



農研機構

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

Effects of grain filling, variety and cutting length of whole crop rice silage on nutrient utilization, ruminal fermentation and chewing time in dry COWS

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): whole crop rice silage, cow, nutritive value, ruminal fermentation, chewing time 作成者: 樋口, 浩二, 田鎖, 直澄, 野中, 最子, 田島, 清, 藪元, 悠介, 都丸, 友久, 大谷, 文博, 小林, 洋介, 石川, 哲也, 栗原, 光規, 永西, 修 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00002160

熟期、品種および切断長の異なるイネホールクロップサイレージを 給与したウシの栄養素の利用性、第一胃内発酵および咀嚼時間

樋口浩二¹⁾・田鎖直澄²⁾・野中最子³⁾・田島 清⁴⁾・藪元悠介³⁾・都丸友久⁵⁾・
大谷文博¹⁾・小林洋介¹⁾・石川哲也⁶⁾・栗原光規⁷⁾・永西 修³⁾

¹⁾ 栄養素代謝研究チーム

²⁾ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター

³⁾ 畜産温暖化研究チーム

⁴⁾ 機能性飼料研究チーム

⁵⁾ 群馬県畜産試験場

⁶⁾ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター

⁷⁾ 独立行政法人農業生物資源研究所

要 約

体重 600kg 程度のホルスタイン種非妊娠乾乳牛にイネホールクロップサイレージを給与した場合の栄養素の利用性、ルーメン発酵、咀嚼行動に及ぼす熟期（はまさり；乳熟期、糊熟期、黄熟期）、品種（黄熟期；はまさり、クサホナミ、ホシアオバ、クサユタカ）、および収穫機械の違いによる切断長（黄熟期、モミロマン）の影響について検討するため3回の試験を実施した。すべてのイネホールクロップサイレージは飼料専用品種のイネであり、専用の収穫機にてロールバールラップサイレージに収穫調製したものをを用いた。ウシに給与する際には、尿素あるいは大豆粕を併給して粗タンパク質含量を補い、ウシの維持要求量を充足する程度を給与した。

その結果、登熟に伴い、可消化非繊維性炭水化物（NFC）含量が増加し、可消化中性デタージェント繊維（NDF）含量は低下した。可消化養分総量（TDN）は、有意な差はなかったが、登熟に伴い高くなる傾向にあった。また乾物摂取量あたりの咀嚼時間（粗飼料価指数；RVI）は、登熟に伴い有意に短くなったが、NDF 摂取量あたりの咀嚼時間には差はなかった。4品種のうち、はまさりは他に比べて可消化 NFC 含量および TDN が低かった。クサホナミ、ホシアオバ、クサユタカの TDN に有意な差はなかったが、ホシアオバとクサユタカは可消化 NFC 含量が高く、クサホナミは可消化 NDF 含量が高かった。RVI ははまさりが一番高く、その他の品種間には差はなかったが、NDF 摂取量あたりの咀嚼時間はクサホナミが一番短かった。切断長が長い場合、可消化 NFC 含量は高くなったが、TDN には有意な差はなかった。切断長の違いによる咀嚼時間の差は認められなかった。ルーメン液性状には登熟、品種および切断長による顕著な影響は見られなかった。

以上のことから、本実験で用いたイネホールクロップサイレージの TDN 含量はおおよそ同程度であった。また TDN の改善のためには可消化 NFC 含量が高くなることが重要と考えられた。但し、クサホナミは高消化繊維を多く含むことが示された。ルーメン発酵はいずれの処理においても大きな差はなく、粗飼料を給与した場合の典型的な発酵を示した。咀嚼時間には切断長の影響は見られず、品種の違いによる繊維含量や繊維の質が咀嚼時間に影響を及ぼした。

キーワード：イネホールクロップサイレージ、ウシ、栄養価、第一胃内発酵、咀嚼時間

緒 言

水稻の飼料化研究は、飼料自給率の向上と水田機能保持という二つの課題に応えうる成果が期待されることから、多くの取り組みがなされてきている¹⁸⁾。近年は、水稻をホールクロップサイレージ（イネホールクロップサイレージ）としてウシに給与することを目的とした多収性の飼料用イネ専用品種の開発もおこなわれ^{5, 14, 19, 25, 31)}、ロールバールラップサイレージとする収穫調製体系^{33, 34)}や、TMR中の輸入乾草をイネホールクロップサイレージと代替して搾乳牛へ給与する技術も検討されている^{6, 8, 29, 37)}。しかし、飼料設計時の基礎となるイネホールクロップサイレージの可消化養分総量（TDN）および代謝エネルギー価（ME 価）といった栄養価や、咀嚼時間といった物理性を示す飼料特性についてウシを用いて検討した報告は松山ら^{15, 16)}の報告に限られ、さらに同時にルーメン液性状についても検討した報告はない。また、ウシとヤギやヒツジとでは飼料の利用性が必ずしも同程度ではなく^{38, 35)}、イネホールクロップサイレージを給与したウシにおいては糞に粉が散見される^{15, 16, 29, 37, 38)}などのことから、ウシを用いて評価したデータの蓄積が必要と考えられる。そこで、本研究では熟期、品種および収穫時切断長の異なる飼料専用イネの発酵品質、ウシでの栄養価、粗飼料価指数および第一胃内発酵について比較検討した。

材料および方法

供試動物、供試飼料および物質出納試験

実験1（熟期の影響について）

供試動物は、フィステルを装着したホルスタイン種非妊娠未経産牛3頭（平均体重624kg）を用いた。供試したイネホールクロップサイレージは、2005年に埼玉県下の農家の同一水田において慣行的に栽培したイネ「はまさり」¹⁹⁾であり（6月下旬移植、9月17日出穂）、これを9月28日（乳熟期、出穂後11日）、10月6日（糊熟期、出穂後19日）および10月19日（黄熟期、出穂後32日）にフレール型専用収穫機（YWH1400、ヤンマー農機、大阪）で刈り取り、乳酸菌製剤の畜草1号（雪印種苗、北海道）を原物1トンあたり5g相当量を噴霧しながらロールバールに梱包し、ラップしてロールバールサイレージに調製したものである。調製後約8ヶ月後に開封、フォーレージハーベスターに投入・細切混合し、乳熟期、糊熟期、黄熟期およびこれらを混合した

4種類のサイレージを一食ごとにビニール袋に小分け、脱気した後に5℃以下の冷蔵庫内に給与するまで保管した。馴致期間として2週間は、乳熟期、糊熟期および黄熟期のイネサイレージを混合した飼料を給与した後、予備期9日、本試験期5日間の計14日間を1期とする3×3のラテン方格法に従って飼料を給与した。3つの処理区は乳熟区（MILK）、糊熟区（DOUGH）および黄熟区（YELLOW）とした。給与に際しては、給与飼料の粗タンパク質（CP）含量が12%程度になるよう大豆粕を併給した。

実験2（品種の影響について）

供試牛は、実験1と同個体3頭に同様なフィステル装着未経産牛1頭を加えた4頭（平均体重613kg）を用いた。供試飼料は、2004年に中央農業研究センター谷和原水田圃場において栽培した、玄米千粒重の異なるイネ4品種、「はまさり」（玄米千粒重：19g）¹⁹⁾、「クサホナミ」（20g）²⁵⁾、「ホシアオバ」（29g）¹⁴⁾、「クサユタカ」（35g）³¹⁾を選定した。移植・播種日は、5月28日（はまさり、ロングマット）、4月28日（クサホナミ、ロングマット）、4月12日（ホシアオバ、乾田直播）および5月28日（クサユタカ、ロングマット）であり、出穂日は9月5日（はまさり）、8月21日（クサホナミ）、8月5日（ホシアオバ）および8月10日（クサユタカ）であった。収穫日はいずれも黄熟期とし、10月6日（はまさり、出穂後31日）、9月22日（クサホナミ、出穂後32日）、9月9日（ホシアオバ、出穂後35日）および9月14日（クサユタカ、出穂後35日）であった。収穫は、コンバイン型専用収穫機（WB1000、タカキタ、三重）を用い、実験1と同様に「畜草1号」を添加してロールバールサイレージに調製した。調製後約8ヵ月後に開封し、フォーレージハーベスターで細切・混合した後、4品種をそれぞれ一食ごとにビニール袋に小分けし、実験1と同様に保管した。14日間の馴致期間で「はまさり」を給与した後、予備期9日、本試験期5日間の計14日間を1期とする4×4のラテン方格法に従って飼料を給与した。それぞれの品種のサイレージをひとつの給与区に設定し（はまさり区、クサホナミ区、ホシアオバ区、クサユタカ区）、尿素でCP含量を調製して給与した。

実験3（切断長の影響について）

実験2と同じウシを4頭（平均体重600kg）を用いた。供試飼料として、中央農業研究センター谷和原水田圃場において2007年に栽培したイネ「モミロマン」（5月

14日移植，8月13日出穂）を，9月19日（黄熟期，出穂後37日）にコンバイン型専用収穫機あるいは細断型ホールクロップ収穫機（タカキタ，三重）で刈り取り，ラップしてロールベールサイレージに調製した。約6ヶ月後に開封，ロールベールを展開し，それぞれの収穫機で調製したサイレージを一食ごとにビニール袋に小分け，脱気した後に5℃以下の冷蔵庫内に給与するまで保管した。コンバイン型専用収穫機（設定切断長12cm）で調製したサイレージを長切区（LONG），細断型ホールクロップ収穫機で設定切断長1.5cmに細切したものを短切区（SHORT）とし，4日間の馴致期間では，毎日両区（朝；長切区，夕；短切区）の飼料を給与した後，予備期9日，本試験期5日間の計14日間を1期とするクロスオーバー法に従って給与した。CP含量の調製には実験2と同様尿素を用いた。なお尿素への馴致は3週間ほど行った。

全ての実験で，動物は温度20℃，相対湿度60%に保った環境調節室に収容して，飼料は午前10時と午後4時に2回に分けて給与，水は自由摂取とした。実験1においては鉍塩も自由摂取とした。給与水準は，実験1から3までいずれも維持量程度²²⁾とした。本試験では全糞尿採取による消化試験と開放型呼吸試験装置¹⁰⁾による呼吸試験を実施した。また本試験中3日間連続でビデオカメラにより咀嚼行動を記録し，採食時間および反すう時間を計測した。本試験最終日にはルーメン液を朝の飼料給与直前および3時間後に，ステンレス製胃カテーテル（ルミナー；富士平工業，東京）により約300ml採取した。この報告における全ての動物実験は，「独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所動物実験実施に関する要領」に基づいて実施した。

化学分析・統計処理

サイレージ抽出液は，サイレージ新鮮サンプル50gを蒸留水300mlに一晩浸漬し，4重ガーゼで濾過したものをを用い，pH，乳酸，揮発性脂肪酸（VFA），揮発性塩基態窒素（VBN）を測定した。pHはガラス電極で測定した。乳酸は市販のキット（Fキット，D-乳酸/L-乳酸，J.K. インターナショナル，東京），VFAはガスクロマトグラフィー法⁷⁾，VBNは水蒸気蒸留法⁷⁾で分析した。供試飼料ならびに糞の一般成分は常法⁷⁾により，デンプンは阿部（1988）の方法¹⁾で測定した。但し，サイレージと糞の窒素含量は新鮮試料を用いてケルダール法⁷⁾にて測定した。胃液は採取直後に4重ガーゼでろ過，pHを測定した後，分析まで-30℃で保存した。胃液のVFA

はサイレージ抽出液と同様の方法で分析した。熱量は，飼料および糞については通風乾燥後粉碎し，尿については助燃剤を兼ねたポリエチレンフィルム容器内で凍結乾燥し⁹⁾，燃研式熱量計（CA-4PJ，島津製作所）で測定した。得られたデータについては，実験1および2ではラテン方格法に従って，実験3ではクロスオーバー法に従ってSAS²⁶⁾のGLMプロシージャーで分散分析をおこない，飼料給与の影響を検定，危険率5%以下を有意，10%以下を傾向ありとした。但し，胃液性状についてはSASのMIXEDプロシージャーで混合モデルとして解析をおこない，飼料給与の影響を検定した。実験1および2において飼料給与により有意な差があった場合，さらにTukeyの多重検定を実施し，処理区間の差を検定した。

結 果

供試サイレージの化学成分組成

表1に供試サイレージの化学組成を示した。実験1のサイレージ群では，刈り取り時期の天候の影響を受け，とくに糊熟期および黄熟期サイレージの水分は高くなった。また，登熟に伴い非繊維性炭水化物（NFC）およびデンプン含量が増加し，中性デタージェント繊維（NDF）含量は低下した。実験2のサイレージ群でも，「はまさり」は刈り取り時期の天候の影響を受け，水分が高くなった。NFCおよびデンプン含量は，「ホシアオバ」と「クサユタカ」が高く，次に「クサホナミ」，「はまさり」の順であった。一方，NDF含量は，「はまさり」と「クサホナミ」が，「ホシアオバ」と「クサユタカ」に比べて高い値となった。実験3のサイレージ群は，原料草が同一であるために化学成分に差は無かった。これらのサイレージを用いて設計した飼料の組成，および化学成分を表3に示した。

イネホールクロップサイレージの発酵品質

供試サイレージの発酵品質を表2に示した。実験1では，サイレージはいずれもpHはほぼ4.0まで低下し，乳酸含有率も1.0～1.3%あり，乳熟期は若干他よりも高めであるが揮発性塩基態窒素濃度（VBN/TN比）も低かったため，V-SCORE^{11,32)}も良と判定され，良好な発酵であったことが示された。実験2では，いずれのサイレージもpHは4.2程度にまで低下した。はまさりを除き，実験1には及ばないが乳酸含有率も0.5～0.7%あり，V-SCOREも良と判定され，良好な発酵を示し

Table 1. Chemical composition of whole crop rice silages

Item	Experiment 1			Experiment 2				Experiment 3	
	Milk ripe stage	Dough ripe stage	Yellow ripe stage	Hamasari	Kusahonami	Hoshiaoba	Kusayutaka	Long	Short
DM, %	26.0	23.6	29.1	27.5	39.4	35.5	40.4	32.3	31.4
OM, %DM	83.2	83.1	83.9	81.4	85.4	84.1	82.3	86.8	85.9
CP	8.8	8.8	8.3	5.6	4.8	5.9	5.0	8.0	8.2
NFC	15.8	18.4	28.6	22.5	25.2	29.9	29.0	25.9	25.2
Starch	7.2	11.1	17.1	13.2	16.0	18.4	17.6	16.3	15.9
EE	3.3	3.3	3.0	2.6	2.5	2.7	2.3	3.0	3.0
NDF	55.3	52.6	44.0	50.7	52.9	45.5	46.1	49.9	49.6
ADF	36.4	34.4	29.5	33.1	32.4	29.9	29.0	32.6	31.3
CA	16.9	17.0	16.1	18.6	14.6	15.9	17.7	13.2	14.1
Gross energy, Mcal/kgDM	4.05	4.05	4.01	3.82	3.93	3.90	3.75	4.15	4.10

In the experiment 1, rice plant "Hamasari" was harvested and ensiled at each stages. In the experiment 2, rice plant "Hamasari", "Kusahonami", "Hoshiaoba" and "Kusayutaka" were harvested at yellow ripeness and ensiled. In the experiment 3, rice plant "Momiroman" was harvested by combined type harvester (Long) or round baler for chopped material (Short) and ensiled. DM, dry matter. OM, organic matter. CP, crude protein. NFC, nonfibrous carbohydrates. EE, ether extracts. NDF, neutral detergent fiber. ADF, acid detergent fiber. CA, crude ash.

Table 2. Fermentation characteristics of whole crop rice silages

	pH	Organic acid composition, %Fresh matter				VBN/TN, %	V-SCORE
		Lactic acid	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid		
Experiment 1 (comparison of ripeness stages)							
Milk ripeness	4.0	1.3	0.5	0.0	0.1	8.2	83
Dough ripeness	3.9	1.1	0.5	0.0	0.0	6.5	91
Yellow ripeness	4.1	1.0	0.5	0.0	0.0	6.2	95
Experiment 2 (comparison of varieties)							
Hamasari	4.3	0.2	0.7	0.1	0.3	9.5	61
Kusahonami	4.2	0.5	0.6	0.0	0.0	5.4	94
Hoshiaoba	4.3	0.5	0.6	0.0	0.1	5.6	90
Kusayutaka	4.2	0.7	0.5	0.0	0.0	4.0	95
Experiment 3 (comparison of cutting length)							
Long	4.8	0.3	0.7	0.1	0.2	2.5	78
Short	4.5	0.6	0.6	0.1	0.4	2.6	61

In the experiment 1, rice plant "Hamasari" was harvested and ensiled at each stages. In the experiment 2, rice plant "Hamasari", "Kusahonami", "Hoshiaoba" and "Kusayutaka" were harvested at yellow ripeness and ensiled. In the experiment 3, rice plant "Momiroman" was harvested by combined type harvester (Long) or round baler for chopped material (Short) and ensiled. VBN/TN, volatile basic nitrogen/total nitrogen.

た。はまさりでは、乳酸含有率が0.2%程度であり、酪酸も検出され、さらにVBN/TN比も若干高めであったため、V-SCOREでは低い評価となった。実験3では、pHは4.8および4.5と他の実験と比べて高い水準にあり、長切サイレージでは乳酸含有量は0.3%であった。また、両サイレージとも酪酸が検出されたが、VBN/TN比は低かったため、V-SCOREでは可の評価であった。

実験1

体重、乾物摂取量 (DMI)、消化率ならびにエネルギー

代謝を表4に示した。体重には処理区間の差が認められた。またDMIが乳熟区で有意に多くなっているが、これは給与量が多くなったためである。体重に処理区間差が認められたのは、乳熟区の乾物給与量が多くなってしまったことと、原物給与量が乳熟区(約34kg/day)および糊熟区(約33kg/day)が黄熟区(約27kg/day)よりも多かったためと考えられた。乾物(DM)、有機物(OM)およびデンプンの消化率には処理区間の差はなかったが、NFCの消化率は乳熟区が有意に低くなった。一方、NDFおよび酸性デタージェント繊維

Table 3. Ingredients and chemical composition of the diets

Item	Experiment 1			Experiment 2				Experiment 3	
	MILK	DOUGH	YELLOW	HAMASARI	KUSAHONAMI	HOSHIAOBA	KUSAYUTAKA	LONG	SHORT
Ingredient composition, %DM									
Whole crop rice silage	93.5	92.2	91.0	97.5	97.5	97.5	97.5	96.9	97.0
Soybean meal	6.6	7.9	9.1						
Urea				1.8	1.8	1.8	1.8	1.2	1.0
Mineral mix				0.8	0.8	0.8	0.8	2.0	2.0
Chemical composition, %DM									
OM	83.8	83.9	84.8	81.2	85.0	83.7	82.0	85.2	84.4
CP	11.6	12.2	12.3	10.4	9.7	10.8	9.8	11.1	10.9
NFC	16.1	18.6	27.9	22.0	24.6	29.2	28.3	25.1	24.4
Starch	6.8	10.3	15.6	12.8	15.6	17.9	17.2	15.7	15.4
EE	3.3	3.3	3.0	2.6	2.4	2.6	2.2	2.9	2.9
NDF	52.8	49.8	41.6	49.5	51.6	44.4	44.9	48.3	48.1
ADF	34.7	32.5	27.7	32.3	31.6	29.2	28.3	31.5	30.3
CA	16.2	16.1	15.2	18.8	15.0	16.3	18.0	14.8	15.6
Gross energy, Mcal/kgDM	4.1	4.1	4.1	3.8	3.9	3.8	3.7	4.0	4.0

In the experiment 1, MILK, DOUGH and YELLOW represent the experimental diets composed by whole crop rice silages harvested at milk ripeness, dough ripeness and yellow ripeness, respectively. In the experiment 2, HAMASARI, KUSAHONAMI, HOSHIAOBA and KUSAYUTAKA represent the experimental diets composed by the varieties of whole crop rice silages harvested at yellow ripeness. In the experiment 3, LONG and SHORT represent the experimental diets composed by the whole crop rice silages ensiled by combined type harvester and round baler for chopped material, respectively. DM, dry matter. OM, organic matter. CP, crude protein. NFC, nonfibrous carbohydrates. EE, ether extracts. NDF, neutral detergent fiber. ADF, acid detergent fiber. CA, crude ash.

(ADF) の消化率は、登熟に伴い低くなる傾向が認められた。DMI の増加に伴って、総エネルギー (GE) 摂取量も乳熟区が有意に多くなった。その他のエネルギー配分率および利用効率には区間の差は認められなかったが、熱増加 (HI)¹³⁾ は乳熟区が高い値を示した。ルーメン液性状および咀嚼時間を表 5 に示した。pH, アンモニア態窒素および総 VFA 濃度には差は認められなかったが、酢酸：プロピオン酸比は黄熟区で高い値を示した。咀嚼活動では、乾物摂取量あたりの咀嚼時間は乳熟区で最も長くなったが、NDF 摂取量あたりの咀嚼時間には区間の差は認められなかった。大豆粕の可消化養分総量 (TDN) を 86.8%, 可消化エネルギー (DE) 値ならびに代謝エネルギー (ME) 値をそれぞれ 3.83, 3.34 Mcal/kgDM とし²²⁾ 試験飼料から差し引いて求めたイネホールクroppサイレージの可消化養分含量および飼料の栄養価を表 6 に示した。可消化 OM 含量 (DOM) および可消化 CP (DCP) 含量には処理区間の差はなかった。登熟に伴い、可消化 NFC 含量 (DNFC) は増加し、可消化 NDF 含量は (DNDF) 減少した。TDN, DE 値および ME 値には区間の差は認められなかった。

実験 2

体重, DMI, 消化率ならびにエネルギー代謝を表 7

に示した。体重および乾物摂取量には処理間の差はなかった。はまさり区の DM, OM およびデンプンの消化率は、他の品種に比べて有意に低かった。NFC の消化率は、ホシアオバ区とクサユタカ区が最も高く、次にクサホナミ区で、はまさり区は最も低かった。一方、繊維の消化率には処理間の有意な差は認められなかった。DMI には区間の差はなかったが、はまさり区の GE 摂取量はクサホナミ区に対して有意に低く、糞エネルギー (FE) への配分率は最も高かった。維持へのエネルギー利用効率 (km), HI および維持への代謝エネルギー要求量 (ME_m) には区間の差はなかった。ルーメン液の pH, アンモニア態窒素および総 VFA 濃度には区間の差は認められなかった (表 8)。酢酸と酪酸モル比率には処理区間の差は認められなかったが、プロピオン酸のモル比率はクサユタカ区で最も高くなり、従って、酢酸：プロピオン酸比はクサユタカ区が最も低い値となった。DMI あたりの咀嚼時間ははまさり区が最も長かったが (表 8), NDF 摂取量あたりの咀嚼時間で見た場合、クサホナミ区が他に比べて有意に短くなった。可消化の養分含量について (表 9), DOM ははまさり区が低い値となり、DNFC はホシアオバ区とクサユタカ区が最も高く、次にクサホナミ区が高い値となった。DNDF はクサホナミ区が高い値であった。TDN, DE および ME は、

Table 4. Dry matter intake(DMI), digestibilities and energy metabolism in cows fed whole crop rice silage diets in experiment 1

Item	Diets			SEM	Significance
	MILK	DOUGH	YELLOW		
Body weight, kg	637a	623b	613c	1	0.01
DMI, kg/day	9.25a	8.33b	8.23b	0.06	0.05
Digestibility, %					
DM	48.6	50.6	53.1	1.2	NS
OM	56.1	58.2	59.5	0.9	NS
CP	67.2	67.1	65.8	0.6	NS
NFC	78.4b	84.0a	86.5a	0.6	0.05
Starch	90.5	89.6	89.0	2.9	NS
EE	63.4	63.9	66.0	0.9	NS
NDF	46.2	45.3	38.8	1.3	0.10
ADF	48.7	47.0	43.2	0.9	0.10
GE, Mcal/day	37.9a	34.2b	33.5b	0.3	0.05
FE, %GE	45.1	43.1	41.5	0.9	NS
UE, %GE	4.4	4.0	3.8	0.1	NS
Methane, %GE	6.7	7.0	7.5	0.2	NS
HP, %GE	43.7	72.9	42.5	1.0	NS
RE, Mcal/day	0.0	3.1	4.8	0.4	NS
DE/GE	0.55	0.57	0.59	0.01	NS
ME/GE	0.44	0.46	0.47	0.01	NS
km	0.610	0.703	0.725	0.021	NS
HI, Kcal/kgBW ^{0.75} /day	53.1a	40.0ab	38.0b	1.9	0.05
MEm, kcal/kgBM ^{0.75} /day	132.1	114.2	110.7	4.4	NS

MILK, DOUGH and YELLOW represent the experimental diets composed by whole crop rice silages harvested at milk ripeness, dough ripeness and yellow ripeness, respectively. DM, dry matter. OM, organic matter. CP, crude protein. NFC, nonfibrous carbohydrates. EE, ether extracts. NDF, neutral detergent fiber. ADF, acid detergent fiber. GE, gross energy. FE, fecal energy. UE, urinary energy. HP, heat production. RE, retained energy. DE, digestible energy. ME, metabolisable energy. km, ME availability for maintenance energy. HI, heat increment (HI=HP-77.7kcal/kg metabolic body weight/day), MEm, metabolisable energy requirement for maintenance. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

いずれもはまさり区が低い値となった。

実験3

体重およびDMIに処理区間の差はなかった(表10)。またCPおよび粗脂肪(EE)を除いて飼料の消化率、

Table 5. Ruminal liquor pH, volatile fatty acid (VFA) composition and chewing activities in cows fed whole crop rice silage diets in experiment 1

Item	Diets			SEM	Significance
	MILK	DOUGH	YELLOW		
pH	6.7	6.8	6.7	0.1	NS
Ammonia-N, mg/100ml	11.8	12.9	9.6	0.9	NS
Total VFA, mmol/L	85.3	84.0	84.2	4.3	NS
Acetate, mol/100mol	64.1b	66.9a	67.1a	0.4	0.05
Propionate, mol/100mol	20.7a	19.9a	17.1b	0.4	0.01
Butyrate, mol/100mol	12.1a	10.2b	13.1a	0.4	0.01
Acetate:propionate	3.1b	3.4b	3.9a	0.1	0.01
Eating time, min/kgDMI	31	13	10	3	0.10
Rumination time, min/kgDMI	58	56	46	2	0.10
Total chewing time, min/kgDMI	90a	69ab	56b	3	0.05
Eating time, min/kgNDFI	60	26	24	6	0.10
Rumination time, min/kgNDFI	111	114	113	4	NS
Total chewing time, min/kgNDFI	171	140	137	8	NS

MILK, DOUGH and YELLOW represent the experimental diets composed by whole crop rice silages harvested at milk ripeness, dough ripeness and yellow ripeness, respectively. DMI, dry matter intake. NDFI, neutral detergent fiber intake. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

Table 6. Digestible nutrient contents and nutritive values of 3 different stage of whole crop rice silage in experiment 1

Item	Milk ripe stage	Dough ripe stage	Yellow ripe stage	SEM	Significance
Digestible nutrient contents, %					
DOM	47.1	48.7	50.7	0.9	NS
DCP	7.7	8.3	8.1	0.3	NS
DNFC	12.8b	15.5ab	25.1a	1.2	0.05
DNDF	24.4a	22.4a	16.0b	0.5	0.05
TDN	46.8	47.9	50.0	1.2	NS
DE, Mcal/kgDM	2.13	2.20	2.25	0.05	NS
ME, Mcal/kgDM	1.68	1.75	1.80	0.06	NS

Rice plant "Hamasari" was harvested and ensiled at milk, dough and yellow ripe stage. DOM, digestible organic matter. DCP, digestible crude protein. DNFC, digestible neutral detergent fiber. TDN, total digestible nutrients. DE, digestible energy. ME, metabolisable energy. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

エネルギー配分およびエネルギーの利用効率には差は認められなかった。ルーメン液性状については、長切区の酢酸モル比率が有意に高かったことを除き、いずれも処理区間の差はなかった(表11)。また、DMあるいはNDF摂取量あたりの咀嚼時間いずれについても処理区

Table 7. Dry matter intake (DMI), digestibilities and energy metabolism in cows fed diets composed by the varieties of whole crop rice silages in experiment 2

Item	Diets				SEM	Significance
	HAMASARI	KUSAHONAMI	HOSHIAOBA	KUSAYUTAKA		
Body weight, kg	616	612	611	615	2	NS
DMI, kg/day	7.55	7.75	7.75	7.74	0.09	NS
Digestibility, %						
DM	48.0b	54.2a	55.7a	53.0a	1.0	0.01
OM	54.8b	59.6a	61.6a	61.2a	0.9	0.01
CP	67.9	68.6	70.0	69.7	0.6	NS
NFC	86.4c	89.7b	93.2a	93.5a	0.4	0.01
Starch	93.4b	95.2a	96.2a	96.8a	0.4	0.01
EE	59.2b	61.0b	65.6a	57.1b	0.9	0.01
NDF	42.3	47.5	42.9	43.6	1.4	NS
ADF	45.6	48.9	46.9	42.5	3.4	NS
GE, Mcal/day	28.5b	30.1a	29.8ab	28.6ab	0.3	0.05
FE, %GE	46.8a	42.7ab	40.2b	40.7b	0.9	0.10
UE, %GE	3.3	3.2	3.3	3.2	0.1	NS
Methane, %GE	7.8	8.5	8.8	8.9	0.2	0.10
HP, %GE	52.5	48.3	50.8	50.9	1.0	NS
RE, Mcal/day	-2.9b	-0.8a	-0.9a	-1.1ab	0.4	0.05
DE/GE	0.53b	0.57ab	0.60a	0.59ab	0.01	0.01
ME/GE	0.42b	0.46ab	0.48a	0.47ab	0.01	0.01
km	0.584	0.660	0.628	0.653	0.021	NS
HI, Kcal/kgBW ^{0.75} /day	42.9	40.4	45.5	40.6	1.9	NS
ME _m , kcal/kgBW ^{0.75} /day	138.8	122.2	127.9	123.1	4.4	NS

HAMASARI, KUSAHONAMI, HOSHIAOBA and KUSAYUTAKA represent the experimental diets composed by the varieties of whole crop rice silages harvested at yellow ripeness. DM, dry matter. OM, organic matter. CP, crude protein. NFC, nonfibrous carbohydrates. EE, ether extracts. NDF, neutral detergent fiber. ADF, acid detergent fiber. GE, gross energy. FE, fecal energy. UE, urinary energy. HP, heat production. RE, retained energy. DE, digestible energy. ME, metabolisable energy. km, ME availability for maintenance energy. HI, heat increment (HI=HP-77.7 kcal/kg metabolic body weight/day), ME_m, metabolisable energy requirement for maintenance. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

Table 8. Ruminal liquor pH, volatile fatty acid (VFA) composition and chewing activities of cows fed diets composed by the varieties of whole crop rice silage in experiment 2

Item	Diets				SEM	Significance
	HAMASARI	KUSAHONAMI	HOSHIAOBA	KUSAYUTAKA		
pH	6.9	6.9	6.9	6.9	0.1	NS
Ammonia-N, mg/100ml	11.9	12.5	11.0	11.5	1.0	NS
Total VFA, mmol/L	78.0	80.5	79.1	78.9	3.9	NS
Acetate, mol/100mol	72.0	71.6	71.8	70.6	0.4	NS
Propionate, mol/100mol	15.1b	15.4ab	15.0b	16.4a	0.2	0.05
Butyrate, mol/100mol	9.4	9.1	9.0	9.5	0.3	NS
Acetate : propionate	4.9a	4.7ab	4.8a	4.3b	0.1	0.05
Eating time, min/kgDMI	25a	17b	16b	18b	1	0.01
Rumination time, min/kgDMI	70a	62b	63b	62b	1	0.01
Total chewing time, min/kgDMI	95a	79b	79b	80b	1	0.01
Eating time, min/kgNDFI	52a	33b	35b	40ab	3	0.05
Rumination time, min/kgNDFI	142a	121b	142a	138a	2	0.01
Total chewing time, min/kgNDFI	194a	153b	177a	179a	4	0.01

HAMASARI, KUSAHONAMI, HOSHIAOBA and KUSAYUTAKA represent the experimental diets composed by the varieties of whole crop rice silages harvested at yellow ripeness. DMI, dry matter intake. NDFI, neutral detergent fiber intake. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

Table 9. Digestible nutrient contents and nutritive values of 4 varieties of whole crop rice silage in experiment 2

Item	Hamasari	Kusahonami	Hoshiaoba	Kusayutaka	SEM	Significance
Digestible nutrient contents, %						
DOM	45.3b	51.4a	52.3a	50.9a	0.8	0.01
DCP	7.1b	6.7c	7.6a	6.9bc	0.1	0.01
DNFC	15.8c	18.7b	23.9a	23.1a	0.6	0.01
DNDF	20.8b	24.5a	19.1b	19.6b	0.7	0.01
TDN	47.2b	53.3a	54.4a	52.5a	0.8	0.01
DE, Mcal/kgDM	2.01b	2.24a	2.31a	2.21ab	0.04	0.01
ME, Mcal/kgDM	1.58b	1.77a	1.84a	1.74ab	0.03	0.01

Rice plant "Hamasari", "Kusahonami", "Hoshiaoba", and "Kusayutaka" were harvested and ensiled at yellow ripe stage. DOM, digestible organic matter. DCP, digestible crude protein. DNFC, digestible neutral detergent fiber. TDN, total digestible nutrients. DE, digestible energy. ME, metabolisable energy. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

Table 10. Dry matter intake (DMI), digestibilities and energy metabolism in cows fed 2 different cutting length of whole crop rice

Item	Diets		SEM	Significance
	LONG	SHORT		
Body weight, kg	600	602	1	NS
DMI, kg/day	8.67	9.01	0.25	NS
Digestibility, %				
DM	54.7	53.1	1.1	NS
OM	60.3	58.7	1.0	NS
CP	67.1	63.3	0.9	0.10
NFC	90.6	89.4	0.4	NS
Starch	97.0	96.4	0.4	NS
EE	66.1	63.2	0.2	0.01
NDF	44.0	43.6	1.9	NS
ADF	45.1	43.1	2.4	NS
GE, Mcal/day	35.0	35.8	0.9	NS
FE, %GE	41.9	43.5	0.9	NS
UE, %GE	3.9	3.7	0.1	NS
Methane, %GE	6.7	7.0	0.3	NS
HP, %GE	41.8	42.8	0.4	NS
RE, Mcal/day	5.9	3.1	1.2	NS
DE/GE	0.58	0.57	0.01	NS
ME/GE	0.48	0.46	0.01	NS
km	0.707	0.658	0.013	NS
HI, Kcal/kgBW ^{0.75} /day	43.8	48.5	2.2	NS
ME _m , kcal/kgBW ^{0.75} /day	115.2	123.0	2.4	NS

LONG and SHORT represent the experimental diets composed by the whole crop rice silages ensiled by combined type harvester and round baler for chopped material, respectively. OM, organic matter. CP, crude protein. NFC, nonfibrous carbohydrates. EE, ether extracts. NDF, neutral detergent fiber. ADF, acid detergent fiber. GE, gross energy. FE, fecal energy. UE, urinary energy. HP, heat production. RE, retained energy. DE, digestible energy. ME, metabolisable energy. km, ME availability for maintenance energy. HI, heat increment (HI=HP-77.7 kcal/kg metabolic body weight/day), ME_m, metabolisable energy requirement for maintenance. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

Table 11. Ruminal liquor pH, volatile fatty acid (VFA) composition and chewing activities in cows fed 2 different cutting length of whole crop rice silage diets in experiment 3

Item	Diets		SEM	Significance
	LONG	SHORT		
pH	6.9	7.0	0.1	NS
Ammonia-N, mg/100ml	12.4	13.3	1.1	NS
Total VFA, mmol/L	79.8	79.9	3.2	NS
Acetate, mol/100mol	72.4	70.7	1.1	0.05
Propionate, mol/100mol	15.8	16.6	1.1	NS
Butyrate, mol/100mol	9.4	10.1	0.3	NS
Acetate : propionate	4.7	4.4	0.4	NS
Eating time, min/kgDMI	18	12	3	NS
Rumination time, min/kgDMI	54	55	4	NS
Total chewing time, min/kgDMI	72	67	7	NS
Eating time, min/kgNDFI	38	24	7	NS
Rumination time, min/kgNDFI	114	115	10	NS
Total chewing time, min/kgNDFI	151	139	17	NS

LONG and SHORT represent the experimental diets composed by the whole crop rice silages ensiled by combined type harvester and round baler for chopped material, respectively. DMI, dry matter intake. NDFI, neutral detergent fiber intake. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

間の差はなかった。長切区の DNFC が有意に高くなったことを除き、可消化養分含量および飼料のエネルギー価に処理区間の差は認められなかった (表 12)。

考察

一般にイネホールクroppサイレージは、茎が中空のため空気の残存率が高く好気性微生物が増殖しやすい可能性があること^{2,3)}、付着乳酸菌数および乳酸発酵基質である可溶性糖類が少ないこと²⁴⁾、さらに水分含量

Table 12. Digestible nutrient contents and nutritive values of 2 different cutting length of whole crop rice silage in experiment 3

Item	Long	Short	SEM	Significance
Digestible nutrient contents, %				
DOM	51.4	49.6	0.8	NS
DCP	7.4	6.9	0.1	0.10
DNFC	22.7	21.8	0.1	0.05
DNDF	21.3	21.0	0.9	NS
TDN	53.8	51.9	0.9	NS
DE, Mcal/gDM	2.43	2.32	0.03	NS
ME, Mcal/kgDM	1.99	1.88	0.03	NS

Long and Short represent the whole crop rice silages ensiled by combined type harvester and round baler for chopped material, respectively. DOM, digestible organic matter. DCP, digestible crude protein. DNFC, digestible neutral detergent fiber. TDN, total digestible nutrients. DE, digestible energy. ME, metabolisable energy. SEM, standard error of means. NS, not significant. Means within rows with different letters are significantly different.

が高い場合には酪酸菌の活性が高まる可能性があること²⁰⁾から、乳酸含量が低く、酢酸や酪酸含量の高い低質サイレージになる可能性が高いと考えられている。一方、イネホークロップサイレージへ乳酸菌製剤である畜草1号を添加すると、乳酸菌の旺盛な増殖により酪酸菌やその他の有害微生物の増殖を抑えるとともに、長期にわたって乳酸発酵を行うため良好な発酵品質となることが示されている²⁴⁾。

本研究では実験1および実験2のイネについては畜草1号を添加した。実験1のイネは刈り取り時期および天候の影響で水分含量が70%以上の高水分サイレージとなったにもかかわらず、pHは4程度、乳酸含量は1%以上あり、酪酸はほとんど検出されないなど、良好な発酵品質であるといえた。これは、蔡ら²⁴⁾の報告にある、本実験と同じくフレール型収穫機で収穫調製し、畜草1号を添加した「はまさり」の発酵品質と類似していた。実験2のイネは、天候の影響を受け高水分となった「はまさり」を除いて、水分含量が60～64%程度で比較的適正²⁰⁾であったことから、乳酸含量は0.5～0.7%程度、酪酸はほとんど検出されず、実験1と同様に良好な発酵品質であるといえた。河本ら¹²⁾の報告によると、実験2と同様にコンバイン型収穫機で収穫調製したイネに、畜草1号を添加しなかった場合、サイレージの水分含量は本実験とほぼ同等にもかかわらずpHは5.7と高い水準にあったことから、本実験においても畜草1号がイネの発酵品質を高めたものと推察された。実験3では、実験1および2に比べて、サイレージのpHは若干高い水準であり、酪酸も検出されたことから、発酵品

質は若干低くなった。河本ら¹²⁾の報告によると、水分58%程度のイネを細断型収穫機で収穫調製したサイレージはpH4、乳酸含量は約2%で酪酸は検出されないなど、コンバイン型収穫機で収穫調製したものに比べて発酵品質が良好であるとされる。しかし本実験では、細断型収穫機でイネが細切されたことによる大幅な発酵品質の向上は見られず、これは供試イネの水分含量が約68%と河本ら¹²⁾の報告と比べて比較的高水分であったことが影響したと推察された。

実験1のサイレージ群は、登熟に伴いNFCおよびデンプン含量が増加し、NDF含量は低下したことから、登熟に伴う典型的な草型の変化を反映するものであると考えられた。実験2のサイレージ群では、NFCおよびデンプン含量は、「ホシアオバ」と「クサユタカ」が高く、次に「クサホナミ」、「はまさり」の順であった。本実験に用いた品種では、「はまさり」、「クサホナミ」、「ホシアオバ」、「クサユタカ」の順に千粒粗重量が小さいが、穂比率では「ホシアオバ」が一番高かったため、NFCおよびデンプン含量は「ホシアオバ」と「クサホナミ」でほぼ同水準となった。一方、NDF含量は、「はまさり」と「クサホナミ」の2品種が、「ホシアオバ」と「クサユタカ」に比べて高い値となった。なお、実験2の「はまさり」のNFC、デンプンおよびNDF含量は、実験1の糊熟期と黄熟期の中間程度の値であること、デンプン含量も松山ら^{15,16)}の報告にある黄熟期の「はまさり」より低めであることから、実験2の「はまさり」の生育は十分ではなかったかあるいは遅れた可能性が考えられた。実験3のサイレージ群は、原料草が同一であるために化学成分に差は無かった。供試イネホークロップサイレージを日本標準飼料成分表(2001)²¹⁾のイネサイレージと比較すると、実験2のサイレージは粗タンパク質(CP)含量が低く、実験1および2のサイレージは灰分含量が高かった。NDFの含量については、実験1の黄熟期刈り取りのサイレージは低い値であった。灰分含量の高さはそのままTDN含量に負として作用するため好ましくないが、いずれの実験に用いたサイレージもおおよそ成分表に示されたものと同程度であったことから、供試したイネホークロップサイレージは一般的なイネホークロップサイレージとほぼ同等のものと考えてよいと思われた。

登熟に伴うNFC消化率の増加と繊維成分の消化率低下は、ヒツジを用いて報告された試験結果と同様であった¹⁸⁾。ウシを用いた試験¹⁵⁾では登熟に伴う消化率の差異は検出されていないが、本実験においては、NFCの

消化率は乳熟期がその他の熟期よりも有意に低いことが認められた。箭原ら³⁶⁾も乳熟期のイネにおいて栄養素消化率の大きな低下がおこることを報告しており、これは乳熟期における茎葉のADFと粗ケイ酸の含量増加によると考察している。本報告における乳熟期のNFC消化率の低下原因は明らかではないが、穂部に多く含まれるデンプンの消化率には熟期による差は認められなかったので、主に茎葉の利用性が影響したものと考えられた。品種間の比較では、はまさり区でDMおよびOMの消化率が他の処理区よりも有意に低くなった。はまさり区におけるDM消化率の低さは、灰分含量の高さに原因があると考えられた。その上、NFCの消化率も低かったためOM消化率も低い値になったと考えられた。これらのことが、はまさり区のGE摂取量とエネルギー消化率の低下を引き起こし、加えて乾物あたりの咀嚼時間が他の区に比べて有意に長かったことがエネルギー消費量を増大させ、蓄積エネルギー(RE)と代謝率(ME/GE)を低下させたと考えられた。

泌乳牛にイネホールクロップサイレージを給与した場合、フンに大量に排泄される粉が問題視される^{37,38)}。本実験においてもフン中に大量の粉が散見されたにもかかわらず、デンプンの消化率はおおむね90%以上であった。イネホールクロップサイレージを給与した場合のデンプンの消化率は、ヒツジでは100%に近い値であること¹⁸⁾、ウシでは70~90%程度と報告されている^{15,16,18,36)}ことから、ほぼ維持レベルの給与水準であれば、イネホールクロップサイレージ子実内のデンプンはほとんど消化されているものと考えられた。篠田ら²⁷⁾は、より粒の大きい粉の方が、第一胃から流出しにくく反すう・咀嚼をより多く受けるため、利用性が高いことを報告している。実験2では千粒粉重量の異なる品種を選定して供試し、事実、千粒粉重量の大きい品種の方がNFCおよびデンプンの利用性は高かった。但し、給与時にフォーレージハーベスターで細切しているため、子実の大きささと利用性との関係について本実験では明らかにはできなかった。

TDN含量は登熟に伴い有意ではないが増加した。その内訳として、DNFCが有意に増加する一方、DNDF含量は有意に低下した。これら登熟に伴う飼料中可消化成分割合の変化は、これまでに報告されていることとよく一致^{18,36)}する結果であった。TDN含量はおよそ50%程度であり、成分表に示されている値より若干低めであった。TDN含量が50%を上回る場合はおおむねDNFC含量が20%を超えている場合であり、TDN含

量の増加には登熟に伴うDNFC含量の増加が重要な役割を担っていることが伺えた。これは、穂比率によりTDN含量を推定できるとする報告⁴⁾とも関連する結果と考えられた。但し、「クサホナミ」に関しては、黄熟期にも関わらずDNFC含量は20%を下回り、一方NDF含量は「はまさり」の糊熟期、DNDF含量は同じく「はまさり」の乳熟期とほぼ同等であることから、繊維質に富む茎葉の利用性が高い品種である可能性が伺えた。

一般に、粗繊維含量の高い飼料を給与すると胃液VFAの酢酸割合が高まり、デンプンなどの易発酵性炭水化物含量の高い飼料を給与するとプロピオン酸と酪酸の割合が高まることが通説とされる²⁹⁾。本実験においても、給与したサイレージによりプロピオン酸あるいは酪酸の比率に差は認められた。酢酸の割合を1とした場合、プロピオン酸と酪酸の割合はいずれの実験においても、それぞれ0.2~0.3および0.1~0.2の程度で表された。一方、名久井ら¹⁸⁾が示した値は、酢酸の割合を1とした場合プロピオン酸と酪酸いずれも0.6~1.0の範囲であり、本実験よりも圧倒的にプロピオン酸と酪酸の割合が高いことが示されている。それは、名久井ら¹⁸⁾の用いたイネは子実重量割合が43~56%、デンプン含量が21~41%であったことから、本実験で用いたイネ(穂比率29~49%、デンプン含量7~18%)に比べてルーメンでの発酵の様相が大きく異なると推察された。そしてルーメン発酵でみた場合、本実験に用いたイネホールクロップサイレージは粗飼料の色合いの強い特性を示したと考えられた。

咀嚼時間は、粗飼料の繊維含量や切断長に比例して長くなることが知られている¹⁷⁾。本実験では切断長を2cm程度に細切したものと15cm程度のイネホールクロップサイレージを給与したが、切断長の差異が咀嚼時間に及ぼす影響は明確ではなく、品種および熟期の差異が及ぼす影響のほうが強いことが示された。松山ら^{15,16)}も、2cmに切断したイネホールクロップサイレージにおいて、乳熟期のイネホールクロップサイレージ(「はまさり」)は咀嚼時間が長くなることを示している。これは切断長よりも飼料中の繊維の含量や繊維の質がより咀嚼時間に影響を及ぼす可能性を示すものと考えられた。とくに乳熟期のイネホールクロップサイレージは、糊熟期のサイレージと比べてNDF含量が若干高い程度にもかかわらず、DMおよびNDF摂取量あたりの咀嚼時間には大きな差異があるように思われる。これは乳熟期のイネホールクロップサイレージの粗剛性が他の熟期に比べて高いことを示すと考えられた。これとは逆に「クサホ

ナミ」は、NDF 含量が高いにもかかわらずその消化率は高く、一方では咀嚼時間は短かった。

以上の結果から、本実験に用いたイネホールクroppサイレージをウシに給与した場合の特徴として、栄養価としては NFC およびデンプン含量が重要であること、総合的な特性としては、繊維質の含量の高い粗飼料的な特性を強く示すことが挙げられた。それは、登熟により DNFC 含量は増加、DNDF 含量は低下し、TDN としては値が高くなってゆくこと、品種により DNFC と DNDF 含量の比率に差はあるが、その増減は相殺され、TDN でみた場合は黄熟期ではほぼ同等であったことによる。また、NFC およびデンプン含量は登熟により高まるが、繊維の粗剛性が強いいため、ルーメン発酵でみた場合には粗飼料的な発酵を示し、咀嚼時間については切断長の影響は見られなかったことによる。

NFC およびデンプン含量は可消化成分として大きな割合を占めることから、これらの含量の高い品種を選択すること、あるいはクサホナミのような繊維の利用性の高い品種を選択することは、イネホールクroppサイレージの栄養価の向上には重要と考えられた。さらに、イネホールクroppサイレージの灰分含量は実験および品種間で大きく異なった。灰分のうちケイ酸はイネの茎葉に多く含まれ、イネの発育や耐病性にも重要であるため一概に問題視することはできないが、TDN 含量に直接影響する要因でもあるため、茎葉繊維の消化性を高めるような品種育成や土壌付着を避けるような栽培・収穫をすることもイネホールクroppサイレージの栄養価や品質向上に資すると考えられた。

謝 辞

本論文の作成にあたり貴重なご意見をいただいた畜産草地研究所の寺田文典博士に感謝いたします。業務科の諸氏には飼料の調製、保存、動物実験に関して多大なる支援を賜った。飼料の栽培・収穫・調製には、埼玉県本庄農林振興センターの根岸七緒技師に多大なる協力をいただいた。一般分析では蕪澤恵美子さん、島田知子さんにご尽力いただいた。皆様のご協力に深く感謝いたします。また本研究は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構の『地域農業確立総合研究「関東地域における飼料イネの資源循環型生産・利用システムの確立」』の支援を受けて実施された。

引用文献

- 1) 阿部 亮 (1988). 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養評価法への応用, 畜産試験場研究資料, 第 2 号.
- 2) 永西 修・四十万谷吉郎 (1998). 稲ホールクroppサイレージの発酵特性, 日本草地学会誌, 44 (2), 179-181.
- 3) 永西 修・四十万谷吉郎 (1998). 雄性不稔稲の生育時期別・部位別化学成分とサイレージの栄養価, 日本草地学会誌, 44 (3), 260-265.
- 4) 深川 聡・井上昭芳・吉田 香・小村洋美・石井康之・佐藤健次 (2007). 飼料イネサイレージにおける *in vitro* 乾物消化率および穂重割合からの TDN 含量の推定, 日本草地学会誌, 53 (1), 16-22.
- 5) 春原嘉弘・飯田修一・前田英郎・松下 景・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井 真・星野孝文・岡本正弘・篠田治躬 (2003). 飼料用水稲新品種「クサノホシ」の育成, 近畿中国四国農業研究センター研究報告, 2, 99-113.
- 6) 細田謙次・西田武弘・石田元彦・松山裕城・吉田宣夫 (2005). 飼料イネ「ホシアオバ」ロールベールサイレージ給与泌乳牛の採食量, 消化率および乳生産, 日本草地学会誌, 51 (1), 48-54.
- 7) 石橋 晃 監修 (2001). 新編 動物試験法, 養賢堂, 東京.
- 8) 石田元彦・M. R. Islam・安藤 貞・坂井 真・吉田宣夫 (2000). 飼料イネ「関東飼 206 号」ロールベールサイレージ給与乳牛の乳生産と飼料の利用性に関する予備的な観察, 関東畜産学会報, 50 (1), 14-21.
- 9) 伊藤 稔・田野良衛 (1977). 助燃剤をかねた容器としてポリエチレンフィルムを用いた未乾燥糞および尿の熱量分析法の検討, 畜産試験場研究報告, 32, 31-43.
- 10) 岩崎和雄・針生程吉・田野良衛・寺田文典・伊藤 稔・亀岡暄一 (1982). 畜産試験場に新設した家畜代謝実験装置について - とくに呼吸試験装置の機能を中心として -, 畜産試験場研究報告, 39, 41-73.
- 11) 自給飼料品質評価研究会編. 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 東京.
- 12) 河本英憲・大谷隆二・押部明德・出口 新・田中治・魚住 順 (2005). 細断型ロールベールによる

- て調製された飼料イネサイレージの発酵品質, 日本草地学会誌, 51 (2), 199-201.
- 13) 栗原光規・久米新一・柴田正貴・高橋繁男・相井孝允 (1990). 乾草維持給与時における乾乳牛のエネルギー代謝に及ぼす環境温度の影響, 日本畜産学会報, 61 (4), 315-321.
 - 14) 前田英郎・春原嘉弘・飯田修一・松下 景・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井 真・星野孝文・岡本正弘・篠田治躬 (2003). 飼料用水稲新品種「ホシアオバ」の育成, 近畿中国四国農業研究センター研究報告, 2, 83-98.
 - 15) 松山裕城・塩谷 繁・石田元彦・西田武弘・細田謙次・額爾敦巴雅爾・安藤 貞・Islam MR・吉田宣夫 (2005). 飼料イネサイレージ「はまさり」, 「夢十色」および「北陸 184 号」の飼料特性, 日本草地学会誌, 51 (3), 289-295.
 - 16) 松山裕城・塩谷 繁・西田武弘・細田謙次・額爾敦巴雅爾・吉田宣夫・石田元彦 (2006). 飼料イネサイレージ専用品種「クサユタカ」, 「はまさり」および「クサホナミ」の栄養価, 日本草地学会誌, 51 (4), 385-389.
 - 17) Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 80, 1463-1481.
 - 18) 名久井忠・柁木茂彦・粟飯原友子・箭原信男・高井慎二 (1988). 稲ホールクロップサイレージの調製と飼料価値の評価, 東北農業試験場研究報告, 78, 161-174.
 - 19) 庭山 孝・鈴木計司・戸倉一泰・矢ヶ崎健治・森田久也・塩原比佐雄・長谷川英世・田村真美・峯岸直子 (1988). 水稻新品種「くさなみ」「はまさり」の育成, 埼玉県農業試験場研究報告, 43, 1-18.
 - 20) 野中和久 (2001). ロールベールサイレージの安定調製と飼料特性, 日本草地学会誌, 47 (5), 553-559.
 - 21) 農業技術研究機構 (2001). 日本標準飼料成分表.
 - 22) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1999). 日本飼養標準・乳牛(1999年版), 中央畜産会, 東京.
 - 23) 小原嘉昭 (2004). 糖質の代謝調節, 新ルーメンの世界 (小野寺良次監修, 板橋久雄編), 農文協, 東京, 341-354.
 - 24) 蔡 義民・藤田泰仁・村井 勝・小川増弘・吉田宣夫・北村 亨・三浦俊治(2003). 飼料イネサイレージ調製への乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* 畜草 1号) の利用, 日本草地学会誌, 49 (5), 477-485.
 - 25) 坂井 真・井辺時雄・根本 博・堀末 登・中川宣興・佐藤宏之・平澤秀雄・高館正男・田村和彦・安東郁男・石井卓朗・飯田修一・前田英郎・青木法明・出田 収・平林秀介・太田久稔 (2003). 飼料用水稲新品種「クサホナミ」の育成, 作物研究所研究報告, 4, 1-15.
 - 26) SAS/STAT ユーザーズガイド Release 6. 03 Edition (1992). SAS 出版局, 東京.
 - 27) 篠田 満・櫛引史郎・新宮博行・嶺野英子(2007). 穂またはモミの給与およびモミ粒の大きさが牛における糞中未消化モミ排泄量に及ぼす影響, 日本草地学会誌, 52 (4), 227-231.
 - 28) 篠田治躬・岡本正弘・星野孝文・坂井 真・柴田和博・藤井啓史・鳥山國士・山田利昭・小川紹文・関沢邦雄・山本隆一 (1990). 多収水稻新品種「ホシユタカ」の育成, 中国農業試験場研究報告, 6, 135-148.
 - 29) 高橋 強・前原麻奈美・張 延利・本林 隆・石井泰博・神田修平・板橋久雄 (2007). 稲発酵粗飼料の給与が乳牛の乳生産, ルーメン発酵, 血液性状および採食行動に及ぼす影響, 日本畜産学会報, 78 (1), 45-55.
 - 30) 寺田文典・田野良衛・岩崎和雄・針生程吉(1987). 牛およびめん羊, 山羊により測定した同一飼料の栄養価の比較, 日本畜産学会報, 58 (2), 131-137.
 - 31) 上原泰樹・小林 陽・古賀嘉昭・大田久稔・清水博之・三浦清之・福井清美・大槻 寛・小牧有三・笹原英樹・堀内久満・奥野員敏・藤田米一・後藤明俊 (2003). 水稻新品種「クサユタカ」の育成, 中央農業研究センター研究報告, 2, 83-105.
 - 32) 浦川修司・水野隆夫 (1994). 稲ホールクロップサイレージの品質評価, 三重県農業技術センター研究報告, 22, 45-55.
 - 33) 浦川修司・吉村雄志 (2003a). 飼料イネ用カッテングロールベールの開発, 日本草地学会誌, 49 (1), 43-48.
 - 34) 浦川修司・吉村雄志 (2003b). 飼料イネ用自走式ベールラップの開発, 日本草地学会誌, 49 (3), 248-253.
 - 35) Van Soest, P. J. (1994). Digestive Capacity, Nutritional Ecology of the Ruminant, 45p, Cornell Univ. Press, Ithaca and London.
 - 36) 箭原信男・高井慎二・沼川武雄 (1981). 水稻ホー

ルクroppサイレージの調製利用に関する研究，東北農業試験場研究報告，63，151-159.

- 37) 山本泰也・水谷将也・乾 清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 (2005). 乳牛におけるイネホールクroppサイレージを用いた混合飼料の飼料特性，日

本草地学会誌，51 (1)，40-47.

- 38) 山本泰也・水谷将也・乾 清人・浦川修司・平岡啓司・後藤正和 (2008). 混合飼料におけるイネホールクroppサイレージの未消化子実排泄に及ぼす併給粗飼料の影響，日本草地学会誌，54 (1)，12-18.

Effects of grain filling, variety and cutting length of whole crop rice silage on nutrient utilization, ruminal fermentation and chewing time in dry cows

Kouji HIGUCHI¹⁾, Naozumi TAKUSARI²⁾, Itoko NONAKA³⁾, Kiyoshi TAJIMA⁴⁾,
Yuusuke YABUMOTO³⁾, Tomohisa TOMARU⁵⁾, Fumihiro OHTANI¹⁾, Yousuke KOBAYASHI¹⁾,
Tetsuya ISHIKAWA⁶⁾, Mitsunori KURIHARA⁷⁾, and Osamu ENISHI³⁾

¹⁾Endocrinology and Metabolism Research Team

²⁾Research Team for Dairy Production Using Regional Feed Resources,
National Agricultural Research Center for Hokkaido Region

³⁾Livestock Research Team on Global Warming

⁴⁾Functional Feed Research Team

⁵⁾Gunma Prefectural Livestock Experiment Station

⁶⁾Forage Rice Research Team (Kanto Region), National Agricultural Research Center

⁷⁾National Institute of Agrobiological Sciences

Summary

Three experiments were conducted using non-pregnant dry cows to evaluate feed characteristics of whole crop rice silages (WCRS) by making digestible and metabolism trials, examining ruminal liquor characteristics, and monitoring chewing behavior. We examined grain filling (milk ripe stage, dough ripe stage, and yellow ripe stage) of WCRS in the first experiment, varieties (Hamasari, Kushonami, Hoshiaoba, and Kusayutaka) using WCRS harvested at the yellow ripe stage in the second experiment, and cutting lengths (LONG and SHORT) using WCRS harvested at the yellow ripe stage in the third experiment. With grain filling, WCRS lose digestible neutral detergent fiber (NDF) content and chewing time per kg of dry matter (DM) intake, whereas the digestible nonfibrous carbohydrates (NFC) content of WCRS increased. There was a tendency for total digestible nutrients (TDN) content to increase with grain filling. Kushonami, Hoshiaoba, and Kusayutaka have higher TDN contents and shorter chewing time than those of Hamasari. Hoshiaoba and Kusayutaka also have higher digestible NFC content, whereas Kushonami has higher digestible NDF content and shorter chewing time per kg NDF intake, indicating a higher amount of available fiber. WCRS with a long cutting length has higher digestible NFC content, but there was no difference in TDN content between long and short cutting lengths. There was no remarkable difference in ruminal liquor characteristics of the cows fed WCRS, but the ruminal fermentation typically represented forage-type fermentation. These results indicate that WCRS had almost the same nutritive values in terms of varieties and cutting length at the yellow ripe stage in this study.

Key words : whole crop rice silage, cow, nutritive value, ruminal fermentation, chewing time

Present address: ²⁾ 1 Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo, Hokkaido, 062-8555 Japan.

⁵⁾ 2425 Kogure, Fuzimimura, Seta, Gunma, 371-0103 Japan.

⁶⁾ 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8666 Japan.

⁷⁾ 2-1-2 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8602 Japan.