Ⅲ章　繊維質飼料の栄養価

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ことから，これらの廃液中における有価物を回収し，公害対策を図ると同時に，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。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，さらに乳牛の飼料であ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。しかし，これらの飼料は，一般に繊維含量が高く，しかも成分的な偏りが大きいため，養豚用飼料として利用するには，その栄養特性について検討しておくことが重要である。

本章では，これらの繊維質飼料について，その栄養価を検討し，養豚用飼料としての利用性を究明した。

Ⅲ—1　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

目　　的

馬鈴薯澱粉工業において，副産物として生産されるポテトパルプは，古くから家畜の飼料として利用されてきた[56,57,62,134,167]が，他方，工場から排出される廃液は，河川汚染源として大きな社会問題を生み，さらに工場の大型化，合理化にともない，廃液の処理対策はますます重要な問題となってきている。

この廃液中には有機物，とりわけ蛋白質の含量が高く，しかも良好なアミノ酸組成[82,125]を有していることから，廃液中の有価物を回収し公害対策を図ると同時に，家畜の飼料としての利用が種々試みられている[124,184]。

そこで本試験では，馬鈴薯澱粉工業より生ずる廃液および甜菜製糖工業において糖蜜から砂糖を再抽出した残渣物について，それぞれポテトパルプに添加処理した飼料の栄養価について検討した。

材料および方法

供試品は，澱粉製造工程中で生じる廃液を濃縮し，これをポテトパルプに添加し乾燥後粉砕処理したポテトミール，さらに甜菜製糖において生じる糖蜜からショ糖を再抽出した残渣物を，減圧条件下で濃縮したステッフェン液（原液中ショ糖を20%含有：以下ＳＭと略す）をポテトパルプに添加し，乾燥後粉砕処理したＳＭ添加ポテトパルプの２種類の飼料である。

試験１．ポテトミールについて

消化試験には，基礎配合飼料として豚産肉能力検定飼料を用い，これにポテトミールを無配合および50%配合した２種類の試験飼料を調製した。

試験２．ＳＭ添加ポテトパルプについて

消化試験には，試験１と同様の基礎飼料を用い，これにＳＭ添加ポテトパルプを無配合および20%配合した２種類の試験飼料を調製した。

消化試験は，ポテトミールおよびＳＭ添加ポテトパルプについて，それぞれ別々に実施したが，いずれもランドレース去勢雄６頭（体重70kg～90kg）を用い，酸化クロム法（0.1%添加）により予備期間５～６日，採糞期間３日とし，コンクリート床の豚房に単飼して実施した。

飼料の給与量は，豚産肉能力検定基準に基づき（体重の3.8～4.2%給与）午前９：00と午後４：00の２回に等量分与した。

飼料および採取した糞の処理および分析方法は前章に準拠したが，試験１についてはエネルギーの測定を実施しなかった。

結果および考察

供試飼料の化学成分は表30に示した。ポテトパルプの化学成分は，蛋白質含量が3.7%，ＮＦＥ含量が79.6%，粗繊維含量が13.8%，粗灰分含量が

表30 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
試験 1							
配合飼料	12.0	18.1	4.5	67.2	4.5	5.8	—
ポテトミール	14.3	19.3	0.8	57.4	9.8	12.6	—
試験 2							
配合飼料	10.8	17.4	4.4	66.4	4.6	7.3	4.45
SM[1]添加ポテトパルプ	15.0	9.3	1.6	64.1	10.6	14.4	3.76

1）ステッフェン液
水分以外は乾物中の値

表31 供試飼料の消化率および栄養価

	試験 1		試験 2	
	配合飼料	ポテトミール	配合飼料	SM[2]添加ポテトパルプ
消化率				
乾物 (%)	77.7	61.2	76.1	83.5
粗蛋白質 (%)	76.0	38.9	76.4	30.4
粗脂肪 (%)	71.3	0	77.7	0
NFE (%)	87.3	76.6	85.9	91.6
粗繊維 (%)	4.8	74.2	19.8	97.6
エネルギー (%)	—	—	77.6	80.9
栄養価[1]				
DCP (%)	13.7	7.5	13.3	2.8
DE (kcal/g)	—	—	3.45	3.04
TDN (%)	80.3	58.8	78.9	71.9

1）乾物中の値
2）ステッフェン液

2.2%である（Ⅲ－2）。しかし，表30からも明らかなように，ポテトミールおよびSM添加ポテトパルプはポテトパルプに比較し，粗蛋白質および粗灰分含量が高く，NFEおよび粗繊維含量が低く，馬鈴薯澱粉廃液およびSM添加により，粗蛋白質含量は向上したものの，他方では粗灰分含量の増加が認められた。このことから，馬鈴薯澱粉廃液およびSM中には，粗蛋白質の他に粗灰分が高濃度に含有しているものと推察された。

各試験飼料を豚に給与した結果，特に下痢および軟便の発生は認められず，健康に経過したが，ポテトミール50%配合の飼料において，1頭が翌日へ残食を示したため，消化試験のデータより除外した。

次に，供試飼料の消化率および栄養価を表31に示した。なお，ポテトミールおよびSM添加ポテトパルプは粗脂肪の消化率が負の値を示したため0として表示した。

ポテトミールおよびSM添加ポテトパルプともNFEおよび粗繊維の消化率は良好であり，特にSM添加ポテトパルプのNFEおよび粗繊維の消化率は，それぞれ91.6%および97.6%と極めて高い値を示した。他方，両ポテトパルプ飼料とも成分的には表30に示すように，粗蛋白質の強化がはかられたものの，いずれも粗蛋白質の消化率は低く，廃液中の粗蛋白質の利用性は極めて低いものと判断された。しかし，いずれにせよ，ポテトミールのDCPおよびTDN含量は，養豚用飼料と

してはそれほど高くないことから，ポテトミールの利用に関しては，栄養補正面での考慮が必要になってくるものと考えられた。他方，SM添加ポテトパルプの栄養価は，DCPで乾物中2.8%と極めて低いため，SM添加による粗蛋白質の利用性の向上は期待できないものと判断される。しかし，SM添加ポテトパルプのNFEおよび粗繊維の消化率は良好であり，TDN含量は配合飼料に比較し劣るものの，乾物中71.9%であることから，エネルギー飼料としての利用が期待できるものと推察された。

III－2　脱水馬鈴薯澱粉粕サイレージの栄養価

目　　的

澱粉粕の利用形態は様々な方法がとられている。すなわち，澱粉粕を生のまま利用する方法[117]，乾燥させて利用する方法[167]，またIII－1のように澱粉工場から排出される廃液による公害問題の解消と，廃液中の有価物の利用を目的とした廃液添加の乾燥澱粉粕[116,184]等がそうである。しかし，澱粉粕を生のまま利用するには，水分含量が88%[119]と高いため，貯蔵や輸送に難点があり，その利用範囲も工場近郊に制約されがちである。他方，乾燥澱粉粕は，保存性が高まり，流通範囲は拡大され，飼料としての活用が容易になる反面，乾燥のために多額の経費を要し，さらに澱粉粕中のペクチンを不溶化させ，乾燥を容易にする目的から，石灰が添加されるため，豚では嗜好性の劣るとする報告もみられる[167,184]。

一方，乾燥処理費用の軽減を目的に，生澱粉粕を脱水処理し，水分を70%程度にする方法が開発された。この方法により調製された澱粉粕は，半固形状のため，無処理の生澱粉粕に比較し取り扱いや輸送が容易となり，さらに澱粉粕内部の気密性が保たれるため，そのまま密封保存することにより，澱粉粕内部のサイレージ化を促し，飼料価値を損うことなく，長期間にわたり保存できるものと予想された。

そこで本試験では，脱水処理した澱粉粕のサイレージ化による長期保存の可能性と，豚における飼料価値の検討を行った。なお，サイレージの発酵品質の改善を目的にIII－1で使用したステッフェンの添加効果についても検討した。

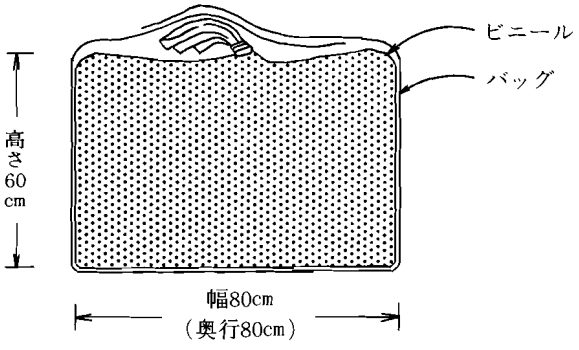

図37　脱水澱粉粕の貯蔵法

材料および方法

供試した脱水澱粉粕は，ローラ式脱水機により水分を搾汁除去し，水分含量を約70%としたもの

表32　消化試験の実施方法

		供試頭数	体重 kg	飼料の給与量 kg/日・頭	
1979	配合区	4	42～45	配合飼料1.7	予備期4日，本期3日の酸化クロム法（0.2%添加）
	PPS区	4	45～51	配合飼料1.2＋PPS2.0	
	SMPPS区	4	44～48	配合飼料1.2＋SMPPS2.0	
1980	配合区	4	56～66	配合飼料2.66*	予備期5日，本期5日の全糞採取法
	PPS区	4	54～66	配合飼料1.88*＋PPS2.42*	

PPS：ポテトパルプサイレージ
SMPPS：ステッフェン液添加ポテトパルプサイレージ
＊　4頭の平均値

を，図37に示すように，ビニールで覆い，バッグに500kg詰め込んだポテトパルプサイレージ（以下ＰＰＳと略す）と，脱水澱粉粕に７％のステッフェン液（以下ＳＭと略す）を添加して，同様に処理したＳＭ添加のポテトパルプサイレージ（以下ＳＭＰＰＳと略す）の２種類である。

それぞれ1978年11月下旬に屋外に放置し，約１年後の1979年10月下旬に開封し，サイレージの発酵品質および栄養価を調査した。ＰＰＳについては，その後再度密封し，翌年の1980年10月下旬に開封し，前回同様サイレージの発酵品質および栄養価について再調査した。

供試豚は，両年ともランドレース去勢雄で表32に示すような条件のもとで消化試験を実施した。なお，飼料の給与は，午前９：00と午後４：00の２回とし，等量分与した。基礎飼料として用いた配合飼料は，豚産肉能力検定飼料である。

飼料および採取した糞の処理および分析方法は，II章と同様である。

結果および考察

放置後，約１年目に開封したＰＰＳおよびＳＭＰＰＳは，いずれも表層部にわずかにカビの発生を認めたが，除去するまでには至らず，肉眼的には極めて良好な状態であった。

サイレージの発酵品質は表33に示した。水分含量はいずれも73%程度であった。ＰＨ値はＰＰＳに比較しＳＭＰＰＳで高かったが，ＳＭのＰＨを測定した結果，8.4であり，このことからＳＭの添加によりＰＨ値が高まったものと推察された。乳酸，酢酸およびアンモニア態窒素含量は，ＰＰＳとＳＭＰＰＳとの間に，特に差は認められなかった。このことから，サイレージの発酵品質改善の目的で添加したＳＭの効果は，特に認められなかった。さらに，1980年に再検討したＰＰＳについては，前年度に比較し表層部のカビの発生が若干多かったものの，表層部数cmを除去することにより，内部は肉眼的に前年度と同様な様相を呈し，サイレージの発酵品質においても，特に長期間の保存による変化は認められなかった。したがって，ＰＰＳは密封することにより，容易に長期間の保存が可能と判断された。

供試飼料の化学成分は表34に示した。ＰＰＳの化学成分を，乾物中の値で飼料成分表[119]と比較す

表33 脱水澱粉粕サイレージの発酵品質

		水分	pH	総酸	乳酸	揮発酸				NH_3-N
						酢酸	プロピオン酸	酪酸	バレリアン酸	
		%		%	%	%	%	%	%	mg/100g
1979	ＰＰＳ*	73.2	3.49	0.58	0.40	0.18	+	−	−	5.8
	ＳＭＰＰＳ*	72.5	4.35	0.59	0.36	0.23	+	+	+	6.1
1980	ＰＰＳ*	73.1	3.49	0.62	0.47	0.15	+	−	−	4.9

＊ 表32を参照

表34 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
1979	配合飼料	11.1	18.2	4.9	65.3	5.0	6.7	4.40
	ＰＰＳ*	73.2	3.7	0.8	79.6	13.8	2.2	4.25
	ＳＭＰＰＳ*	72.5	5.4	1.3	74.2	12.6	6.6	4.14
1980	配合飼料	9.6	18.8	4.9	65.1	4.4	6.8	4.41
	ＰＰＳ*	73.1	4.8	0.8	78.7	13.6	2.2	4.26

水分以外は乾物中の値
＊ 表32を参照

表35　供試飼料の消化率および栄養価

	1979			1980	
	配合飼料	PPS*	SMPPS*	配合飼料	PPS*
消化率					
乾物（%）	78.9	79.1	80.4	77.4	77.8
粗蛋白質（%）	75.3	0	0	75.5	0
粗脂肪（%）	72.3	0	0	67.8	0
NFE（%）	86.9	92.7	94.2	86.5	90.2
粗繊維（%）	33.2	82.5	82.4	17.3	83.9
エネルギー（%）	78.5	73.6	73.2	76.1	71.4
栄養価[1)]					
DCP（%）	13.7	0	0	14.2	0
DE（kcal/g）	3.45	3.13	3.03	3.36	3.04
TDN（%）	80.0	85.1	80.2	78.8	82.3

1）乾物中の値
＊　表32を参照

ると，粗繊維含量で低く，NFE含量で高かった。さらに，1979年におけるPPSとSMPPSを乾物中の化学成分で比較すると，SMPPSで粗蛋白質および粗灰分含量が高く，NFEおよび粗繊維含量が低かった。このことは，Ⅲ－1と同様，SMが澱粉粕に比較し，粗蛋白質および粗灰分含量で高く，NFEおよび粗繊維含量で低いためと推察された。また，PPSの化学成分を1979年と1980年で比較すると，両者の間に明らかな差は認められなかった。

各試験飼料を供試豚に給与した結果，嗜好性に特に問題はみられなかった。しかし，1処理期7～10日の短い給与期間であったが，PPSおよびSMPPS給与区で軟便となる傾向が認められ，八幡ら[167)]および楢崎ら[116)]の報告と同様の結果を示した。

各供試飼料の消化率および栄養価は表35に示した。PPSおよびSMPPSの粗蛋白質および粗脂肪の消化率は，いずれも負の値を示したため0として表示した。PPSおよびSMPPSにおける各成分の消化率は，両者ともほぼ同じ値であり，両者間に有意差は認められなかった（$P>0.05$）。また，1979年と1980年のPPSでは，粗繊維以外の成分における消化率はいずれも1979年で若干高い傾向がみられたが，各成分とも両者間に有意差は認められなかった（$P>0.05$）。

生澱粉粕の消化率は，飼料成分表[119)]によると，NFEは80%，粗繊維は63%であり，他方，廃液を添加した乾燥澱粉粕におけるNFEの消化率について，吉本ら[184)]および楢崎ら[116)]は88%とし，粗繊維の消化率は吉本ら[184)]は85%，楢崎ら[116)]は69%と報告している。したがって，本試験における澱粉粕のNFEおよび粗繊維の消化率は，既報値から判断し良好な値であった。このため表35で示すように，TDNはSMPPSで若干低かったものの，いずれも80%以上の値を示し，本試験で供試した配合飼料の乾物中のTDN値から比較し，エネルギー飼料として価値の高いものと推察された。しかし，TDN値は，80%以上の高い値を示したものの，DEについては，3.03～3.13kcal/gとTDN値の割にDE値が低かった。

高橋ら[153)]は，TDNとDEの関係について検討した結果，飼料の種類によって両者の関係の異なることを認め，特に蛋白質含量の差による影響が大きく，蛋白質含量の低い飼料では高い飼料に比較し，DE値の低くなることを報告しているが，本試験の場合これらの関係の他に，粗蛋白質と粗脂肪の消化率が負の値を示したことが大きな要因として考えられる。すなわち，PPSおよびSMPPSのDE値は，全成分を考慮した上で算出さ

れているのに対し，ＴＤＮの場合，粗蛋白質および粗脂肪の可消化養分量をマイナス成分として考慮することなく，０として算定しているためにＤＥ値に比較しＴＤＮ値が高く評価されたものと推考される。したがって，消化率が負の値を示した成分のＴＤＮ値とＤＥ値の関係については，さらに今後の検討が必要と思われた。

以上，供試した脱水澱粉粕は，水分含量が約73％のため，生澱粉粕に比較し，取扱いが容易となり，さらに密封貯蔵することにより，長期にわたり保存が可能であった。なお，ＳＭの添加によるサイレージの発酵品質の改善効果は認められず，むしろＰＨ値は高まった。栄養価についてみると，ＳＭを添加すると粗灰分の増加がみられ，その分エネルギーの低下が生ずるものと考えられたが，ＰＰＳおよびＳＭＰＰＳともエネルギー飼料として価値の高いものと推測された。

Ⅲ－３　甜菜製糖廃液添加ビートパルプペレットの栄養価

目　　的

澱粉製造工業と同様に，甜菜製糖工業においても副次的に生ずる廃液は，環境汚染源として大きな社会問題を引き起こしている。

本試験では，甜菜製糖工業において副次的に生産されるステッフェンおよびカチオン液をビートパルプに吸着させペレット化した飼料について，それぞれ豚における飼料価値を検討した。

材料および方法

供試品およびその製造概要は以下のとおりである。

1）アニオン液：製糖法の一つであるイオン交換法において，アニオン交換樹脂より回収された廃液濃縮物。

2）カチオン液：同じく，イオン交換法において，アニオンおよびカチオン両交換樹脂より回収された廃液濃縮物。なお，イオン交換法の工程で回収される廃液は，このカチオン液である。したがって，実際にはアニオン液は回収されないが，本試験では参考までにその回収を試み化学成分を調査した。

3）ビートパルプペレット：従来のビートパルプをペレット化（直径８㎜）したもの。

4）ステッフェン液添加ビートパルプペレット：ビートパルプにⅢ－１で供試したステッフェン液を，乾物割合で約30％添加しペレット化（直径10

表36　ビートパルプペレットの採食量

個体No.	給与量		採食量	
	配合飼料	ビートパルプペレット	配合飼料	ビートパルプペレット
	g	g	g	g
1	2,100	900	2,100	460
2	2,100	900	2,100	425
3	2,100	900	2,100	150
4	2,100	900	2,100	610

表37　試験区分と飼料の配合割合

区分	飼料の配合割合
配合区	配合飼料100％
パルプ区	配合飼料 80％＋ビートパルプペレット20％
ステッフェン添加パルプ区	配合飼料 80％＋ステッフェン液添加ビートパルプペレット20％
カチオン添加パルプ区	配合飼料 80％＋カチオン液添加ビートパルプペレット20％

mm）したもの。

5）カチオン液添加ビートパルプペレット：ビートパルプにカチオン液を乾物で約30%添加しペレット化（直径8mm）したもの。

供試豚は，ランドレース去勢雄4頭（体重66.0～72.2kg）である。なお，供試豚4頭を用いて，予備的にビートパルプペレットの採食量の調査を行った。すなわち，ビートパルプペレットを配合飼料の3割代替えして6日間給与後，7日目にその採食量を測定した結果が表36である。ビートパルプペレットの嗜好性は個体によって異なったが，必ずしも良好でなかった。したがって，ペレットの形状で消化試験を行うことが困難と思われたため，ペレットを同体積の水に浸し，いわゆる膨潤化させた後に配合飼料へ混合して給与することを試みた。その結果，20%程度の代替えは，嗜好性に特に悪影響を及ぼさないことを認めたため，消化試験は各ペレットを同体積の水に浸して膨潤化した後，配合飼料へ混合して給与した。

本試験では，ビートパルプペレット，ステッフェン液添加ビートパルプペレットおよびカチオン液添加ビートパルプペレットについて消化試験を実施した。

それぞれの供試品は，表37の試験区分にしたがって飼料の調製を行った。なお，基礎飼料として用いた配合飼料は，豚産肉能力検定飼料である。消化試験は，4区について4×4のラテン方格法で実施し，飼料の給与回数は午前9：00と午後4：00の1日2回とした。

消化試験は酸化クロム法（0.2%配合）に基づき予備試験期間4日，本試験期間3日で行った。なお，供試豚はコンクリート床の豚房に単飼とした。

飼料および採取した糞の処理および分析方法は，II章と同様である。

結果および考察

供試飼料の化学成分は表38のとおりである。アニオン液は粗灰分含量が，カチオン液では粗蛋白質および粗灰分含量がそれぞれ高かった。特に，アニオン液では，粗灰分含量が乾物中で50%以上を占め，飼料としての利用は困難と判断された。

ビートパルプペレットは，配合飼料に比較し粗蛋白質およびNFE含量が低く，粗繊維含量が高かった。ビートパルプへステッフェンおよびカチオン液を添加したペレットでは，両者とも粗蛋白質および粗灰分含量が高くなり，その分だけNFE，粗繊維およびエネルギー含量が低下した。特に，カチオン液添加ビートパルプペレットの粗蛋白質は，配合飼料と同程度の値を示した。

各試験飼料を豚に給与した結果，下痢および軟便の発生は認められなかった。さらに，採食性についても異常は認められず，各処理区とも残食はみられなかった。

供試飼料の消化率および栄養価は表39に示した。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

表38　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
配合飼料	9.0	17.4	4.4	67.0	4.6	6.6	4.44
アニオン液	54.9	12.5	—	30.6	3.3	53.6	2.44
カチオン液	36.1	35.8	2.5	34.1	1.6	26.0	4.07
ビートパルプペレット	9.5	10.7	2.3	62.0	21.2	3.8	4.48
ステッフェン液添加ビートパルプペレット	9.2	13.1	3.0	56.1	18.2	9.7	4.24
カチオン液添加ビートパルプペレット	13.0	18.2	2.1	49.8	15.7	14.3	4.18

水分以外は乾物中の値

表39 供試飼料の消化率および栄養価

	配合飼料	ビートパルプペレット	ステッフェン液添加ビートパルプペレット	カチオン液添加ビートパルプペレット
消化率				
有機物(%)	81.2	73.1	77.9	80.0
粗蛋白質(%)	77.7	17.2	51.8	61.3
粗脂肪(%)	63.4	35.0	54.1	51.4
NFE(%)	87.4	83.9	84.1	85.8
粗繊維(%)	22.2	73.9	79.3	86.1
エネルギー(%)	78.0	74.3	73.8	77.0
栄養価[1)]				
DCP(%)	13.5	1.8	6.8	11.2
DE(kcal/g)	3.46	3.33	3.13	3.22
TDN(%)	79.3	71.1	71.9	69.7

1）乾物中の値

ついてはその成分含量が低かったため，DCPは乾物中1.8%と極めて低い値であった。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では，ビートパルプペレットに比較し，各成分の消化率とも高い値を示した。特に，ステッフェンおよびカチオン液の添加により，DCPは乾物中6.8%および11.2%と向上した。一方，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，ビートパルプペレットに比較し，各成分の消化率が高かったが，DEおよびTDNは低い値を示した。このことは，両液の添加により，粗灰分の含量が高くなったことに起因すると考えられる。

以上のことから，ビートパルプにステッフェンおよびカチオン液を添加すると，DCPの向上はみられるものの，なお配合飼料よりも低く，さらに乾物中のTDN含量は，配合飼料に比較し約10%単位低く，養豚用飼料として利用するには栄養補正面での検討が必要と考えられた。

III—4 ヒマワリ粕の栄養価

目　　的

近年，米国では植物性油脂原料の一つとして，ヒマワリの需要が増加し，それに伴いその採油残渣であるヒマワリ粕について，家畜の飼料としての利用性が検討されている[128,135)]。

ヒマワリ粕の飼料価値は，採油方法によって異なるが，殻つきのまま採油すると，粗繊維含量が多くなるものの，蛋白質飼料としての利用価値が高いものと考えられる。

一方，わが国においては，植物性油脂原料とし

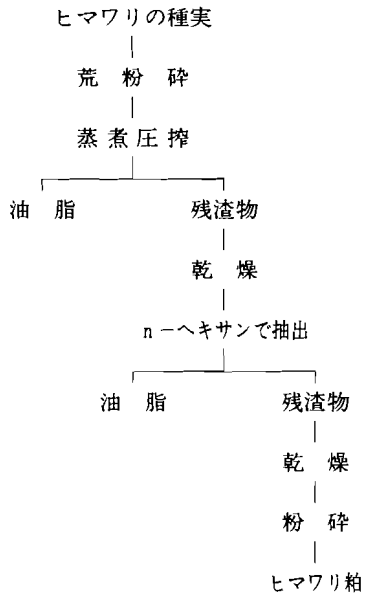

図38 ヒマワリ粕の製造工程の概要

てのヒマワリの利用に関しての報告がなく，またヒマワリ粕の家畜への利用性に関しての試験報告もみあたらない。しかし，今回ホクレン農業協同組合連合会では，北海道における新しい寒地型作物の一つとしてヒマワリを栽培し，道内における適応性の検討を行うと同時に，生産されたヒマワリの種実について採油を試みた。この際，副産物として得られたヒマワリ粕について，豚の飼料としての利用性を知るため，その栄養価値を消化試験より，さらに蛋白質飼料としての効果を検討するため，大豆粕の一部をヒマワリ粕で代替えした際の肥育効果について，それぞれ試験を行った。

材料および方法

供試したヒマワリ粕は，道内で生産されたヒマワリの種実から，図38の工程により油脂を抽出した残渣物である。

表40　飼料の給与量

個体	配合区	ヒマワリ粕区	
No.	配合飼料	配合飼料	ヒマワリ粕
	kg	kg	kg
1	2.10	2.10	0.90
2	2.40	2.24	0.96
3	2.20	2.24	0.96
4	2.40	2.10	0.90
5	2.10	2.03	0.87
6	2.20	2.17	0.93

試験１．消化試験

供試豚は，ランドレース去勢雄２腹６頭(体重：45kg～51kg）である。

試験区は，配合区（配合飼料100%）とヒマワリ粕区（配合飼料70%＋ヒマワリ粕30%）を設けた。なお，配合飼料は豚産肉能力検定飼料を用いた。飼料の給与量は，表40のとおりで午前９：00と午後４：00の２回に等量分与した。

消化試験は，酸化クロム法（0.2%配合）によった。供試豚は消化試験用ケージに収容し，全糞を採取した。消化試験期間は，配合区が予備期間５日，採糞期間５日，ヒマワリ粕区が予備期間４日，採糞期間３日である。

飼料および採取した糞の処理および分析方法は，II章と同様である。

試験２．肥育試験

供試豚は，大ヨークシャー３腹から生産された子豚18頭（去勢雄９頭，雌９頭）で，体重，性および腹を考慮しながら各区に６頭ずつ配分した。

各個体とも，体重30kg～95kgを肥育試験期間とし，30～60kgを試験前期，60～95kgを試験後期とした。

用いた配合飼料は市販のもので，前期用（ＤＣＰ14%，ＴＤＮ77%）は14.3%，後期用（ＤＣＰ12%，ＴＤＮ76.5%）は13.4%の大豆粕をそれぞれ含有したものである。したがって，前期および

表41　試験区分と飼料の構成内容

区分	頭数 ♂	頭数 ♀	前期	後期
対照区	3	3	配合飼料[1]85.7%＋大豆粕14.3%	配合飼料[1]86.6%＋大豆粕13.4%
25%区	3	3	配合飼料85.7%＋大豆粕10.73%＋ヒマワリ粕3.57%	配合飼料86.6%＋大豆粕10.05%＋ヒマワリ粕3.35%
50%区	3	3	配合飼料85.7%＋大豆粕 7.15%＋ヒマワリ粕7.15%	配合飼料86.6%＋大豆粕 6.70%＋ヒマワリ粕6.70%

1）大豆粕無配合飼料

表42　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
配合飼料	12.8	17.2	4.5	66.6	5.3	6.4	4.64
ヒマワリ粕	11.9	38.0	1.6	33.0	20.0	7.4	4.91

水分以外は乾物中の値

後期とも大豆粕無配合の配合飼料を試作し，表41に示すように，配合飼料中の大豆粕をヒマワリ粕で0％（対照区），25％（25％区）および50％（50％区）代替えした区を設けた。飼料は不断給与とし，水はウォータカップによる自由飲水とした。供試豚は，各個体とも単飼とし，じょく草は1日に1回更新した。

体重が95kgに到達した個体は，1週間以内に24時間絶食後，と殺解体した。と殺は電撃器を使用し，脱毛は湯はぎ法によった。枝肉は冷蔵庫で24時間放冷後，検査に供した。

表43 供試飼料の消化率および栄養価

	配合飼料	ヒマワリ粕
消化率		
有機物(%)	82.1	63.9
粗蛋白質(%)	76.9	81.5
粗脂肪(%)	73.7	65.1
NFE(%)	87.7	38.7
粗繊維(%)	35.2	26.5
エネルギー(%)	79.2	63.7
栄養価[1)]		
DCP(%)	13.2	31.0
DE(kcal/g)	3.68	3.13
TDN(%)	80.9	51.6

1）乾物中の値

結果および考察

1．消化試験

消化試験に供した飼料の化学成分は表42に示した。ヒマワリ粕は，配合飼料に比較し，粗蛋白質および粗繊維含量が高く，NFE含量が低かった。

それぞれの試験飼料を豚に給与した結果，下痢および軟便の発生は認められず，採食性についても特に異常は認められなかった。

配合飼料およびヒマワリ粕の消化率および栄養

表44 発育，飼料消費量および飼料要求率

	対照区	25％区	50％区
試験所要日数(日)			
開始日令	83.4± 3.4	81.7± 2.9	82.0± 3.5
終了日令	159.0±11.6	159.2±10.9	163.3±10.4
前期所要日数	35.4± 3.7	36.5± 5.0	38.3± 3.9
後期所要日数	40.2± 6.8	41.0± 4.4	43.0± 8.6
全期所要日数	75.6±10.1	77.5± 9.0	81.3± 7.6
1日平均増体量(g)			
前期	857± 93	833±106	793± 78
後期	892±153	859± 96	838±172
全期	874±118	846± 97	805± 79
飼料消費量(kg)			
前期	83.5± 5.1	86.8± 5.6	83.4± 8.3
後期	122.9± 6.4	121.2± 9.0	124.8± 7.1
全期	206.4± 8.7	208.0±13.9	208.1± 9.1
1日平均飼料消費量(kg)			
前期	2.38±0.29	2.41±0.31	2.18±0.09
後期	3.11±0.40	2.99±0.42	2.97±0.45
全期	2.76±0.32	2.71±0.35	2.57±0.19
飼料要求率			
前期	2.78±0.14	2.90±0.17	2.77±0.26
後期	3.51±0.22	3.48±0.26	3.58±0.22
全期	3.17±0.14	3.21±0.20	3.20±0.14

価は表43に示した。ヒマワリ粕の消化率を配合飼料の消化率と比較すると，粗蛋白質の消化率は高かったが，それ以外の成分の消化率はいずれも低く，特にＮＦＥの消化率は38.7％と極めて低かった。ヒマワリ粕の栄養価は，ＤＣＰが原物中27.3％と高かったが，ＤＥおよびＴＤＮは原物中それぞれ2.76kcal/g，45.3％と低かった。

ヒマワリ粕の飼料としての価値は，その品種，採油方法および種実の脱殻の程度等によって異なる[107]。ヒマワリ粕の化学成分についてみると，飼料成分表[119]では，抽出法の場合，水分13.2％，粗蛋白質27.2％，粗脂肪1.5％，ＮＦＥ27.0％，粗繊維25.9％，粗灰分5.2％としている。また，イラン国内で生産されたヒマワリ粕についてRadら[128]は，水分6.2～7.4％，粗蛋白質36.0～40.0％，粗脂肪0.4～1.5％，ＮＦＥ28.8～33.2％，粗繊維11.7～18.3％，粗灰分7.1～7.8％，エネルギー4.40～4.61kcal/gであったとしている。本試験で供試したヒマワリ粕は，飼料成分表およびRadら[128]の報告値から比較し，粗蛋白質と粗繊維で多少差があるものの，ほぼ妥当な値と考えられる。

一方，飼料成分表[119]によると，ヒマワリ粕の消化率は，粗蛋白質83％，粗脂肪86％，ＮＦＥ36％，粗繊維22％，同じく栄養価は，ＤＣＰ22.6％，ＴＤＮ49.0％である。したがって，本試験で用いたヒマワリ粕の消化率は，飼料成分表[119]に比較し，

表45　屠殺解体成績

	対照区	25％区	50％区
屠殺前生体重（kg）	97.3±3.2[1)]	96.1±1.8	96.8±1.4
絶食時体重（kg）	93.7±2.2	93.0±1.4	93.1±1.6
冷と体重（kg）	68.6±1.5	68.7±1.6	68.5±1.7
枝肉歩留（％）	73.2±0.4	73.9±1.0	73.6±1.5
内臓（有内容）の割合（％）	12.2±1.2	12.0±1.1	11.7±0.9
屠体測定値			
屠体長（cm）	93.7±3.5	93.7±1.6	93.8±2.0
背腰長II（cm）	67.6±2.8	68.0±1.3	67.7±2.0
屠体幅（cm）	34.5±0.6	34.8±0.7	33.8±0.9
屠体厚（cm）	13.9±0.6	13.3±0.5	13.3±0.3
ロース長（cm）	50.6±3.0	51.2±1.2	51.1±2.5
ロース断面積（cm^2）	20.8±4.2	20.4±2.4	20.7±1.9
大割肉片の重量割合			
カタ（％）	32.5±1.0	32.0±0.6	31.9±1.5
ロース・バラ（％）	36.1±1.1	37.2±0.9	36.5±2.2
ハム（％）	31.4±0.8	30.8±1.2	31.6±1.4
脂肪の厚さ			
背部：背（cm）	2.5±0.5	2.6±0.4	2.4±0.3
背部平均（cm）	3.4±0.6	3.5±0.4	3.3±0.3
ランジル部平均（cm）	3.1±0.7	3.3±0.5	3.0±0.3
腹部平均（cm）	3.0±0.2	3.0±0.2	3.0±0.2
肉色（ＰＣＳ）[2)]	3.0±0	2.7±0.4	3.0±0.3
脂肪の融点			
背脂肪（℃）	33.9±2.4	33.6±2.5	34.6±3.1
内臓脂肪（℃）	44.6±2.7	44.0±1.3	43.4±1.8

1）平均値±標準偏差
2）豚標準肉色模型

粗脂肪でやや低かった他は，各成分ともほぼ同じような値を示した。さらに，栄養価については，本試験の方が飼料成分表に比べＤＣＰおよびＴＤＮで約５％単位高かったが，このことは本試験で用いたヒマワリ粕の方が粗蛋白質で約６％単位高く，粗繊維で約９％単位低かったことによるものと思われる。しかし，いずれにせよ，ヒマワリ粕の栄養価は，本試験の結果からも判断されるように，ＤＣＰは乾物中31.0％と高かったが，ＴＤＮは51.6％と低いため，養豚用飼料として利用するには，高蛋白・低エネルギー飼料であることに留意した上で利用することが望ましいものと考えられた。

２．肥育試験

発育，飼料消費量および飼料要求率は表44のとおりである。試験所要日数は，前期および後期ともヒマワリ粕の代替え量が増すにつれ長くなる傾向を示した。すなわち，対照区に比較し，25％区では前期および後期とも約１日，50％区では同じく約３日長く，全期では25％区が２日，50％区が６日長くなった。しかし，３区間に有意差は認められなかった（Ｐ＞0.05）。なお，日増体量についても，当然ながらヒマワリ粕の代替え量が増すにつれ低下の傾向を示した。１日当りの飼料の消費量についてみると，25％区の前期以外は，ヒマワリ粕の代替え量が増加するにつれ減少の傾向を示したが，区間差は認められなかった。飼料要求率は，25％区の前期が他区よりも若干高い値を示したが，全期間では３区とも3.2程度とほぼ同じ値であった。

屠殺解体成績は表45に示した。枝肉歩留は，３区間とも73～74％の範囲内で差がみられず，枝肉測定値および大割肉片の重量割合も区間による差が認められなかった。脂肪層は，各測定部位とも区間差は認められず，その他，肉色および脂肪の融点についても区間差は認められなかった。

以上，肥育試験の結果，ヒマワリ粕の代替えにより，飼料消費量および飼料要求率は，ほぼ同じ値を示したが，試験所要日数は長くなり，１日当りの増体量は低下の傾向を示した。このことは，ヒマワリ粕を代替えすることにより，１日当りの飼料の摂取量が減少したためと考えられる。したがって，ヒマワリ粕は１日当りの飼料の摂取量を低下させるような要因，すなわち嗜好性の低下を引き起こしたのではないかと考えられるが，この点に関しては，本試験の結果から推考するには十分とは言えず，今後の検討が必要である。なお，屠殺解体成績の結果，大豆粕の50％をヒマワリ粕で代替えしても，特に枝肉形質に悪影響が認められなかった。このため，本試験程度におけるヒマワリ粕の利用は，蛋白質飼料として十分活用できるものと考えられた。

Ⅲ―５　とうもろこしサイレージの栄養価

目　　的

飼料用とうもろこしは，その大半がサイレージとして，乳牛および肉牛の飼料に利用されているが，近年，養豚においても，生産コスト低減の目的から，自給飼料の開発利用が大きく叫ばれ，それに伴い，他の飼料作物に比べ，比較的容易に飼料としての生産および調製利用の可能なとうもろこしサイレージについての関心が繁殖豚経営で高まり，一部利用の方向にある。しかしながら，とうもろこしサイレージの飼料価値に関して，反芻

表46　供試とうもろこしサイレージの内容

品　種	収穫月日	熟　期	調製サイレージの種類
C535	1981．9．7	乳熟期	ホールクロップ
	9．19	糊熟期	ホールクロップ，茎葉，雌穂
	9．29	黄熟期	ホールクロップ，茎葉，雌穂
Jx162	9．19	乳熟期	ホールクロップ
	9．29	糊熟期	ホールクロップ，茎葉，雌穂
	10．8	黄熟期	ホールクロップ，茎葉，雌穂

表47　とうもろこしの部位別乾物割合

		茎部	葉部	雌穂部	雌穂部			ホールクロップの水分含量
					子実	芯	穂皮	
		%	%	%	%	%	%	%
C535	乳熟期	41.6	16.8	41.6	16.8	13.8	10.9	76.0
	糊熟期	31.0	17.6	51.4	24.8	14.5	12.0	74.7
	黄熟期	23.8	14.7	61.5	42.2	10.6	8.7	70.7
Jx162	乳熟期	41.3	23.1	35.5	11.7	13.3	10.5	77.8
	糊熟期	33.3	19.8	46.9	28.0	9.4	9.5	72.1
	黄熟期	30.5	16.3	53.2	33.6	10.9	8.7	70.5

表48　サイレージの発酵品質

		水分	pH	総酸	乳酸	酢酸	NH_3-N
		%		%	%	%	mg/100g
ホールクロップサイレージ							
C535	乳熟期	82.3	3.78	1.35	0.95	0.40	12.4
	糊熟期	77.8	3.96	1.14	0.86	0.28	14.0
	黄熟期	75.6	3.98	0.91	0.64	0.27	12.6
Jx162	乳熟期	81.0	3.71	1.28	0.90	0.38	12.8
	糊熟期	77.5	3.92	0.98	0.63	0.35	9.1
	黄熟期	75.6	3.77	1.39	0.94	0.45	12.3
茎葉サイレージ							
C535	糊熟期	80.9	4.05	1.01	0.65	0.36	7.9
	黄熟期	81.0	4.07	1.09	0.79	0.30	8.3
Jx162	糊熟期	80.7	3.94	1.03	0.65	0.38	7.9
	黄熟期	79.6	3.83	1.33	0.91	0.42	8.2
雌穂サイレージ							
C535	糊熟期	75.1	3.72	1.18	0.81	0.37	19.7
	黄熟期	64.4	4.00	1.14	0.75	0.39	15.7
Jx162	糊熟期	72.7	3.88	0.83	0.51	0.32	15.7
	黄熟期	66.8	3.87	1.20	0.79	0.41	17.3

家畜では多くの報告があり[4,69,70,113,114,115]，その栄養価および利用形態についてはほぼ明らかにされているものの，養豚においては十分な知見がない。

以上のようなことから，養豚におけるとうもろこしサイレージの適正な利用法を追究するため，とうもろこしサイレージの栄養価について検討した。

材料および方法

供試したとうもろこしは，表46に示すように，早生種C535と晩生種Jx162の2品種で，それぞれ乳熟期，糊熟期および黄熟期を目途に，ホールクロップサイレージを調製した。なお，糊熟期および黄熟期については，ホールクロップの他に茎葉部および雌穂部（穂皮を含む）についてもサイレージを調製した。

サイレージ調製時の平均切断長は8.5㎜とし，1処理300～500kgを100×200cmのプラスチック板2枚あるいは91×182cmの市販のトタン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。サイレージの開封は，1981年11月16日以降順次行い消化試験に供した。

供試豚は，ランドレース去勢雄8頭(体重42～48kg)で，1処理4頭ずつ用い，予備期間5日，採

糞期間5日の全糞採取法で消化試験を実施した。

飼料の給与量は，配合飼料（豚産肉能力検定飼料)については1日1頭当り2.5kgとし，サイレージ給与区は原物量で配合飼料2.0kgとサイレージ2.0kgを原則としたが，試験の初期には，採食量が十分でなかったため，一部給与量を減じて実施した。

サイレージ調製時には，並行してとうもろこしの乾物中の子実割合について調査を行い，とうもろこしの子実割合とサイレージの栄養価との関係について検討を加えた。

飼料，糞およびサイレージの分析方法は，II章と同様である。

結果および考察

サイレージ調製時における部位別の乾物割合は表47に示した。これによると，熟期が進むにつれ，当然ながら茎葉部の割合は減少し，雌穂部割合は増加を示し，雌穂部のうちでは特に子実割合の増加が著しかった。品種別では，早生種であるC535の方が，晩生種であるJx162よりも茎葉部割合が少なく，子実割合が大きかった。また，ホールクロップの水分含量は熟期とともに減少を示した。

サイレージの発酵品質は，表48に示した。水分含量は，原料草に比べサイレージ化することにより，いずれも増加がみられた。特に，両品種とも茎葉部のサイレージにおける水分含量の影響は小さかったものの，雌穂部の水分含量は熟期の進行とともに大きく減少を示した。したがって，ホールクロップの水分含量の減少は，雌穂部における水分含量の低下による影響が大きかったものと推察される。その他，PH，総酸，乳酸および酢酸については，熟期および部位による大きな特徴は認められなかったが，アンモニア態窒素は，雌穂サイレージで若干高い値を示した。しかし，いずれのサイレージとも発酵品質は良好であった。したがって，今後，茎葉部と雌穂部別に選択的活用をはかる場合には，利用目的に応じたサイレージ調製も有効な手段と考えられた。

供試飼料の化学成分は表49に示した。ホールク

表49 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
配合飼料		9.8	18.0	4.4	66.8	4.5	6.3	4.55
ホールクロップサイレージ								
C535	乳熟期	82.3	7.6	3.4	56.5	26.6	5.8	4.52
	糊熟期	77.8	6.2	3.5	62.2	23.0	5.2	4.51
	黄熟期	75.6	6.2	3.6	66.5	18.8	4.9	4.53
Jx162	乳熟期	81.0	7.2	3.5	56.7	26.6	6.0	4.48
	糊熟期	77.5	5.9	3.6	63.3	21.7	5.6	4.51
	黄熟期	75.6	5.0	3.2	66.5	20.3	5.0	4.53
茎葉サイレージ								
C535	糊熟期	80.9	4.4	2.2	54.9	32.0	6.5	4.47
	黄熟期	81.0	4.3	2.3	54.3	31.6	7.4	4.45
Jx162	糊熟期	80.7	4.3	3.0	56.4	29.2	7.1	4.48
	黄熟期	79.6	4.4	2.9	56.4	28.9	7.5	4.43
雌穂サイレージ								
C535	糊熟期	75.1	7.0	3.7	74.0	13.1	2.3	4.55
	黄熟期	64.4	7.3	4.1	76.2	10.2	2.3	4.56
Jx162	糊熟期	72.7	6.3	3.5	75.8	12.3	2.1	4.52
	黄熟期	66.8	6.3	3.6	78.3	9.7	2.1	4.54

水分以外は乾物中の値

表50　供試飼料の消化率

		乾物	粗蛋白質	粗脂肪	NFE	粗繊維	エネルギー
		%	%	%	%	%	%
配合飼料		78.3	79.0	63.5	87.4	18.1	78.4
ホールクロップサイレージ							
C535	乳熟期	59.2	79.3	100.0	61.8	34.6	63.7
	糊熟期	63.4	36.4	100.0	72.2	32.0	68.4
	黄熟期	66.0	55.5	100.0	74.0	33.1	71.3
Jx162	乳熟期	52.7	9.2	74.4	64.6	34.1	50.0
	糊熟期	62.1	37.5	100.0	69.8	34.6	65.1
	黄熟期	64.6	22.7	100.0	74.8	33.2	66.0
茎葉サイレージ							
C535	糊熟期	54.9	18.5	100.0	60.0	33.0	59.8
	黄熟期	48.5	6.7	100.0	51.3	30.4	52.8
Jx162	糊熟期	56.2	18.1	100.0	62.1	37.0	59.8
	黄熟期	50.8	15.2	100.0	60.2	31.3	57.1
雌穂サイレージ							
C535	糊熟期	70.0	27.4	52.8	80.9	31.3	65.1
	黄熟期	77.1	59.3	64.7	84.7	32.7	74.8
Jx162	糊熟期	68.3	13.2	64.2	79.2	30.3	64.8
	黄熟期	74.8	33.0	42.2	85.5	20.1	69.8

表51　供試飼料の乾物中の栄養価

		DCP	DE	TDN
		%	kcal/g	%
配合飼料		14.2	3.57	79.7
ホールクロップサイレージ				
C535	乳熟期	6.0	2.88	57.8
	糊熟期	2.3	3.08	62.4
	黄熟期	3.4	3.23	67.0
Jx162	乳熟期	0.7	2.24	52.2
	糊熟期	2.2	2.94	61.4
	黄熟期	1.1	2.99	64.8
茎葉サイレージ				
C535	糊熟期	0.8	2.67	49.3
	黄熟期	0.3	2.35	42.9
Jx162	糊熟期	0.8	2.68	53.4
	黄熟期	0.7	2.53	50.2
雌穂サイレージ				
C535	糊熟期	1.9	2.96	70.3
	黄熟期	4.3	3.41	78.2
Jx162	糊熟期	0.8	2.93	69.7
	黄熟期	2.1	3.17	74.4

ロップサイレージは，熟期が進むにつれ水分および粗繊維含量で低下し，NFE含量で増加した。茎葉サイレージの化学成分は，両品種とも糊熟期と黄熟期で明らかな差を認めなかったが，C535はJx162に比較し，NFE含量で低く，粗繊維含量で高い傾向がみられた。雌穂サイレージでは，両品種とも糊熟期に比較し，黄熟期でNFE含量が高く，粗繊維含量が低かった。

供試飼料の消化率は表50に示した。ホールクロップサイレージの消化率は，熟期が進むにつれ，乾物，NFEおよびエネルギーで増加を示した。茎葉サイレージの消化率は，両品種とも糊熟期よりも黄熟期で低下がみられ，他方雌穂サイレージは糊熟期よりも黄熟期で総体的に消化率の増加傾向が認められた。

栄養価は表51に示した。サイレージの栄養価についてみると，DCPについては品種，部位および熟期による影響は明らかでなかったが，DEおよびTDNは茎葉サイレージにおいて熟期が進むと栄養価は低下し，雌穂サイレージは逆に高くなり，ホールクロップとしては熟期の進行とともに

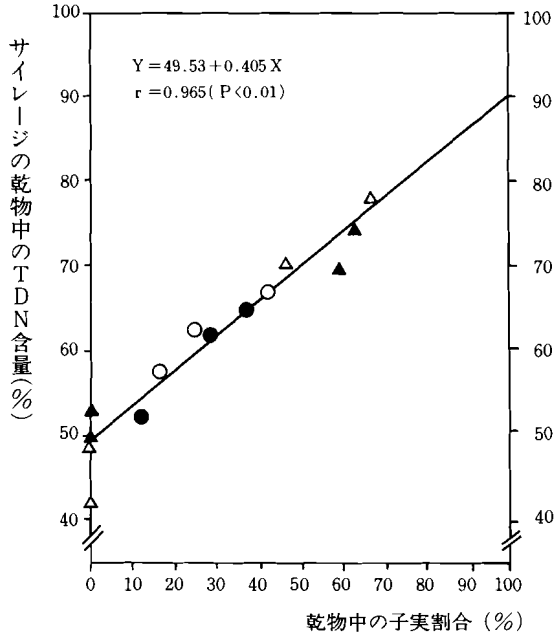

図39　とうもろこしサイレージにおける子実割合とＴＤＮ含量の関係

C535 { ホールクロップサイレージ（○）
　　茎葉or雌穂サイレージ　（△）

Jx162 { ホールクロップサイレージ（●）
　　茎葉or雌穂サイレージ　（▲）

ＤＥおよびＴＤＮ含量は向上を示した。また，品種別では，同じ熟期でも晩生種よりも早生種の方が栄養価が高いことから，とうもろこしサイレージは，子実と他の部位との構成割合が，当然ながらＴＤＮ含量に大きな影響を及ぼしていることがうかがわれた。そこで，14例のとうもろこしサイレージについて，乾物中の子実割合とＴＤＮ含量との関係について検討した結果が図39である。すなわち，とうもろこしの子実割合（Ｘ：％）とＴＤＮ含量（Ｙ：％）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と相関係数が得られた。この回帰式から，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。なお，子実のＴＤＮ含量90％は，飼料成分表[119]の値93.3％に比較し，若干低い値であった。

以上の結果より，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大きく左右されることが明らかであり，しかも子実割合を測定することにより，ＴＤＮ含量の推定が可能と推察された。