

稲ホールクロップサイレーズの調製と飼料価値の評価

誌名	東北農業試験場研究報告
ISSN	04957318
著者	名久井, 忠 柁木, 茂彦 粟飯原, 友子 箭原, 信男 高井, 慎二
巻/号	78号
掲載ページ	p. 161-174
発行年月	1988年10月

稲ホールクロップサイレージの調製と 飼料価値の評価

名久井 忠・柁木茂彦・粟飯原友子・

箭原信男^{*1)}・高井慎二^{*2)}

(昭和63年2月16日受理)

The Making of Rice Whole Crop Silage and an Evaluation of Its Value as Forage for Ruminants

Tadashi NAKUI, Shigehiko MASAKI, Tomoko AIHARA,

Nobuo YAHARA^{*1)} and Shinji TAKAI^{*2)}

I はじめに

米は、古くから日本人の主食として用いられてきたが、1970年以降、国民の米消費量は減少の一途をたどり、我が国の米作は過剰生産の基調にある。1980年代以降、主食米の生産抑制策が強化され、減反面積は1987年には77万haに達している。こうした中で、転換作物として、数多くの作物が水田に導入され、栽培されてきたが、耐湿性の点で問題があり、必ずしも期待したほどの収量を上げ得ない場合が多い。そこで筆者らは本来、水田に適する作物である稲を飼料として利用することによって、水田の機能を十分生かし、粗飼料の自給率を高めるという観点から、稲のホールクロップサイレージ化の研究を進めてきた^{14,16,19)}。本報告では、調製されたサイレージが家畜の飼料として、どのような特性を持っているかについて検討を加えた結果を報告する。

本試験を遂行するに当たり、元農業技術部機械化栽培第1研究室原城 隆室長（現北陸農業試験場）、高屋武彦主任研究官（現農林水産技術会議事務局）、執行盛之主任研究官には栽培面で多大な御協力を賜った。また、収穫調製では業務第一科桜 文夫技官並びに伊東健二技官に御協力をいただいた。更に、

本稿をまとめるに当たり、小野 茂草地部長には校閲していただいた。ここに記して、感謝の意を表す。

II 試験方法

1 供試品種

本研究では以下に述べる4種の収穫調製法について試験したが、それぞれの稲の品種は試験1ではアキヒカリ、試験2ではレイメイ、試験3、4ではアキヒカリを用いた。

2 栽培方法

稲の栽培は、東北農業試験場の慣行法に従って次のように行った。苗の移植は中苗仕立ての苗を5月下旬に行った。植付精度は条間30cm、株間14cm、1㎡当たり株数25本前後とした。10a当たり施肥量はN:P₂O₅:K₂O=14.2:28.5:14.6kgと珪カル200kgを施用した。

3 収穫、調製方法

1) 試験 1 (子実の混入と発酵品質)

子実の混入割合とサイレージの発酵品質の関係を検討するため、黄熟期に収穫した稲を粳とわらに分離し、以下の処理区に再混合してサイレージを調製した。処理は、a) 無破砕(全粒) 粳40%区、b)

*1) 現北海道農業試験場

*2) 退職

無破碎(全粒) 粉60%区, c) 破碎粉40%区, d) 破碎粉60%, e) 茎葉区とした。原料を桶サイロに50kgずつ詰め込み, 密封の後3か月間貯蔵した。

2) 試験 2 (切断長の影響)

材料の切断長がサイレージの発酵品質, 牛の採食量, 消化率にどのような影響を及ぼすかを検討した。黄熟期の稲(レイメイ)をバインダで刈り取り, コーンハーベスタで7mmと16mmに切断してFRP(強化プラスチック)サイロに1.5~2.0tずつ詰め込み, およそ6か月間貯蔵した後, 開封し試験に供試した。

3) 試験 3 (収穫適期の判定)

稲ホルクroppサイレージの収穫適期を明らかにするため, アキヒカリを糊熟期, 黄熟初期, 黄熟後期, 完熟期に, それぞれをコーンハーベスタで収穫し, FRPサイロに1.5~2.0tずつ詰め込み, およそ3か月間貯蔵の後, 開封して試験に供試した。

4) 試験 4 (アルカリ処理の効果)

NaOHの添加が完熟期に収穫した稲(アキヒカリ)の飼料価値に及ぼす効果を明らかにするため, 原物当たり4%のNaOHを材料全体にふりかけ, FRPサイロに埋蔵した。開封は6か月後に行い, 発酵品質などを調査した。

4 消化及び採食性の調査方法

1) 消化試験

試験2, 3, 4では各処理による飼料をそれぞれ3頭ずつのめん羊に給与して, 全糞採取法により消化率を求めた。試験期間は, 予備期7日, 本期7日で, 飼料は体重の1.8%を目途に単味給与した。

試験2の飼料では未消化子実の排せつ率を求めため, フェステルを装着した牛(日本短角種)2頭に給与し, 全糞採取法により消化試験を行った。試験期間は, 予備期7日, 本期5日で, 飼料の給与は体重の2%を目途に単味給与した。糞中に排せつされた未消化子実の調査は, 水洗法及び澱粉法で行った。

2) ルーメンジュース及び胃内容物の採取

試験3において, 給与したサイレージがルーメン内でどのように変化するかを検討するため, フェステルを装着した牛を2頭用い, 予備期6日, 本期3日の試験を行った。飼料の給与は体重の2%を目途にサイレージを75%, ハイキューブを25%混合給与した。ルーメンジュースの採取は飼料給与後4時間目に行った。

試験3の黄熟期に収穫したサイレージについて,

単一給与した場合の1日の変動を調査した。ルーメンジュース及び内容物の採取は4時間間隔に行った。

3) 嗜好試験

試験2, 3, 4において, 嗜好性を比較するため, 羊を供試してカフイテリヤ法により嗜好性を調査した。また, 試験3では牛を3頭供試して, 絶対採食法により採食量を調査した。

5 変敗試験

サイレージが好気的変敗を起こした際の発熱抑制時間(バンクライブ)を測定するため, 発泡スチロールの箱に5~8kgのサイレージを入れ, 開放状態のまま25°Cの恒温室内で発熱させた。

6 化学分析

一般成分組成は常法¹¹⁾により, 酸性デタージェント繊維(ADF), リグニン, 単少糖, 澱粉は畜産試験場の方法⁹⁾によった。エネルギーはカロリーメーターで測定した¹¹⁾。

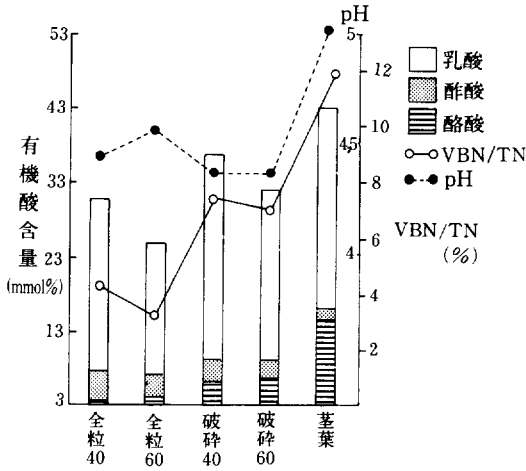
サイレージの発酵品質の調査は試料100gに水を500ml加えて抽出したる液を分析試料として用いた。pHはガラス電極pHメーターによって測定した。有機酸組成は箭原の方法³¹⁾, また, 揮発性脂肪酸(VFA)はガスクロマトグラフィーによって求めた²⁾。揮発性塩基態窒素(VBN)は水蒸気蒸留法¹¹⁾によった。総窒素(TN)はケルダール法で行った。

III 試験結果及び考察

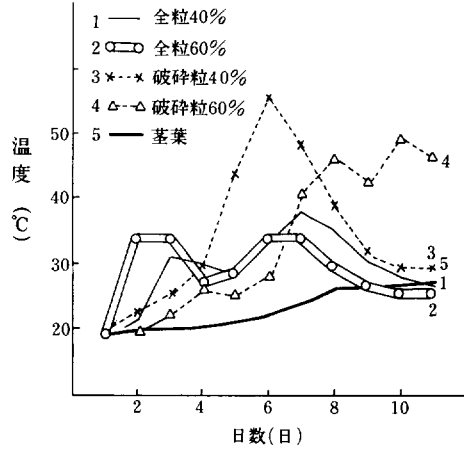
1 子実の混入割合, 破碎処理と発酵品質, 飼料成分組成との関係

サイレージのpHは, 4.4~5.1の範囲にあり, 粉を破碎した区の方が低く, また, 子実の混入割合が少ないほど低い傾向が見られた。第1図に有機酸の生成量, VBN/TNの割合を示した。総酸の生成は破碎したほど, また, 子実が少ないほど多く, VBN/TNも同様の傾向を示した。VFAの構成割合では, 酪酸と酢酸が優位を占めていたが, 破碎区は酪酸が多く, 65~70%を占めた。一方, 茎葉サイレージは, 総酸生成量が多いにもかかわらず, pHが高かった。これはVBNの生成が多かったためと思われる。また, 総酸に占めるVFAの割合は, 子実が混入したサイレージのおよそ2倍であり, 酪酸が81%も生成された。

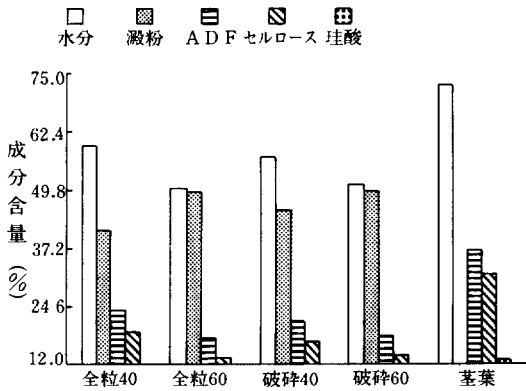
飼料成分組成を第2図に示した。水分は子実混入サイレージが50~59%であったのに対し, 茎葉サイ



第1図 サイレージの子実の混入割合と発酵品質との関係



第3図 サイレージの発熱温度の経時変化



第2図 サイレージの子実の混入割合と飼料成分組成の関係

レージでは73%であった。澱粉含量は41~49%で粉の混入割合が高まるのに伴い向上した。一方、ADF、リグニン、珪酸含量は澱粉含量とは逆に低下した。サイレージの好気的変敗時の温度変化を第3図に示した。最高温度に到達する時間は全粒区が相対的に早かったが、破碎区は46~53°Cまで高まり、変敗の程度が顕著に進行した。一方、茎葉サイレージは10日目でも、ほとんど上昇しなかった。発熱速度と発酵品質の関係を見ると、総酸に占める酪酸、吉草酸、カブロン酸の合計値が高いほど、発熱が抑制される傾向がみられ、茎葉サイレージがその典型であった。

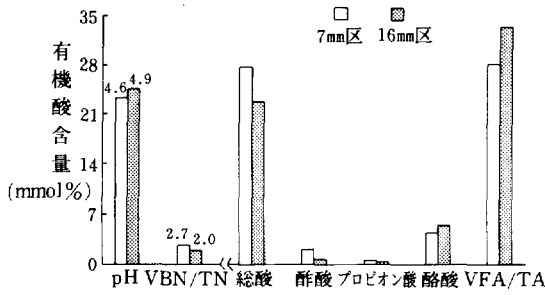
このような傾向は高水分牧草サイレージやヒエサイレージでも認められている^{20,24)}。

稲サイレージに酪酸が多く生成されることは、吉田ら³³⁾も報告しており、フリークの評点では劣質サイレージに格付けされる。しかし、その品質は外観的にも優れており、家畜の嗜好も良好であった。家畜の嗜好性は酪酸よりもVBNの生成量に影響されるとの報告もあり^{20,21)}、稲サイレージの場合、VBN含量が少ないために嗜好性が良好であったものと思われる。また、酪酸が生成される主な要因は発酵に必要な糖類が少なく、乳酸の生成が相対的に遅れることに起因すると考えられる。

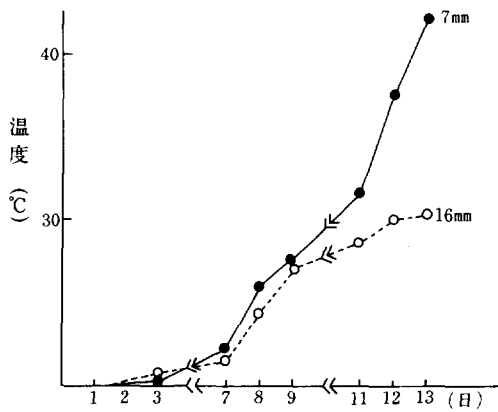
2 切断長と発酵品質との関係

切断長の違いと発酵品質の関係を第4図に示した。7mm区は16mm区に比べ、pHが低く、総酸の生成量も多かった。VFAの構成では、酢酸が多く、酪酸が少ない傾向が見られた。VBN/TNは2%前後で両者とも少なく、VFA/TAは7mm区が少なかった。以上のことから、発酵品質は7mm区がやや優れているといえよう。

次に変敗時の温度変化を第5図に示した。試験開始後7日目までは両者とも温度の上昇は少なかったが、それ以降は急激に上昇し、7mm区は13日目には約40°C以上になった。これに比べて16mm区は30°C前後にとどまった。このことからみて、7~16mm程度に切断してサイレージを調製すれば、1週間程度は大幅な温度の上昇を避けることが可能と思われる。しかし、発酵品質が良好な場合には、変敗も早まる



第4図 サイレージの切断長と発酵品質との関係



第5図 切断長を異にするサイレージの発熱温度の比較

ことが考えられる。本試験の結果では、切断長の違いによって顕著な差が認められなかったが、伊藤らの試験⁵⁾では、明瞭な差が認められており、発酵品質からみた切断長は10mm程度が良いものと思われる。

3 収穫適期の検討

稲の熟期別収量及び子実割合とホールクロップサイレージの発酵品質を第1表に示した。収量は熟期が進むにつれて増加した。また、子実割合は黄熟期に50%を越え、完熟期には55%に達した。発酵品質をみると、総酸生成量は登熟につれて減少し、pHは上昇した。また、VFAの構成は、酪酸が圧倒的に多く生成された。VFA/TAは熟期が進むにつれて減少し、VBN/TNも同様であった。以上のことから発酵品質は熟期が進むにつれて良好になることが判明した。しかし、黄熟後期以降には、総酸生成量が30mmol%以下になることから、変敗の危険性が高まる¹⁸⁾ことが予測され、発酵品質からみた適期は黄熟初期と考えられた。ホールクロップサイレージの飼料成分組成、飼料価値を第2表に、牛の採食量、消化率、養分収量を第6、7、8図に示した。飼料成分組成は熟期が進むにつれて、水分、粗蛋白質が減少し、澱粉、ADFが増加した。TDN含量は糊熟期から黄熟期にかけて急増するが、それ以降は56%前後で推移した。粗蛋白質及びADF消化率は登熟とともに低下したが、乾物消化率はわずかながら上昇

第1表 サイレージの熟期別収量と発酵品質

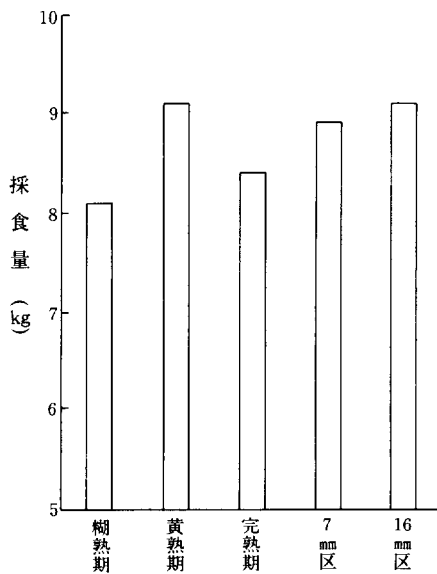
(アキヒカリ)

区 分	糊 熟 期	黄 熟 初 期	黄 熟 後 期	完 熟 期
収穫月日 (月, 日)	9.6	9.14	9.20	10.4
子実重歩合 (%)	42.8	51.4	53.2	55.6
乾物収量 (kg/10a)	1,065	1,213	1,253	1,326
pHと有機酸組成				
p H	4.45	4.50	4.60	4.64
総酸 (mmol%)	37.9	30.9	28.4	24.7
乳酸 (//)	16.6	18.3	19.4	19.9
VFA (//)	21.3	12.6	9.0	4.8
VFAの構成比 (モル%)				
酢酸	10	30	10	13
プロピオン酸	2	2	1	4
酪酸	86	67	83	83
吉草酸	Tr	Tr	2	0
カブロン酸	2	1	4	0
VFA/T-A (%)	53.5	40.6	31.7	19.6
VBN/T-N (%)	18.0	13.5	5.0	5.8

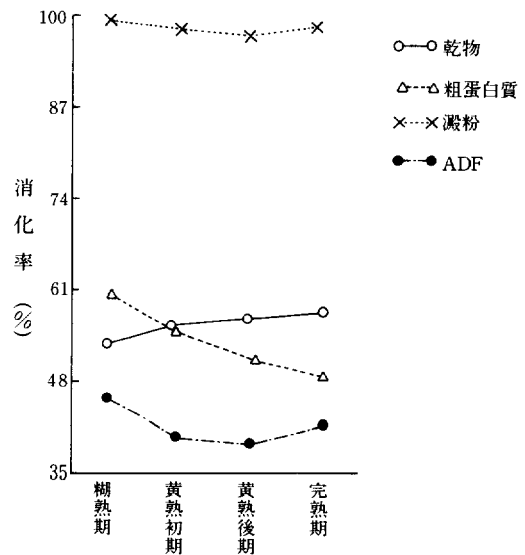
第2表 サイレージの熟期別飼料価値

(アキヒカリ)

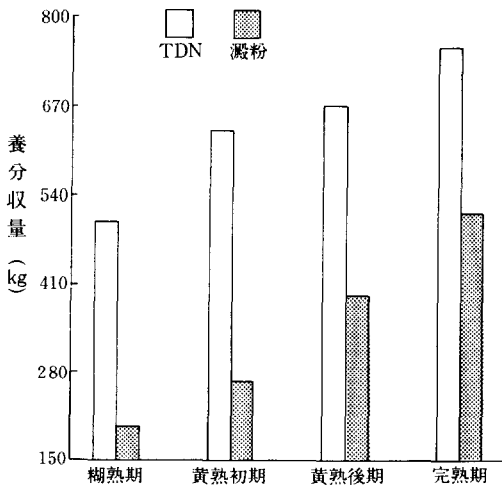
区 分	糊 熟 期	黄 熟 初 期	黄 熟 後 期	完 熟 期
飼料成分組成 (%)				
水分	71.4	65.7	62.0	60.4
有機物	84.4	87.1	87.4	88.7
粗蛋白質	9.6	7.5	7.2	6.8
粗脂肪	3.4	2.8	2.8	2.5
澱粉	20.8	24.0	34.3	40.7
A D F	31.6	28.6	26.1	22.9
セルロース	26.8	23.7	21.4	18.8
リグニン	4.8	4.9	4.7	4.1
珪酸	10.4	8.3	8.9	7.8
可消化養分 (%)				
T D N	51.9	56.1	56.5	58.8
D C P	5.8	4.1	3.6	3.4
可消化澱粉	20.6	23.5	33.3	40.1
可消化セルロース	13.8	10.9	10.0	9.1



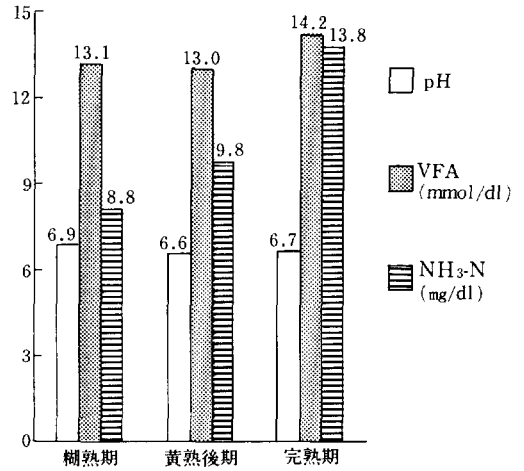
第6図 日本短角種によるサイレージの採食量



第7図 サイレージの消化率(アキヒカリ)



第8図 サイレージの養分収量(アキヒカリ)

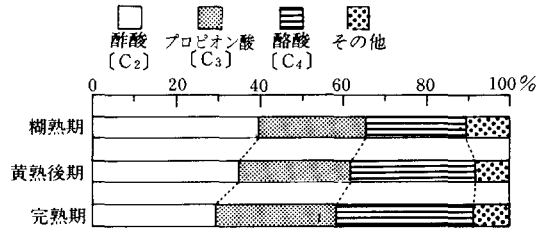


第9図 サイレージを給与した牛のルーメン内 pH, NH₃-N, VFAの比較

する傾向を示した。澱粉消化率は極めて高い水準に推移した。TDN 収量は登熟に伴って増加し、黄熟期には650kg/10a前後に達した。可消化澱粉収量も同様の傾向を示した。日本短角種による稲ホールクロープサイレージの採食量は熟期別では黄熟期が多く、切断長では16mm区がやや多かった。以上のように、養分収量から見ると、完熟期が勝っているものの、発酵品質、貯蔵性、牛の採食量を考慮すると、黄熟期に収穫するのが良いと判断された。

4 ホールクロープサイレージを給与した牛のルーメン内性状

熟期別に調製したサイレージを牛に給与し、ルーメン内の pH, VFA, NH₃-N 生成量並びに VFA の構成割合を第9図及び第10図に示した。pH は 6.6~6.9の範囲にあり、黄熟後期~完熟期が若干低い傾向を示した。VFA の生成量は完熟期がやや多かった。NH₃-N は登熟に伴い増加したが、これは同時に給与したヘイキューブの影響があるものと思われる。VFA の構成割合をみると、酢酸は登熟とともに減少する傾向を示したが、プロピオン酸は熟期により、ほとんど変化しなかった。一方、酪酸は登熟につれて増加した。登熟、すなわち、子実の割合が増加することにより酢酸の割合が減少することは、トウモロコシサイレージでも認められており¹⁸⁾、稲ホールクロープサイレージにおいても、子実割合が多い場合には、濃厚飼料的な要素が高まるといえる。



第10図 サイレージを給与した牛のルーメン内VFAの構成比

次にサイレージのみを給与して、pH, VFA 及び NH₃-N の日変動を調べた結果を第3表、第11図に示した。供試牛はサイレージを採食するのに4~5時間を費やしたが、個体差があった。ルーメン内の pH の変化を見ると、飼料給与後低下してゆき、8時間目に最低値を示し、その後上昇して翌日の飼料給与直前には7.5になった。VFA は飼料を採食し始めると同時に増加し、8~12時間後に最高値に達した。その後ゆっくり減少してゆき、28時間後には最高時の半分以下になった。NH₃-N は VFA より増加速度が遅く12時間後に最高値を示した。その後16時間後ころまで高い水準を保ち、28時間後には最高時の1/5~1/4以下になった。

VFA の構成割合では、酢酸が給与後減少をたどり、9時間後に最低値を示し、その後増加に転じた。プロピオン酸は12時間後に最も低かったが、変化の

第3表 ルーメン内VFA, NH₃-N及びpHの変化

区分	A					B				
	4	8	12	16	28	4	8	12	16	28
pH	6.91	5.44	5.74	6.73	7.51	6.36	6.32	6.64	7.02	7.52
アンモニア態窒素 (mg/dl)	3.6	7.9	15.9	12.8	4.1	4.6	8.9	13.9	11.3	4.0
VFA (mmol/dl)	12.4	16.0	11.2	10.9	6.9	13.4	14.0	14.8	12.0	7.0

度合いは相対的に小さかった。酪酸は8～12時間後に高く、それ以降は減少した。

ルーメン内のpH, VFA並びにNH₃-Nの生成量とサイレージの切断長との関係を第12図に示した。pHは切断長が短い場合急激に低下した。VFAの生成は切断長が細かい7mm区が多い傾向が認められた。一方、NH₃-Nは16mm区が多い傾向を示した。

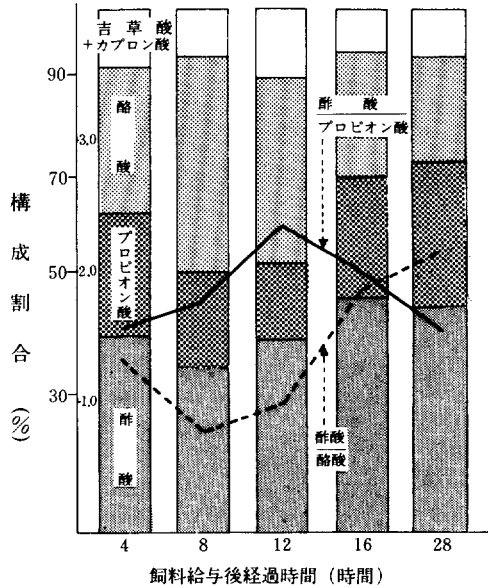
ルーメン内容物の細切程度の経時変化を第13図に示した。サイレージ給与後4時間を経過した時点で2mm以上のものが43%を占めていたが、8時間後には32%、28時間後には21%に減少した。これに反比例して0.5mm以下のものが増加してゆき、0.5～2mmの部分はさほど増減しなかった。一方、糞についてみると、0.5～2mmの部分が56%で最も多く、0.5mm以下は20%に過ぎなかった。

次にこれらの内容物の成分組成を第14図に示した。セルロースは経時的に増加傾向をたどり、粗蛋白質は同一水準で推移した。一方、澱粉は4時間後から8時間後に至る間に半減し、その後はゆっくり減少した。以上のことから、ルーメン内の飼料は8時間目ころまで、澱粉などを中心に急激に消化され、それ以後はセルロースなどがゆっくりと消化されてゆくものと思われる。

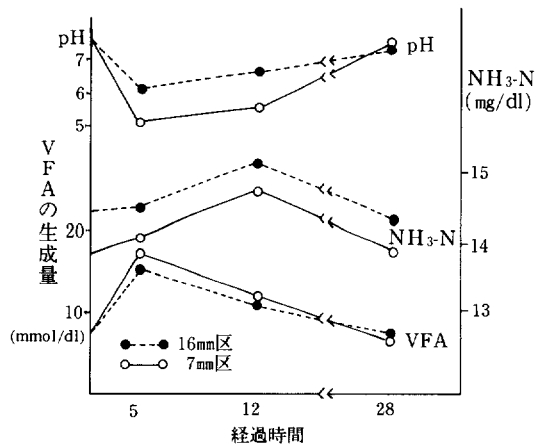
5 未消化子実の排せつと熟期, 切断長との関係

稲を収穫した際の切断長別子実の形状を第4表に示した。切断長が7mm区は破碎された粒が30%を越しているのに対して、16mm区では18%が破碎されただけであった。糞中に排せつされる未消化子実の量及び比率を第5表に示した。まず切断長の影響をみると、澱粉排せつ率は7mm区が10%であったのに対して、16mm区は18%であり、明らかに7mm区の方が少なかった。トウモロコシサイレージにおいても同様の結果が得られており¹⁵⁾、未消化子実を減少させるには、切断長を細かくすることが有効と考えられる。

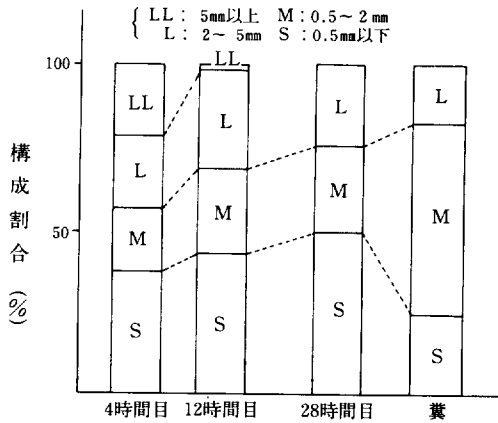
収穫時期と未消化子実との関係については、登熟



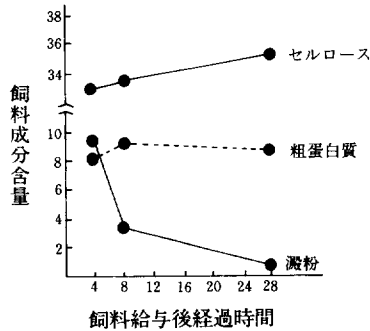
第11図 黄熟後期のサイレージを給与した場合の牛のルーメン内におけるVFAの変化



第12図 牛のルーメン内のpH, VFA, NH₃-Nの生成に及ぼす切断長の影響



第13図 牛のルーメン内容物及び糞の細切度の経時変化



第14図 牛のルーメン内容物の成分組成の変化

が進むにつれて排せつ率が増加し、黄熟期には13%、完熟期には15%に達した。水洗法による未消化子実の排せつ率は澱粉法に比べて、かなり低く、正確さを欠いているものと考えられた。

6 アルカリ処理の効果

NaOH 処理と発酵品質、飼料成分組成との関係を第6表に示した。発酵品質をみると、pH は対照区が4.3であったのに対して、アルカリ処理区が11.6に上昇した。総酸の生成量はアルカリ処理区が多かったが、これは VFA が増加したためである。VFA の構成割合は、対照区では酪酸が83%と圧倒的に多かったが、アルカリ処理区では酢酸が94%を占めていた。VBN/TN は両者とも10%以下であった。

飼料成分組成はアルカリ処理により、粗蛋白質、粗脂肪及びリグニンが減少傾向を示した。第7表に消化率改善効果並びに嗜好性を示した。消化率についてみると、アルカリ処理によって乾物、有機物、ADF、セルロース消化率が対照区より10%以上も高まった。しかし、粗蛋白質、粗脂肪消化率は逆に低下した。その結果、TDN 含量は対照区の58.8%に比べてアルカリ処理区は62.3%と明らかに向上した。一方、DCP 含量は逆に対照区の1/2に減少した。

第4表 稲の切断長とサイレージの子実の破碎程度との関係

(乾物中)

切断長 (mm)	完 全 粒		半分に分れたもの及び粒殻が壊れたもの		完全に粒殻をかぶってないもの		粒 殻	
	g	%	g	%	g	%	g	%
7	32.9	68.8	8.1	16.9	5.7	12.0	1.1	2.3
16	39.3	82.0	3.9	8.1	3.7	7.7	1.1	2.2

第5表 稲の熟期及び切断長の違いと未消化子実排せつ

(日本短角種)

区 分	糊 熟 期	黄 熟 期	完 熟 期	7 mm 区	16 mm 区
	子実摂取量 (g/日)	1,110	2,292	2,411	2,542
子実排せつ量 (g/日)	90	153	199	150	295
未消化子実排せつ率 (%)	8.1	6.7	8.3	5.9	12.1
澱粉摂取量 (g/日)	863	1,595	1,964	2,169	2,364
澱粉排せつ量 (g/日)	87	208	299	222	424
未消化澱粉排せつ率 (%)	10.1	13.1	15.3	10.3	18.0

注. 熟期別サイレージの切断長は10mm.

第6表 サイレージ調製時のNaOH処理と発酵品質及び飼料成分組成

区 分	対照区	NaOH 4%区
発 酵 品 質		
p H	4.34	11.6
総 酸 (mmol%)	24.7	28.4
乳 酸 (//)	19.9	19.4
VFA (//)	4.8	9.0
VFAのモル比(%)		
酢 酸	13	94
プロピオン酸	4	6
酪 酸	83	0
VFA/T-A (%)	19.6	31.7
VBN/T-N (%)	5.8	2.8
飼料成分組成(%)		
水 分	60.4	60.8
有 機 物	88.7	83.8
粗 蛋 白 質	6.8	5.9
粗 脂 肪	2.5	1.1
澱 粉	40.7	38.0
A D F	22.9	21.2
セルロース	18.8	17.7
リグニン	4.1	3.5

第7表 サイレージ調製時のNaOH処理が消化率の改善に及ぼす効果並びに嗜好性

区 分	対照区	NaOH 4%区
消 化 率 (%)		
乾 物	57.8 ^a	68.9 ^b
有 機 物	64.2 ^a	73.7 ^b
粗 蛋 白 質	48.9 ^a	18.3 ^b
粗 脂 肪	61.3 ^a	38.8 ^b
澱 粉	98.7 ^a	99.0 ^b
A D F	41.4 ^a	52.4 ^b
セルロース	48.2 ^a	62.9 ^b
飼料価値(%)		
T D N	58.8 ^a	62.3 ^b
可 消 化 澱 粉	40.1 ^a	37.6 ^b
可消化セルロース	9.1 ^a	11.1 ^b
D C P	3.4 ^a	1.1 ^b
嗜好性 (g/日・頭)	1009 ^a	646 ^b

注. 異なる符号間には1%水準で有意差がある。

IV 総合考察

1 サイレージの発酵品質に及ぼす調製条件の影響

稲ホールクロップサイレージの発酵品質は子実の混入が多いほど、また、その子実が破碎されていないものほど良好であることが、試験1から明らかになった。収穫時期との関連では、乳熟期よりも登熟が進んだ黄熟期に良質なものが調製できた。

有機酸組成についてみると、稲ホールクロップサイレージはトウモロコシ、ソルガムサイレージ⁹⁾に比較して著しく酪酸の生産量が多いことが特徴的であった。酪酸が多く生成されるサイレージは劣質なものとされている²³⁾が、その理由は発酵過程におけるエネルギー損失が大きくなり、貯蔵損失が増加するからである。それに加えて、家畜に給与した際に、ケトージスを誘発する原因になることもあげられている。酪酸発酵が起こる過程は乳酸菌の活動が不十分で、pHの低下が4.2以下まで下がらない際に酪酸菌の活動が始まり、残存する糖や乳酸が生成される。稲ホールクロップサイレージの場合も、初期発酵においてpHの低下が緩慢に進行したため酪酸菌の活動が大きくなったものと思われる。伊藤ら⁹⁾は切断長を短くした場合、酪酸の生成を抑制できることを他の試験でも確認しており、発酵品質を改善するには切断長を10mm程度にするのが望ましいと考えられる。

2 収穫の適期

稲ホールクロップサイレージを調製する際の収穫適期の判定に当たっては、発酵品質の良否、バンクライフの長さ、養分収量の多少、家畜の採食量などの面から、総合的に判断する必要がある。発酵品質の面からみれば、前述のように黄熟期が最良である。バンクライフは早刈りほど長い²²⁾が、登熟に伴って短縮し、完熟期には著しく短くなる。養分収量は完熟期が多いものの、肉牛の採食量は黄熟期の方が勝っている。単一給与における採食量をトウモロコシ及びソルガムと比較した場合、トウモロコシと同等の8~9kgの乾物を摂取しており、ソルガムサイレージより多いことが認められた²²⁾。以上のこと等を考慮にいと、収穫適期は黄熟期であるといえよう。なお、黄熟期に収穫調製されたサイレージはTDN含量58%前後、TDN収量650~700kgを期待でき、牛の嗜好性も極めて優れていることが明らかになっ

た。更に試験3で観察されたように、一般に落水後約5~7日は大型収穫機械の作業が困難であることから考えても、黄熟期収穫が有利といえよう。稲サイレージの収穫時期について、福見ら⁴⁾は、四国における検討結果から茎葉が枯れ上がる前の糊熟期がよいとしている。一方、Tobino²⁸⁾は北海道において、黄熟期から完熟期の稲で検討し、良い結果を得ている。このことから、収穫適期は地域によって異なることが推察され、北日本では、黄熟期が望ましいと考えるべきであろう。

3 サイレージ給与におけるルーメン内性状並びに未消化子実の排せつ

反すう家畜では摂取した可消化エネルギーの60%程度がVFAの形で利用されると考えられており⁹⁾、VFAの生成量は、ルーメンにおける有機物の消化率と高い相関があると言われている。和泉⁶⁾、和泉・西埜⁷⁾は、牧草サイレージ及び乾草、トウモロコシサイレージ、ビートパルプ、配合飼料について、VFAの生成量及び発酵パターンを詳細に検討しているが、それらの値を稲サイレージを給与した際のルーメン内VFAの生成量を比べると、トウモロコシサイレージと類似している。VFAの生成量は飼料の給与回数、量、濃厚飼料と粗飼料との割合によって変動するが、稲サイレージを給与した場合のルーメン内VFAは遅刈牧草より多く、黄熟期刈りのトウモロコシサイレージよりやや少ないと考えてよいだろう。ルーメン内VFAは酢酸、プロピオン酸、酪酸によって占められているが、その構成割合は粗飼料を多く採食すると酢酸が増え、濃厚飼料の割合が高いとプロピオン酸が増加すると言われる⁹⁾。稲サイレージは、牧草サイレージに比べて⁷⁾プロピオン酸、酪酸が多く生成されることが特徴といえよう。これはサイレージのほぼ半分を占める籾が分解した結果であると考えられる。Murphy *et al.*¹²⁾は飼料中の主要成分がルーメン内でどのようなVFAに転換されるかを検討し、澱粉含量とルーメン内プロピオン酸含量との間には正の相関があるとしている。このことは稲ホールクロープサイレージにおいても、成立するとみなしてよいであろう。ルーメン内におけるpHをみると、時には5.4まで低下した例が認められた。pHが5.5以下になると、乳酸の生成が旺盛になるといわれていることから、乳酸アシドーシスの発症が懸念される。したがって、稲ホールクロープサイレージの給与については、今後、更に検討を

加える必要があろう。

未消化澱粉についてみると、その排せつ割合は登熟に伴って増加し、黄熟期から完熟期には13~15%に達することが明らかになった。未消化子実の排せつは、トウモロコシ¹⁵⁾、ヒエ¹⁾、稲¹⁹⁾でも検討されており、10~15%排せつされることが知られている。摂取した穀物の消化は第一胃内滞留時間、粉碎の程度、溶解度、微生物の活性などの諸要因で変動すると言われている。押尾²⁵⁾は、大麦について、圧扁と粉碎処理の違いが、ルーメン内の通過速度に、どのような影響を及ぼすかを調べ、粉碎すると、3倍も早く通過することを確認している。また、全粒のまま与えた場合、外皮により、小腸での消化が5%ほど低下することを認めている。本試験でも切断長を短くした場合、未消化澱粉を8%減少できたが、このことは押尾の実験結果を支持するものであろう。

また、ルーメン内pHの経時変化は切断が短いほど急激な低下を示しているが、これはルーメン内での分解が急速に行われたことを示すものである。

稲ホールクロープサイレージの穀実消化率の向上をはかることは栄養面の面からみても重要である。したがって、収穫に際しては10mm程度に切断することが重要である。

4 アルカリ処理による飼料価値の改善

アルカリ処理により飼料価値を改善しようとする試みはYahara³⁰⁾、高橋²⁶⁾をはじめ、稲わらなどの低質飼料を対象にしてかなり多くなされており^{13,27,29)}、いずれも消化率の改善に効果を認めている。アルカリ処理が繊維質の消化率を改善する原理は、リグニン等で結晶化している組織の結合度を緩め、ルーメン中の微生物による分解作用が容易になるからとされている。本試験でもアルカリ処理により繊維質の消化率が向上しており、そのことを実証している。

稲ホールクロープサイレージをアルカリ処理することの意義は、消化率を改善することにより、TDN含量を60%台に高め、乳牛や肥育牛用の良質な粗飼料に変換できることである。我が国における乳牛や肥育牛用良質粗飼料の大半は、トウモロコシサイレージに依存していることから、湿田でも栽培が可能な稲をサイレージ化し、これらを家畜用として利用できるならば、飼料資源の潜在量は飛躍的に増大し、乳肉生産の低コスト化に役立つことになろう。

V 摘 要

稲をホールクロップサイレージとして利用するため、その飼料特性について検討した。結果の概要は以下のとおりである。

1. 発酵品質は登熟に伴って向上したが、いずれの熟期においても、有機酸組成中の酪酸含量が著しく高かった。しかし、収穫時に切断長を短くすることにより、酪酸の生成を抑制できることも明らかになった。

2. ホールクロップサイレージとしての収穫適期は、発酵品質の良否、養分収量の多少、家畜の採食量から総合的にみて黄熟期と判定した。黄熟期に収穫調製したサイレージの TDN 含量は58%前後で、10 a 当たり640~700kgの TDN 収量が期待できる。

3. ホールクロップサイレージを肉牛に給与した場合、ルーメン内の VFA 生成量は13~14mmol/dl であり、その構成割合は、登熟に伴って、酢酸が減少し、酪酸が増加する傾向を示した。ルーメン内 pH は、飼料給与後低下する傾向を示し、時には5.4程度まで低下する場合も認められた。

ホールクロップサイレージを単一で給与した場合、未消化の澱粉が10~15%排せつされた。しかし、切断長を短くすることによって、排せつ量を減少できることが明らかになった。

4. 稲に対して収穫時に NaOH を原物当たり4%添加して調製することにより、乾物消化率を58%から68%へ向上させることがわかった。しかし家畜の嗜好は無添加サイレージより劣る傾向が認められた。

引用文献

- 1) 粟飯原友子, 名久井忠, 柗木茂彦, 箭原信男, 高井慎二. 1986. ヒエホールクロップサイレージの飼料価値. 東北農業研究 39: 181-182.
- 2) 新井 守, 福島 毅. 1983. ガスクロマトグラフによるサイレージ有機酸の同時定量. 日草誌 29: 169-179.
- 3) 畜産試験場. 1982. 新しい飼料分析法とその応用. p.1-20.
- 4) 福見良平, 熊井清雄, 丹比邦保. 1979. 登熟ステージ別水稻サイレージの品質並びに飼料価値. 畜産の研究 33: 997-999.
- 5) 伊藤信雄, 原城 隆, 名久井忠. 1985. 飼料用稲の収穫調製法に関する研究—ホールクロップサイレージ用収穫機械の作業性能とサイレージの発酵品質. 東北農業研究 37: 187-188.
- 6) 和泉康史. 1975. 各種飼料の給与がウシの第一胃内揮発性脂肪酸の産出に及ぼす影響. 日畜会報 46: 11-18.
- 7) ———, 西埜 進. 1974. 乾草の摂取量がウシの第一胃内揮発性脂肪酸の産出に及ぼす影響. 日畜会報 45: 29-35.
- 8) ———, 裏 悦次, 岡本全弘, 渡辺 寛. 1976. ビートバルブおよび飼料用ビートの給与が飼料摂取量, 乳量および乳組成におよぼす影響. 日畜会報 47: 588-591.
- 9) 神立誠監修. 1985. ルーメンの世界. 農山漁村文化協会. p.476.
- 10) 三秋 尚, 田中重行, 川村 修. 1986. ソルゴーサイレージとコーンサイレージの産乳価値. 日草誌 32(別): 288-289.
- 11) 森本宏編. 1971. 動物栄養試験法. 養賢堂. p. 280-427.
- 12) Murphy, M. R.; Baldwin, R. L.; Koong, L. J. 1982. Estimation of stoichiometric parameters for rumen fermentation of roughage and concentrate diets. J. Anim. Sci. 55: 411-421.
- 13) 中嶋芳也. 1979. “ドライプロセス”水酸化ナトリウム処理による稲ワラの栄養価値の改善に関する研究. 岩手大農報 14: 185-275.
- 14) 名久井忠, 原城 隆, 箭原信男, 高井慎二. 1985. 稲の品種混作がホールクロップサイレージの飼料価値, 養分収量に及ぼす影響. 東北農業研究 37: 189-190.
- 15) ———, 岩崎 薫, 早川政一. 1981. トウモロコシホールクロップサイレージの品種ならびに刈り取り時期が乳牛の未消化子実排せつに及ぼす影響. 日草誌 27: 318-323.
- 16) ———, 柗木茂彦, 粟飯原友子, 箭原信男, 高井慎二. 1986. もみソフトグレーンの飼料価値. 東北農業研究 39: 179-180.
- 17) ———, ———, ———. 1987. 高水分稲わらに対するアンモニア処理の効果. 日草誌 33(別): 300-301.
- 18) ———, 箭原信男, 高井慎二. 1984. 東北地域におけるトウモロコシの収穫時期, 栽植密度がサイレージの飼料価値と収量に及ぼす影響. 東北

- 農試研報 70:85-103.
- 19) ———, ———, ———. 1984. 稲ホールクロップサイレージの切断長がサイレージの発酵品質と未消化子実排せつに及ぼす影響. 日本畜産学会第75回大会講要. p.142.
- 20) Nakui, T.; Yahara, N.; Takai, S. 1985. The effect of the harvest time, height and length of cutting on the quality and nutrient yield of Japanese millet silage. Proceedings of the XV International Grassland Congress: 899-901.
- 21) 名久井忠, 岩崎 薫, 八幡林芳. 1974. 高品質サイレージの調製と利用に関する試験. 第1報サイレージの水分水準と飼料成分ならびに家畜の嗜好性との関係. 北農 41(2): 13-22.
- 22) 日本草地協会. 1980. ホールクロップサイレージの作り方と利用の仕方. p.56-103.
- 23) 大山嘉信. 1972. サイレージ発酵を支配する各種の要因—高品質サイレージを調製するために—. 畜産試験場年報 昭和45年: 93-106.
- 24) Oyama, Y.; Hara, S. 1975. Growth of yeasts isolated from silages on various media and its relationship to aerobic deterioration of silage. Jpn. J. Zootech. Sci. 46: 713-721.
- 25) 押尾秀一. 1984. 飼料の消化 (大森昭一郎編, 北海道の酪農技術—乳牛の消化生理と飼料給与技術). 農業技術普及協会. p.57-82.
- 26) 高橋正行. 1984. 水酸化ナトリウム処理稲わらサイレージの発酵経過ならびに山羊による摂取量及び消化率. 日草誌 30: 79-89.
- 27) 薦野 保, 三上 昇, 山崎昭夫. 1987. NaOH 処理麦ワラ及び稲ワラサイレージ給与時におけるモミの給与レベルが肉用牛の増体に及ぼす効果. 日草誌 33(別): 304-305.
- 28) Tobino, T.; Mikami, N.; Yamazaki, A.; Kobayashi, R.; Furugoori, K. 1985. Alkali treatment of rice whole crop silage. Proceedings of the XV International Grassland Congress: 902-903.
- 29) 箭原信男, 沼川武雄. 1978. アンモニア処理による半乾燥牧草の貯蔵性及び品質の改善. 日畜会報 49: 648-652.
- 30) Yahara, N. 1985. Preservation and quality improvement of semi-dried roughages by ammonia treatment. Tropical Agriculture Research Series 18: 151-157.
- 31) 箭原信男. 1966. サイレージ有機酸定量法の検討. 北海道農試彙報 90: 55-60.
- 32) ———, 高井慎二, 沼川武雄. 1981. 水稻ホールクロップサイレージの調製利用に関する研究. 東北農試研報 63: 151-159.
- 33) 吉田宣夫, 富田道則, 武政安一, 高橋哲二. 1987. 飼料用稲のホールクロップ利用技術に関する研究. 1. 飼料用稲の調製方法と貯蔵性の関係. 日草誌 33: 109-115.

The Making of Rice Whole Crop Silage and an Evaluation of Its Value as Forage for Ruminants

Tadashi NAKUI, Shigehiko MASAKI, Tomoko AIHARA,
Nobuo YAHARA*¹⁾ and Shinji TAKAI*²⁾

Summary

Studies were conducted to investigate the effects of harvest time, length of cutting and alkali treatment on the yield, nutritive value and fermentative quality of rice whole crop silage and to determine the change of VFA production in the rumen of beef cattle with the intake of this silage.

The results are summarized as follows.

(1) The contents of moisture, total acids and volatile basic nitrogen (VBN) were higher in the silage harvested at an earlier ripening stage than those prepared at a later stage (yellow ripe to full ripe).

The values of pH, however, were lower in the silage from earlier stages. All of the silage contained a high percentage of butyric acids compared to corn silage, and contained most of the VFA. The fermentative quality of the silage, however, was improved by cutting short (> 10mm) the ensiling of rice.

(2) From the standpoint of the nutrient yield, fermentative quality and the voluntary intake by cattle, the yellow ripe stage demonstrated an advantage over other stages at the time of harvest. The maximum TDN yield of 650-700kg per 10 are, was obtained at the yellow ripe stage resulting in a level of TDN approximately 58%.

This suggests that the yellow ripe stage is the most favorable harvesting stage for the making of rice whole crop silage.

(3) The rumen VFA produced 13-14 mmol%/dl when the cattle were fed on rice whole crop silage. The ratio of acetic acids in the rumen juice was decreased with ripening of the rice, but the butyric acid ratio increased. The pH values of the rumen juice decreased most often in the range from 6.8 to 5.4.

Although 10-15% of starch was excreted when cattle were fed with rice whole crop silage. The excretion of indigestible starch can be improved by cutting the length of the ensiling of the rice shorter than 10mm.

(4) By the alkali treatment (NaOH was added at 4% of raw material weight), the digesti-

Present address :

*¹⁾ Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo, Hokkaido 004

*²⁾ Retired

bility of dry matter of rice whole crop silage was improved by approximately 10%.

The palatability to sheep, however, was decreased by the alkali treatment.