I　緒　　論

(1) 本研究の目的

北海道の根室釧路地方は，夏期間の気象条件が冷涼多湿で，畑作物の栽培に適していないので，草地に依存したいわゆる草地型の酪農に発展しつつある。そして，1戸当りの飼養頭数と草地面積が，急激に拡大されつつあるので，それに伴う技術上の問題点が少なくない。すなわち，広大な草地面積から大量の粗飼料を，刈取適期の期間内で収穫することが，困難なこともその1つである。

したがって，当地域の気象条件下では，乾草よりも牧草サイレージを主体とした飼養法が有利であることを指摘し，その調製法，給与法などを究明した報告[193]がすでに出されている。しかし，一般に農家の実状をみると，大規模酪農経営に必要な飼料調製用機械や，施設ならびに労力などが充分でないことが多いので，牧草サイレージや乾草の調製法がまちまちになっているのが現状である。

したがって，それらの品質や飼料価値には著しい変動のあることが予想されるが，最近その実態を明らかにした報告がない。乳牛の飼養にあたって最も基本的なことは，給与飼料の飼料価値を正確に評価して，飼養標準にもとづき，適正量を給与することである。

しかし，飼料価値を正確に評価するということは，必ずしも容易なことではない。すなわち，一般に用いられている可消化養分総量（以下TDN含有率と略記する）および可消化粗蛋白質含有率（以下DCP含有率と略記する）は，飼料成分に消化率を乗じて算出されるが，飼料成分の分析は容易であるとしても，消化率の測定は動物試験によらねばならないので，すべての飼料についてこれを実施することは困難である。

したがって，何らかの方法でその都度消化率を推定しなければならないが，すべての飼料にあてはまる方法が確立されているとはいえない。本研究は，当地域で生産される粗飼料に適した，飼料価値評価法を究明することから着手した。

簡易に消化率を推定する方法を大別すると，1）化学成分による方法[1) 2) 70) 73) 87) 92)] 2）人工反芻胃による方法[9) 14) 27) 39)] (Artificial rumen technique または *in vitro* fermentation technique) 3）絹袋などによる方法[3) 29) 44)] (Silk sack method, Dacron bag method または Nyron bag method) 4）薬品に対する溶解性による方法[13) 25) 26) 54)] 5）刈取時期による方法[69) 86)] 6）外観評価による方法[31)]などである。これらの内容については，詳細な総説[53) 135) 106)]が出されている。

以上の方法のうちで，人工反芻胃法は比較的最近開発された方法であり，*in vitro* で反芻胃内微生物による飼料成分の分解量を定量して，飼料価値を推定する方法であるから，反芻家畜の消化生理からみて，動物を用いた消化率に最も近い数値または傾向になることが期待される。しかし，我国においてはこの方法に関する研究例が少なく，実用的に用いられていないので，本法に関する研究から着手した。

次に，適用する範囲を限定すると，飼料成分や生育日数など比較的簡易な指標により，かなり正確にTDN含有率を推定することが可能であることが知られている。したがって，最近実施した消化試験成績を供試材料として，飼料成分および生育日数からTDN含有率を推定する方式について検討した。

さらに，牧草サイレージの場合は，品質と飼料価値とは密接な関係があり，品質が不良になれば，嗜好性が低下して摂取量が不足し，体重や乳量が減少するばかりでなく，各種の疾病発生の原因になっていると思われる事例もみられる。したがって，牧草サイレージの飼料価値は，TDN含有率だけでは不充分であり，TDNの摂取量で評価した方が合理的であると考え，品質およびTDN含有率ならびに摂取量などを含めた評価法について研究をすすめた次第である。

以上のように，本研究は当地域で生産される乾草や牧草サイレージに適した飼料価値評価法を究明して，乳牛飼養の実際に役立てることを目的として実施し，これらの方法を用いて，根室釧路地方産粗飼料の飼料価値の実態を明らかにしたものである。

（2） 従来の研究

人工反芻胃法：反芻家畜の栄養生理とくに第一胃内の消化吸収機構が究明されたのは，それほど古いことではない。そして，第一胃内微生物の重要な役割りが明らかになるとともに，それを *in vitro* で培養して，第一胃内微生物による飼料成分の分解過程や合成機構を究明しようとする研究が盛んに行なわれるようになった。人工反芻胃に関する研究の発端は，以上の経緯によるものと思われる。

しかし，反芻動物の第一胃内においては，たえず消化と吸収および分解と合成が起こり，それと同時に唾液による緩衝作用，微生物相の変動と相互の関連性，原虫類の役割りなどがあって，これと同じ状態を人工的に再現することは困難である。したがって，人工反芻胃を用いて分解や合成機構を究明する場合の限界については，研究の当初から確認されていた。

人工反芻胃を飼料価値評価の手段として活用する今日の研究方向は，第一胃内微生物を *in vitro* で培養して，そのセルローズ分解能を究明するために行なわれた初期の研究が基礎になっている。すなわち，これらの研究は第一胃内容物の圧搾液（以後ルーメンジュースと記す）を遠心分離し，最初に沈澱した飼料細片や原虫類を除き，上澄液を再び遠心分離して，沈澱した微生物を燐酸緩衝液で洗滌を繰り返して接種源とした。そして，これに人工唾液や純粋セルローズを添加して，セルローズ分解能に及ぼすpHの影響，無機物，揮発性低級脂肪酸（以後VFAと記す），抗性物質などの添加効果を明らかにしたものである。[15) 16) 32) 50)]

この場合に純粋セルローズのかわりに，飼料を添加することによって，飼料中セルローズの消化性を究明しようとした研究が，今日の飼料価値評価の研究に発展したのである。したがって，人工反芻胃による飼料価値評価法に関する初期の研究は，洗滌細菌法（Washed suspension of rumen micro-organism）によって行なわれたものが多い。[12) 27) 51) 52) 60)]

つぎに，培養中の発酵産物であるVFAなどが，第一胃内微生物のセルローズ分解能に影響するので，半透膜の袋の中に試料，人工唾液，洗滌細菌またはルーメンジュースなどを添加して，緩衝液の中にひたし，発酵産物を透過させる方法が用いられている。[18) 45) 107)] その後，pHの補正，人工唾液の添加，内容物の攪拌などが自動的に行なわれるきわめて精巧な人工反芻胃が開発されている。[23)]

しかし，人工反芻胃を飼料価値評価の手段として用いるためには，装置および操作を可能な限り単純化することが必要であり，この目的で研究がすすめられるようになった。すなわち，洗滌細菌法は操作が複雑であるから，ルーメンジュースを直接接種源として用いる方法が報告されている。これによると，小型試験管を用い，試料，人工唾液ならびにルーメンジュースなどを添加して，恒温水槽で培養し，炭酸ガスを通気しつつ嫌気性を保持し，Na_2CO_3 でpHを補正しつつ，70時間後のセルローズ消化率を測定した結果，めん羊による粗繊維消化率と高い相関のあることが認められた。[8)]

さらに，pHの補正と炭酸ガスの通気を省略して，小型エルレンマイヤーフラスコを用い，試料と人工唾液ならびにルーメンジュースを添加して，恒温器中で培養する著しく簡易化された方法が報告[9) 11)]された。そして，これによるセルローズ消化率とめん羊による乾物消化率との間に，高い相関のあることが示され，飼料価値評価の手段としてきわめて有効であることが認められた。

その後，動物を用いた消化試験による乾物消化率，TDN含有率，可消化エネルギー，セルローズ消化率，エネルギー消化率，粗繊維消化率などと人工反芻胃によるセルローズ消化率との間に，いずれも高い有意の相関のあることについて，多数の研究成績が報告されている。[10) 14) 39) 51) 52) 60) 83) 90)] また，粗飼料の飼料価値はTDN含有率だけでは不充分であり，摂取量を含めて評価すべきであるとして，NVI[20) 21)](Nutritive value index)という評価基準が提案されているが，人工反芻胃法によるセルローズ消化率とNVIとの間に，有意の高い相関が認められるという報告[14) 27) 28)]もある。

しかし，以上の研究報告に用いられた人工反芻胃法は，研究者によってそれぞれ異なっており，人工反芻胃法を飼料価値評価の手段として用いるためには，その方法を化学分析法のように統一して，方法の差異による誤差をなくすることが必要である。したがって，現在までに用いられている方法間の比較を目的とした研究報告もある。[10) 90)] また，人工反芻胃法におけるセルローズ消化率の反覆性については，同一ルーメンジュースを用いた場合の測定値間の反覆性は良好であるが，同一飼養条件の動物からルーメンジュースを採取して，同一試料のセルローズ消化率を長期間測定した場合は，経日的変動が認められるという報告[11)]があり，これを補正するために，標準試料の消化率を基準にする方法が用いられている。

さて，人工反芻胃法は飼料価値評価の手段としてばかりでなく，粗飼料中の炭水化物の構造的な差異と消化性との関連性などを研究する手段として，きわめて有効であると述べている総説が[53)]あるが，この方向に属する研究報告も少なくない。

すなわち，牧草中からホロセルローズやα-セルローズを単離して，人工反芻胃法により消化率を測定した結果，牧草全体を供試した場合のセルローズ消化率よりも，著しく高い値になることから，リグニン化が消化率を低減させる主因であると述べている報告[57) 88)]がある。また，ボールミルで植物組織を磨砕して，人工反芻胃法によりセルローズ消化率を測定した結果，著しく高い値になることを示し，リグニンがセルローズを物理的に被覆して消化を阻害していることを認めた報告[24)]もある。さらに，セルローズ消化率はリグニン含量だけに左右されるものではなく，リグニン自体の性質に影響されることを明らかにし，全リグニンに対する酸不溶性リグニン(Acid insoluble lignin)の比率の増大とセルローズ消化率の減少とが一致した関係になるという報告[84)]がある。

同様に，草種別および葉，茎，葉鞘などの部位別に，リグニン含量とセルローズ消化率との関係が異なる傾向になることを認め，ヘミセルローズや蠟が消化率に影響しているのであろうと述べている報告[56)]がある。さらに，人工反芻胃内における培養時間と消化率との関係は重要な意義があり，短時間で消化する量が多い草種は，動物による摂取量が多いことが報告[27)]されている。このことは，繊維質やリグニンの構造が異なるためであると思われるが，このような消化性の差異を明らかにできることは，人工反芻胃法のすぐれた特徴の1つである。

以上のように，最近における10数年間で，人工反芻胃法に関する研究は著しい発展をみたが，飼料価値評価の手段としては，その方法が統一されていないようである。我国においては，絹袋法に関する報告[81)]があり，粗脂肪の消化率を除いては，動物を用いた消化率に近い値が得られている。その他，人工反芻胃におけるVFA産生と供試試料との関係についての研究[66)]や，濃厚飼料の飼料価値を評価する手段として用いることが可能であることを示した報告[59)]があり，我国における本法に関する研究が，盛んになる気運にあるということができる。

飼料成分および生育日数などによる方法：牧草サイレージの飼料成分とTDN含有率との関係については，研究報告がきわめて少ない。これは，従来から乾草が貯蔵飼料の主体になっている地域が多いことが主な理由であり，また，サイレージは水分含量や品質が変動しやすいので，飼料価値評価の供試材料として不適なためであろう。しかし，近年我国においては牧草サイレージの研究が盛んになり，めん羊による消化試験が各地で行なわれるようになった。

牧草サイレージの消化率は，基本的には原料草の消化率に支配されるはずである。しかし，原料草とサイレージの成分組成を比較した研究成績によると，いずれも原料草に比較してサイレージ中ではNFEが減少し，粗繊維が増大している。[37) 38) 47) 89) 98)] また，その増大の程度は水分含量が高い場合に大きく，低水分になるに従って少ない。[37) 98)] さらに，原料草を細切した場合に比較して，無切断のまま埋草した場合は，粗繊維の増大が著しく，消化率も低下するという報告[75)]がある。したがって，必ずしも原料草の消化率が高い場合にサイレージの消化率も高くなるとは限らない。

以上のように，サイレージの場合は発酵によって炭水化物が変化するばかりでなく，蛋白質やその他の窒素化合物も変化するので，それらの消化性が乾草とは異なるはずであり，乾草で行なわれた化学成分による消化率の推定方法を，そのままサイレージに適用できないことはもちろんである。サイレージの飼料成分から消化率を推定する方式では，よく用いられているSCHNEIDERの方法[73]がある。我国でこの方法の適用性を検討した報告[74]があり，NFEの消化率を除いて，ほかの成分の消化率およびTDN含有率などは，実測値と大差がなかったことが示されている。

また，サイレージの粗蛋白質および粗繊維含有率から，可消化粗蛋白質および澱粉価を推定する2，3の方式があることが知られている。[108] この方法による澱粉価の算定値とサイレージの品質との間に，高い相関のあることについて報告した我国の研究例[91]がある。

飼料成分や指標物質などによって，消化率を簡易に推定する場合には，草種や地域ならびに調製条件などを限定して適用した方が，より正確になると思われる。最近，このような目的で北海道産コーンサイレージについて，TDNの算定値と品質および飼料成分との関連性を明らかにした研究報告[94]がある。牧草サイレージについては，地域，草種ならびに調製条件別に，化学成分から簡易に飼料価値を推定する方式がないので，早急に研究をすすめる必要性がある。

乾草の場合は，草種および適用地域を限定すれば，刈取期日によって最も容易に算定できることが報告[69][86]されており，また，葉部割合との間に有意の相関があることも認められている。[86] また，TDN含有率推定のための指標物質としては，リグニン[84][67]，酸不溶性リグニン[92] (Acid insoluble lignin)，メトキシル[2][84][87]，糞中窒素[87]，粗繊維[1][87]，粗蛋白質[1][87]などが知られている。最近では，薬品や酸に対するセルローズやホロセルローズの溶解性から，動物による可消化性を推定しようとする方向があり，[13][25][26][54] 細胞壁構成物質の構造と消化性との関係を究明しようとする報告[33]もある。

飼料の一般分析値を用いる方法ではADAMS[1]とSCHNEIDER[73]の方法がよく知られている。とくにADAMSの方法は，最近アメリカで農業指導の実際面で広く用いられているが，それは粗蛋白質および粗繊維含有率からTDN含有率を推定する方法で，他の指標物質や人工反芻胃による方法よりも，きわめて簡易なためであろう。

推定TDN摂取量による牧草サイレージの評価法：牧草サイレージの品質と摂取量，または嗜好性との関連性については，最近我国において熱心に討議されている問題点である。牧草サイレージ中の有機酸組成やアンモニヤ含量などが，動物の食欲に影響するであろうと思われるが，その程度や範囲については明らかにされていないのが現状である。

サイレージの品質を評価する場合に考慮すべきことは，人間の感覚による評価基準と家畜の嗜好性とが一致するかどうかということである。しかし，一般に良質のサイレージは家畜による嗜好性も良いということは，多くの研究者の間に異論がないところである。

サイレージの品質と嗜好性または摂取量との関連性について，その研究成績が少ないのは，試験方法が困難であることもその理由の1つである。すなわち，同一材料を用いても，調製条件をかえて品質の異なるサイレージを調製すると，品質ばかりでなく，飼料成分や消化率も変化するので，品質の影響なのか飼料成分や消化率が異なるためであるのか明確でない。また，乳牛の個体差も比較的大きく，体重，乳量，乳期などによって異なる結果になるであろう。

したがって，このことに関する研究成績はきわめて少ないが，オーチャードグラスを供試し，施肥量と刈取時期が異なる8種類のサイレージで，品質と摂取量との関係を調査した報告[37]がある。これによると，サイレージ中の乾物含有率，酢酸，プロピオン酸，酪酸，乳酸，pH，アンモニヤなどの含有率と乳牛による摂取量との間に有意の相関があることを認めている。また，高水分サイレージの17基のサイロで，発酵産物に及ぼす要因と摂取量との関係を調査した報告[67]があり，そ

の結論として高蛋白質で低繊維の原料草は摂取量増大に必要であるが，サイレージ発酵にとっては望ましくないと述べている。同様に，早刈サイレージ（出穂前または出穂始）は適期刈サイレージ（出穂期）よりもpHや有機酸組成などの品質は劣るが，消化率や摂取量がすぐれていることを示している報告[95) 99) 102)]がある。

以上のように，サイレージを評価する場合に，pH，有機酸組成ならびにアンモニヤ含量などからみた品質を評価する場合と，消化率や摂取量などの飼料価値を評価する場合があって，両者が混同されて用いられているようである。サイレージは，冬期間の貯蔵飼料として大量に確保されるものであるから，その保存性が重要であり，現状ではpHや有機酸組成などからみた品質を向上させるべきであるという意見があり，指導機関における指導の重点もそこにおかれている。

しかし，サイレージの場合もほかの飼料と同様に，家畜による生産反応で評価すべきであり，品質および消化率ならびに摂取量などの間に一定の関係があるとすれば，これらを含めた総合的な1つの評価基準で比較する必要性がある。乾草については，摂取量を含めた飼料価値評価法として，NVIという研究例[20) 21)]があることを先に述べたが，サイレージについては，これから行なわれようとしているのが現状である。

Ⅱ　人工反芻胃による飼料価値評価法

（1）人工反芻胃における培養条件がセルローズ消化率に及ぼす影響

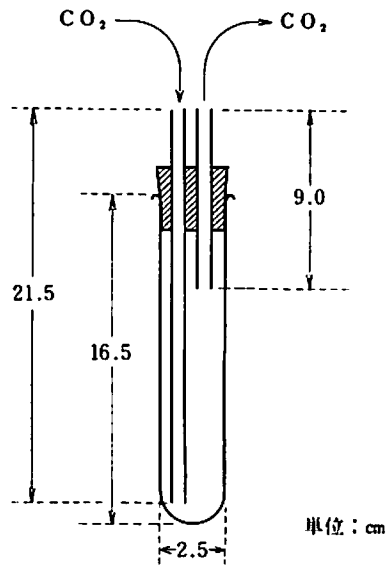
目　　的

人工反芻胃における試料供試量，培養時間，pHの差異などがセルローズ消化率に及ぼす影響を調査して，その方法を標準化するとともに，測定値の反覆性などを明らかにすることを目的として実施した。

2種類の人工反芻胃法について試験したが，いずれもルーメンジュースを接種源として用いる方法で，本項では使用する装置によって 1）試験管による方法 2）エルレンマイヤーフラスコによる方法と称する。

試験方法

試験管による方法：本法は試験管を用い，試料，ルーメンジュースならびに人工唾液を添加し，炭酸ガスを通しながら恒温水槽で培養する方法で，BARNETTの方法[3)]に準じている。装置は第1図に示すとおりで，ゴム栓を付し，ガラス管



第1図　試験管による方法

2本を通してゴム管により12本接続できるようにして，900 ℓ の小型ボンベにより炭酸ガスを通気した。試料と人工唾液を添加して，約12時間39℃の恒温水槽に定置した後，ルーメンジュースを速かに添加し，炭酸ガスを通気して培養を開始した。炭酸ガスを1分間約140気泡程度に調節して通気したが，この場合は試験管内の圧力がしだいに高まり，急激に排気される状態となるので攪拌作用も行なわれる。

pHの測定は発酵試験管の栓をとり，東洋濾紙pH試験紙（BTB）により速かに測定し，1 M・Na_2CO_3を添加してpHを調整した。発酵終了後は遠心分離して，上澄液を吸引除去したのち，85℃の通風乾燥器で乾燥後，セルローズの定量を行なった。なお，ブランクを設けて同様に処理した後，セルローズの定量を行ない，試料中セルローズの消化率を算出した。

供試したルーメンジュースは，フイスチュラを

第1表　人工反芻胃法の検討に用いた供試試料

	草種	水分	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分	備考
		(%)						
試験管法	チモシー	5.9	12.3	6.5	27.1	43.6	4.6	1番草　出穂前
エルレンマイヤーフラスコ法	チモシー	5.3	13.4	4.7	25.2	44.0	7.4	

付しためん羊から採取したものもあるが，主として屠場の屠殺直後のめん羊から採取したもので，その屠殺前の給与飼料や絶食時間，健康状態，年令などは不明である。したがって，本試験では終始同一条件のルーメンジュースを供試することができなかった。第一胃内容物を採取後発酵開始までは，その時間や条件は可能な限り一定になるように注意した。第一胃内容物を1ℓの広口試料瓶にとり，密栓して布で包み，速かに実験室に持ち込みポプリン布で圧搾して，その搾汁液を用いた。

供試試料はチモシーで，その飼料成分は第1表に示すとおりである。根釧農試ほ場より採取し，85℃の通風乾燥器で乾燥後，粉砕して40メッシュの分析用篩を通し，残渣は磨砕してよく混合した。供試した人工唾液は，第2表に示すとおりである。

第2表　人工唾液
(BARNETT, 1957)

	g		g
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	52.50	$NaHCO_3$	52.50
KCl	7.50	NaCl	7.50
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	0.75	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	2.25
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.15	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	0.08
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.08	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.04
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0.02	$(NH_4)_2SO_4$	37.50

注）2ℓの純水に溶かし，5.5倍に稀釈して使用する。

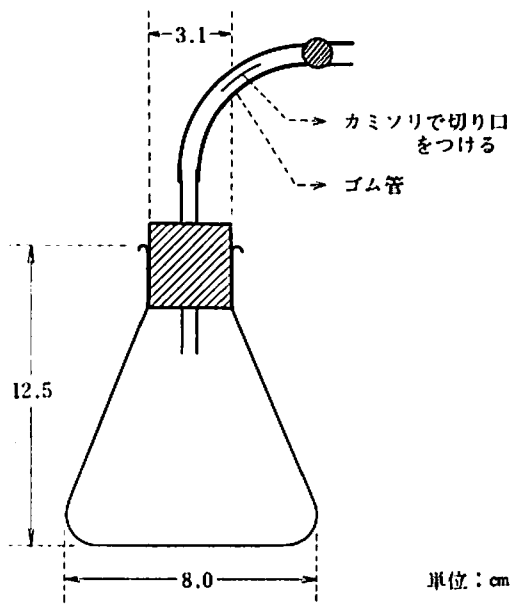
セルローズの定量は，CRAMPTON & MAYNARD法のBARNETTによる変法[8]に従った。

エルレンマイヤーフラスコによる方法：本法は200mℓのエルレンマイヤーフラスコを用い，ルーメンジュース，人工唾液ならびに試料を添加して，上部を炭酸ガスで置換して恒温器中で培養する方法で，BAUMGARETTの方法[11]に準じている。

装置は第2図に示すとおりで，実験の当初はブンゼンバルブをつけずに，培養開始後9時間と12時間にゴム栓をはずして発酵ガスを排気させた。

人工唾液は第3表に示すとおりで，この溶液300mℓに5.5%尿素溶液および5.5%グルコース溶液をそれぞれ5mℓずつ加えた後，炭酸ガスを通気してpHを7.0に調節して使用した。

第2図に示した装置に試料1gと人工唾液30mℓを添加し，あらかじめ40℃に加温したのち，ルーメンジュース25mℓを添加し，フラスコの上部を



第2図　エルレンマイヤーフラスコによる方法

第3表　人工唾液
(McDOUGALL)

	g/l
$NaHCO_3$	9.8
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	9.8
KCl	0.57
NaCl	0.47
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.12
$CaCl_2$	0.04

炭酸ガスで置換したのち，恒温器中で培養し，培養開始後3～6時間おきに内容物を振盪して攪拌した。培養終了後，pHを測定して蒸溜水で100mℓのビーカーに移し，2 NH_2SO_4 1 mℓを添加してウォーターバスで蒸発乾涸させ，85℃の乾燥器で乾燥させた後，CRAMPTON & MAYNARD 法の MATRONE による改良法[65]に準じて，次記の方法によりセルローズを定量した。

すなわち，あらかじめ調製した酢酸と硝酸の混合液（酢酸：硝酸：蒸溜水＝800：100：200mℓ）16.5mℓを，試料を蒸発乾涸させた100mℓのビーカーに加え，コンデンサーとして，冷水を満たした125mℓのエルレンマイヤーフラスコを上にのせて，熱板の上に置き，20分間静かに煮沸させる。その後，25mℓの95％冷アルコールをビーカーに加え，あらかじめ秤量したNo.6の濾紙を用いてブフナー濾斗により吸引濾過し，それぞれ20mℓ冷アルコール，熱アルコール，熱ベンゼン，熱アルコール，エーテルにより洗滌する。つぎに，105℃で乾燥させて秤量した後，450～500℃で灰化させ，灰分を差し引いてセルローズ含量を定量した。

つぎに，あらかじめセルローズ含量を定量した標準試料1gにルーメンジュース25mℓを加え，前記のように蒸発乾涸および乾燥させた後，セルローズの定量を行ない，ルーメンジュース25mℓ中のセルローズ含量を測定し，セルローズ消化率を次式により算出した。

フイスチュラを付しためん羊1頭に，良質チモシー乾草だけを1日1.2kg，朝夕2回に分けて給与し，第一胃内容物を採取した。ルーメンジュースの採取日は，朝の飼料給与後2時間で飲水を断ち，飼料給与後8時間で内容物を採取した。フイスチュラ近辺の内容物を棄てて，深部より約1g採取し，速かに実験室に持ち込み，ポプリン布で圧搾した。

ルーメンジュース中の原虫数は，2％酢酸溶液によるゲンチアナ紫の0.01％溶液で，ルーメンジュースを2倍に稀釈し，トーマの血球計算板により測定した。[61] VFA総量は BARNETT[7] に従い，10％蓚酸カリ1mℓ，5％蓚酸1mℓを添加し，ルーメンジュース2mℓをミクロキェルダールの装置で蒸溜して，0.01NaOHで滴定した。全窒素はミクロキェルダール法により定量した。

供試試料はチモシーで，その組成は第1表に示すとおりである。

試験結果

試験管による方法：培養開始後は，VFAがしだいに増量してpHが低下してくる。このようなVFAの増量とpHの低下は，供試試料の種類や量，供試したルーメンジュースならびに人工唾液の条件などで異なる結果になる。このようなpHの違いがセルローズ消化率に影響するので，1M・Na_2CO_3の添加により，pHを一定に保つ必要がある。第4表および第5表に示す実験は，セルロー

$$\text{セルローズ消化率}=\frac{(\text{供試試料胃＋液中のセルローズ})-(\text{培養後のセルローズ})}{(\text{供試試料＋胃液中のセルローズ})}\times 100$$

第4表　消化率に及ぼすpHの影響（その1）

処理	1 M.Na_2CO_3 添加量(mℓ) 培養開始後（時間） 3	6	12	24	36	48	72	合計	1M.Na_2CO_3 添加後のpH 培養開始後（時間） 3	6	12	24	36	48	72	平均	セルローズ消化率(%)
A	—	—	—	—	—	—	—	—	6.6	6.3	5.8	5.4	5.4	5.4	5.4	5.8	36.1
B	—	—	0.50	0.25	—	—	—	0.75	6.6	6.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	71.5
C	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	—	—	1.25	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	78.5
D	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	—	—	2.50	7.2	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	64.6
E	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	—	—	3.75	7.4	8.1	8.1	8.1	8.1	7.8	7.8	7.9	16.0

注　1）消化率の分散分析，F＝127.38＊＊＊）$F_{\frac{1}{5}}$ (0.001) ＝31.09 Tukey の検定による有意差，D＝13.2
2）供試したルーメンジュースは屠場より採取。
3）培養条件は，供試量0.5g，人工唾液20mℓ，ルーメンジュース5mℓ。

第5表　消化率に及ぼすpHの影響（その2）

処理	試料供試量(g)	1M・Na_2CO_3 添加量(mℓ) 培養開始後(時間) 6	12	24	36	48	合計	1M・Na_2CO_3 添加後のpH 培養開始後(時間) 6	12	24	36	48	平均	セルローズ消化率(%)
A	0.25	—	—	—	—	—	—	6.8	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	60.7
B	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	—	1.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.8	7.0	66.3
C	0.50	—	—	—	—	—	—	6.7	6.4	6.3	6.2	6.2	6.4	39.6
D	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	—	1.0	6.8	7.0	7.0	7.0	6.6	6.9	64.7
E	0.50	0.25	0.50	0.25	0.50	—	2.0	7.0	7.4	7.4	7.4	6.8	7.2	66.0

注　1）消化率の分散分析，F＝228.63＊＊＊）$F_{\frac{3}{9}}(0.001)=31.09$　Tukeyの検定による有意差，D＝4.2。
2）供試したルーメンジュースは屠場より採取。
3）培養条件は，人工唾液20mℓ，ルーメンジュース 5mℓ。

第6表　消化率に及ぼす供試量の影響

供試量(g)	pHの変化（1M・Na_2CO_3 添加前）培養開始後(時間) 6	12	24	36	48	60	1M・Na_2CO_3 添加量(mℓ) 培養開始後(時間) 6	12	24	36	48	60	計	セルローズ消化率(%)
0.25	6.7	6.5	6.6	6.4	6.7	6.7	0.25	0.25	—	0.25	—	—	0.75	73.6
0.50	6.5	6.4	6.5	6.5	6.7	6.7	0.50	0.50	0.25	0.25	—	—	1.50	72.2
0.75	6.3	6.4	6.3	6.4	6.7	6.7	0.75	0.50	0.50	0.25	—	—	2.00	69.4

注　1）消化率の分散分析　F＝4.78（F^{2}_{6} (0.05)＝5.14
2）培養条件は，人工唾液20mℓ，ルーメンジュース 5mℓ，培養時間72時間。
3）供試ルーメンジュースは屠場より採取。

ズ消化率に及ぼすpHの影響を明らかにしたものである。

第4表の実験では，供試量0.5g，人工唾液20mℓ，ルーメンジュース5mℓとした。pHの調整をしない場合（処理A）は，培養開始後24時間にはpH 5.4に低下し，消化率は36.1%であった。処理Bでは，pHの平均が6.4で，消化率は71.5%であった。処理Cでは，pHの平均が6.8，消化率は78.5%で最高値を示した。1M・Na_2CO_3を最も多く添加した処理Eは，消化率が最低となった。この装置を用いて人工唾液20mℓ，ルーメンジュース5mℓ，供試量0.5gとして培養した場合，1M・Na_2CO_3を1～2mℓ添加することが必要である。

pHの変化は，試料の供試量によって異なるので，供試量を0.25gと0.50gにした場合の比較をしたのが第5表である。

供試量0.25でpHの調整をしない場合（処理A）は，pH 6.6以下に低下せず消化率も60.7%であるが，供試量0.50gでpHの調整をしない場合（処理C）は，pH 6.2に低下し消化率は39.6%であった。供試量0.25gで1M・Na_2CO_3 1.0mℓ添加した場合（処理B）と，供試量0.50gで1M・Na_2CO_3 2.0mℓ添加した場合（処理E）は，それぞれ66.3%，66.0%で最も高い消化率を示した。なお，第4表と第5表の実験は同一試料を供試したにもかかわらず，消化率やpHの低下に差異がある。これは試験方法で述べたように，ルーメンジュースを屠場より採取したために，採取前の飼養条件と個体が異なっているためであると考えられる。

第5表の結果から，供試量が少ないとpHの低下が少なく，1M・Na_2CO_3による調整が容易なので，供試量は0.25gの方が良いと思われる。しかし，pHを適切に調整すれば，供試量が0.25gと0.50gとでは，消化率に差がないということもいえる。

さらに，供試量を025g，0.50g，0.75gとした場合の消化率の比較をした結果が第6表である。

第5表の結果と同様に，供試量が0.25gと0.50g

の間には，セルローズ消化率に著しい差が認められなかった。しかし，供試量が0.25gおよび0.50gと0.75gとの間には，有意差ではないが，セルローズ消化率の差が比較的大きい。

以上の結果から，本実験に用いた装置では，供試量の適量は0.25gから0.50gまでの範囲であると考える。

第7表は，ルーメンジュースと人工唾液の添加割合を変えた場合の，消化率を比較した結果である。

ルーメンジュース5mℓ，人工唾液20mℓとした場合（処理B）が，最高のセルローズ消化率を示した。また，ルーメンジュースの添加割合が多いと，培養開始後4時間におけるpHの低下が大きく，1M・Na_2CO_3添加量が多かった。

第8表は，培養開始後24，48，72時間後に，培養試験管をそれぞれ3本ずつ恒温水槽からとり出して，セルローズ消化率を測定し，培養時間とセルローズ消化率との関係を明らかにした結果である。

培養開始後24時間以内に急速に消化し，その後48時間まで徐々に消化が進み，その後は消化が停止する結果となった。

エルレンマイヤーフラスコによる方法：本法では，主としてセルローズ消化率の反覆性について実験することを目的とした。したがって，培養条件はBAUMGARETT[11]に従い，いずれも試料供試量1g，人工唾液30mℓ，胃液25mℓとした。

飼料給与後供試ルーメンジュースを採取するまでの経過時間によって，セルローズ消化率が変動するのではないかと考えられる。ルーメンジュースの採取を飼料給与後一定の時間に決める必要があるので，第9表に示すような実験を行なった。

飼料給与後ルーメンジュースを採取するまでの経過時間によって，セルローズ消化率は大差ではないが変動が認められる。すなわち，飼料給与後

第7表　ルーメンジュースと人工唾液の割合がセルローズ消化率に及ぼす影響

処理	ルーメンジュース添加量（mℓ）	人工唾液添加量（mℓ）	培養開始後のpHの変化と1M・Na_2CO_3添加量（mℓ） 4時間後 pH	4時間後 Na_2CO_3	12時間後 pH	12時間後 Na_2CO_3	24時間後 pH	24時間後 Na_2CO_3	40時間後 pH	40時間後 Na_2CO_3	48時間後 pH	48時間後 Na_2CO_3	64時間後 pH	64時間後 Na_2CO_3	セルローズ消化率（%）
A	1	24	6.8	(0.5)	6.7	(0.25)	6.9	(—)	6.8	(—)	6.7	(—)	6.7	(—)	61.5
B	5	20	6.7	(0.5)	6.8	(0.5)	7.3	(—)	6.7	(—)	6.7	(—)	6.7	(—)	67.0
C	10	15	6.7	(0.75)	6.7	(0.5)	6.9	(—)	6.8	(—)	6.8	(—)	6.7	(—)	56.2
D	15	10	6.5	(1.0)	6.7	(0.5)	6.9	(—)	6.8	(—)	6.7	(—)	6.7	(—)	37.0
E	20	5	6.2	(1.0)	6.7	(0.5)	6.8	(—)	6.8	(—)	6.7	(—)	6.7	(—)	40.4

注　1）消化率の分散分析，F＝22.99**）F^{4}_{5}（0.01）＝11.39　Tukeyの検定による有意差，D＝15.4
2）試料供試量0.25g，培養時間72時間。
3）pHは，1M，Na_2CO_3添加前の値を示す。
4）供試したルーメンジュースは屠場より採取。

第8表　培養時間と消化率

培養時間	pHの変化（1M・Na_2CO_3添加前） 培養開始後（時間） 3	18	24	48	60	70	1M・Na_2CO_3添加量（mℓ） 培養開始後（時間） 3	18	24	48	60	70	計	セルローズ消化率（%）
24	7.2	6.8	6.8				—	—	—					48.6
48	7.2	6.8	6.8	6.4			—	—	—	—				66.7
72	7.2	6.8	6.8	6.4	7.0	7.0	—	—	—	0.5	—	—	0.5	66.7

注　1）消化率の分散分析，F＝38.99***）F^{2}_{6}（0.001）＝27.00　Tukeyによる有意差，D＝7.1
2）供試量0.25g，人工唾液20mℓ，ルーメンジュース5mℓ。
3）供試ルーメンジュースは屠場より採取。

第9表　飼料給与後ルーメンジュースを採取するまでの経過時間がセルローズ消化率に及ぼす影響

		飼料給与前（飼料給与後 15時間）	給与後 2時間	給与後 8時間
ルーメンジュースの性状	原虫数/1mm³	250	200	130
	固形分 %	2.1	2.6	2.0
	pH	7.8	7.3	7.4
	VFA mM/dℓ	3.34	4.93	4.34
	全窒素 mg/dℓ	158.3	168.1	151.3
セルローズ消化率	1	47.6	43.7	47.6
	2	47.9	46.1	47.7
	3	47.8	46.0	46.7
	4	44.9	45.8	43.6
	平均	47.1	45.4	46.4

第10表　ルーメンジュースの性状とセルローズ消化率の経日的変動

	調査期日	7.7	7.10	7.13	7.17	8.7	8.10	8.13	平均[1]
ルーメンジュースの性状	原虫数/1mm³	130	270	—	70	115	165	140	148 ± 67
	固形分 %	2.0	2.1	2.2	2.6	2.3	2.1	2.3	2.2 ± 0.2
	pH	7.4	8.2	7.2	6.8	7.6	7.1	7.2	7.4 ± 0.4
	VFA mM/dℓ	4.34	5.33	5.10	5.67	5.88	5.60	5.45	5.34 ± 0.51
	全窒素 mg/dℓ	151.3	131.7	154.1	168.1	203.1	120.5	182.1	158.7 ± 28.5
セルローズ消化率	セルローズ消化率	46.4	44.4	50.7	43.3	46.3	50.7	52.7	47.8 ± 3.6
	平均値からの偏差	−1.4	−3.4	+2.9	−4.5	−1.5	+2.9	+4.9	

注　1）平均値±標準偏差

2時間ではやや低く，給与後8時間および給与前（飼料給与後15時間）ではやや高い傾向になった。

反芻胃内容物の状態は，採取時の観察によると，給与後2時間では給与した乾草がそのままの状態で混在しているが，給与後8時間では植物組織の形態がほとんど認められず，よく混合された泥状になっている。セルローズ分解菌は繊維質に付着しているといわれているが，[104] 飼料給与後あまり短時間に胃内容物を採取して圧搾すると，搾汁液中の細菌数が少なくなって，セルローズ消化率が低下する原因になることが予想される。本実験の結果は，そのような考察を裏づけるものであろう。

したがって，本実験の結果から，飼料給与後あまり短時間にルーメンジュースを採取することは適切ではないので，8時間ぐらい経過してから採取すべきであるといえる。なお，本実験ではセルローズ消化率を4反覆で測定したが，その反覆性が良かったことは，第9表に示したとおりである。

第10表は，試験方法で記述したように，フイスチュラを付しためん羊に乾草だけを給与し，その他の測定条件を一定にした場合の，ルーメンジュースの性状とセルローズ消化率の経日的変動を調査した結果である。

フイスチュラを付しためん羊を同一条件で飼養し，同一時刻（飼料給与後8時間）にルーメンジュースを採取しても，その性状がやや変動し，セルローズ消化率も経日的に多少変動することが認められた。

考　　察

人工反芻胃を飼料の消化率推定に用いるためには，使用するルーメンジュースの条件を一定にしなければならない。フイスチュラを付する家畜に

ついては，種類，年令ならびに健康状態などを一定にする必要がある。また，反芻胃内微生物相は短時間で変動することが認められているので，給与する飼料の種類や量，ならびに給与回数，給与時間などを正確にしなければならない。供試ルーメンジュースによる誤差を少なくするために，数種類のルーメンジュースを混合して用いている報告[7]がある。本実験では，エルレンマイヤーフラスコによる方法で，フイスチュラを付しためん羊に良質乾草だけを給与して，ルーメンジュースを採取した。

良質乾草の場合は，めん羊が必要とするエネルギー，蛋白質，ビタミン，ミネラルなどが適当な割合で含まれているので，単味給与する飼料として適している。また，乾草給与時における給与前後の第一胃内性状の変動が，他の飼料給与時よりも著しくないので，[97] このこともルーメンジュースを採取するめん羊に，乾草だけを給与する利点の1つである。

しかし，第10表の結果をみると，飼養条件と採取方法を一定にしたにもかかわらず，ルーメンジュースの性状には多少の経日的変動が認められ，セルローズ消化率もやや変動している。このような変動のあることを認め，これを補正するための方法[11]が提案されている。すなわち，供試試料と同時に標準試料のセルローズ消化率を測定し，標準試料における長期間の消化率の平均値と測定時の消化率との偏差で，供試試料のセルローズ消化率を補正する方法である。

このような経日的変動がおこる理由は明らかでないが，飼養条件を同一にしてもルーメンジュースの性状が異なっており，ルーメンジュース中のＶＦＡや窒素化合物などの違いが，セルローズ分解菌の分解能に影響していることが考えられる。このような多少の経日的変動は不可避であるかもしれないので，人工反芻胃を飼料価値評価の手段とする場合は，何らかの方法で消化率を補正することが必要であろう。

反芻胃内微生物のセルローズ分解能は，pH 6.8～7.6の範囲で最高になり，pH 6.4以下ならびに8.0以上では消化率が著しく減少するという報告[16]がある。また，最適pHは試料やルーメンジュースによって異なると考えている報告[17]もある。本実験の結果では，第4表および第5表をみると，pH 6.8～7.4の範囲で最高の消化率を示すようである。

試料の供試量の影響については，供試量を増加させれば消化率が減少するという報告[16] [17]と，一定であるという報告[46] [57]がある。これは，用いている人工反芻胃や供試量の範囲が異なっているためであろう。本実験の場合，試験管による方法では，供試量が0.25gから0.50gの範囲では，消化率が一定であった。

試料の粉砕程度がセルローズ消化率に及ぼす影響については，木材セルローズを用いて，粉砕の程度では差異がなかったという報告[4]がある。しかし，アルファルファを用いて，細かく粉砕するに従って消化率が高くなることを認めた報告[17]があり，また，ボールミルで磨砕すると，牧草中セルローズの消化率が向上するという報告[24]があることは，従来の研究の項で述べたとおりである。したがって，一定の粉砕程度にする必要があるが，実際的には供試試料を粉砕後，一定のメッシュ（本実験では40メッシュ）のふるいを通し，残渣を磨砕してよく混合してから供試すれば十分であろう。

培養時間については，培養開始後12～24時間以内に急速に消化し，48時間以降はほとんど消化が進まないので，48時間以内の培養時間で行なわれている人工反芻胃法が大半である。本実験の結果も試験管による方法では，48時間以降は消化が進まなかった。本実験と同じ方法で行なわれた報告[8]によると，48時間以降もわずかに消化することを認めているが，このことは本実験の結果と異なっている。しかし，培養時間が長くなると，微生物相が *in vivo* と違ってくるので，短時間の方が良い結果になり，培養時間が24時間のセルローズ消化率とめん羊の消化試験による可消化エネルギーの測定値との間に，高い相関が認められたという報告[35]がある。また，18時間培養のセルローズ消化率と30時間培養のセルローズ消化率を乗ずることによって，ＮＶＩの推定が可能であること

を明らかにした報告[14]もある。

以上のように，試験管による方法は，嫌気性を保つことと，攪拌が容易であることが利点であるが，pHの調整をしなければならない欠点がある。エルレンマイヤーフラスコによる方法は，装置および操作が簡易であり，測定値の反覆性も良いので，実用的な方法であると思料される。

（2）牧草の生育時期に伴う繊維質含量とセルローズ消化率の変化

目　　的

牧草が成熟するに従って，消化率が低下するのは，リグニン含量が増大するためであるといわれている[57]が，リグニン含量だけではなく，セルローズやペントーザンなどの繊維質の構造が変化して，それが消化率に影響していることも考えられる。しかし，牧草の成熟に伴う繊維質の組成の変化を明らかにした報告はきわめて少ないので，このことを明らかにすることが本実験の目的の1つである。また，人工反芻胃におけるセルローズ消化率が，牧草の成熟に伴って，動物試験による消化率のように，直線的に低下するかどうか，さらにセルローズ消化率の低下とリグニン，繊維質ならびに，化学成分の変化との相関を明らかにするために，本実験を実施した。

試験方法

根釧農業試験場のほ場より，チモシーとアカクロバーを生育時期別に刈取り，85℃の通風乾燥器で乾燥し，粉砕後40メッシュのふるいを通し，残渣は乳鉢で磨砕してよく混合した。

供試試料は，第11表に示すとおりである。

分析方法は，全繊維素は漂白粉溶液法[22]により定量し，セルローズはCRAMPTON & MAYNARD法のBARNETTによる変法[8]に従って定量した。α-セルローズ，ペントーザンならびにメトキシルなどは農芸化学分析書[22]により定量し，β-γセルローズはELLYら[30]に従って，全繊維素からα-セルローズおよびペントーザンを差引いて算出した。リグニンは，THACKER法[96]に従って定量した。

セルローズ消化率は，試験管による方法を用い，いずれも試料の供試量を0.25g，人工唾液20 mℓ，胃液5 mℓとして，48時間培養して測定した。

試験結果

第12表は，飼料成分ならびに繊維質含量の生育時期別変化を示す。

成熟するに従って，粗蛋白質は直線的に減少し，粗脂肪および粗灰分も減少するが，NFEは著しい変動がなく，粗繊維が増加することについては，多くの分析成績と一致する結果である。

全繊維素含量は，チモシーとアカクロバーでは著しく異なっており，チモシーでは粗繊維含量よりも著しく高い値を示しているのに反して，アカクロバーではほぼ同様であり，試料5ではやや少ない値になっている。また，チモシーは試料3まで増加するが，その後は減少の傾向を示している

第11表　供　試　試　料

草　種	試料番号	刈取期日	草丈 cm	水分 %	生育時期
チモシー	1	1960年6月10日	67	82.6	
	2	6　20	92	77.6	出穂前
	3	7　1	102	78.3	出穂期
	4	7　10	106	69.7	
	5	7　20	103	68.0	開花期
	6	8　1	103	65.4	
アカクロバー	1	1961年6月13日	45	86.7	
	2	6　22	63	82.7	
	3	7　2	72	81.9	開花期
	4	7　12	93	79.6	
	5	7　22	93	78.5	

第12表　飼料成分および繊維質含量　乾物中 %

区分＼草種＼番号	チモシー 1	チモシー 2	チモシー 3	チモシー 4	チモシー 5	チモシー 6	アカクローバ 1	アカクローバ 2	アカクローバ 3	アカクローバ 4	アカクローバ 5
粗蛋白質	16.5	13.4	11.6	9.9	9.4	7.8	22.9	19.3	16.9	16.5	14.4
粗繊維	25.2	28.1	30.7	33.0	30.8	33.6	15.7	19.4	24.0	26.4	29.7
NFE	47.2	47.8	49.4	49.3	52.2	50.8	47.1	48.9	47.7	44.9	45.5
粗脂肪	4.1	4.9	3.1	2.6	2.6	2.7	7.1	5.8	5.4	5.1	3.5
灰分	7.0	5.8	5.2	5.2	5.0	5.1	7.2	6.6	6.0	7.1	6.9
全繊維素	34.9	36.6	44.6	43.6	39.3	40.1	17.5	23.0	24.7	26.6	27.8
全繊維素中(%) α-セルローズ	61.8	61.8	61.9	62.0	59.2	62.4	70.9	72.4	76.5	75.6	74.4
全繊維素中(%) β-γセルローズ	15.0	12.8	10.2	8.2	9.0	5.6	16.0	14.8	9.2	9.6	9.5
全繊維素中(%) ペントーザン	23.2	25.4	27.9	29.8	31.8	32.0	13.1	12.8	14.3	14.8	16.1
セルローズ	29.0	30.9	35.0	36.0	33.2	34.5	19.0	22.6	28.1	29.3	30.0
α-セルローズ	21.6	22.6	27.6	27.0	23.2	25.0	12.4	16.6	18.9	20.1	20.7
β-γセルローズ	5.2	4.7	5.5	3.6	3.6	2.2	2.8	3.4	2.3	2.6	2.6
ペントーザン	14.3	16.4	22.5	21.9	19.1	20.5	8.7	9.6	10.6	11.8	13.2
リグニン	4.7	5.6	7.6	9.2	10.0	10.8	8.5	9.3	11.2	13.4	14.4
メトキシル	1.3	1.6	2.0	2.4	2.5	2.6	1.5	1.8	1.9	2.2	2.5

のに反して，アカクロバーは成熟するに従って漸増している。

全繊維素の組成をみると，α-セルローズはアカクロバーの方が多く，71～77％の範囲であるが，チモシーは61％前後で一定の値となっている。β-γセルローズは成熟するに従って減少し，ペントーザンは逆に増加している。以上のように，全繊維素として定量される成分の組成は，刈取時期によって異なっている。セルローズ消化率の測定の際に用いたCRAMPTON & MAYNARD法によるセルローズも，その組成については検討しなかったが，やはり成熟度や草種によって変化しているものであろう。

セルローズ，α-セルローズならびにペントーザンは，いずれもチモシーの方が高く，試料3で最高となり，その後はむしろ減少の傾向を示しているのに反して，アカクロバーは漸増している。チモシーのβ-γセルローズは，試料3以降減少しているが，アカクロバーは含量が少なく，刈取時期の違いでは大差がみられない。

リグニン含量は，いずれも直線的に増加しているが，アカクローバの方がチモシーよりも高い値になっていることは，セルローズやペントーザンと比較した場合の著しい差異である。メトキシルも漸増しているが，その含量は両種間に大差が認められない。

第13表は，チモシーとアカクロバーのセルローズ消化率を示す。チモシーの試料6は，実験装置の都合により除いた。これによると，両種とも成熟するに従って消化率が減少しているが，生育時期が早い場合は，アカクロバーの方がチモシーよりも消化率が著しく低い結果になった。

第14表は，チモシーおよびアカクロバーの試料3および試料5について，培養開始後の経過時間とセルローズ消化率との関係を示した結果である。

この実験では試験管の反覆を行なわず，チモシーとアカクロバーを5点ずつ10点培養し，培養開始後6，12，20，24，48時間ごとに，おのおの1本ずつ取り出して消化率を測定した。供試したルーメンジュースは，飼養条件を一定にしたフイスチュラ付めん羊1頭から採取したが，培養開始後20時間までの消化率は，同一草種でも実験1と実験2では値が異なっている。めん羊の飼養条件およびルーメンジュースの採取方法などを一定にし

第13表　チモシーとアカクロバーの生育時期別セルローズ消化率

草種	試料番号	供試量	試料中のセルローズ (g)	消化されたセルローズ (g)	消化率 (%)	備考
チモシー	1	0.25	0.0662	0.0568	85.8	1) 消化率の分散分析, F＝27.51** 有意差(Tukey), D＝12.0
	2	0.25	0.0726	0.0570	78.5	2) 試料6は除外
	3	0.25	0.0786	0.0595	75.6	3) 72時間培養
	4	0.25	0.0800	0.0532	66.5	人工唾液 20mℓ
	5	0.25	0.0751	0.0428	57.0	ルーメンジュース（屠場より採取） 5mℓ
アカクロバー	1	0.25	0.0457	0.0296	64.7	1) 消化率の分散分析, F＝9.44* 有意差(Tukey), D＝8.9
	2	0.25	0.0544	0.0340	62.5	2) 48時間培養
	3	0.25	0.0676	0.0414	61.2	人工唾液 20mℓ
	4	0.25	0.0701	0.0403	57.4	ルーメンジュース（フイスチュラ付きめん羊より採取） 5mℓ
	5	0.25	0.0718	0.0376	52.4	

第14表　培養開始後の経過時間とセルローズ消化率

			培養開始後（時間） 6	12	20	24	49
試料3	実験1	チモシー	—	15.9	36.9	59.9	78.0
		アカクロバー	2.7	12.3	44.7	60.4	67.3
	実験2	チモシー	0.6	10.9	42.8	58.1	76.2
		アカクロバー	14.2	26.2	52.4	59.5	66.1
試料5	実験1	チモシー	—	1.1	23.0	35.6	56.6
		アカクロバー	2.5	20.3	34.5	43.9	55.0
	実験2	チモシー	—	19.3	35.3	40.2	55.7
		アカクロバー	11.6	32.6	42.8	50.4	56.1

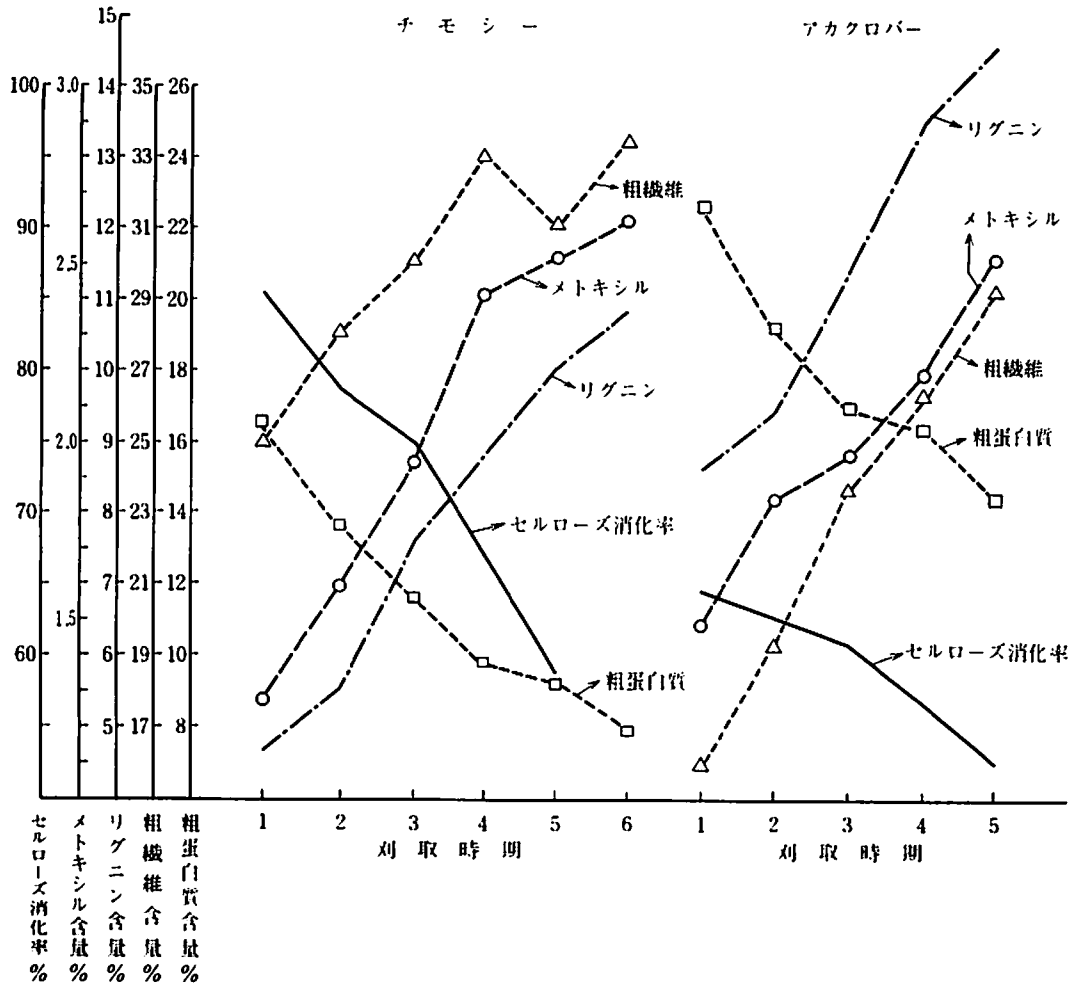
て培養したが，何らかの原因で初期の細菌の活動が異なったものと思われる。しかし，培養開始後48時間の消化率は，同一草種ではほぼ同一の値になっている。

培養開始後24時間までの消化率は，試料3実験1の12時間消化率を除いては，いずれもアカクロバーの方が高い値を示している。イネ科牧草は培養開始後6時間までは消化はほとんど進行しないが，マメ科牧草は培養開始直後から消化するので，培養初期の消化率はマメ科の方が高いという報告[27) 39)]があるが，本実験の場合もこれと同様の結果であった。

考　察

牧草の生育時期や草種が異なると，全繊維素の含量とその組成が顕著に異なることは，第12表の結果から明らかである。しかし，これらの変動とセルローズ消化率との関係については，本実験の結果からだけでは明確でない。一般に，牧草中からホロセルローズを単離して消化率を測定すると，牧草全体を供試した場合のセルローズ消化率よりも，著しく高い値を示すという報告[57) 88)]があることは緒論で述べたが，このことから推察すると，生育時期や草種による全繊維素の組成の差異は，消化率に著しく影響していないように思われるが今後の究明を必要とする。

第3図は，第12表および第13表の結果を図示したものであり，第15表はこれらの相関係数を算出した結果である。



第3図　セルローズ消化率とメトキシル，リグニン，粗繊維，粗蛋白質含量との関係

これによると，同一草種内ではリグニン，セルローズ，粗繊維，粗蛋白質，メトキシルなどの含有率とセルローズ消化率との間には，一般に有意の相関が認められるが，両草種を含めると，リグニンを除いて有意の関係が認められない。したがって，化学成分からＴＤＮ含有率を推定する場合は一般に草種別に限定して用いた方が，精度がより高くなることは明らかである。

第15表の結果で，チモシーのセルローズ消化率と粗繊維含有率との相関が有意にならなかったのは，供試点数が少なかったこともその一因であるが，チモシーの場合は出穂期を過ぎると，粗繊維は増量しないが，消化率は減少するためであろう。これと同様の成績が，次項（Ⅱ-(3)）でも認められた。したがって，粗繊維からＴＤＮ含有率を推定する場合は，このことを考慮する必要がある。

第14表の結果で，アカクロバーの方がチモシーよりも，短時間培養のセルローズ消化率が，一般に高い値を示していることは，その理由が明らかでない。しかし，セルローズの消化速度は重要な意義があり，反芻胃内におけるセルローズの消化速度が遅ければ，反芻胃内に長く滞留することになり，食欲が起きないので摂取量が少なくなると考察している報告[20]がある。培養後18時間のセルローズ消化率から，相対摂取量[21] (Relative intake) を推定することが可能であるという報告[14]もあるが，人工反芻胃法はセルローズの消化率ばかりで

第15表　セルローズ消化率と化学成分との相関関係

	相関係数, r
チモシー＋アカクロバー：	
セルローズ消化率×リグニン	−.927**
×セルローズ	.140
×粗繊維	.015
×粗蛋白質	−.036
×メトキシル	−.074
チモシー：	
セルローズ消化率×リグニン	−.960**
×セルローズ	−.625
×粗繊維	−.771
×粗蛋白質	.928**
×メトキシル	−.953**
アカクロバー：	
セルローズ消化率×リグニン	−.959**
×セルローズ	−.844*
×粗繊維	−.946**
×粗蛋白質	.895*
×メトキシル	−.987**

注　1）化学成分は乾物中%
　　2）*P＜0.05, **P＜0.01。

なく，消化速度を測定する方法としての意義もまた大きい。

(3) TDN含有率と *in vitro* セルローズ消化率との相関

目　的

めん羊を用いた消化試験による乾草のTDN含有率（以後 *in vivo* TDNと記す）と人工反芻胃法によるセルローズ消化率（以後 *in vitro* セルローズ消化率と記す）との間の相関を明らかにし，飼料価値評価における人工反芻胃法の適用性について検討した。また，よく用いられているADAMS[1]およびSCHNEIDER[73]による方法と人工反芻胃による方法を比較検討した。

試験方法

人工反芻胃法は，エルレンマイヤーフラスコによる方法を用いた。第一胃内容物は，フイスチュラを付しためん羊1頭から採取し，7月2日刈取りの良質チモシー乾草（出穂始）だけを1日1.2 kg，朝夕2回に分けて給与した。

内容物の採取日は，朝の飼料給与後2時間で飲水を断ち，飼料給与後8時間に内容物を採取した。試料の供試量1.0g，人工唾液30mℓ，胃液25 mℓとして，48時間培養後のセルローズ消化率を測定した。

消化試験は1962年7月9日から9月30日まで，去勢めん羊と雄めん羊計6頭を用い，2群に分けて1種類の乾草について3頭を用い，全糞採取法により実施した。供試した乾草の概要は，第16表に示すとおりで，飼料成分の分析は，農芸化学実

第16表　供試乾草の概要

種類	試料番号	刈取期日	草丈 cm	水分 %	生育時期	色	葉部割合 %	マメ科割合 %
チモシー乾草	1	1962年6月12日	66	12.7	出穂前	濃緑	46.3	—
	2	6 23	80	16.8	穂ばらみ期	淡緑	39.2	—
	3	7 2	92	15.8	出穂期	微緑	37.9	—
	4	7 15	95	16.6	開花始	褐色	26.1	—
	5	7 27	92	12.8	開花期	茶褐色	23.8	—
チモシー アカクロバー 混合乾草	6	6 12	チモシー 81 アカクロバー 65	16.5	チモシー 出穂前	濃緑	—	42.4
	7	6 23	チモシー 95 アカクロバー 73	19.5	チモシー 出穂始 アカクロバー 開花始	濃緑	—	32.7
多草種混合乾草[1]	8	6 12	イネ科 88 マメ科 60	15.2	オチャードグラス 出穂期	濃緑	—	15.8

注　1）草種はチモシー，オーチャードグラス，アカクロバー，アルサイククロバー，ラディノクロバー。

験書[62]に従った。

試験結果

第17表は，供試乾草の飼料成分を示す。

第17表　供試乾草の飼料成分

	試料番号	乾物中% 粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分
チモシー	1	18.7	5.7	24.7	43.2	7.7
〃	2	14.0	5.4	28.2	45.4	7.0
〃	3	13.1	4.3	32.5	43.7	6.4
〃	4	9.4	4.6	31.8	48.0	6.2
〃	5	10.2	4.2	30.9	48.2	6.5
混合乾草	6	21.7	7.7	24.8	35.1	10.7
〃	7	15.6	6.4	27.1	40.9	10.0
〃	8	17.3	6.5	26.2	39.7	10.3

チモシーの生育時期別飼料成分の変動をみると，成熟するに従い粗蛋白質が減少し，粗繊維が試料番号3以降増大しないことなどは，第12表の結果と同じ傾向であった。

めん羊による消化試験の結果は，第18表に示すとおりである。

第18表　飼料成分の消化率(%)

	試料番号	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE
チモシー	1	71.8	77.5	61.9	75.7	71.5
〃	2	62.5	70.6	61.8	63.8	61.8
〃	3	63.3	71.9	61.4	70.2	59.2
〃	4	58.8	63.3	57.4	61.3	58.0
〃	5	54.2	62.7	58.4	58.0	53.8
混合乾草	6	66.2	75.3	70.5	70.1	61.0
〃	7	65.3	70.2	69.1	68.0	64.4
〃	8	66.7	73.6	64.4	70.4	64.1

チモシーの飼料成分の生育時期別消化率をみると，成熟するに従い一般に減少しているが，試料番号3では試料番号2よりも乾物，粗蛋白質ならびに粗繊維の消化率がやや高い傾向が認められるが，その理由は明らかでない。

第19表は，*in vivo* TDN，SCHNEIDER および ADAMS によるTDN推定値，ならびに *in vitro* セルローズ消化率などを示す。

SCHNEIDER 方式によるTDN推定値は，混合乾草の場合は近似した値となっているが，チモシーの場合は一致していないことが明瞭に示されている。これに反して，ADAMS によるTDN推定値と *in vivo* TDNとは，一般に同様の値となっている。しかし，チモシーについてみると，*in vivo* TDNは成熟するに従って漸減しているが，ADAMS によるTDN推定値は試料番号3以降減少していない。これは，試料番号3以降粗繊維が増大しないためで，これと同じ傾向が前項(Ⅱ-(2))でも認められたことは，すでに述べたとおりである。これに反して，*in vitro* セルローズ消化率は，チモシーが成熟するに従い，*in vivo* TDNと同様に減少し，よく一致した傾向にあることが明らかである。

第19表　供試乾草の *in vivo* TDN，TDN推定値，*in vitro* セルローズ消化率(乾物中%)

	試料番号	*in vivo* TDN	TDN推定値 SCHNEIDER	ADAMS	*in vitro* セルローズ消化率
チモシー	1	72.1	63.2	69.4	65.2
〃	2	64.1	60.7	63.8	56.4
〃	3	64.0	56.7	58.8	51.5
〃	4	58.3	61.1	58.2	42.4
〃	5	55.8	62.3	59.5	39.1
混合乾草	6	67.1	67.7	70.4	66.5
〃	7	65.7	65.6	65.6	64.0
〃	8	66.1	65.8	67.3	67.6

第20表は，第18表および第19表の結果について，相関係数を算出した結果である。

第20表　相関係数

in vivo	TDN推定値 SCHNEIDER	ADAMS	*in vitro* セルローズ消化率
乾物消化率	0.33	0.80*	0.90**
TDN	0.33	0.82*	0.91**

* $P<0.05$　** $P<0.01$

SCHNEIDER によるTDN推定値と *in vivo* 乾物消化率およびTDNとの間に，有意の相関が認められなかった。ADAMS によるTDN推定値と *in vivo* 乾物消化率，TDNとの間に5%水準での有意性のある相関が認められ，*in vitro* セルローズ消化率と *in vivo* 乾物消化率およびTDNとの間に，1%水準での有意性のある高い相関が認めら

れた。なお，*in vivo* TDN(Y)と *in vitro* セルローズ消化率(X)との間に，次の回帰式が導かれた。

$\hat{Y}=0.4088^{**}+41.0171$　$(F=25.477^{**})$

第21表は，ADAMSによる可消化粗蛋白質含有率の推定値と，めん羊の消化試験による実測値との関係を表示した結果である。

第21表　可消化粗蛋白質含有率の推定値と実測値
(乾物中%)

	試料番号	推定値	実測値	偏　差
チモシー	1	14.2	14.5	−0.3
〃	2	9.7	9.9	−0.2
〃	3	8.9	9.4	−0.5
〃	4	5.3	5.9	−0.6
〃	5	6.2	6.4	−0.2
混合乾草	6	17.0	16.3	+0.7
〃	7	11.2	10.9	+0.3
〃	8	12.9	12.8	+0.1

推定値と実測値はよく近似した数値となり，相関係数を算出した結果 $r=0.98$ となった。その偏差をみると，いずれも1%以下である。チモシーでは，推定値の方が実測値よりもやや低い数値であるが，混合乾草ではやや高い値となった。

飼料中の可消化粗蛋白質含有率は，回帰方程式 $\hat{Y}=0.929X-3.48$ (Y：可消化粗蛋白質含有率，X：粗蛋白質含有率) によって，推定できることを明らかにしている報告[43]がある。ADAMSの方式では $\hat{Y}=0.946X-3.52$ で，両者による推定値は大差のない値となる。

考　　察

第19表および第20表の結果をみると，SCHNEIDERの方法よりもADAMSの方法の方がすぐれており，乳牛飼養の実際面で簡易にTDN含有率を推定する場合は，ADAMSの方法を適用しても大きな誤差はないと思われる。

しかし，第12表および第17表に示されているように，チモシー乾草の場合出穂期を過ぎると粗繊維含有率が直線的に増大しないので，ADAMSによる推定値の方が，実際の値よりも多少高い値になることに注意しなければならない。従来，わが国においては乾草主体の乳牛飼養法が普及していたが，乾草調製期間の気象条件が不順のため，刈取時期が遅れる場合が多く，また，馬産から酪農に転換した地帯では，イネ科牧草が開花結実した後に収穫する慣行があった。しかし，最近は農業技術改良普及機関の熱心な指導によって，牧草の早刈りが徹底して行なわれているので，ADAMSの方法を適用しても大差ない値となることが多いと思われる。したがって，実用的にはすぐれた方法であろう。また，第21表に示されているように，めん羊の消化試験による可消化粗蛋白質含有率の実測値と，ADAMSによる推定値との偏差がきわめて小さいので，乾草についてはADAMSの方法をかなり広範囲に適用することが可能であろう。

次に，第17表および第18表に示されているように，試料番号3以降粗繊維含有率が増大しなくても，めん羊の消化試験による飼料成分の消化率が低下するのは，粗繊維の含量には変動がなくてもその構造が変化して，それが飼料成分の消化率に影響するのであろう。このように，粗繊維含有率だけでは消化率を正確に予測することができないので，牧草中の炭水化物を粗繊維とNFEに分けることが不合理であるとされている。[106] したがって，動物を用いた消化試験によらなければ明確にならないような，消化性の微少な差異を，簡易にかつ的確に知る必要性がある場合には，人工反芻胃による方法がすぐれている。

また，第14表に示されているように，培養後短時間における消化量，すなわち，消化速度を明らかにできることも，人工反芻胃法の大きな利点の1つである。このことが摂取量と相関があるとすれば[14) 27) 28)]，人工反芻胃による飼料価値評価法の大きな分野の1つであろう。

しかし，アメリカで行なわれているといわれるForage evaluation system,[1] すなわち，農家生産粗飼料の飼料価値を評価して，乳牛飼養における飼料の給与法を指導するために，人工反芻胃法を用いることは，現状では困難である。すなわち，指導普及の実際面で活用するためには，方法がやや複雑であり，かつ，統一されていないので，試

験研究機関の広範な協同研究によって，実用化をいそぐ必要性がある。また，アメリカにおけるForage evaluation systemも一般にADAMSによる方法で行なわれているようであり[1]，普及指導上に飼料価値評価法を活用するためには，飼料成分または簡易な化学成分を指標物質として推定する方式が適していると思われるが，人工反芻胃法は前述したようにすぐれた特徴があるので，今後の研究によっては，この分野にも活用できる可能性があろう。

本報告で用いられた人工反芻胃法は，当面下記の分野で活用することができると思考する。すなわち，1）粗飼料の調製条件または草種の違いなどが消化率または消化速度に及ぼす影響を，動物試験によらずに推測する場合，2）草類の繊維質およびリグニンなどの化学的および物理的差異と消化性との関連性を明らかにする場合，3）草類の葉，茎，葉鞘など部位別の消化性を明らかにする場合，4）草類の育種試験などで，消化性の高い系統を選抜する場合，5）飼料価値評価とは異なるが，反芻動物における第一胃内の消化生理を推測する場合，たとえば医薬品などの投与が第一胃内微生物のセルローズ分解能に及ぼす影響などを，推量する手段として活用することができる。

Ⅲ 飼料成分および生育日数などによる飼料価値評価法

（1） 牧草サイレージの飼料成分とTDN，DCP含有率との相関

目　　的

人工反芻胃による方法は，飼料成分から推定するADAMS[1]やSCHNEIDER[73]の方法よりも，すぐれていることを前項（Ⅱ—(3)）で明らかにした。しかし，乳牛飼養の実際面で活用する場合には，方法がやや複雑である。

一方，草種や適用地域，調製条件などを限定すれば，化学成分や生育日数など比較的簡易な指標によっても，かなり正確にTDN，DCP含有率を推定することが可能であるという報告があることは，従来の研究の項で述べたとおりである。

したがって，本項では牧草サイレージの消化試験成績を供試材料として，飼料成分からTDN，DCP含有率を推定することが可能であるかどうかを検討した。

試験方法

1965年および1966年に実施した，牧草サイレージの消化試験成績14例を，統計分析の供試材料とした。サイレージの原料草は，いずれもチモシーおよびオーチャードグラスを主体とし，ラデノクロバーおよびアカクロバーが10%前後混入している1番草である。サイレージの種類は，低水分および高水分サイレージ，細切および無切断サイレージ（1例），早刈りおよび遅刈りサイレージなど各種である。

消化試験は，雄めん羊，または去勢めん羊を用い，1群3頭で実施し，予備期が8日で本試験期が7日の全糞採取法により行なった。各飼料成分の消化率とTDNおよびDCP含有率は，3頭の結果を平均して算出した。いずれもサイレージだけを給与し，残量がない程度の飽食量給与とした。

飼料成分は農技研法[79]に従い，サイレージ中の総酸は乳酸と揮発性脂肪酸の合計量とし，乳酸はBARKER & SUMMERSON[58]法に従って定量した。試料番号1～3の揮発性脂肪酸は改良蒸溜法[109]によって定量し，酢酸として含量を算出した。試料番号4～14は，ガスクロマトグラフによっておのおのの揮発性脂肪酸の含量を定量し，その合計量を表示した。ガスクロマトグラフによる定量法は次項（Ⅳ—(1)）で記載する。pHの測定は，ガラス電極法によった。

供試サイレージの品質と飼料成分ならびに消化率は，第22表に示すとおりである。TDNの範囲は，50.6～67.3で，平均値とその標準偏差は，59.9±3.8であった。DCPの範囲は，3.6～12.6で，平均値とその標準偏差は6.7±2.8であった。

試験結果および考察

飼料成分とそれらの消化率とにおける相関係数を算出した結果は，第23表に示すとおりである。

TDN含有率と粗繊維含有率との間に，有意な負の相関があり，DCP含有率と粗蛋白質含有率との間に，有意な正の相関が示されたことは，乾

第22表　消化試験に供試したサイレージの品質，飼料成分，消化率

試料番号	pH	水分(%)	有機酸(原物中%) 総酸	乳酸	VFA	飼料成分（乾物中%） 粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分	消化率（%） 乾物	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	飼料価値(%) TDN	DCP
1	5.0	36.2	0.66	0.33	0.33	7.8	2.2	35.9	47.8	6.3	58.7	49.7	43.1	68.9	55.9	57.4	3.9
2	5.3	55.2	0.82	0.72	0.12	11.2	3.6	33.8	43.9	7.5	62.5	66.1	72.1	73.2	55.4	62.0	7.4
3	3.8	78.2	2.72	2.21	0.51	9.6	3.2	34.4	45.9	6.9	61.3	62.4	58.4	65.6	58.6	59.7	6.0
4	4.5	75.9	0.64	0.10	0.54	12.0	5.4	34.9	40.7	7.0	58.5	54.5	63.1	69.8	54.8	60.9	6.5
5	4.7	74.9	1.37	0.76	0.61	11.6	5.6	36.7	39.0	7.1	57.9	49.0	59.8	72.2	52.6	57.5	5.7
6	4.4	35.0	a)	a)	0.77	10.0	4.5	36.5	41.4	7.6	55.6	55.7	64.9	62.8	50.3	56.5	5.6
7	4.1	84.1	2.03	1.32	0.71	17.0	5.5	29.1	38.1	10.3	63.8	71.6	63.5	73.8	58.0	63.7	12.2
8	4.1	68.9	2.12	1.72	0.40	16.6	4.4	25.8	42.5	10.7	70.1	76.1	71.8	76.7	65.3	67.3	12.6
9	4.9	50.6	0.32	0.21	0.11	8.9	3.4	33.4	47.3	7.0	59.5	41.4	62.5	69.9	59.4	59.9	3.7
10	5.0	50.0	0.30	0.05	0.25	9.0	3.0	31.6	49.4	7.0	59.1	40.5	55.9	66.5	61.9	59.3	3.6
11	4.6	47.9	1.12	0.59	0.53	9.1	3.2	32.9	47.8	7.0	59.1	45.6	68.9	67.0	59.0	59.4	4.2
12	5.1	78.0	2.09	+	2.09	15.0	4.7	31.4	37.4	11.5	63.2	62.5	49.4	73.5	60.6	60.4	9.4
13	4.3	51.3	0.68	0.57	0.11	12.2	3.6	30.1	46.6	7.5	64.4	61.5	64.4	67.0	66.3	63.7	7.5
14	3.7	79.4	1.58	1.21	0.37	12.1	4.6	37.8	38.2	7.3	48.6	48.2	66.6	59.3	40.2	50.6	5.9

注　a）測定せず。

草および青草で認められる一般的な傾向と同様であった。

しかし，サイレージは乾草や生草と異なり，発酵にともなって刈取時の原料草とサイレージの飼料成分が著しく異なることがある。たとえば，早刈りした場合で，原料草中の粗蛋白質含有率が高く，粗繊維含有率が低くても，サイレージの調製条件が不良であれば，それより遅く刈り取られたサイレージよりも，粗繊維含有率が高くなることがあると思われる。[37) 38) 47) 89) 98)] しかし，その場合は消化率も減少するので，第23表および第4図に示すように，粗繊維含有率とTDN含有率は，負の直線的な回帰を示すわけである。

粗蛋白質含有率とDCP含有率との間に，第23表および第5図に示すように，高い有意の相関が認められたことは，他の報告[1) 43)]と同様であった。

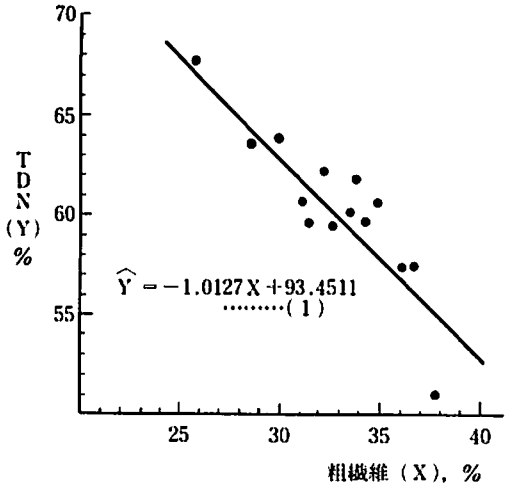
粗蛋白質(X_1)および粗繊維(X_2)とTDN含有率($\hat{Y}$)との重回帰方程式は，$\hat{Y}=-0.093X_1-1.082^{**}X_2+96.817$で示され，重相関係数は0.878であった。しかし，粗繊維とTDN含有率との相関係数は，第23表に示すように－.876で，重相関係数の方が特に高い値を示さなかった。また，粗蛋白質の偏回帰係数 －0.093は有意でないので，TDN含有率は第4図に示す一次回帰式から推定する方が正しい。

回帰式(1)および回帰式(2)より，それぞれTDNおよびDCP含有率を算出して，実測値との偏差

第23表　給与サイレージの飼料成分と消化率における相関係数

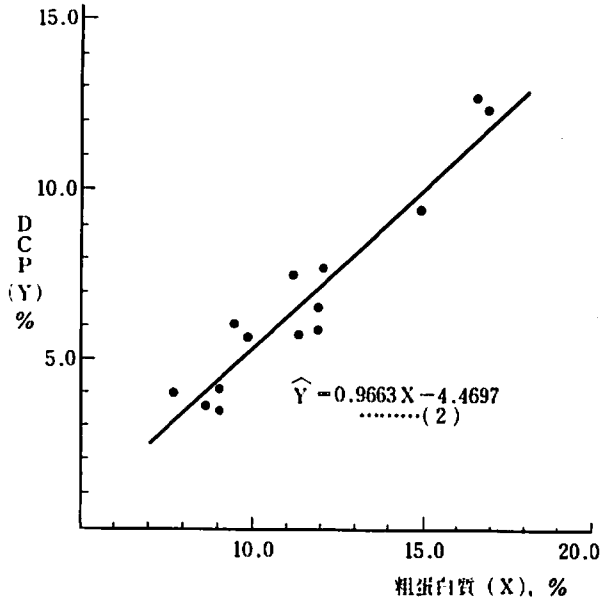
飼料成分(乾物中%) ＼ 消化率(%)	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	TDN	DCP
乾物	－.125	－.367	－.090	－.247	.064	－.084	－.552*
粗蛋白質	.497	.758**	.275	.549*	.190	.506*	.969**
粗脂肪	.012	.363	.324	.319	－.257	.124	.559*
粗繊維	－.826**	－.555*	－.199	－.588*	－.776**	－.876**	－.653**
NFE	.164	－.407	－.094	－.152	.470	.179	－.534*

* $P<0.05$　** $P<0.01$



第4図　粗繊維含有率とTDNとの相関

注　1）回帰係数の有意性　t = −5.773**
　　2）回帰係数の信頼限界　β = −1.0127±0.3822
　　3）回帰分析　F = 33.34**



第5図　粗蛋白質含有率とDCP含有率との相関

注　1）回帰係数の有意性　t = 11.769**
　　2）回帰係数の信頼限界　β = 0.9663±0.1789
　　3）回帰分析　F = 138.53**

第24表　TDNおよびDCP含有率の実測値と推定値

供試番号	TDN(乾物中%)			DCP(乾物中%)		
	実測値	推定値	偏差	実測値	推定値	偏差
1	57.4	57.1	0.3	3.9	3.1	0.8
2	62.0	59.2	2.8	7.4	6.4	1.0
3	59.7	58.6	1.1	6.0	4.8	1.2
4	60.9	58.1	2.8	6.5	7.1	−0.6
5	57.5	56.3	1.2	5.7	6.7	−1.0
6	56.5	56.5	0	5.6	5.2	0.4
7	63.7	64.0	−0.3	12.2	12.0	0.2
8	67.3	67.3	0	12.6	11.6	1.0
9	59.9	59.6	0.3	3.7	4.1	−0.4
10	59.3	61.5	−2.2	3.6	4.2	−0.6
11	59.4	60.1	−0.7	4.2	4.3	−0.1
12	60.4	61.7	−1.3	9.4	10.0	−0.6
13	63.7	63.0	0.7	7.5	7.3	0.2
14	50.6	55.2	−4.6	5.9	7.2	−1.3

を示した結果が第24表である。

供試サイレージNo.14のように，TDN含有率の実測値と推定値の偏差がやや大きい場合もあるが，一般によく一致した数値が得られるので，この回帰式による推定値を，チモシーおよびオーチャードグラスを主体としたイネ科牧草の1番草に適用しても，大きな誤差はないであろう。したがって，サイレージに適用されるSCHNEIDERの方法[73]よりも，本法の方がより簡易に算出できるので，実用的であると思考する。

（2）乾草の飼料成分および生育日数とTDN，DCP含有率との相関

目　的

牧草の生育時期がすすむとともに，ほぼ直線的に粗蛋白質含有率が減少し，粗繊維含有率が増大して，TDN含有率が低減することはよく知られている。したがって，乾草の場合は刈取期日（生育日数）によって，最も容易にTDN含有率を推定することが可能であるという報告があることは，従来の研究の項で述べたとおりである。

本項では，乾草の消化試験成績を供試材料として，TDN，DCP含有率と飼料成分および生育日数との間の相関を統計的に検討した。

試験方法

1番乾草は第25表に示すとおり，1961年から1967年までに行なわれ，乾草の消化試験成績10例を供試材料とした。いずれもめん羊をそれぞれ3頭ずつ供試し，飽食量を給与して，予備期8日，本試験期7日の全糞採取法で行なった。

2番乾草は第26表に示すとおり，1962年から1968年までに行なわれたイネ科草主体および混播乾草など，11点の消化試験成績を供試材料とした。なお，消化試験の方法は1番乾草の場合と同じである。

1番乾草の生育日数は，平年のチモシー萌芽期を4月27日（根釧農試作況報告，1968）とし，1番草刈取期日までの期間を生育日数とした。飼料成分の分析は農技研法[79]に従った。

試験結果および考察

飼料成分および生育日数とTDN，DCP含有率との相関係数を示すと第27表のとおりである。

生育日数とTDN，DCPならびに飼料成分の含有率との間には，いずれも高い有意の相関係数が認められた。

粗繊維とTDNとの間よりも，生育日数とTD

第25表　供試材料（1番乾草）の飼料成分と飼料価値

試料番号	飼料内容	刈取年月日	生育日数	乾物中% 粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分	DCP	TDN
1	イネ科主体[1] 早刈	1967年6月25日	59	10.9	2.9	30.2	49.4	6.6	6.8	65.1
2	〃　〃	1964 7 7	71	11.6	2.9	33.7	45.2	6.6	7.2	62.6
3	〃　遅刈	〃 8 25	120	7.0	3.1	35.2	48.9	5.8	3.6	53.7
4	〃　早刈	1962 6 12	48	17.3	6.5	26.2	39.7	10.3	12.8	66.1
5	〃　〃	〃 6 22	58	15.6	6.4	27.1	40.9	10.0	10.9	65.7
6	チモシー 1	1961 6 12	46	18.7	5.7	24.7	43.2	7.7	14.5	72.1
7	〃 2	〃 6 23	57	14.0	5.4	28.2	45.4	7.0	9.9	64.1
8	〃 3	〃 7 2	66	13.1	4.3	32.5	43.7	6.4	9.4	64.0
9	〃 4	〃 7 15	78	9.4	4.6	31.8	48.0	6.2	5.9	58.3
10	〃 5	〃 7 27	91	10.2	4.2	30.9	48.2	6.5	6.4	55.8

注　1）チモシー＋オーチャードグラス主体。

第26表　供試材料（2番乾草）の飼料成分と飼料価値

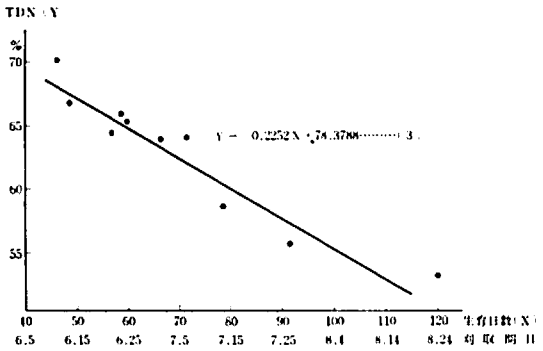
試料番号	飼料内容	刈取年月日	乾物中% 粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分	DCP	TDN
11	イネ科主体[1] 早刈	1968年8月14日	13.0	3.4	28.2	45.8	9.6	8.1	57.3
12	〃　中間刈	〃 9 4	12.5	3.9	28.7	44.9	10.0	7.6	53.8
13	〃　遅刈	〃 9 29	12.0	4.4	28.2	46.4	9.0	6.9	54.9
14	混合[2] 早刈	〃 8 11	15.5	2.5	29.7	42.7	9.6	9.4	49.8
15	〃　中間刈	〃 9 6	13.7	2.9	29.9	43.7	9.8	8.5	54.3
16	〃　遅刈	〃 9 29	12.8	3.0	31.8	43.4	9.0	7.5	56.1
17	イネ科主体[1]	1967 9 24	10.7	3.1	28.8	47.1	10.3	5.3	50.5
18	〃	1965 9 5	11.5	2.8	31.8	42.5	11.4	6.4	53.1
19	〃　早刈	1964 9 3	14.1	3.2	27.4	46.1	9.2	8.8	55.9
20	〃　遅刈	〃 9 21	13.0	3.6	29.2	43.6	10.6	7.9	58.1
21	チモシー主体	1962 9 [3]	13.4	3.5	28.0	46.2	8.9	8.2	55.3

注　1）チモシー＋オーチャードグラス主体。
　　2）チモシー，オーチャードグラス，アカクロバー，アルサイク　クロバー，ラデノクロバー混合乾草。
　　3）不明。

第27表　生育日数，飼料成分，TDN，DCP含有率における相関係数（1番乾草）

	生育日数	TDN	DCP	粗蛋白質
TDN(乾物中%)	−.9270**			
DCP(　〃　)	−.8545**	.8929**		
粗蛋白質(　〃　)	−.8689**	.9076**	.9962**	
粗繊維(　〃　)	.8041**	−.7859**	−.8938**	−.8964**

Nとの間に，より高い有意の相関が認められたので，この関係を図示し，回帰式を示すと第6図のとおりである。



第6図　生育日数とTDNとの相関

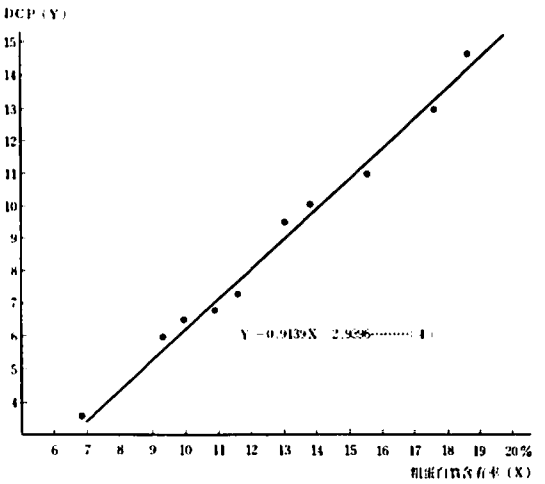
注　1）回帰係数の有意性　t＝−7.8140**
　　2）回帰係数の信頼範囲　β＝−0.2252±0.0642
　　3）回帰分析　F＝48.8778***

生育日数からTDNを推定する場合に問題となることは，萌芽期から出穂期までの生育期間が，年次により変動することである。根釧農試作況報告によると，1961年から1968年までの平均が約70日で，10日程度の変動がある。すなわち，それによるTDNの違いは，最大で2.25%であるから，この範囲の誤差であれば，第6図に示す回帰式を用いて，実用的に生育日数からTDNを推定してもよいと考える。

第27表に示すように，生育日数とDCP含有率との間よりも，粗蛋白質とDCP含有率との間に，より高い相関が認められたので，これを図示して回帰式を示すと第7図のとおりである。

両者の間に，顕著な直線的関係が認められるので，DCP含有率推定のための有効な回帰式といえる。

2番乾草は，生育日数不明の供試材料が多かったので，生育日数とTDN，DCP含有率との間の相関を検討することができなかった。



第7図　粗蛋白質含有率とDCPとの相関（2番草）

注　1）回帰係数の有意性　t＝35.9936***
　　2）回帰係数の信頼限界　β＝0.9139±0.0566
　　3）回帰分析　F＝1035.9612***

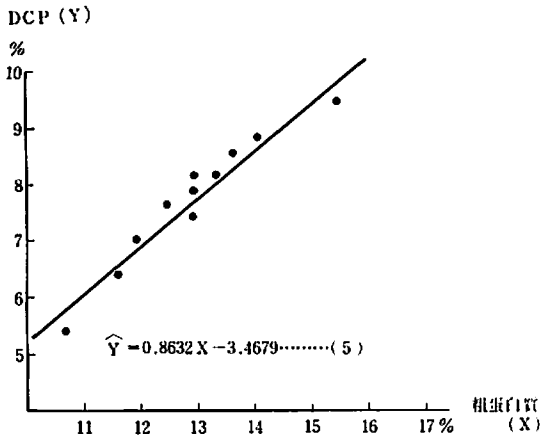
飼料成分とTDNおよびDCP含有率との間の相関係数を示すと，第28表のとおりである。

第28表　飼料成分とTDN，DCP含有率における相関係数（2番草）

	乾物中%		
	TDN	DCP	粗蛋白質
DCP(乾物中%)	.2173		
粗蛋白質(　〃　)	.0262	.9720**	
粗繊維(　〃　)	−.1771	.3843	−.1547

TDN含有率と粗繊維および粗蛋白質との間に，有意の相関が認められなかったことは，1番乾草の場合と著しく異なる結果であった。したがって，TDN含有率算出のための回帰式が求められなかった。

粗蛋白質含有率とDCP含有率との間には，1番乾草の場合と同様に，きわめて高い有意の相関



第8図　粗蛋白質含有率とＤＣＰ含有率との相関(２番草)

注　1）回帰係数の有意性　t = 13.5814***
　　2）回帰係数の信頼限界　β = 0.8632±0.1399
　　3）回帰分析　F = 150.8369***

が認められた。この関係を図示して回帰式を示すと第８図のとおりである。

ほとんど完全な直線的関係が認められるので，第８図に示す回帰式で２番草のＤＣＰ含有率を推定しても，実用的には大きな誤差はないと考える。

Ⅳ　推定ＴＤＮ摂取量（ＥＴＩ）による牧草サイレージの評価法

（1）調製条件の異なる牧草サイレージが乳牛の産乳量および体重変化などに及ぼす影響

目　　的

北海道の草地酪農地帯においては，牧草サイレージを主体とした乳牛の飼養法が有利であることが指摘[103]されて以来，乾草と濃厚飼料を制限し，牧草サイレージを飽食させる飼養法が普及している。したがって，牧草サイレージを評価する場合に，ＴＤＮ含有率だけでは不充分であり，摂取量を含めた評価法が必要であることを緒論で述べた。

本項では，このような観点から，牧草サイレージの調製条件とその品質，飼料価値ならびに乳牛に対する給与効果との関係について検討した。

試験方法

牧草サイレージの水分含量の差異が乳牛の産乳量および体重変化などに及ぼす影響：チモシーを主体とした根釧農業試験場のほ場を用い，1965年に高水分サイレージと低水分サイレージ２種類を調製し，それらの品質，飼料成分，消化率ならびに乳牛に対する給与効果などを比較した。高水分サイレージは，ダイレクトカットハーベスターを用いて収穫した。低水分サイレージは，モーアで刈取後予乾した原料草を，ピックアップアタッチメントを付したハーベスターで収穫した。なお，いずれも20ton 容のタワーサイロに調製した。

飼養試験は，１期20日間の３×３のラテン方格法で実施し，供試牛は分娩後２か月以上経過して，１日当り産乳量が16～18kgのホルスタイン種または同種系牛９頭を用い，体重および産乳量を勘案して，３頭ずつ３群に群分けした。サイレージは飽食量，乾草は１日２kg給与し，濃厚飼料は市販配合飼料を用い，乳量の⅙量を給与した。搾乳回数は１日２回で，１日当り産乳量と摂取量は，各期の後半10日間の成績を平均して算出した。体重は，各期の終了前３日間にわたり測定して平均し，乳脂率も同様に，各期の終了前３日間サンプリングして，測定値を平均した。

給与した牧草サイレージの品質および飼料成分は，期別にサンプリングして測定し，ＴＤＮおよびＤＣＰ含有率はめん羊による消化率を用いて算出した。消化試験は成雄めん羊または去勢めん羊を用い，全糞採取法によって行ない，３頭の測定値を平均して消化率を算出した。

牧草サイレージ中の乳酸はBarker & Summerson 法[58]によって定量し，揮発性脂肪酸は改良蒸溜法[109]により定量し，酢酸として含量を算出した。総酸は，乳酸と揮発性脂肪酸の合量とした。揮発性塩基態窒素（以後ＶＢＮと記す）は Woodman の Foreman 変法[6]にしたがって定量し，農技研乳脂率はゲルベル法[63]で測定した。飼料成分は，法[79]によって定量した。

細切および無切断サイレージが乳牛の産乳量および体重変化などに及ぼす影響：1965年の６月に，原料草をモーアで刈取って予乾し，細切サイレージはピックアップアタッチメントを付したハーベスターで収穫し，無切断サイレージは長いま

まで，いずれも木製トレンチサイロに埋草した。1966年には，細切サイレージを高水分で前年度と同じ木製トレンチサイロに埋草し，無切断サイレージは半日程度予乾してタワーサイロに埋草した。

乳牛の飼養試験は1群3頭のダブルリバーサル法で実施し，1965年にはサイレージを飽食量給与し，乾草を無給与とした。濃厚飼料は4％FCM乳量の⅙量を給与した。1966年にはサイレージを飽食量給与し，乾草を1日2kgとし，濃厚飼料の給与量は乳量の⅙とした。

給与した牧草サイレージの品質および飼料成分は，前試験と同様に期別にサンプリングして定量した。1965年には，前試験と同じ方法で，めん羊による消化試験を実施したが，1966年には消化試験を実施しなかったので，ADAMSによる方法[1]で，TDN，DCP含有率を算出した。

牧草サイレージ中の乳酸は，BARKER & SUMMERSON法[58]によって定量し，揮発性脂肪酸はガスクロマトグラフによって定量し，乳酸と揮発性脂肪酸の合量を総酸とした。ガスクロマトグラフによる分析方法は，非エステル化による方法[77]で細切したサイレージの新鮮物100gに蒸溜水400mlを加え，時々振盪しながら約12時間冷蔵庫に放置した後圧搾し，ブフナー濾斗を用いて濾過する。つぎに濾液100mlをとり，10N H_2SO_4 2.5mlと硫酸ナトリウム20gを加え，蒸気を弱く通しながら，蒸溜フラスコを強熱して300mlの溜出液をとる。フェノールフタレインを指示薬として0.1N NaOHで滴定し，VFA総量の滴定値とする。その後，0.1N NaOHを過剰に加えて，ウォーターバスで蒸発乾固させる。これに10N H_2SO_4 10ml加えて，小型の分液濾斗に移し，エーテル10mlを加えて振盪した後，エーテルを無水硫酸ナトリウム1gを加えたビーカーに移し，これを5回繰り返す。エーテルを40℃以下または室温で除去し，回収された揮発性脂肪酸を，島津GC-2B型ガスクロマトグラフでモル比を定量した。

VBNはWOODMANのFOREMAN変法[6]に準じて，サイレージの抽出液をキェルダールの装置で蒸溜して定量した。乳脂率および飼料成分の分析方法は，前試験（水分含量の影響）と同じである。

原料草の刈取時期が牧草サイレージの品質と乳牛の産乳量および体重変化などに及ぼす影響：早刈り（穂ばらみ期）と中間刈り（出穂期）は同一草地を用い，遅刈り（開花期）は隣接した類似草地を用い，早刈りと中間刈りは20ton容のタワーサイロに埋草し，遅刈りは50ton容のタワーサイロに埋草した。いずれもモーアで刈取り，半日程度予乾した原料草を，ピックアップアタッチメントをつけたハーベスターで収穫し，水分70％程度の予乾サイレージとすることを目標とした。しかし，早

第29表　試験処理

試験区分	試験番号	処理	原料草	調製期日	飼料試験期間	試験方法
低水分および高水分サイレージの比較	1	低水分(1) 低水分(2) 高水分	チモシー（出穂初）	1965年 6月30日	1965年10月13日～1965年12月 8日	3×3 ラテン方格
細切および無切断サイレージの比較	2	細切 無切断	チモシー（出穂初） オーチャードグラス（出穂期）	1965年 6月28日	1966年 1月15日～1966年 3月15日	1群3頭 ダブルリバーサル
	3	細切 無切断	チモシー（穂ばらみ期） オーチャードグラス（出穂初）	1966年 6月24日	1967年 1月16日～1967年 3月16日	1群3頭 ダブルリバーサル
刈取時期別サイレージの比較	4	早刈 中間刈 遅刈	チモシー オーチャードグラス（穂ばらみ期） 〃（出穂初） 〃（開花初）	1966年 6月22日 1966年 7月 6日 1966年 7月27日	1967年11月17日～1967年 1月10日	3×3 ラテン方格

注）試験番号4の原料草括弧内はチモシーの生育時期を示す。

第30表　給与乾草および濃厚飼料の飼料成分

試験番号	給与飼料	乾物中 % 粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	灰分	TDN	DCP
1	乾草	7.3	2.3	34.7	49.0	6.7	55.3	3.4
	濃厚飼料	24.1	6.8	14.9	42.9	11.3	75.1	19.9
2	乾草[1]	—	—	—	—	—	—	—
	濃厚飼料	24.1	6.8	14.9	42.9	11.3	75.1	19.8
3	乾草	7.7	2.3	36.6	46.0	7.4	52.3	3.8
	濃厚飼料	24.7	4.6	10.1	48.8	11.8	73.4	20.3
4	乾草	12.8	3.5	31.0	40.3	12.4	52.6	7.1
	濃厚飼料	24.7	4.6	10.1	48.8	11.8	73.4	20.3

注　1）給与せず。

刈りは埋草の途中で小雨になったので，サイロの中・下部は適度の水分含量となったが，上部は高水分であった。適期刈りは，快晴のため過度に予乾されて低水分になり，遅刈りはハーベスターの故障により，予乾方式によらずダイレクトカット方式で収穫した。

飼養試験はホルスタインまたは同種系牛9頭を用い，乳量および体重を考慮して3頭ずつ3群に分け，1期20日間の3×3のラテン方格法によった。牧草サイレージを飽食させて，乾草を1日2kg給与し，濃厚飼料は市販配合飼料を用い，4％FCM日量の⅓量を3回に分与した。産乳量，体重変化，摂取量，乳脂率などの調査方法は前試験と同じである。

サイレージ中の有機酸およびVBNなどの分析方法は，前試験（細切および無切断サイレージの比較）で述べたとおりである。

以上の試験方法を表示すれば，第29表のとおりで，給与した乾草および濃厚飼料の飼料成分は，第30表に示すとおりである。

試験結果

供試サイレージの品質を示すと，第31表のとおりである。

試験番号1における低水分サイレージのpHが，高水分サイレージよりも高いのは，低水分のため発酵が抑制されて，総酸および乳酸含量が著しく

第31表　サイレージの品質

（その1）

試験番号	処理	サイロ部位	水分(%)	pH	乾物中(%) 総酸	乳酸	揮発酸	VBN/全N (%)
1	低水分(1)	上	35.4	5.0	0.45	0.37	0.08	9.0
		中	39.4	4.9	1.10	0.55	0.55	4.3
		下	38.0	5.3	0.39	0.26	0.13	3.3
	低水分(2)	上	46.7	4.7	1.13	0.41	0.72	6.5
		中	53.6	4.7	1.44	1.03	0.41	4.2
		下	55.8	4.7	1.81	1.54	0.27	6.1
	高水分	上	77.5	3.9	7.29	5.11	2.18	8.7
		中	79.2	3.7	13.40	11.30	2.10	6.3
		下	75.3	3.8	10.77	8.38	2.39	5.9

（その2）

試験番号	処理	サイロ開封後日数	水分(%)	pH	乾物中(%) 総酸	乳酸	酢酸	プロピオン酸	i-酪酸	n-酪酸	i-吉草酸	n-吉草酸	VBN/全N(%)
2	細切	28	67.3	4.2	8.12	4.78	1.47	0.80	—	1.07	—	—	8.0
		48	71.8	4.4	7.28	3.06	2.84	0.74	—	0.60	—	—	10.3
		68	78.9	4.4	3.04	0.48	0.85	0.52	—	1.00	0.14	0.05	11.7
	無切断	28	67.4	5.0	2.81	1.28	0.43	0.21	0.12	0.77	—	—	11.3
		48	72.2	4.7	4.72	2.20	0.83	0.29	0.11	1.29	—	—	13.2
		68	68.1	4.7	4.29	2.38	1.00	0.31	—	0.60	—	—	11.5
3	細切	6	81.1	4.5	9.63	5.98	2.38	1.27	—	—	—	—	7.5
		25	78.9	4.2	11.28	5.92	2.75	1.47	—	1.14	—	—	9.3
		46	79.1	3.9	11.68	7.61	2.11	1.05	—	0.91	—	—	8.3
		65	83.7	4.9	6.01	0.92	2.02	1.41	—	1.66	—	—	8.5
	無切断	6	66.3	3.7	3.30	1.63	0.33	0.30	0.30	0.74	—	—	7.6
		25	77.1	5.1	10.44	0.31	3.01	1.79	—	5.33	—	—	30.4
		46	72.8	4.7	5.82	2.32	0.88	0.63	—	1.99	—	—	17.4
		65	78.1	4.2	7.44	1.42	2.37	1.28	—	2.37	—	—	21.4

（その3）

試験番号	処理	サイロ部位	水分(%)	pH	乾物中(%) 総酸	乳酸	酢酸	プロピオン酸	i-酪酸	n-酪酸	i-吉草酸	n-吉草酸	VBN/全N(%)
4	早刈	上	78.3	5.1	9.62	+	2.71	1.84	0.28	4.19	+	0.60	46.7
		中	74.9	4.2	7.69	4.54	1.04	0.52	—	1.59	—	—	12.0
		下	71.5	4.4	6.88	3.65	0.98	0.53	—	1.72	—	—	11.3
	中間刈	上	51.2	4.5	1.57	1.17	0.16	0.04	+	0.20	+	—	6.4
		中	58.5	4.6	2.74	2.24	0.19	0.12	—	0.19	—	—	7.1
		下	60.0	3.9	3.80	2.80	0.60	—	—	0.40	—	—	7.4
	遅刈（良質部）	上	79.0	4.0	5.33	3.71	0.86	0.24	0.09	0.33	0.10	+	16.8
		中	78.6	3.7	9.39	7.62	1.77	—	—	+	—	—	15.8
		下	79.8	3.7	8.76	6.63	1.14	0.20	—	0.54	0.25	—	13.3
	遅刈（変質部）	中	80.0	7.0	1.65	1.10	0.35	0.05	0.10	0.05	—	—	21.6
		下	79.5	5.4	2.68	2.00	0.34	0.10	+	0.14	0.10	—	14.9

低いためであろう。試験番号2および3では，無切断サイレージの方がいずれも総酸および乳酸含量が低く，酪酸含量やVBN/全Nが高く，品質が劣っていた。試験番号4では，早刈りサイレージのpHが高く，酪酸含量およびVBN/全Nが高かった。中間刈りサイレージは，低水分サイレージとしてはpHが低く，乳酸含量が高かった。またVBN/全Nは最も低かった。遅刈りサイレージは，サイロの中心部が2次発酵を起こしたので，周辺の良質部と中心の変質部に分けて分析したが，周辺部は良好な品質であった。なお，乳牛の飼養試験には，周辺の良質部だけを給与した。

給与サイレージの飼料成分を示すと，第32表のとおりである。

試験番号1で，低水分(1)の粗蛋白質含有率が低いのは，ハーベスターによる収穫作業中，葉部が飛散したためであると考えられる。また，低水分(1)のDCPおよびTDN含有率が低いのは，

第32表　給与サイレージの飼料成分

試験番号	処理	期別	乾物中(%) 粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	粗灰分	TDN	DCP
1	低水分(1)	Ⅰ期	9.6	2.5	34.1	47.7	6.1	57.3	4.8
		Ⅱ期	9.2	2.6	35.3	46.9	6.0	57.6	4.6
		Ⅲ期	9.7	2.3	34.8	47.0	6.2	57.3	4.8
	低水分(2)	Ⅰ期	9.2	2.6	33.3	48.7	6.2	61.6	6.1
		Ⅱ期	11.1	3.6	35.0	43.8	6.5	63.0	7.3
		Ⅲ期	10.5	4.0	34.3	44.5	6.7	63.2	6.9
	高水分	Ⅰ期	10.1	4.6	33.7	44.7	6.9	60.6	6.3
		Ⅱ期	10.0	5.4	31.0	46.9	6.7	61.6	6.2
		Ⅲ期	11.1	6.1	30.8	45.4	6.6	61.7	6.9
2	細切	Ⅰ期	12.2	5.9	33.6	40.2	8.1	60.6	6.6
		Ⅱ期	12.0	5.3	34.4	40.3	8.0	60.2	6.5
		Ⅲ期	11.3	5.2	34.9	41.1	7.5	60.6	6.2
	無切断	Ⅰ期	10.9	5.7	35.3	39.6	8.5	59.4	5.3
		Ⅱ期	11.7	6.2	33.9	40.5	7.7	59.9	5.7
		Ⅲ期	11.2	6.2	34.9	40.0	7.7	60.0	5.5
3	細切	Ⅰ期	16.4	5.7	29.8	38.3	9.8	62.9	12.0
		Ⅱ期	16.1	5.7	30.4	39.1	8.7	62.2	11.7
		Ⅲ期	14.8	5.8	31.3	38.8	9.3	60.7	10.5
	無切断	Ⅰ期	14.8	5.3	32.7	35.8	11.4	59.2	10.5
		Ⅱ期	16.1	5.0	33.2	35.0	10.7	59.1	11.7
		Ⅲ期	14.9	5.2	33.6	35.2	11.1	58.2	10.6
4	早刈	Ⅰ期	16.7	5.7	30.3	35.9	11.4	62.4	12.3
		Ⅱ期	18.5	5.1	28.0	38.2	10.2	65.6	14.0
		Ⅲ期	18.8	4.3	27.6	39.3	10.0	66.1	14.3
	中間刈	Ⅰ期	12.8	3.3	29.4	46.8	7.7	63.4	7.9
		Ⅱ期	12.7	3.9	30.1	45.2	8.1	63.7	7.8
		Ⅲ期	12.5	3.5	30.5	45.3	8.2	63.2	7.7
	遅刈	Ⅰ期	12.0	4.5	36.7	39.3	7.5	50.1	5.8
		Ⅱ期	11.8	3.6	35.7	41.8	7.1	49.1	5.7
		Ⅲ期	10.8	3.0	38.0	41.3	6.9	48.8	5.2

第33表に示すとおり，消化率が低かったためである。試験番号3では，無切断サイレージの方が細切サイレージよりもNFE含有率が低く，粗繊維がやや高く仕上がる傾向が認められる。したがって，ADAMSによるDCPおよびTDN含有率の算定値がやや低かった。

第33表に，給与サイレージの消化率を示した。

試験番号1における，低水分(1)の消化率が一般に劣っているが，低水分サイレージは高水分サイレージよりも，消化率が低くなるという報告[36) 47) 37)]と，高くなるという報告[42) 48) 49)]がある。低くなる理由としては，高温発酵になるためであるとされており[36)]，高くなる理由として，低水分のため発酵が抑制されるので，原料草中の可溶性炭水化

第33表　給与サイレージの消化率（%）

試験番号	処理	乾物	粗蛋白質	粗脂肪	粗繊維	NFE	備考		
1	低水分(1)	58.7	49.7[a]	43.1[a]	68.9	55.9	F値	乾物 0.36	$F^2_6(0.05)=5.14$
	低水分(2)	62.5	66.1[b]	72.1[b]	73.2	55.4		粗蛋白質 41.10	$F^2_6(0.01)=10.93$
	高水分	61.3	62.4[b]	58.4[ab]	65.6	58.6		粗脂肪 18.61	$F^2_6(0.001)=29.00$
			***	**				粗繊維 2.23	
								NFE 0.06	
2	細切	58.5	54.5	63.1	69.8	54.8	F値	乾物 0.04	粗繊維 1.42
	無切断	57.9	49.0	59.8	72.2	52.6		粗蛋白質 4.52	NFE 0.55
								粗脂肪 0.70	$F^1_4(0.05)=7.77$
4	早刈	63.2[a]	62.5[a]	49.4[b]	73.5[a]	60.6[a]	F値	乾物 84.47	$F^2_6(0.05)=5.14$
	中間刈	64.4[a]	61.5[a]	64.4[a]	67.0[b]	66.3[a]		粗蛋白質 26.08	$F^2_6(0.01)=10.93$
	遅刈	48.6[b]	48.2[b]	66.6[a]	59.3[c]	40.2[b]		粗脂肪 8.60	$F^2_6(0.001)=29.00$
		***	**	*	***	***		粗繊維 50.35	
								NFE 45.32	

注　1）*P〈0.05　**P〈0.01　***P〈0.001
　　2）a, b, c は異なる文字間に5%水準で有意差のあることを示す。

物が多く残存しているためであるといわれている。[42) 49)] 本試験の場合に消化率が一般に低い値になったのは，発酵温度を測定しなかったので明らかでないが，高温発酵のためばかりではないと考える。すなわち，低水分の原料草をハーベスターで細切して収穫する作業中に，強風のため葉部が飛散して損失したので，第32表の低水分(1)に示すように，高水分サイレージよりも粗蛋白質がやや低く，粗繊維がやや高い値になった。したがって，葉部の易消化性の蛋白質や炭水化物が消失したために，一般に消化率が低い値になったものと思考する。

無切断サイレージは細切サイレージよりも，NFEが低く，粗繊維が高い値になり，特にNFEの消化率が著しく低い値になるという報告[5)] がある。試験番号2では，粗蛋白質，粗脂肪ならびにNFEの消化率がやや劣るようにみえるが，分散分析の結果は有意差が認められなかった。

試験番号4では，遅刈りサイレージは早刈りおよび中間刈りサイレージよりも消化率が著しく劣った。早刈りおよび中間刈りサイレージでは，早刈りの方が粗繊維の消化率は高かったが，NFEと粗脂肪の消化率が劣った。以上のように，中間刈りサイレージの消化率が比較的高かったが，このことは低水分サイレージの場合は，消化率が向上するという報告を支持するような結果であった。早刈りサイレージの粗脂肪の消化率が，中間刈りおよび遅刈りサイレージよりも低い値になったのは，理由が明らかでない。

一般に，サイレージの粗脂肪の消化率は，サイレージ中の有機酸の含量に影響されると考えられる。すなわち，サイレージ中の有機酸の一部が粗脂肪として定量され，それが消化管内で容易に分解されるので，有機酸含量の高いサイレージの粗脂肪の消化率は，高くなるのが普通であると思われる。[49)] 第31表をみると，遅刈りサイレージの乳酸含量が高いので，このことが粗脂肪の消化率が高いことと，関係があるかもしれない。

乳牛による飼養試験の結果を，第34表に一括表示した。

試験番号1では，低水分サイレージの方が摂取量が多く，また，全飼料からの乾物摂取量が多かったが，有意差は認められなかった。また，低水分(1)では摂取量は多かったが，第33表で示したように消化率が劣り，TDN摂取量では高水分サイレージと同様で，DCP摂取量では高水分サイレ

ージよりも劣った。試験開始時に対する増体量は，低水分サイレージの方が多かったが，有意差は認められなかった。また，産乳日量，4％FCM日量は，いずれも同様の値で有意差が認められなかった。

試験番号2では，細切サイレージの方がサイレージおよび全飼料からの乾物摂取量が多く，1％水準での有意差が認められた。TDNおよびDCP摂取日量，試験開始時に対する増体量，産乳日量，4％FCM日量などはいずれも細切サイレー

第34表　乳牛飼養試験の結果

項目	試験番号1 低水分(1)	試験番号1 低水分(2)	試験番号1 高水分	試験番号2 細切	試験番号2 無切断	試験番号3 細切	試験番号3 無切断	試験番号4 早刈	試験番号4 中間刈	試験番号4 遅刈
飼料摂取日量 kg 乾草	0.8	0.8	1.0	—	—	0.8	0.6	0.9	1.3	2.0
サイレージ	21.9	29.0	56.2	47.8	39.3	56.4	48.5	56.3	40.1	40.7
濃厚飼料	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	2.8	2.7	2.8	2.6	2.3
乾物摂取日量 kg 乾草	0.7	0.6	0.8	—	—	0.6	0.5	0.7	1.0	1.6
サイレージ	13.3	13.3	12.2	13.4*	11.3	11.4	12.0	14.0[a]	13.7[a]	8.9[b]***
濃厚飼料	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.4	2.3	2.5	2.3	2.0
合計	16.1	16.0	15.2	15.6**	13.5	14.4	14.8	17.2[a]	17.0[a]	12.5[b]***
体重100kg当り乾物摂取日量 kg サイレージ	2.3	2.3	2.2	2.5	2.1	2.1	2.3	2.5	2.5	1.7
全飼料	2.8	2.8	2.7	2.9	2.5	2.7	2.8	3.1	3.1	2.3
TDN摂取日量 kg サイレージ	7.7	8.3	7.5	8.1	6.7	7.1	7.1	9.0	8.7	4.4
全飼料	9.5	10.3	9.6	9.8	8.4	9.1	9.0	11.3	10.9	6.7
(同上日本標準比)	101	110	102	101	90	96	97	113	115	80
DCP取摂日量 kg サイレージ	0.6	0.9	0.8	0.9	0.6	1.3	1.3	1.9	1.1	0.5
全飼料	1.2	1.3	1.4	1.3	1.1	1.8	1.8	2.4	1.6	1.0
(同上日本標準比)	111	128	135	121	104	166	174	217	151	115
平均体重 kg	576	574	563	553	547	534	525	552	548	536
試験開始時に対する体重変化 kg	48	47	36	12	15	11	2	11[a]	7[a]	−5[b]*
産乳日量 kg	16.1	16.1	16.6	17.9*	16.1	17.8*	16.2	17.8[a]	16.6[a]	13.3[b]*
乳脂率 %	3.7	3.5	3.5	3.5	3.7	3.5*	3.9	3.9	3.8	3.8
4％FCM日量 kg	15.4	14.9	15.4	16.6*	15.4	16.5	16.0	17.5[a]	16.1[a]	12.8[b]**
備考	F値 産乳日量 F＝0.31 FCM F＝0.57 体重変化 F＝1.91 サイレージからの乾物摂取日量 F＝2.58 総乾物摂取日量 F＝1.06 $F^2_{18}(0.05)$＝3.55			F値 産乳日量 F＝15.0 FCM F＝10.58 サイレージからの乾物摂取量 F＝18.84 総乾物摂取日量 F＝21.23 $F^1_4(0.05)$＝7.71 $F^1_4(0.01)$＝21.20		F値 産乳日量 F＝12.42 乳脂率 F＝9.10 $F^1_4(0.05)$＝7.71 $F^1_4(0.01)$＝21.20		F値 乳量 F＝4.95 体重 F＝5.58 FCM F＝8.18 サイレージからの乾物摂取日量 F＝107.76 総乾物摂取日量 F＝57.34 $F^2_{18}(0.05)$＝3.55 $F^2_{18}(0.01)$＝6.01 $F^2_{18}(0.001)$＝10.39		

注　1）＊P〈0.05，＊＊P〈0.01，＊＊＊P〈0.001
　　2）a，bは異なる文字間に5％水準で有意差のあることを示す。

ジの方が多く，産乳日量および4％FCM日量は5％水準で有意差が認められた。ただし，この試験ではサイレージによる差を明確にするために，乾草を無給与としたので，サイレージ主体飼養といえども実際的でないが，第34表におけるほかの試験で示されているように，乾草を2kg給与してもサイレージを飽食させると乾草の摂取量が少ないので，乾草を2kg給与しても本試験の結果と大差がないであろうと思われる。

試験番号3では，無切断サイレージの方が水分含量がやや低いためか，サイレージからの乾物摂取量は多いが，消化率が劣ったので，TDN摂取日量では細切サイレージと同様であった。また，試験開始時に対する増体量，産乳日量，4％FCM日量などは無切断サイレージの方が細切サイレージよりも劣り，産乳日量では試験番号2の結果と同様に，5％水準で有意差が認められた。しかし，無切断サイレージの方が乳脂率が向上したので，4％FCM日量では有意差が認められなかった。

試験番号4では，遅刈りサイレージの乾物摂取量が著しく劣り，早刈りおよび中間刈りサイレージと比較した場合，0.1％水準での有意差を示した。早刈りと中間刈りサイレージでは，早刈りサイレージの方が多いが大差が認められない。以上のように，中間刈りサイレージの摂取量が比較的多かったのは，水分含量が低いためであろう。[35) 36) 38) 76) 78) 98)] 遅刈りサイレージは，前述したようにサイロの中心部が二次発酵して変質したので，周辺の良質部を給与したが，TDNおよびDCP摂取日量が著しく劣り，試験開始時に対する体重が減少し，早刈りおよび中間刈りサイレージと比較して5％水準で有意差を示した。また，遅刈りサイレージの産乳量と4％FCM日量が著しく劣り，早刈りおよび中間刈りサイレージと比較して，それぞれ5％，1％水準で有意差が認められた。

考　　察

低水分サイレージの乳牛に対する給与効果については，高水分サイレージよりも摂取量が増大し，体重が増加するが，産乳量は向上しないという報告が多い。[35) 36) 38) 76) 78) 98)] 試験番号1の結果も，これと同様であった。産乳量が向上しない理由として，乾物摂取量は増加するが消化率が低くなるので，養分摂取量が増加しないためであると述べている報告[36)]がある。試験番号1の結果もこれと同様で，TDN摂取量では高水分サイレージと大差がなかった。しかし，低水分サイレージでも消化率が低下しないことがあるので，[42) 48) 49)] この場合はTDN摂取量が増大することになり，高能力牛で試験すると産乳量が向上する場合があると思われる。したがって，本試験の結果からだけでは，高水分サイレージに比較して低水分サイレージの産乳効果が高くないと結論することは早急であろう。

細切および無切断サイレージの産乳効果を比較した研究成績は少ないが，予乾した場合は細切の効果があるが，高水分の場合は細切と無切断で差がないという報告[31)]がある。サイレージの長さが摂取量に及ぼす影響を比較する場合，品質が異なっていると，品質の影響なのか細断長の影響なのかが明確でないので，無切断サイレージを細断して給与することが必要になる。このような試験方法による報告[75)]では，細断した方が摂取量が多く，かつ，細断長の短い方が摂取量が多くなる結果になっている。第34表の試験番号2の結果も，無切断サイレージの方が摂取量が少なかった。

試験番号3の場合は，無切断サイレージを予乾して調製したために，高水分細切サイレージよりも乾物摂取量は多かったが，TDN摂取量では細切サイレージと大差がなかった。しかし，試験番号2の場合と同様に，無切断サイレージの方が細切サイレージよりも，産乳日量が少なく，5％水準で有意の差が認められた。その理由として，次のことが考えられる。すなわち，試験番号3では消化試験を行なわなかったので，無切断サイレージのTDN含有率を実際よりも高く算定したのではないかと思われることと，無切断サイレージの乳生産効率（粗効率または純効率）が劣るのではないかと考えられるが，本試験の結果からだけでは明確でない。

牧草サイレージ調製時における原料草の刈取時

期が乳牛の産乳量に及ぼす影響については，イネ科マメ科混播草の場合に，早刈りと遅刈りサイレージとでは，4％FCM日量の差が3.0kgであったという報告[101]があり，スーダングラスでは同様に0.7kgの差であったという報告[71]がある。また，ライグラスとクリムソンクロバーの混播草では，同様に1.1kgの差であったという報告[72]がある。以上のように，4％FCM日量で0.7～3.0kgの差が認められているが，試験番号4の結果は早刈りと遅刈りサイレージの差が4.7kgで，ほかの成績よりも差が一段と大きい結果になった。この理由は，供試牛や飼料の給与方法が異なっているためであろう。しかし，農家で生産される牧草サイレージは，刈取時期が遅く，品質が劣っていることが多いので，試験番号4の結果のように，冬期の産乳量に著しい影響を及ぼしている場合が少なくないと思われる。

以上の試験結果をみると，試験番号1のように，牧草サイレージの調製条件や品質が産乳量に影響しない場合もあるが，試験番号4のように著しく影響する場合もある。本試験では，乾草と濃厚飼料を制限給与し，牧草サイレージを飽食させて飼料価値を比較した。したがって，乳牛の産乳量や体重が減少するのは，牧草サイレージからのTDN摂取量が低下したためであることは，第34表の結果から明らかである。この場合に，濃厚飼料を増給すれば産乳量の低下を防止することが可能であるが，最近の傾向である多頭数飼養においては，機械費および施設費が増大しているので，購入飼料費の節減をはかることが経営上必要になっている。したがって，実際の酪農家においても，本試験の場合と同様に乾草と濃厚飼料を制限給与し，牧草サイレージを飽食させる飼養方法が普及しつつある。本試験の結果は，このような飼養条件からみた場合における，牧草サイレージの飼料価値の比較である。したがって，本試験で行なわれた飼養試験の方法は，実際の生産効果を評価する場合に適していると考える。

これによると，試験番号4のように給与サイレージが異なると，1日当り乳量差が4.7kgにもなる場合がある。したがって，このような飼養条件における牧草サイレージの生産効果の差を的確に表わすためには，TDNの含有率だけでなく，摂取量を含めたTDNの摂取量で評価することが必要であると思考する。

(2) 牧草サイレージの品質および飼料成分とTDN摂取量との相関

目　　的

試験Ⅳ-(1)で乾草と濃厚飼料を制限給与し，牧草サイレージを飽食させる飼養条件下では，乳牛の産乳量および体重増減は，牧草サイレージからのTDN摂取量と密接な関係にあることを明らかにした。また，このような飼養条件下では，TDN含有率だけでなく，摂取量を含めて評価する必要性があることについて先に述べた。

本項では，牧草サイレージの品質および飼料成分と乾物およびTDN摂取量との間の相関を明らかにし，牧草サイレージの品質，TDN含有率，摂取量を含めた評価基準について検討した。

試験方法

試験Ⅳ-(1)で行なわれた乳牛の飼養試験成績を統計分析の供試材料とした。原料草は，いずれもチモシーおよびオーチャードグラスが主体で，マメ科牧草が混入している1番草である。また，乳牛による飼養試験は，ラテン方格法かまたはダブルリバーサル法で，1期20日間，1群3頭により実施し，給与サイレージの品質および飼料成分ならびに摂取量は，期別に調査したものである。

試験Ⅳ-(1)における調製条件の異なるサイレージのうち，部分的に2次発酵を起こしたもの2例をのぞき，本項で検討の対象としたサイレージは8種類（サイロ8基）である。タワーサイロの場合は上，中，下層別に，トレンチサイロの場合は部位別に多少品質が異なり，それが飼養試験のそれぞれ1，2，3期にあたり，期別に給与サイレージの品質を調査したので，品質と摂取量との関係についての調査例数は24例となる。

供試サイレージの品質および供試牛ならびに補助飼料の摂取量などは，第35表に示すとおりである。

供試牛の体重，乳量ならびに補助飼料の摂取量などは，供試乳牛3頭の平均値である。サイレー

第35表　供試サイレージの品質，供試牛，ならびに補助飼料の摂取量

供試サイレージの番号	サイレージの品質						供試牛[1]		補助飼料	
	水分(%)	pH	乳酸/総酸(%)	VBN/全N(%)	粗蛋白質(乾物中%)	粗繊維(乾物中%)	体重(kg)	産乳量(kg)	乾草(kg)	濃厚飼料(kg)
1	77.6	5.1	0	46.7	13.8	32.8	546	13.2	1.5	1.9
2	73.4	4.2	59.0	12.0	18.5	28.0	555	19.1	0.4	2.6
3	76.3	4.4	53.1	11.3	18.8	27.6	550	17.1	1.0	2.4
4	51.8	4.5	74.1	6.4	12.1	29.9	551	16.1	0.8	2.3
5	60.7	4.6	81.5	7.1	12.7	30.1	534	16.0	0.9	2.2
6	74.6	3.9	73.7	7.4	12.5	30.5	537	16.4	1.4	2.2
7	78.8	4.2	52.5	9.3	16.4	29.8	532	15.3	0.7	2.4
8	79.7	3.9	65.2	8.3	16.1	30.4	535	20.7	0.5	2.4
9	81.0	4.9	15.3	8.5	14.8	31.3	533	14.9	0.8	2.3
10	70.5	4.5	47.8	13.2	12.2	33.6	572	17.3	—[2]	2.0
11	70.7	4.5	58.6	7.8	12.0	34.4	528	18.6	—[2]	2.5
12	75.9	4.6	7.3	17.3	11.3	34.9	578	16.6	—[2]	1.9
13	65.2	4.8	36.4	12.1	10.9	35.3	514	15.4	—[2]	2.6
14	71.3	5.0	57.7	14.3	11.7	33.9	571	16.2	—[2]	1.8
15	75.4	4.6	36.1	10.3	11.2	34.9	529	16.9	—[2]	2.6
16	78.3	3.9	70.1	8.7	10.1	33.7	540	17.0	1.0	2.1
17	76.1	3.7	84.3	6.3	10.0	31.0	588	15.7	0.8	2.0
18	80.2	3.8	77.8	5.9	11.1	30.8	561	17.1	0.7	2.3
19	53.4	4.7	36.3	6.5	9.2	33.3	586	17.0	0.4	2.2
20	55.7	4.7	71.5	4.2	11.1	35.0	532	16.4	1.0	2.1
21	55.4	4.7	85.1	6.1	10.5	34.3	603	15.0	0.6	2.0
22	39.6	5.0	82.2	9.0	9.6	34.1	600	15.7	0.8	2.1
23	38.2	4.9	50.5	4.3	9.2	35.3	582	17.3	0.5	2.2
24	40.0	5.3	66.7	3.3	9.7	34.8	545	15.3	0.6	1.9

注　1）供試牛3頭の平均値
　　2）給与せず

ジを飽食させて乾草を1日2kg給与したが，6例は乾草無給与である。しかし，第35表に示すようにサイレージを飽食させると乾草の摂取量が少なかったので，無給与の場合も含めて検討した。濃厚飼料は市販の配合飼料を用い，いずれも乳量または4％FCM日量の⅓量を給与した。したがって，第35表に示すように，濃厚飼料の摂取量は同一ではないが，あまり差がないのでサイレージの摂取量に大きな影響はないと思われる。乾草および濃厚飼料の摂取量もサイレージと同様に，1期20日間のうち，後半の10日間の成績を平均して，1日当り摂取量とした。体重は，いずれも1期20日間のうち，終了前3日間にわたり測定して平均した値である。

サイレージ中の有機酸，VBN，飼料成分などの分析方法は，試験Ⅳ-(1)に記載したとおりで，統計的分析はスネデカーの方法[93]にしたがった。

試験結果

牧草サイレージの品質，飼料成分，供試牛の体重，ならびに乾物摂取量などにおける相関係数を算出した結果は，第36表に示すとおりである。

サイレージからの乾物摂取量は平均12.7kgで，10.1kgから15.2kgの範囲（第38表）であった。体重は514kgから603kgの範囲（第35表）で，平均値は554kgであった。体重およびメタボリックサイズと摂取量との間に，有意の相関が認められなか

第36表　牧草サイレージの品質，飼料成分，乾物摂取量などにおける相関係数

	平均値	標準偏差	相関係数					
			乾物摂取量	水分	粗蛋白質	粗繊維	pH	VBN／全N
乾物摂取量 (kg)	12.7	1.3	—	—	—	—	—	—
体重 (kg)	554	25.1	.210	—	—	—	—	—
体重 $W^{0.75}$ (kg)	114	3.8	.210	—	—	—	—	—
水分 (%)	66.7	13.8	−.487*	—	—	—	—	—
粗蛋白質 (%)	12.3	2.8	.005	.546**	—	—	—	—
粗繊維 (%)	32.5	2.4	−.107	−.423*	−.772**	—	—	—
pH	4.5	0.4	.008	−.581**	−.254	.545**	—	—
VBN/全N (%)	10.3	8.5	−.165	.346	.238	.016	.254	—
乳酸/総酸 (%)	56.0	24.0	.413*	−.310	−.179	−.210	−.395	−.650

注）* $P<0.05$, ** $P<0.01$

ったことは，ほかの報告[64]と異なるようであるが，本試験の場合は比較的類似した体重の乳牛を用いたためと思われる。

摂取量と水分含有率との間に，負の有意の相関が認められ，サイレージの品質の優劣を決める主要な指標である乳酸／総酸と摂取量との間に，正の有意の相関が認められた。

粗蛋白質，粗繊維，pHならびにVBN/全Nなどと摂取量との間に，有意の相関が認められなかった。一般に，粗蛋白質含有率および粗繊維含有率と摂取量との間に，有意の相関があることが予想される。しかし，水分含量が異なるサイレージを含めて相関係数を算出すると，摂取量に及ぼす水分の影響が大きいので，粗蛋白質含有率および粗繊維含有率との相関係数が有意にならないものと思われる。また，VBNについても同様で，一般に早刈りサイレージはVBNの比較が高くなるが，極端に高い場合を除けば，早刈りサイレージの方を多く摂取する傾向があるので，[95) 99) 102)] 多くの調製条件を含めると有意の相関係数が得られなくなるのであろう。

水分と粗蛋白質含有率との間に正の有意の相関があり，水分と粗繊維含有率との間に負の有意の相関が認められたことは，生草中と同様の傾向であった。しかし，本項で供試材料とした牧草サイレージは，前項（Ⅳ-(1)）で述べたように，低水分サイレージ調製の際ハーベスターによる収穫作業中に，葉部が飛散したので，このことも水分と粗蛋白との間の負の関係に影響していると考える。

摂取量と乳牛の体重および牧草サイレージの品質との間の重相関係数と重回帰方程式を算出した結果は第37表に示すとおりである。

重相関係数は，摂取量と水分および乳酸／総酸との間の相関係数よりも高い値を示し，回帰式(6)よりも(7)，(8)の方がやや高かった。すなわち，乳牛の体重が本試験で供試した範囲であれば，体重を加えても重相関係数が高くならない。したがって，最も高い重相関係数を示した回帰式(7)により，乾物摂取量を算出して実測値と比較した結果は第38表に示すとおりで，いずれもよく近似した値が得られた。

乾物摂取量の算定値に，前項Ⅲ-(1)の回帰式(1)より算出したTDN含有率の算定値を乗ずると，TDN摂取量の推定値が算出できる。これを乳牛による実測値と比較した結果は，第38表のTDN摂取量に示すとおりである。

TDN摂取量の実測値は，乳牛による乾物摂取量に，めん羊の消化試験で求めたTDN含有率を乗じて算出した値である。ただし，供試した24例の給与サイレージのうち，同一サイロの上，中，下層または異なるサイロ部位のサイレージについては，同一消化率を用いてTDN含有率を算出した。以上の結果，TDN摂取量の推定値は実測値とよく一致した傾向になるので，飼料価値の実用

第37表　牧草サイレージの乾物摂取量推定式

Ŷ	X_1, X_2, X_3,	重相関係数	重回帰方程式
乾物摂取量 (kg)	体重 (X_1) 水分 (X_2) 乳酸/総酸 (X_3)	.560**	$\hat{Y}=0.0001X_1-0.0376X_2+0.0158X_3+14.2591$ ……(6)
乾物摂取重 (kg)	粗繊維 (X_1) 水分 (X_2) 乳酸/総酸 (X_3)	.616**	$\hat{Y}=-0.1695X_1-0.0588X_2+0.0095X_3+21.5988$ ……(7)
乾物摂取量 (kg)	VBN/全N (X_1) 水分 (X_2) 乳酸/総酸 (X_3)	.600**	$\hat{Y}=0.0451X_1-0.0421X_2+0.0254X_3+13.6212$ ……(8)

注) 体重；kg，水分；%，乳酸/総酸；%，粗繊維；乾物中%，VBN/全N；%，

第38表　乳牛による牧草サイレージからの乾物，TDN摂取量の実測値と推定値

供試サイレージの番号	乾物摂取量 (kg)			TDN摂取量 (kg)				
	実測値	推定値[1]	偏差	実測値[2]	推定値[3]	偏差	推定値[4]	偏差
1	12.1	11.5	0.6	7.3	6.9	0.4	6.7	0.6
2	15.2	13.1	2.1	10.0	8.5	1.5	9.0	1.0
3	13.2	12.9	0.3	8.7	8.5	0.2	8.6	0.1
4	14.2	14.2	0	8.9	9.0	−0.1	8.7	0.2
5	13.3	13.7	−0.4	8.5	8.6	−0.1	8.1	0.4
6	12.5	12.7	−0.2	7.9	8.0	−0.1	8.1	−0.2
7	11.7	12.4	−0.7	7.4	7.9	−0.5	8.2	−0.8
8	11.9	12.4	−0.5	7.4	7.8	−0.4	8.5	−1.1
9	10.1	11.7	−1.6	6.1	7.2	−1.1	6.9	−0.8
10	14.6	12.2	2.4	8.8	7.3	1.5	7.5	1.3
11	13.8	12.2	1.6	8.3	7.1	1.2	7.5	0.8
12	11.3	11.3	0	6.8	6.6	0.2	6.9	−0.1
13	12.9	12.1	0.8	7.7	7.0	0.7	7.3	0.4
14	10.9	12.2	−1.3	6.5	7.2	−0.7	6.8	−0.3
15	10.2	11.6	−1.4	6.1	6.7	−0.6	6.9	−0.8
16	12.8	11.9	0.9	7.8	7.1	0.7	7.3	0.5
17	12.8	12.7	0.1	7.8	7.9	−0.1	7.7	0.1
18	11.2	12.4	−1.2	6.9	7.7	−0.8	7.5	−0.6
19	13.1	13.2	−0.1	8.1	7.9	0.2	7.8	0.3
20	13.6	13.1	0.5	8.6	7.6	1.0	8.0	−0.4
21	13.2	13.3	−0.1	8.3	7.8	0.5	7.9	0.4
22	13.8	14.3	−0.5	7.9	8.4	−0.5	8.4	−0.5
23	13.5	13.8	−0.3	7.8	8.0	−0.2	8.5	−0.7
24	13.0	14.0	−1.0	7.4	8.1	−0.7	8.0	−0.6

注　1）回帰式(7)より算出
2）乳牛による草サイレージの乾物摂取量にめん羊の消化試験によるTDN含有率を乗じて算出
3）回帰式(1)×回帰式(7)より算出
4）回帰式(9)より算出

的な評価基準になると思考する。

なお，以上の方式によるＴＤＮ摂取量の推定式には，独立変数としてサイレージの消化率を用いていないので，第35表と第38表の結果から，ＴＤＮ摂取量を直接求めることが可能である。これについて，電子計算機による変数増加法を用いた計算結果(農林研究計算センターに依頼)を示すと，次のとおりである。

$$\hat{Y}=14.7829-0.0626X_1+0.2029X_2+1.1772X_3 \quad \cdots\cdots\cdots(9) \quad (R=0.71,\ n=24)$$

$\hat{Y}$ ＝ＴＤＮ摂取量，　kg

X_1＝水分，　%

X_2＝粗蛋白質，乾物中%

X_3＝pH

以上の推定式を用いた場合の，実測値と推定値との偏差を示すと，第38表に示すとおりである。回帰式(1)×(7)による推定値と比較するために，偏差の絶対値の平均値を算出すると，回帰式(1)×(7)および回帰式(9)で，それぞれ0.58，0.54である。すなわち，回帰式(9)の方が偏差が著しく小さくなるとはいえない。したがって，回帰式(1)×(7)の方が農業技術指導の実際面では，摂取量にＴＤＮ含有率を乗じて，飼料価値を評価すべきであるという意図を明確にすることができるので，より適切である。技術指導の実際にあたっては，計算を省略するための早見表を作製することによって(第43表～47)，容易に利用することができる。

牧草サイレージの場合は，品質，ＴＤＮ含有率ならびに摂取量を含めた評価法が必要であることをしばしば強調したが，本法によってそれが可能であると考えるので，本法をＥＴＩ法(Estimated TDN intake)と称して，農業技術指導の実際面で役立てたい。

考　　察

サイレージの摂取量を比較する場合，完全に同一の条件で実施することは困難である。すなわち，補助飼料として乾草を給与した場合，第35表に示すとおり，その摂取量が異なるが，そのことがサイレージの摂取量に多少影響するであろう。しかし，泌乳牛の場合は，乾草を給与せずに，サイレージを飽食させることは正常ではない。また，濃厚飼料の摂取量がサイレージの摂取量に影響するので，一定量給与した方が良いと思われるが，乳量が異なる場合は，乳量に応じて濃厚飼料を給与した方が合理的であるかもしれない。

本試験では，乾草を2kg給与したが摂取量がそれぞれ異なること，乾草無給与の場合も含めたこと，濃厚飼料の給与量を乳量または４％ＦＣＭ乳量の⅙としたために，大差ではないが摂取量が同一でなく，また，供試牛の体重や乳量が多少異なることなどは，第35表に示したとおりである。本試験は以上の不備な点があるが，これらの異なる条件を含めても，サイレージの水分および乳酸／総酸と摂取量との間に，有意の相関が認められた。

本試験では，添加物による調製をのぞいて，牧草サイレージの調製条件の大半が含まれている。これらを含めて検討すると，摂取量とpH，ＶＢＮ，粗蛋白質ならびに粗繊維含有率との間には，有意の相関が認められなかった。摂取量と水分および乳酸／総酸との間に，有意の相関が認められたことは先に述べたが，これから得られた重回帰式(第37表-(7))は，水分および粗繊維が少なく，乳酸／総酸が多いサイレージは，摂取量が多いことを示しているので，農業技術指導の際にも説明が容易であると思われる。

サイレージの摂取量の推定方法には，めん羊で行われた報告[68]があるが，これは単位乾物摂取量あたりの糞中排泄窒素が同一であるということを基礎にしたものである。牧草サイレージの品質および飼料成分から摂取量を推定する方法についての報告はみられないが，これらの間に相関があることを認めている報告があることは，従来の研究の項で述べたとおりである。

前述したＮＶＩ法は，めん羊による乾草の相対摂取量(Relative intake)に，可消化エネルギーの含有率を乗じて，比率(%)で示される方法である。しかし，ＥＴＩ法は推定乾物摂取量に推定ＴＤＮ含有率を乗じて，推定ＴＤＮ摂取量がkgで表わされる方法である。

この値は２つの意味があると考えられる。第１に，計算方法が示すそのままの意味で，試験方法

で述べた乳牛および飼養条件の範囲内における，牧草サイレージからのTDN摂取量の推定値という意味であり，第2に草サイレージの品質，摂取量，TDN含有率を含めた比較基準を示す数値という意味である。

第1の意味のように，TDN摂取量の推定値とする場合は，試験方法で述べたような乳牛および飼養条件の範囲を越えた場合は適用できないことになる。また，この範囲内であっても，摂取量の個体差をどのように推定するかという問題が残されている。しかし，多頭数飼養または群飼養の場合は，個体別の摂取量はあまり重要でないので，適用できる範囲が広いと思われる。

たとえば，ETI 7.0kgのサイレージを体重550kg，乳量20kg，乳脂率3.5%の乳牛に給与した場合，乳牛がサイレージから摂取できるTDNは7.0kgである。この乳牛のTDN必要量は10.4kgであるから，TDNの不足分3.4kgを乾草と濃厚飼料で補給すればよいことになり，おおよその飼料計算をする際に活用できる。

第2の意味は，先に述べたNVI法に類似した評価法になる。NVI法の意図するところは，粗飼料の飼料価値を可消化エネルギー含有率だけで評価することは不十分であり，摂取量を含めて評価すべきであるということである。すなわち，粗飼料の違いが家畜の飼養効果に及ぼす影響は，可消化エネルギー含有率の違いよりも大きくなるので，これは摂取量が異なるためであるというのが発想の発端である。牧草サイレージの場合は，品質が摂取量に著しく影響するので，乾草の場合よりもこのような評価が必要であると考える。

NVIは%で表わされる比較基準であるが，ETIも第2の意味の場合は，数字の大小による比較基準であると考えられる。しかし，そのままTDNのkgを示しているので，実際との関連がより明確である。すなわち，ETIの差がかりに1.0の場合，乳脂率3.5%の牛乳1kg生産に要するTDNが0.31kgであるから，乳量にして3kg程度の差になるであろうと推測できる。もちろん，試験方法で述べた乳牛および飼養条件を尺度とした場合の比較である。

以上のように，ETIは個体別TDNの摂取量を推測する手段としてよりも，牧草サイレージのTDN含有率と摂取量を含めた比較基準として，広く活用できると思考する。

(3) 推定TDN摂取量(ETI)による牧草サイレージの評価例

目　的

本項では，根室地方産牧草サイレージの品質および飼料価値を，ETI法によって評価した場合の適用性などについて検討した。

供試材料および方法

1966年および1967年に調査を実施し，1966年12月7日に野付郡別海村春別地区の農家8戸から試料を採取し，1966年11月27日に標津郡中標津町および野付郡別海村春別地区の農家11戸から試料を採取した。1966年は，サイレージ調製に要した日数が長期間の場合があって，サイロの上，中，下層別に品質が異なっていることが予想されたので，トレンチおよびバンカーサイロの場合は，上，中，下層別にサンプリングした。したがって，8戸の農家から20点のサイレージを採取した。1967年は，11戸の農家から11点のサイレージを採取したので，2年間で合計31点のサイレージを採取して供試材料とした。いずれも表面を除き，20～30cmの内部から数か所サンプリングして分析に供した。

サイレージの温度は，表面から深さ30cmに棒状温度計を挿入して測定し，数か所の値を平均した。1966年のトレンチおよびバンカーサイロの場合は，サンプリングの場合と同様に，上，中，下層別に温度を測定した。

乳酸はBARKER & SUMMERSON法[58]により，揮発性脂肪酸はガスクロマトグラフ法(前項Ⅳ-(1))によって定量した。総酸は，乳酸と揮発性脂肪酸の合計量とした。VBNはWOODMANのFOREMAN変法[6]に準じて，キェルダールの装置で定量し，pHはガラス電極法によって測定した。飼料成分の分析は，農技研法[79]にしたがった。

TDN含有率は前項(Ⅲ-(1))における回帰式(1)により，DCP含有率は同じく回帰式(2)により算出した。ETIは前項(Ⅳ-(2))における回帰式(7)

と回帰式(1)の値を乗じて算出した。

調査したサイレージのサイロ型式は，1966年はビニール利用によるトレンチ型サイロが多く，1967年はスタックサイレージが多かった。サイロの規模は，調製量で50tonから100ton程度のものが多く，両年とも無切断サイレージが大半で，細切サイレージは1967年にハーベスターを用いて収穫された場合が2例あるだけであった。

原料草は3点を除きいずれも1番草で，刈取り時の生育時期は，両年とも出穂期または出穂初めのものが大半であった。しかし，1966年は詰込み開始から終了までの調製日数が20日以上になった場合が3例あるが，この場合は，サイロ上部のサンプルは出穂後期，または開花始めにあたっていた。

1967年は1966年よりも，共同作業によりトラクターやフロントローダーなどの機械化作業で埋草されたものが多かったため，調製日数がより短縮された。1966年に調製日数が20日以上になった3例は，従来の畜力によって個人で埋草した場合であった。おもな草種はチモシーであるが，オーチャードグラスの方が多い場合が1例あった。両年とも予乾したサイレージが多かった。1967年に乳酸菌を添加したサイレージが1例あったほかは，いずれも添加物を用いていなかった。なお，被覆はビニールなどにより，比較的完全に行なわれていた。

試験結果および考察

調査したサイレージの主な品質，飼料成分ならびにＥＴＩなどの平均値とその標準偏差を示すと，第39表のとおりである。

水分は40.2%から82.9%の範囲で，中水分および低水分サイレージが多く，平均値は68.7%であった。pHは4.0から5.6の範囲で，平均値は4.7を示し，従来のサイレージよりもかなり高い値となったが，これは主として水分含量の低いサイレージが多いためであろう。

乳酸／総酸は0から82.1%までの著しい変動を示し，平均値は34.3%で従来のフリーグ法による乳酸の比率よりもかなり低い値であった。酪酸／総酸は0から58%の範囲で，平均値は28.4%を示し，これも従来のフリーグ法による酪酸の比率よりもかなり高い値であった。このことは，分析方法が異なるためもあるが，農家生産サイレージは一般に品質が不良であることを示している。温度は6.9℃から55.0℃の範囲で，平均値は29.5℃であった。このように，温度が著しく高いサイレージが多かったのは，無切断の原料草を過度に予乾して埋草しているためである。また，トレンチ，バンカー，スタック型サイロに埋草されたものが多く，自重による加圧および踏圧が不足していることなどがおもな理由と考えられる。

前述したように，表面から棒状温度計を深さ30cmに挿入して測定したので，サイロ内全体が

第39表　サイレージの品質と飼料価値

	平均値	範囲	標準偏差	変異係数（%）
粗繊維（乾物中%）	32.9	25.2 ～ 41.6	3.4	10.3
粗蛋白質（乾物中%）	12.1	7.8 ～ 15.4	1.9	15.7
水分（%）	68.7	40.2 ～ 82.9	11.9	17.3
pH	4.7	4.0 ～ 5.6	0.3	6.4
VBN/全N（%）	13.5	2.8 ～ 36.2	9.4	69.6
乳酸/総酸（%）	34.3	0 ～ 82.1	24.6	71.7
酪酸/総酸（%）	28.4	0 ～ 58.0	18.9	66.5
温度（°C）	29.5	6.9 ～ 55.0	13.0	44.1
ＥＴＩ（kg）	7.42	5.03～ 9.37	1.03	13.9
ＴＤＮ（%）	60.1	51.3 ～ 67.9	3.4	5.7
ＤＣＰ（%）	7.3	3.1 ～ 10.4	1.9	26.0

2次発酵しているのか表面だけなのかは不明である。しかし，前項Ⅳ-(1)の無切断サイレージ調製試験の結果から推察すると，サイロ内全体ではなく，取出し表面が2次発酵している場合が多いと考えられる。[100] したがって，取出し量を多くすることによって，次第に温度が低下する場合があるが，サイレージの温度が高いことを酪農家が軽視する傾向があることは問題で，無切断の場合は特に保存性を高めるための注意が必要である。

ＥＴＩは5.03kgから9.37kgの範囲で，平均値は7.42kgであった。すなわち，乾草2kg，濃厚飼料を4％ＦＣＭ乳量の⅙給与する飼養条件で，これらのサイレージを乳牛に飽食させた場合，サイレージからのＴＤＮ摂取量は5.03kgから9.37kgの範囲であることを示す。体重550kgの乳牛の維持に要するＴＤＮ量は4.25kgであるから，調査したサイレージのＥＴＩの範囲が5.03kgから9.37kgでその差が4.34kgであることは，飼料価値の差が乳牛の維持に要する養分量に匹敵する大差であることを示している。

ＴＤＮ含有率は，51.3％から67.9％の範囲であるが，変異係数は5.7％で平均値60％前後のサイレージが多い結果になった。ＤＣＰ含有率は3.1％から10.4％の範囲で，変異係数は26.0％になり比較的大きい変動がみられた。

品質および飼料成分における相関係数を示すと，第40表のとおりである。

乾物中の粗繊維含有率と粗蛋白質含有率との間に，負の有意の相関が示された。牧草中の粗繊維含有率が増大すると，粗蛋白質含有率が減少して，負の相関になることは一般的傾向である。しかし，サイレージに埋草した場合は，発酵によってこれらの含有率が変化するので，必ずしも生草中と同じ傾向にならないこともあると思われる。すなわち，生育時期の早い原料草を高水分，それよりも遅い原料草を低水分で埋草した場合を比較すると，前者の方が原料草では粗繊維が少なく，粗蛋白質が多いが，高水分のため発酵による粗繊維の増大が顕著なので，サイレージでは逆に前者の方が粗繊維がより多くなる場合が考えられる。また，踏圧の程度やその他の調製条件が粗繊維および粗蛋白質含有率に影響するので，試料の採集方法によっては，本調査結果と異なる場合もあると思われる。

サイレージの水分含有率と乾物中の粗繊維含有率との間に，正の有意な相関が示された。この理由は，前述したように高水分サイレージは低水分サイレージよりも発酵による粗繊維の増大が顕著なので，このことが影響していると推察される。しかし，この関係もサンプリングによって異なる結果になるであろう。すなわち，生草中では一般に水分と粗繊維含有率とは負の関係にあるから，いずれも同じ条件で埋草すると，生草中と同じ傾向になることが予想され，本調査結果とは逆の関係になるであろう。今回の調査は，第39表に示すように，水分含有率が著しく異なっているので，埋草時の水分含有率が影響して，粗繊維と水分含有率とが正の相関を示す結果になったものと考えられる。

粗繊維含有率と乳酸／総酸との間に，負の有意の相関が示された。サイレージ中の粗繊維含有率が高くなるのは，原料草の刈取り時期が遅れた場

第40表　品質および飼料成分における相関係数，r

	粗繊維	粗蛋白質	水分	pH	VBN／全N	乳酸／総酸	酪酸／総酸
粗蛋白質（乾物中％）	−.783**						
水分（％）	.392*	−.078					
pH	.167	.079	.091				
VBN/全N（％）	.057	.160	.576**	.213			
乳酸/総酸（％）	−.366*	.217	−.370*	−.496**	.583**		
酪酸/総酸（％）	.292	−.053	.635**	.497**	.716**	.791**	
温度（°C）	.240	−.148	−.432*	−.044	−.265	.035	−.228