明した結果，ビートパルプとコーンスターチに由来する可消化炭水化物の摂取量が同一であっても，生産反応に及ぼす栄養的効果は両者によって異なることが認められた。このことから，生体に及ぼす可消化炭水化物の栄養的効果は，可消化炭水化物の質的な差異によって影響を受けるものと推察された。

謝　辞

本論文をとりまとめるに当り，終始，ご懇篤なるご指導を賜り，かつご校閲の労をおとりいただいた北海道大学教授朝日田康司博士に衷心から感謝の意を表する。また，北海道大学教授上山英一博士ならびに同助教授大久保正彦博士には，ご校閲の労をおとりいただき，有益なご助言を賜わり，さらに滝川畜産試験場前場長奥村純一博士には，本研究のとりまとめの機会とご激励を，また根釧農業試験場岩淵晴郎博士には多大なるご激励を賜わった。ここに深甚なる謝意を表する。

本研究は，1974年以降，滝川畜産試験場において実施したものであり，この間に在任された滝川畜産試験場元場長高倉正臣氏，同平沢一志氏，同渡辺寛氏，元研究部長谷口隆一氏ならびに現種畜部長滝沢寛禎氏からは多大なるご便宜と，ご激励をいただいた。

本研究の実施にあたっては，滝川畜産試験場元飼養科長籠田勝基博士(現鳥取大学教授)，同米田裕紀氏(現根釧農業試験場主任研究員)，同所和暢博士（現新得畜産試験場乳牛科長）および同藤田保氏，肉質分析では研究職員宮崎元氏のご協力を得，また飼養科ならびに養豚科の諸氏には絶大なるご協力をいただいた。

さらに，本研究の緒端は，滝川畜産試験場元飼養科長吉本正博士（現麻布大学教授）のご指導によるところが大きく，また消化試験の変動要因の解析に関する研究分野においては，畜産試験場前場長亀岡暄一博士，同前栄養部長高橋正也博士，九州農業試験場家畜第4研究室長古谷修博士および畜産試験場主任研究官斎藤守博士のご教示とご助言をいただいた。

なお，試料の分析には，砂川とみ子氏および金山栄子氏のご協力に負うところが大きい。

ここに，以上の各位に衷心より感謝の意を表する次第である。

引 用 文 献

1）阿部　亮・堀井　聡，粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究，Ⅳ．構造炭水化物の各種成分間の相互関係，畜試研報，25：69-74．1972

2）阿部　亮・堀井　聡，配合飼料原料および各種配合飼料に対するデタージェント分析の適用．日畜会報，49：733-738．1978．

3）阿部　亮・堀井　聡・亀岡暄一，セルラーゼによる粗飼料の乾物消化率推定法に関する研究．II．試料の前処理が酵素反応に及ぼす影響．日畜会報，43：146-154．1972．

4）阿部　亮・名久井　忠・櫛引英男・石栗敏機・岩崎　薫・早川政市・仲野博之，とうもろこしの品種・刈取時期と，とうもろこしサイレージの栄養価について．日草誌，21：291-299．1975．

5）Argenzio, R. A. and M. Southworth, Sites of organic acid production and absorption in gastrointestinal tract of the pig. Am. J. Physiol., 228 : 454-460. 1974.

6）浅井孝康・河嶋典夫・瀬恒　浩・丸山正明・上山謙一，肉豚における制限給与と不断給与の消化率ならびに飼料の利用性について．鳥取中小試研報，35：21-27．1971．

7）Bailey, C. B., Silica excretion in cattle fed a ration predisposing to silica urolithiasis : Total excretion and diural variations. Am. J. Vet. Res., 28 : 1743-1749. 1967.

8）Barcroft, J., R. A. McAnally and A. T. Phillipson, Absorption of volatile acids from the alimentary tract of the sheep and other animals. J. exp. Biol., 20 : 120-129. 1944.

9）Blaxter, K. L., N. McGraham and F. W. Wainman, Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. Br. J. Nutr., 10 : 69-91. 1956.

10) Blaxter, K. L. and F. W. Wainman, The utilization of food by sheep and cattle, J. Agr. Sci., 57 : 419-425. 1961.

11) Bohman, V. R., J. E. Hunter and J. McCormik, The effect of graded levels of alfalfa and aureomycin upon growing fattening swine. J. Anim. Sci., 14 : 499-506. 1955.

12) Braude, R., R. J. Fulford and A. G. Low, Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs measurements of the flow of digesta and PH. Br. J. Nutu, 36 : 497-510. 1976.

13) Brisson, G. J., On the routine determination of chromic oxide in feces. Can. J. Agr. Sci., 36 : 210-212. 1956.

14) Brown, L. D., Influence of intake on feed utilization. Dairy Sci., 49 : 223-230. 1966.

15) Castle, E. J., The rate of passage of foodstuffs through the alimentary tract of the goat. 1. Studies on adult animals fed on hay and concentrates. Br. J. Nutr., 10 : 15-23. 1956.

16) Castle, E. J. and M. E. Castle, Further studies on the rerate of pasage of food through the alimentary tract of pigs. J. Agr. Sci., 49 : 106-112. 1957.

17) Свечин, КБ （亀井健三訳・真野恒雄協力），家畜の個体発育，初版，167-169，たたら書房，米子，1969．

18) Clawson, A.J., J. T. Reid, B. E. Sheffy and J. P. Willman, Use of chromium oxide in digestion studies with swine. J. Anim. Sci., 14 : 700-709. 1955.

19) Coombe, J. B. and R. N. B. Kay, Passage of digesta through the intestines of the sheep. Retention times in the small and large intestines. Br. J. Nutr., 19 : 325-338. 1965.

20) Coombe, J. B. and D. E. Tribe. The effects

of urea supplements on the utilization of straw plus molasses diets by sheep. Aust. J. Agr. Res., 14 : 70-92. 1963.

21) Coppock, C. E., W. P. Flatt and L. A. Moore, Relationships between end products of rumen fermentation and utilization of metabolizable energy for milk production. J. Dairy Sci., 47 : 1359-1364. 1964.

22) Cowsert, R. L. and M. J. Montgomery, Effect of varying forage-to-concentrate ratio of isonitrogenous rations on feed intake by ruminants. J. Dairy Sci., 52 : 64-67. 1969.

23) Cunningham, H. M., D. W. Friend and J. W. G. Nicholson, The effect of a purified source of cellulose on the growth and body composition of growing pigs. Can. J. Anim. Sci., 41 : 120-125. 1961.

24) Cunningham, H. M., D. W. Friend and J. W. G. Nicholson, The effect of age, body weight, feed intake and adaptability of pigs on the digestibility and nutritive value of cellulose. Can. J. Anim. Sci., 42 : 167-175. 1962.

25) Cunningham, H. M., D. W. Friend and J. W. G. Nicholson, Observations on digestion in the pig using a re-entrant intestinal fistula. Can. J. Anim. Sci., 43 : 215-225. 1963.

26) Decuypere, J. A., I. J. Vervaeke, H. K. Henderickx and N.A.Dierick, Gastro-intestinal cannulation in pigs : a simple technique allowing multiple replacements. J. Anim. Sci., 46 : 463-468. 1977.

27) De Goey, L. W. and R. C. Ewan, Effect of level of intake and diet dilution on energy metabolism in the young pig. J. Anim. Sci., 40 : 1045-1051. 1975.

28) DesBordes, C. K. and J. G. Welch, Influence of specific gravity on rumination and passage of indigestible particles. J. Anim. Sci., 59 : 470-475. 1984.

29) Donefer, E., L. E. Lloyd and E. W. Crampton, Effect of varying alfalfa : barley rations on energy intake and volatile fatty acid production by sheep. J. Anim. Sci., 22 : 425-428. 1963.

30) Downes, A. M. and I. W. McDonald, The chromium-51 complex of ethylenediamine tetraacetic acid as a soluble rumen marker. Br. J. Nutr., 18 : 153-162. 1964.

31) Duncan, D. B., Multiple range and multiple F test. Biometrics, 11 : 1-42. 1955.

32) Elam, C. J. and R. E. Davis. Lignin excretion by cattle fed a mixed ration. J. Anim. Sci., 20 : 484-486. 1961.

33) Elam, C. J., P. J. Reynolds, R. E. Davis and D. O. Everson, Digestibility studies by means of chromic oxide, lignin and total collection techniques with sheep. J. Anim. Sci., 21 : 189-192. 1962.

34) Ellis. G. H., G. Matrone and L. A. Maynard, A 72 percent H_2SO_4 method for the determination of lignin and its use in animal nutrition studies. J. Anim. Sci., 5 : 285-297. 1946.

35) Elsden, S. R., W. M. S. Hitchcock, R. A. Marshall and A. T. Phillipson, Volatile acid in the digesta of ruminants and other animals. J. exp. Biol., 22 : 191-202. 1946.

36) Farrell, D. J.and K. A. Johnson, Utilization of cellulose by pigs and its effects on caecal function. Anim. Prod., 14 : 209-217. 1972.

37) Fenner, H., F. N. Dickinson and H. D. Barnes, Relationship of digestibility and certain rumen fluid components to level of feed intake and time of sampling after feeding. J. Dairy Sci., 50 : 334-344. 1967.

38) Forbes, R. M. and W. P. Garrigus, Application of a lignin ratio technique to the determination of the nutrient intake of grazing animals. J. Anim. Sci., 7 : 373-382. 1948.

39) Forbes, R. M. and W. P. Garrigus, Some

effects of forage composition on its nutritive value when cut and fed green to steers and whethers, as determined conventionally and by the lignin ratio. J. Anim. Sci., 9 : 531-539. 1950.

40) Friend, D. W., H. M. Cunningham and J. W. G. Nicholson, The production of organic acids in the pig. 1. The effect of diet on the proportions of volatile fatty acids in pig feces. Can. J. Anim. Sci., : 42 : 55-62. 1962.

41) Friend, D. W., H. M. Cunningham and J. W. G. Nicholson, The production of organic acids in the pig. II. The effect of diet on the levels of volatile fatty acids and lactic acid in sections of the alimentary tract. Can. J. Anim. Sci., 43 : 156-168. 1963.

42) Friend, D. W. and T. M. MacIntyre, Paired feeding and metabolism trials comparing barrows with gilts. J. Anim. Sci., 30 : 931-934. 1970.

43) Friend, D. W., J. W. G. Nicholson and H. M. Cunningham, Volatile fatty acid and lactic acid content of pig blood, Can. J. Anim. Sci., 44 : 303-308. 1964.

44) 福元守衛・折田安行・川井田　博・宮内泰千代・楠元薩男・橋爪徳三，豚における甘しょサイレージの消化率について．日豚研誌，16：249．1979．

45) 古谷　修・豚病学，116-133，近代出版，東京．1977．

46) 古谷　修・森　淳・杉本亘之・高橋正也・亀岡暄一，豚における消化率の変動要因―品種間差について―．日畜会報，53：302-303．1982．

47) 古谷　修・高橋正也，1日の給餌回数と採糞時刻にともなう酸化クロム指標物質法による消化率の変動．日豚研誌，9：34．1972．

48) Furuya, S. and S. Takahashi, Rate of passage of chromic oxide and polyethylene grycol and digestibility in the digestive tract of pigs. Jpn. J. Zootech. Sci., 46 : 630-641. 1975.

49) 古谷　修・高橋正也，豚における消化率の変動要因―飼料中の蛋白質含量と見かけの消化率の関係について―．日畜会報，50：790-795．1979．

50) 古谷　修・高橋正也，豚における消化率の変動要因―飼料の摂取量と腸管内通過時間の関係について―．日畜会報，51：33-39．1980．

51) Furuya, S., S. Takahashi and K. Kameoka, Use of chromic oxide-paper as an indicator in digestibility studies with pigs. Jpn. J. Zootech. Sci., 53 : 99-104. 1982.

52) Gargallo, J.and D. R. Zimmerman, Effects of dietary cellulose levels on intact and cecectomized pigs. J. Anim. Sci., 53 : 395-401. 1981.

53) Glover, J.and D. W. Duthie, The apparent digestibility of crude protein by non-ruminants and ruminants. J. Agr. Sci., 51 : 289-293. 1958.

54) Grovum, W. L. and J.F.Hecker, Rate of passage of digesta in sheep. 2. The effect of level of intake on digesta retention time and on water and electrolyte absorption in the large intestine. Br. J. Nutr. 30 : 221-230. 1973.

55) 春本　直・加藤正信，クロモーゲン―Cr_2O_3法の各種問題点について，日草誌，22：125-131．1976．

56) 橋爪徳三・藤田　裕・松岡　栄・市川淳治・石井一良，バレイショ生でんぷん粕の飼料価値と貯蔵中の品質変化．帯大研報，第1部，8：595-604．1974．

57) 橋爪徳三・藤田　裕・松岡　栄・長沼　勇・和田達二・稲戸恒康・川崎　勉，バレイショ生でんぷん粕の乳牛飼料としての利用，帯大研報，第1部，8：605-613．1974．

58) Hinders, R. G. and F. G. Owen, Relationships between efficiency of milk production and ruminal volatile fatty acids cows fed isocaloric (ENE) rations of varied concen-

trate levels. J. Dairy Sci., 46 : 1246-1250. 1963.

59) 久松敬和・和田健一，酸不溶性灰分を指示物質とする豚の消化試験．日豚研誌，19：188. 1982.

60) Holmes, J. H. G., H. S. Bayley and F. D. Horney, Digestion and absorption of dry and high-moisture maize diet in the small and large intestine of the pig. Br. J. Nutr., 30 : 401-410. 1973.

61) 堀米隆男，緑葉蛋白質に関する最近の研究．日畜会報．53：1-13．1982.

62) 堀井　聡，糖蜜吸着飼料および製造粕類の飼料的利用．畜研，19：155-160．1965.

63) 堀井　聡・阿部　亮，粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究．I．細胞膜構成物質としての Neutral Detergent Fiber の性質の検討．畜試研報，23：83-87，1970.

64) 堀井　聡・阿部　亮，粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究．II．構造炭水化物の消化を支配する要因について．畜試研報，23：89-94. 1970.

65) 堀井　聡・阿部　亮，粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究．III．Acid Detergent の粗飼料に及ぼす影響について．畜試研報，25：63-68．1972.

66) Horvath, D. J., M. E. Peterson, A. J. Clawson, B. E. Sheffy and J. K. Loosli, Diurnal variations in the composition of swine feces. J. Anim. Sci., 17 : 869-874. 1958.

67) Imoto, S. and S. Namioka, VFA production in the pig large intestine. J. Anim. Sci., 47 : 467-478. 1978.

68) Imoto, S. and S. Namioka, VFA metabolism in the pig. J. Anim. Sci., 47 : 479-487. 1978.

69) 石栗敏機，粗飼料の飼料価値査定に関する研究．第3報．青刈とうもろこしサイレージの品質改善と飼料価値査定に関する試験．新得畜試研報．3：1-12，1972.

70) 石栗敏機，熟期別トウモロコシ『交4号』サイレージの飼料価値．日草誌，20：92-98. 1974.

71) 石栗敏機，アルファルファサイレージと原料草の飼料価値比較．日草誌，24：227-231. 1978.

72) 石川鹿生，豚における蛋白の消化吸収，I．日農化誌，32：83-87，1957.

73) 石川鹿生，酸化クロムを指標物質とする豚の消化試験に関する研究．VII．指標物質法と常法との比較．三重大農学報，22：69-79. 1960.

74) 石川鹿生，酸化クロムを指標物質とする豚の消化試験に関する研究．VIII．指標物質法による濃厚飼料の消化試験．三重大農学報，22：81-89．1960.

75) 石川鹿生，酸化クロム法を指示物質とする豚の消化試験に関する研究．10．消化器内における栄養成分の移動と吸収．三重大農学報，24：311-321．1961.

76) Ishikawa, S., Reliability of polyethylene glycol as an indicator of digestion studies with swine. I. Rate of passage of polyethylene glycol through the digestive tract. Agric. Biol. Chem. 30 : 278-284. 1966.

77) Ishikawa, S. and K. Sugimura, Movement of polyvinyl alchohol through the digestive tract as a digestion indicator with swine. Agric. Biol. Chem. 37 : 203-206. 1973.

78) 和泉康史，粗飼料と濃厚飼料の給与割合がウシ第一胃内揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響．日畜会報，50：443-452．1979.

79) 和泉康史・大橋尚夫，高泌乳牛の飼養法に関する研究．II．乾草と濃厚飼料の給与割合が第一胃内性状及び揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響．新得畜試研報，6：21-28．1974.

80) 亀岡暄一・森本　宏，植物色素所謂一クロモーゲンを指示物質としての消化試験法について．I．クロモーゲンの性質について．農技研報告，G，13：77-91．1955.

81) 亀岡暄一・森本　宏，植物色素所謂一クロモーゲンを指示物質としての消化試験法について．II．常法およびクロモーゲン法により求めた消化率の比較，農技研報告，G，17：133-142．1959.

82) 葛西隆則・小幡弥太郎，馬鈴薯ジュースのアミノ酸．北大農学部邦文紀要，5：139-144．1965．
83) 亀高正夫，家兎の消化に関する研究．Ⅸ．酸化マンガンを指標とする消化率の測定について．日畜会報．28：214-218．1957．
84) 亀高正夫，消化管における内因性窒素化合物の栄養的意義．日畜会報．39：1-11．1968．
85) Kass, M. L., P. J. Van Soest and W. G. Pond, Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. J. Anim. Sci., 50 : 192-197. 1980.
86) 川村　修・千秋達道・堀口雅昭・松本達郎，牧草の反芻胃内消化と中性デタージェント繊維測定法に関する組織化学的検討．日畜会報，46：6-10，1975．
87) Kennelly, J.J., F. X. Aherne and M. J. Apps, Dysprosium as an inert marker for swine digestibility studies. Can. J. Anim. Sci., 60 : 441-446. 1980.
88) Keys, J.E., Jr., and J. V. Debarthe, Cellulose and hemicellulose digestibility in the stomach, small intestine and large intestine of swine. J. Anim. Sci., 39 : 53-56. 1974.
89) Keys, J. E. Jr., P. J. Van Soest and E. P. Young, Comparative study of the digestibility of forage cellulose and hemicellulose in ruminants and non-ruminants. J. Anim. Sci., 29 : 11-15. 1969.
90) Kidder, D. E.and M. J. Manners, Digestion in the pig. Scientechnica Bristol Bath, 1978.
91) 小牧　弘・鈴木　健・森本　宏，豚におけるAIAを内部指示物質とする消化率測定の研究．日大農獣医学術研報，38：248-255．1981．
92) Kornegay, E. T. and G. Graber. Effect of food intake and moisture content on weight gain, digestibility of dist constituents and N-retention of swine. J. Anim. Sci., 27 : 1591-1595. 1968.
93) 小山雄生・宮本　進，不溶性指標物質としての希土類元素の利用．日畜会報，55：911-916．1984．
94) 窪田大作・森本　宏，養鶏飼料の栄養価および可消化成分量計算値の信頼性について(II)．家禽会誌，2：63-68．1965．
95) Likuski, H. J. A., J. P. Bowland and R. T. Berg, Energy digestibility and nitrogen retention by pigs and rats fed diets containing non-nutritive diluents and varying in protein level. Can. J. Anim. Sci., 41 : 89-101. 1961.
96) Lloyd, L. E. and E. W. Crampton, The apparent digestibility of crude protein of the pig ration as a function of its crude protein and crude fiber content. J. Anim. Sci., 14 : 693-699. 1955.
97) Lloyd, L. E., D. G. Dale and E. W. Crampton, The role of the caecum in nutrient utilization by the pig. J. Anim. Sci., 17 : 684-692. 1958.
98) McCarthy, J. F., F. X. Aherne and D. B. Okai, Use of HCI insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. Can. J. Anim. Sci., 54 : 107-109. 1974.
99) McCarthy,J. F., J. P. Bowland and F. X. Aherne, Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. Can. J. Anim. Sci., 57 : 131-135. 1977.
100) McDonald, P., A. R. Henderson and I. Ralton, Energy change during ensilage. J.Sci., Fd. Agric., 24 : 827-834. 1973.
101) 宮川浩輝・米田裕紀・所　和暢，肉豚に対する穀実サイレージの利用法に関する研究．第5報．穀実サイレージの給与割合が肥育に及ぼす影響．滝川畜試研報．10：19-24．1973．
102) 宮川浩輝・吉本　正・米田裕紀・所　和暢，肉豚に対する穀実サイレージの利用法に関する研究．第3報．調理法の差異による肥育効

果．滝川畜試研報，9：29-35．1972．
103) Moore, J. H., Diurnal variations in the composition of the feces of pigs on diets containing chromium oxide. Br. J. Nutr., 11：273-288. 1957.
104) Moore, J. H., The effect of diurnal variations in composition of the feces of pigs on the determination of digestibility coefficients by the chromium-oxide method. Br. J. Nutr., 12：24-34. 1958.
105) Moore, J. H. and C. Tyler, Studies on the intestinal absorption and excretion of calcium and phosphorus in the pig. Br. J. Nutr., 9：63-80. 1955.
106) 森　淳・長野錬太郎・姫野健太郎・高橋正也，豚の消化率の消長．日豚研誌，5：107-111．1968．
107) 森本　宏，飼料の新しい解説〔10〕—飼料の価値と特性およびその利用—．畜研，16：481-484．1962．
108) 森本　宏，飼料の新しい解説—飼料の価値と特性およびその利用法—畜研，17：617-620．1963．
109) 森本　宏監修，動物栄養試験法．413-418．養賢堂．東京．1971．
110) 森本　宏，家畜栄養学．247．養賢堂．東京．1971．
111) 中村亮八郎，新飼料学．上．チクサン出版社．東京．1977．
112) 中村亮八郎，新飼料学．下．チクサン出版社．東京．1981．
113) 名久井　忠・岩崎　薫・早川政市，ホールクロップサイレージ用トウモロコシの収穫適期の検討．日草誌，26：412-417．1981．
114) 名久井　忠・櫛引英男・阿部　亮・岩崎　薫・早川政市・仲野博之，とうもろこし早生品種『ヘイゲンワセ』『ホクユウ』のサイレージとしての飼料価値．日草誌，21：300-307．1975．
115) 名久井　忠・櫛引英男・岩崎　薫・早川政市，トウモロコシサイレージにおける早晩生品種の飼料価値．栄養収量の年次変動について．北農試研報，126：149-162．1980．
116) 楢崎　昇・安宅一夫・上野光敏・川島　力，馬鈴薯澱粉工業副産物，いわゆるポテトプロフィードの豚における飼料的価値．北豚研報．11(3)：24-27．1980．
117) 日本養豚研究会北海道支部，北海道養豚史，209-210．1980．
118) 農林省畜産試験場，飼料分析法．畜産試験場研究資料．No.6：19．1960．
119) 農林水産省農林水産技術会議編，日本標準飼料成分表（1980年版）．中央畜産会．1981．
120) 農林統計協会，農業白書．昭和60年度，1986．
121) 農林統計協会，農業白書附属統計表．昭和60年度．1986．
122) Nottle, M. C., Silica metabolism of the merino sheep Aust. J. Agric. Res., 17：175-182. 1966.
123) 岡本全弘・広瀬可恒，人工ルーメンによる牧草の消化に関する研究．II．中性デタージェント抽出，脱リグニンおよびリグニン添加処理がin vitro消化・発酵におよぼす影響．日畜会報，43：554-560．1972．
124) 大原久友・安宅一夫，馬鈴薯澱粉製造液汁乾燥物の消化性および飼料的利用について．帯大研報．第I部，7：280-287．1971．
125) 大原久友・古谷政道・大原洋一・小島律夫，ポテトプロテインの飼料価値について．帯大研報，第I部，6：68-73．1969．
126) 大島光昭，蛋白質栄養面からみた牧草成分分画の意義．栄養生理研報，27：27-45．1983．
127) Parker, J. W. and A. J. Clawson, Influence of level of total feed intak on digestibility, rate of passage and energetic effeiciency of reproduction in swine. J. Anim. Sci., 26：485-489. 1967.
128) Rad. F. H. and K. Keshavars, Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and the possibility of substitution of sunflower meal for soybean meal in poultry diets. Poultry Sci., 55：1757-1765. 1976.
129) Reid, J. T., P. G. Woolfolk, C. R. Richard,

R. W. Kaufman, J. K. Loosli, K. L. Turk, J. I. Miller and R. E. Blaser, A new indicator method for the determination of digestibility and consumption of forages by ruminants. J. Dairy Sci., 33 : 60-71. 1950.

130) 斎藤　守・高橋正也，豚における消化率の変動要因．1）消化率におよぼす飼料の給与量と体重の影響．畜試研報．43：93-98．1985.

131) 斎藤　守・高橋正也，豚における消化率の変動要因．2）1日の採糞時間帯および給餌回数による消化率の変動．畜試研報，43：99-103．1985.

132) 斎藤道雄・木部久衛，鶏の飼料通過に関する研究．I．Ferric oxide の投与と消化管内に於ける行動について．日畜会報，27：105-108．1956.

133) 佐々木国利・八幡林芳・箭原信男・帰山幸夫，豚の発育齢に伴う消化率の推移．北農，35(2)：33-40．1968.

134) 笹崎竜雄，澱粉粕を主飼料とした養豚の実際．畜研，10：1041-1044．1956.

135) Schingoethe, D. J., J. A. Rook and F. Ludens, Evaluation of sunflower meal as a protein supplement for lactating cows. J. Dairy. Sci., 60 : 591-595. 1977.

136) 関根隆光，化学の領域増刊34．光電比色法．各論2．南江堂．1964.

137) 首藤新一・阿部　登・米田裕紀・所　和暢・西部慎三，肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究．II．馬鈴薯磨砕サイレージの給与試験．滝川畜試研報，3：19-37．1965.

138) 首藤新一・阿部　登・米田裕紀・所　和暢・西部慎三，肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究．III．荳科牧草サイレージの豚品種毎給与試験．滝川畜試研報，3：39-55．1965.

139) Siers, D. G., Chromic oxide determined digestion coefficients and their relationship to rate of gain and feed efficiency in individually fed yorkshire boars, barrows and gilts. J. Anim. Sci., 41 : 1266-1269. 1975.

140) Squibb, R. L., C. Rivera and R. Jarquin, Comparison of chromogen method with standard digestion trial for determination of the digestible nutrient content of kikuyu grass and ramie forages with sheep. J. Anim. Sci., 17 : 318-321. 1958.

141) 須藤　浩，乳牛飼料としてのカス（粕）類の飼料価値と与え方(9)．畜研，27：361-365．1973.

142) 杉本亘之，豚に対するとうもろこしサイレージの飼料価値．4．とうもろこしの切断長および肉豚と妊娠豚の違いがとうもろこしサイレージの消化率に及ぼす影響，北豚研会報，15(1)：25-28．1983.

143) 杉本亘之・匂坂正吾，空知地方における飼料用とうもろこしの収量と化学組成．I．早生種『C535』および晩生種『P3390』の部位別収量と生産量の推移．北農，49(2)：26-42．1982.

144) 杉本亘之・米田裕紀・所　和暢・前田善夫・籠田勝基，馬鈴しょ澱粉およびてん菜製糖廃液処理物の豚における飼料価値．滝川畜試研報，13：17-22．1976.

145) Sullivan, J. T., Cellulose and lignin in forage grasses and their digestion coefficients. J. Anim. Sci., 14 : 710-717. 1955.

146) Sullivan, J. T., A rapid method for the determination of acid insoluble lignin in forages and its relation to digestibility. J. Anim. Sci., 18 : 1292-1298. 1959.

147) Sullivan, J. T., Studies of the hemicelluloses of forage plants. J. Anim. Sci., 25 : 83-86. 1966.

148) Sutton, E. I., J. P. Bowland and J. F. McCarthy, Studies with horses comparing 4 N-HCI insoluble ash as index material with total fecal collection in the determination of apparent digestibilities. Can. J. Anim. Sci., 57 : 543-549. 1977.

149) 鈴木　健・野本敏郎・小牧　弘・森本　宏，腸管カニューレの装着による豚の消化管における部分消化に関する研究．日畜会報，52：

354-361. 1981.

150) 高橋正也・森 淳・実川義人・姫野健太郎・森本 宏, 豚の飼料の栄養価に関する研究. III. ぬか類その他. 畜試研報, 17 : 15-20. 1968.

151) 高橋正也・森 淳・長野錬太郎・実川義人・姫野健太郎・森本 宏, 肉豚の飼養標準に関する研究. II. 配合飼料の消化率の品種および性別による考察. 畜試研報, 18 : 29-35. 1968.

152) 高橋正也・森本 宏, 酸化クロム指標による豚消化試験法について. 畜試研報, 3 : 125-130. 1963.

153) 高橋正也・森本 宏, 豚の飼料の栄養価に関する研究. IV. 豚の飼料における TDN と DE の関係. 畜試研報, 20 : 75-78. 1969.

154) 高橋正也・斎藤不二男・森本 宏, 肉豚の品種, 性別等による生長, と体の性状および消化率の差異. 畜試研報, 4 : 41-45. 1964.

155) 寺田文典・岩崎和雄・田野良衛・針生程吉, 反芻家畜における消化率測定のための内部指示物質としての酸不溶性灰分の利用. 畜試研報, 36 : 75-79. 1979.

156) 寺島福秋・伊藤 宏・松本達郎, 消化率測定の指示物質としての Cerium-144. 日畜会報, 40 : 55-60. 1969.

157) Thonney, M. L., D. J. Duhaime, P. W. Moe and J. T. Reid, Acid insoluble ash and parmanganate lignin as indicators to determine digestibility of cattle rations. J. Anim. Sci., 49 : 1112-1116. 1979.

158) Thorbek, G., Studies on energy metabolism in growing pigs. II. Protein and fat gain in growing pigs fed different feed compounds. Efficiency of utilization of metabolizable energy for growth. Beretn. Forsogslab., 424, 193pp. Kobenhavn.

159) 東大農芸化学教室, 実験農芸化学別巻, 196, 朝倉, 1969.

160) Van Keulen, J. and B. A. Young, The evaluation of acid-insoluble ash as a nutural marker in ruminant digestibility studies. J. Anim. Sci., 44 : 282-287. 1977.

161) Van Soest, P. J., Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J.Assoc. of Anal. Chem., 46 : 829-835. 1963.

162) Van Soest, P. J. and R. H. Wine, Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. J.Assoc. of Anal. Chem., 50 : 50-55. 1967.

163) Vogtmann, H., H. P. Pfirter and A. L. Prabucki, The new method of determining metabolisability of energy and digestibility of fatty acids in broiler diets. Br. Poult. Sci., 16 : 531-534. 1975.

164) 渡辺泰邦・村井秀夫, 豚の消化管内揮発性脂肪酸, 乳酸, グルコースと揮発性脂肪酸の動静脈差. 信州大学農学部紀要, 5 : 29-36. 1968.

165) Whiting, F. and L. M. Bezeau, The metabolic fecal nitrogen excretion of the pig as influenced by the amount of fiber in the ration and by body weight. Can. J. Anim. Sci., 37 : 95-105. 1957.

166) Woodman, H. E. and R. E. Evans, The nutritive value of fodder cellulose from wheat straw. J. Agr. Sci., Camb, 37 : 202-210. 1947.

167) 八幡林芳・名久井 忠・帰山幸夫, 肥育豚に対する合理化乾燥澱粉粕の給与限界. 北農, 35(10) : 23-30. 1968.

168) 山田和明・豊川好司・坪松戒三, 稲わらのメン羊消化管内通過速度および充満度. 日畜会報. 49 : 566-571. 1978.

169) 米田裕紀・阿部 登・所 和暢・糟谷 泰・西部慎三, 肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究. IX. ラジノクローバサイレージ多給時に添加する動物性油脂の種類の比較. 滝川畜試研報. 7 : 28-35. 1969.

170) 米田裕紀・宮川浩輝・前田善夫・籠田勝基・所 和暢・杉本亘之・大畠国雄, 肉豚に対す

る穀実サイレージの利用法に関する研究．第6報．えん麦サイレージ給与時における栄養補正．滝川畜試研報．12：44-52．1974．

171）米田裕紀・首藤新一・阿部　登・所　和暢・西部慎三，肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究．Ⅴ．ビートトップサイレージ給与による品種別比較試験．滝川畜試研報，4：58-75．1966．

172）米田裕紀・首藤新一・阿部　登・所　和暢・糟谷　泰・西部慎三，肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究．Ⅵ．荳科牧草サイレージ多給時における熱量の補正．滝川畜試研報，6：19-37．1968．

173）米田裕紀・首藤新一・阿部　登・所　和暢・糟谷　泰・西部慎三，肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究．Ⅶ．馬鈴薯磨砕サイレージ多給時における蛋白質の補正．滝川畜試研報，6：38-51．1968．

174）米田裕紀・首藤新一・阿部　登・所　和暢・糟谷　泰・西部慎三，肉豚肥育における自給生産飼料利用に関する研究．Ⅷ．ラジノクローバサイレージ多給時における動物性油脂の添加率の比較．滝川畜試研報，7：19-27．1969．

175）米田裕紀・首藤新一・阿部　登・所　和暢・糟谷　泰・西部慎三，豚における自給飼料の利用に関する研究．第1報．肥育豚でのラジノクローバサイレージの利用性．日豚研誌，21：57-69．1984．

176）米田裕紀・首藤新一・阿部　登・所　和暢・糟谷　泰・西部慎三・吉本正，豚における自給飼料の利用に関する研究．第2報．肥育豚での馬鈴薯サイレージ及び澱粉粕の利用性．日豚研誌，21：125-134．1984．

177）米田裕紀・杉本亘之・大畠国雄・吉本　正・所　和暢・宮川浩輝，肉豚に対する穀実サイレージの利用法に関する研究．第4報．小麦の熟期を異にするサイレージの消化率と栄養価値．滝川畜試研報，10：15-18．1973．

178）米田裕紀・吉本　正・宮川浩輝・所　和暢・平山秀介，肉豚に対する穀実サイレージの利用法に関する研究．第2報．麦の種類による肥育効果．滝川畜試研報，9：22-28．1972．

179）吉田　実，飼料に関する実験計画法と成績のまとめ方，日本科学飼料協会，東京，1968．

180）吉本　正，肉豚に対する穀実サイレージの利用法に関する研究．第1報．麦の種類による消化率の差異と栄養価値．滝川畜試研報，9：14-21．1972．

181）吉本　正，豚における草類の消化能力とその利用性に関する研究．千葉大園芸学部特別報告，11，1974．

182）吉本　正，豚の栄養消化生理，農業技術大系畜産編，4豚，基71-90．農山漁村文化協会，東京，1979．

183）Yoshimoto, T. and Matsubara, N., Studies on the utilization of forage and the digestion of cellulose and hemicellulose by pigs. Jpn. J.Zootech. Sci., 54：748-754. 1983.

184）吉本　正・所　和暢・米田裕紀，廃液添加澱粉かすの肉豚に対する利用性に関する研究．滝川畜試研究資料，No.34，1972．

Utilization of the Fibrous Feeds by Growing-Fattening Pigs.

by

Nobuyuki SUGIMOTO

Summary

For an estimate of the nutritive value of feeds, the inspection on the measurement methods is important to determine the nutritive value of feeds accurately, and the nutritive value so obtained must reflect on the productive performance of animals.

This study was conducted to clarify the factors to influence the results of digestion trial on swine and to determine the nutritive value of the fibrous feeds used widely in Hokkaido for growing-fattening pigs, and to investigate the digestibilities of fibrous components of feeds and the significance of digestible fibrous components on swine nutrition.

The results are summarizded as follows:

I. Factors influencing the digestibility.

1) Effects of feeding levels on digestibility.

The effects of feeding levels on digestibilities of feeds and on the retention times of them in the alimentary tract of pigs were investigated. Two diets, diet L (generally used for the performance test of pigs in Japan, DCP 12% and TDN 82% in DM) and diet H (commercial formula feed, DCP 16% and TDN 90% in DM) were used as the experimental diets. Eight Landrace barrows, weighing from 23to 33kg at the beginning of the experiment were divided equally into two groups and fed diet L or diet H, respectively. The feeding level treatments of both diets were equivalent to 2, 3, 4 and 5% of body weight per day. The digestibilites tended to decrease as the feeding levels increased in both diets. However, the feeding levels did not affect significantly the digestibilities of any components and the nutritive values of diet H. On the other hand, the digestibilities of diet L were significantly higher in dry matter ($P<0.05$), NFE ($P<0.05$), gross energy ($P<0.05$) and crude fiber ($P<0.01$) when fed at the 2% level than at the 5% level. Also, the nutritive values of diet L were significantly higher in the digestible energy ($P<0.05$) at the 2% level than both at the 4 and 5% levels, and in TDN($P<0.05$) at the 2% level than at the 5% level.

The retention times of feeds in the alimentary tract of pigs tended to decrease as the feeding levels increased in both diets. The retention times of diet L were apparently shorter than those of diet H when fed at the same feeding levels. The relationship between fecal dry matter (Y, $g/w^{0.75}$) and mean retention times (X, hour) in the alimentary tract was shown by the following equation: $Y=48.74.e^{-0.0376X}$ ($r=-0.85$, $P<0.01$). The correlation coefficients between mean retention times in

the alimentary tract and the digestibilities were significant at 1% level for all components of diet L, while they were significant at 5% level for the digestibilites of dry matter, crude protein, NFE and gross energy and non-significant ($P>0.05$) for those of ether extracts and crude fiber of diet H.

These results indicate that the effects of feeding levels on the digestibilities may change with the quality of feeds, and low quality feeds would be affected more by the feeding levels than high quality feeds.

2) Effects of mixing ratio of experimental feeds to the basal diet on the digestibility.

The effects of the mixing ratio of experimental feeds to the basal diet on the digestibility of feeds were investigated. The experimental feeds used were corn as high energy feed, leaf protein as high protein feed, and beet pulp and corn silage as high fiber feed. The digestibilities of all the experimental feeds were affected by the mixing ratios, but the nutritive values did not change significantly in all feeds when the mixing ratios of feeds to the basal diet went up 20 and more %. The coefficients of variation of the digestibilities and the nutritive values of the experimental feeds tended to decrease as the mixing ratios increased.

These results show that the mixing ratio of experimental feeds to the basal diet should be 20 and more % to determine the digestibility of feeds.

3) The relationship between the digestibility and body weight of pig.

The effects of body weight, as the index of growing period, on the digestibility were investigated by analysing the data of digestion trials with 53 head of Landrace barrows, weighing from 24 to 74 kg, kept under almost the same feeding conditions.

The digestibilities of crude protein, crude fat and crude fiber became significantly ($P<0.01$) higher with increasing body weight of pigs, but those of dry matter and NFE did not show any consistent relation to body weight. The values of DCP and digestible energy also increased with increasing body weight, but that of TDN did not show any relation to body weight.

These results indicate that body weight of pig should be taken into consideration for measurement of digestibility, especially body weight over 40kg are desirable for the determination of digestibility of dietary fiber.

4) Effects of swine breed as the experimental animals on the digestibility.

The difference of digestion ability among swine breeds were studied using pigs of Landrace and Large White and with 4 diets (formula feed, 20% of it was replaced by soybean meal, and 20 or 40% of it was replaced by corn).

There were no difference in digestibilities of any components of all the experimental diets between two breeds.

5) Comparison of the total feces collection method with the chromic oxide index method.

This experiment was conducted to compare the digestibilities determined by the total feces collection method with those determined by the chromic oxide index method. A total of 131 digestion trials with Landrace barrows and a total of 16 trials with Large White barrows were conducted on 33 different classes of feedstuffs to which 0.1 or 0.2% of chromic oxide were added.

The recovery rate of chromic oxide from feces was $90.8_{\pm}5.3\%$ (mean$_{\pm}$s.d.). The digestibilities obtained by the total feces collection method were significantly higher ($P<0.01$) than those obtained by the chromic oxide index method. The differences of digestibilities between two methods were

$2.18_{\pm}1.33$ points in dry matter, $2.33_{\pm}1.36$ in crude protein, $2.74_{\pm}1.56$ in ether extracts, $1.41_{\pm}1.02$ in NFE, $6.79_{\pm}4.65$ in crude fiber and $2.19_{\pm}1.29$ in energy, respectively.

It was recognized the lower the digestibilities, the larger the differences between two methods.

6) Comparison of the total feces collection method with the acid insoluble ash index method.

A total of 125 digestion trials with Landrace barrows on 30 different classes of feedstuffs were conducted to compare the digestibilities determined by the total feces collection method with those determined by the acid insoluble ash index method.

The recovery rate of acid insoluble ash from feces was $97.5_{\pm}10.1\%$ (mean±s. d.). There were no significant differences of the digestibilities between two methods. The mean recovery rate of acid insoluble ash was better than that of chromic oxide, while the coefficient of variation of the recovery rate of the former was about two times as much as that of the latter. Moreover, the digestibilities obtained by the acid insoluble ash index method were more variable for feedstuffs contained acid insoluble ash less than 0.5% because of the analytical errors.

II. The nutritive values of fibrous feeds being in Hokkaido.

The nutritive values of the following fibrous feeds which are used widely in Hokkaido for swine production were evaluated by the digestion trials and by the feeding experments.

1) Potato pulp fortified with waste water by-products from potato starch or beet sugar manufacturing.

Potato pulp fortified with waste water from potato starch manufacturing was defficient in both DCP and TDN for swine feeds, while potato pulp fortified with steffen molasses, by-product from beet sugar manufacturing, was recognized to be used as an energy feed.

2) Low moisture potato pulp silage.

Low moisture potato pulp silage (moisture content 73%) contained more than 80% of TDN (DM basis) and was recognized to have the better property in transport or storage than conventional high moisture potato pulp.

3) Beet pulp fortified with steffen molasses or cation waste water.

The DCP content of beet pulp pellet fortified with steffen molasses or cation waste water, by-product from beet sugar manufacturing, became higher than beet pulp pellet itself, but it must be adjusted both DCP and TDN content when used as a substitute for formula feed.

4) Sunflower meal.

The nutrients contents of sunflower meal were 31.0% in DCP and 51.6% in TDN (DM basis). The replacement of soybean meal by sunflower meal up to 50% in the experimental formula feed did not exert any adverse effects upon the fattening performance and carcass quality of growing-fattening pigs. Sunflower meal could be used as a protein feed for growing-fattening pigs.

5) Corn silage.

The nutritive value of corn silage was influenced considerably by its grain content. Relationship between TDN content (Y, %) and grain content ratio (X, %) in dry matter of whole crop corn (original material) was shown by the following equation: $Y=0.405X+49.5$ ($r=0.965$, $P<0.01$). It was assumed that TDN content of grain in corn silage was about 90% and that of the rest part was about 50%.

III. Digestibility and feeding value of fibrous components of feeds.

1) Digestibilities of fibrous components of beet pulp, potato pulp and alfalfa meal.

The digestion trials were conducted to evaluate the digestibilities of fibrous components of beet pulp,potato pulp and alfalfa meal. Twelve Landrace barrows were divided into 4 groups and fed one of the following 4 experimental diets: formula feed (basal diet), 30% of it was replaced by either beet pulp or potato pulp, and 20% of it was replaced by alfalfa meal.

The results of the digestibilities of crude fiber, cellulose and hemicellulose of beet pulp, potato pulp, alfalfa meal and formula feed, in order, were 73.7%, 70.0% and 92.0%; 84.3%, 94.4% and 95.7%; 19.9%, 30.2% and 31.9%; and 25.0%, 49.0% and 55.9%; respectively. The digestibilities of crude fiber, cellulose and hemicellulose of beet pulp and potato pulp were much higher than those of alfalfa meal and formula feed. The digestibility of hemicellulose was generally higher than that of cellulose. The extremely low content of lignin in beet pulp and potato pulp was assumed to contribute to the higher digestibilities of fibrous components of them.

2) Digestibilities (disappearance rates) of fibrous components of beet pulp, potato pulp and alfalfa meal at various segments of the gastro-intestinal tracts.

The experiment was conducted to study the digestibilities (disappearance rates) of fibrous components of the diets containing either beet pulp, potato pulp or alfalfa meal at various segments of the gastro-intestinal tracts. Eight Landrace barrows were divided into 4 groups and fed one of the following 4 experimental diets : formula feed (basal diet), 30% of it was replaced by either beet pulp or potato pulp and 20% of it was replaced by alfalfa meal. The digesta samples for analysis were collected from stomach, duodenum, ileum, caecum, colon and rectum by the slaughter technique which was conducted at about 2.5 hours after the morning feeding. The digestibilities (disappearance rates) were determined by the chromic oxide index method.

Alfalfa meal was digested primarily in the small intestine, but crude fiber of it was digested throughout the digestive tracts although the digestibility of it was very low. Beet plup was digested mainly below caecum where crude fiber of it was also digested very well.Potato pulp was digested throughout the digestive tracts. Crude fiber of potato pulp seemed to be digested considerably in the small intestine. Hemicellulose of beet pulp was digested largely below caecum, while that of potato pulp was digested very well until the lower part of the small intestine. Cellulose of beet pulp was digested mainly in caecum and the large intestine, whereas that of potato pulp was digested primarily in caecum.

The moisture content of digesta in the lower intestine (caecum, colon and rectum) was higher among the pigs fed beet pulp and potato pulp than those fed alfalfa meal and the basal diet. The concentrations of ammonium nitrogen of digesta were generally higher in the groups fed alfalfa meal and the basal diet than those fed beet pulp and potato pulp. The volatile fatty acids were detected in the digesta from the entire segments of the gastro-intestinal tracts, and their concentrations in caecum and the upper part of colon were as high as those in the rumen of the ruminants. The concentration of lactic acid of digesta obtained from the small intestine of groups fed alfalfa meal and the basal diet was higher than that of the groups fed beet pulp and potato pulp.

These findings indicate that the properties of digesta in the gastrointestinal tracts might be

affected by a kind of fibrous feeds.

3) Comparison of the feeding value of beet pulp for the performance and the carcass quality of growing-fattening pigs with that of corn starch.

The experiment was conducted to compare the feeding value of digestible carbohydrate of beet pulp for the performance and the carcass quality of growing-fattening pigs with that of corn starch. Sixteen Large White barrows were divided into 2 groups and fed one of the following experimental diets : Corn starch diet, consisted of 75.2% of formula feed (generally used for the performance test of pigs in Japan), 15.6% of corn starch, 8.6% of soybean meal and 0.6% of vitamin-mineral mixture, and Beet pulp diet, consisted of 70.2% of formula feed, 21.0% of beet pulp, 8.0% of soybean meal and 0.8% of vitamin-mineral mixture. These experimental diets were fed to the experimental so that both groups of pigs received the same amount of nutrients.

The experiment continued from 50kg of body weight of pigs to 100kg of body weight.

There were no significant differences on the nutrients intake and the average daily gain between two groups. However, pigs fed Beet pulp diet had significantly heavier stomach, caecum and colon; significantly shorter small intestine; and significantly longer large intestine. These results indicate that the diet quality would influence the development of digestive tracts. The net body weights of pigs excluding digesta in the digestive tracts at slaughtering were 92.55kg for Corn starch diet group and 90.04kg for Beet pulp diet group.

These results indicate that the feeding value of digestible carbohydrate for growing-fattening pigs seems to be different between beet pulp and corn starch.