

稲ホールクロップサイレージ、飼料米の特徴と給与上の注意点

1. はじめに

稲ホールクロップサイレージ（以下稲WCS）、飼料米を牛の飼料に普及・推進することが国を挙げて行われています。

ここでは、農研機構はじめ研究機関で行われた研究成果および当チームで実施した試験結果等から稲WCS、飼料米の特徴を整理するとともに、現場の酪農家や肉牛農家の皆さんが給与上どんな点について注意したらよいかを説明したいと思います。

2. 稲WCSの飼料的特徴

同じ自給粗飼料であるチモシーなどの牧草、あるいはえん麦などの子実型の牧草と飼料的に大きく異なる点を整理したいと思います（表1参照）。

その違いを整理するために子実と茎葉を分けて考えます。

1) 茎葉部分の消化性

稲の茎葉部分がチモシーやえん麦と大きく異なるところは粗灰分含量が高い点です。その原因は稲の茎葉には子実（粃）と同様、珪酸を多く含んでいるためです。その分エネルギー価が低くなります。繊維（NDF）の消化率も黄熟期ではチモシー等の牧草の開花期～結実期程度です。これらの飼料特性を

表1 稲WCS（飼料用品種）の主な飼料成分値

（乾物%）	CP	EE	NDF	NFC ²⁾	灰分	TDN	K
乳熟期	7.3	2.6	59.6	13.9	16.6	50.3	—
糊熟期	6.4	2.4	55.9	18.7	16.6	53.2	—
黄熟期	5.8	2.4	48.3	28.9	14.6	54.0	1.20
（参考）							
とうもろこしWCS(黄熟期)	8.0	3.0	47.7	35.2	6.1	66.4	1.65
チモシー乾草（輸入） ³⁾	8.1	2.3	66.8	15.7	7.1	(62.8)	1.63
スーダン乾草（輸入） ³⁾	7.9	1.6	68.7	12.6	9.2	(51.3)	2.42
えん麦乾草（輸入） ³⁾	6.3	2.2	63.4	21.6	6.5	(55.3)	1.52

1) 表1の成分値は日本標準飼料成分表（2009年版）より

2) NFCは $100 - (CP + EE + NDF + \text{灰分})$ から求めた

3) 数値（TDN以外）は全サンプルの平均値であるが、TDNのみ品質別の値を単純平均して示した（括弧書きとした）

押さえて飼料設計、給与を行います。

2) 子実部分の消化性

子実（粃）は乳熟、糊熟、黄熟に従い、澱粉含量が高まりますが、子実の繊維の消化率、澱粉（NFC）の消化率は低下すると推定されます。ただし、子実の重量は増加し、澱粉含量が高まるため（一般に澱粉の消化率は繊維の消化率より高い傾向にある）、黄熟期でも稲WCS全体のエネルギー価（TDN含量）は乳熟期より高くなります。ただし、粃の破碎割合により子実中の澱粉の消化率は変わります。また泌乳牛への給与では乾乳牛や育成牛に比較しルーメンでの滞留時間が短くなり、ルーメンでの消化率は低下するのですが、米の外皮（粃殻）の特性上、とうもろこし（子実）より、乾物摂取量の増加による澱粉の消化率の低下度合いは高いことが予想されます（糞中への未消化の粃の排泄が多くなる）。

3) 稲WCS（茎葉と子実）の物理性（粗飼料因子量）

稲WCSは珪酸含量が高いため、NDF含量に対する物理性（ルーメンを刺激し、咀嚼を促す粗飼料因子としての役割）は高い傾向があります。稲WCSや稲わらの珪酸は栄養的価値はありませんが、粗飼料としての物理性付与には貢献することになります。

4) 硝酸態窒素含量およびミネラル含量

粗飼料源としての稲WCSと牧草との違いの一つには硝酸態窒素含量やカリウム含量が低い点にあります。そのため、硝酸態窒素を気にせず給与できる粗飼料源であると言えます。またカリウム含量が低い場合、ホルの乾乳牛については低カルシウム血症のリスクは総じて牧草より低くなります。肥育素牛への給与においては、カリウム含量が低く、一般の乾牧草より尿をアルカリ化する働きが弱いと推定され、ビール粕やビートパルプなどカリウム含量、DCAD（陰イオン・陽イオン差）が低い飼料原料と併用して給与すれば、尿石症のリスクを少なくする

表2 収穫機械による稲WCSの子実破碎率

供試材料	熟期	収穫機械	「子実」割合	「茎葉」割合	子実中の割合		材料全体中の 破碎子実割合
					破碎	未破碎	
A	黄熟期	細断コンバイン型	63.0	37.0	3.3	96.7	2.1
B	乳熟期	細断型・汎用型	14.5	85.5	3.4	96.6	0.5
C	乳熟期	フレール型	18.9	81.1	11.6	88.4	2.2
D	黄熟期	細断コンバイン型	32.0	78.0	1.2	98.8	0.4
E	黄熟期	フォレージハーベスタ（ケンパー社）	25.4	74.6	11.3	88.7	2.9
(参考)とうもろこしWC（21年収穫）	黄熟期	コーンクラッシャー付きハーベスタ	-	-	99.9	0.1	-

1) 供試材料稲WCSのうちAは21年に、B～Eは22年に収穫・調製されたものである
 2) 数値は風乾物重量%、2反復（弊社調査 21年度「生産コスト低減事業」（JRA助成事業）の研究成果より）

ことができます。エネルギー価もTDN50%前後であるため、ホル乾乳牛・育成牛、あるいは繁殖和牛・育成牛においても、とうもろこしサイレージのように、過肥にならないように給与量に気をつける心配もありません。

5) 子実の破碎率

ルーメンで子実（粉）がどれだけ消化されるかにより、稲WCS全体のエネルギー価も大きく変わってきます。稲WCSの子実割合は品種や熟期等により変わりますが、一般には黄熟期では乾物当たり3割程度を示します。

稲WCSの茎葉のNDF消化率は50%以下であり、この全体に占める3割の子実含量の消化性により大きくエネルギー価が変わるわけです。

表2は収穫機械による子実の破碎率を示しています。

今回の調査では、細断コンバイン型、汎用型（細断）、フレール型、フォレージハーベスタ（ケンパー社）収穫機の中で子実の破碎が高いのは、フレール型、フォレージハーベスタでした。しかし、高いものでも破碎率は11%程度であり、9割程度は未破碎ということになります。尚参考までにコーンクラッシャーによる破碎とうもろこしWCSの子実の破碎率を示しましたが、破碎率はほぼ100%に近いものでした。

子実（粉）が破碎される割合が大きくなれば当然消化率も上がってくるため、同じ飼料成分でも収穫機械により、エネルギー価、産乳性が違うことになります。

6) 稲WCSの発酵品質

一般の自給飼料サイレージと同様、発酵品質は栄養組成、嗜好性、牛の健康にも関連してきます。蛋白質含量は低いため、発酵品質による蛋白質の分画の変動も実量として大きなものではありません。しかし、刺激臭が強かったり、酪酸含量が高い場合に

表3 稲WCSのβカロチン含量（測定例）

(mg/kgDM)	乳熟期	糊熟期	黄熟期	(市販チモシー乾草)
βカロチン含量	30～50	20～30	10～20	5～80

(2001年 平岡ら)

は、他の牧草と同様に給与を制限する必要があります。

一般に酪酸発酵を防ぐには土砂の混入を防ぐことが必要です。乳酸発酵を促進するには、サイレージ用酵素入り乳酸菌や稲WC専用乳酸菌の添加が有効です。

7) 稲WCSを組み入れた飼料設計

前述したとおり、一般の牧草と違い、とうもろこしサイレージと同様、子実型の飼料作物と捉える必要があります。とうもろこしサイレージにつぐ、澱粉含量の高い粗飼料です。栄養的にわかりやすく例えれば、子実の大麦圧片を20%、チモシー（結実期）を70%、そして粉殻10%を混合したものと言えるでしょう。

このような飼料特性がある中で、高泌乳牛の飼料設計をするためには、NDFの消化率の高い飼料を組み合わせる必要があります。例としてはビートパルプの併用、あるいは身近に食品副産物（エコフィード）が手に入るのであれば、豆腐粕、醤油粕、リンゴ粕などの併用を薦めます。

肉用牛においては表3の通り、カロチン含量が高いため、肥育牛や肥育素牛への給与については、そのカロチン含量を把握して給与する必要があります。給与量を多くすると血中のビタミンA含量のコントロールがむずかしくなります。繁殖牛に関しては、前述の飼料特性を押さえて給与すれば、一般の牧草と同様、飼育上何ら問題はありませぬ。

表4-a～4-dに、稲WCSを発酵TMRに組み込んだ場合の試験結果（2006年、弊社千葉研究農場にて実施）を示しています。

稲WCSの比較として、「小麦わら+大麦圧片」を当て、発酵TMRの飼料成分をほぼ同じとしています。

表 4-a 稲WCS組み込み発酵TMRの配合内容

(原物%)	「小麦わら+大麦圧片」TMR区	稲WCSTMR区
ビール粕(脱水)	17.1	17.5
醤油粕	3.5	3.6
豆腐粕	7.0	7.2
スーダン乾草	9.4	9.6
小麦ストロー	11.0	2.4
稲WCS		22.7
大麦圧片	5.2	
ビートパルプ	12.9	13.2
乳配(CP16%、TDN75%)	23.5	23.9
加水	10.3	

1) 稲WCS: 黄熟期、品種「コシヒカリ」

表 4-b 稲WCS組み込み発酵TMRの飼料成分(計算値)、発酵品質

(DM%)	「小麦わら+大麦圧片」TMR区	稲WCSTMR区
DM	65.5	65.4
CP	14.2	14.1
TDN	71.5	71.7
粗脂肪	4.0	3.8
ADF	22.2	22.9
NDF	42.6	43.5
カルシウム	0.59	0.53
リン	0.33	0.31
マグネシウム	0.25	0.24
カリウム	1.32	1.02
pH	4.10	4.07
乳酸(%FM)	2.17	2.53
酢酸(%FM)	1.22	1.25
酪酸(%FM)	0.00	0.00
エタノール(%FM)	0.25	0.16

表 4-c 稲WCS組み込み発酵TMRの産乳性、乳成分、飼料効率

	「小麦わら+大麦圧片」TMR	稲WCSTMR
DMI (kg)	18.09 ± 1.45	20.72 ± 1.83 (P>0.01)
乳量 (kg)	25.94 ± 3.45	26.12 ± 2.72
SCM乳量 (kg)	23.82 ± 3.26	24.88 ± 2.51
脂肪 (%)	3.27 ± 0.20	3.71 ± 0.84
蛋白質 (%)	3.32 ± 0.09	3.23 ± 0.26
乳糖 (%)	4.69 ± 0.31	4.53 ± 0.24
SNF% (%)	9.02 ± 0.32	8.76 ± 0.41
MUN (mg/dl)	7.75 ± 0.69	8.32 ± 0.84
飼料効率 (SCM/DMI)	1.32 ± 0.17	1.20 ± 0.10

1) 供試牛: 当場泌乳牛 6 頭、1 期 2 週間の 2 重反転試験 (2006年)

2) SCM: 全固形補正乳量

表 4-d 稲WCS組み込み発酵TMR給与牛の24時間行動調査結果

(%)	「小麦わら+大麦圧片」TMR	稲WCSTMR
起立	19.7 ± 1.3	22.2 ± 2.4
横臥	28.8 ± 0.5	26.7 ± 1.1
採食	15.0 ± 4.0	15.7 ± 1.2
飲水	1.2 ± 0.2	2.2 ± 0.3
歩行	2.4 ± 1.3	1.7 ± 0.6
起立反芻	13.1 ± 2.2	8.4 ± 2.2
横臥反芻	19.7 ± 3.4	22.2 ± 1.0
(反芻合計)	32.8 ± 2.1	30.7 ± 1.3
(反芻+採食)	47.8 ± 1.9	46.7 ± 2.4
(反芻+採食)/DMI (分/kg)	37.2 ± 2.5	33.9 ± 1.3

(弊社 千葉研究農場 2006年)

給与結果は、稲WCS区が「小麦わら+大麦圧片」区より乾物摂取量が高い傾向にあります。この原因としては、表 4-dに見られるように、「小麦わら+大麦圧片」区の反芻時間が高い傾向にあり、また乳脂率が低い傾向にあるため、TMRのNDF(繊維)の消化率が低く、その結果乾物摂取量に差が出たと推定されます。稲WCSのNDFの消化率が小麦わらの消化率より高いことが確認された試験結果と見なすこともできます。しかし、SNF率が低いことから、NFC(澱粉)の消化率は「小麦わら+大麦圧片」区より低いと推定されます。それは前述の子実(粃)が未破碎であることに起因していると考えられます。このように、稲WCSを組み込む場合、NFC(澱粉)含量は、通常の飼料設計より高めに設定することが必要になってきます。

3. 飼料米の飼料特性

飼料米にも粃米、玄米があり、さらにそれを破碎、圧片にする加工が入ってきます。これに関するルーメンでの澱粉の分解特性は表 5 に示される報告があります¹⁾。粃米、玄米とも破碎や蒸気圧片処理をしなければルーメンでの分解は低いことがわかります。

また、飼料として使われている穀実(とうもろこし、麦類)の澱粉の特性比較では、ルーメンでの澱粉分解率はとうもろこしに比較し高く、えん麦、小麦より低いと報告されています¹⁾。

エネルギー価(TDN含量)も破碎、蒸気圧片処理をしなければ、TDN含量が50%以下という報告²⁾もあり、丸粒のとうもろこしとは大きくエネルギー価が異なることがわかります。

表 5 飼料米(もみ米)の加工法が澱粉のルーメン内分解特性に及ぼす影響(in vitro 試験)

(%)	有効分解率	易分解性画分(a)	難分解性画分(b)
蒸気圧片	87.5	64.2	35.2
破碎	54.2	16.9	65.1
玄米(もみ摺り)	19.8	8.3	91.7
無処理	0.1	0.0	3.0

(2010年 宮路ら)

4. 飼料米とエコフィードの組み合わせ

丸粒とうもろこし(乾燥)に比較し、水分の高いハイモイスターコーン(トウモロコシ子実のサイレージ化)は牛の消化性がよく、エネルギー価も高いことが知れています。また、0.5%乳酸溶液に大麦を浸漬後、給与した場合、水に浸漬した場合に比

較し、ルーメンでの分解速度が遅くなり、泌乳牛に給与した場合、乾物摂取量、乳脂率がアップする報告があります³⁾。

このような報告から、破碎飼料米に焼酎粕等の液体エコフィードを加え、乳酸発酵させた場合にも、ルーメンでの消化率のアップ等飼料効率の向上の可能性がります。

当チームでは破碎飼料米と焼酎粕を混合しサイレージ化（「飼料米発酵飼料」と、称す）した場合の発酵品質、嗜好性、2次発酵への影響を調査しており、その結果を表6-a、b、図1に示しました。

発酵品質に関しては、単に焼酎粕を加えるより、酵母や澱粉分解酵素を加えることによりアルコール含量が増えることがわかります（表6-a）。

嗜好性に関しても、単に破碎飼料米と焼酎粕を混合して給与するよりも、発酵化の方がよい傾向に

あります（表6-b）。

2次発酵に関しても、未発酵に比較し、発酵した場合の方がバンクライフは長くなりますが、図1（澱粉分解酵素添加により発熱開始が無添加より1日長い）に示されるように澱粉分解酵素を加え、有機酸、エタノール含量を増加させれば、バンクライフはさらに長くなると判断されます。

飼料米と焼酎粕のようなエコフィードを混合し発酵飼料とした場合のルーメンでの消化性や産乳性、乳成分への影響は今後の課題です。

5.最後に

これまで述べてきた通り、稲WCSや飼料米は子実（粃）の消化率が低いことが飼料的な課題と言えます。そのため、稲WCS、飼料米が自給飼料として普及が進むには、稲WC粃を破碎する収穫装置の開発や、飼料米（粃）の破碎が生産者段階で容易にできる装置の開発が必要になっていきます。

（引用文献）

- 1) 宮地ら 「品種および加工法の異なる飼料米の第一胃内分解特性」 日草誌56(1)：13-19(2010)
- 2) 原「モミ米および玄米の破碎処理がメンヨウおよびウシによる成分消化率に及ぼす影響」日畜会報81(1)21-27 (2010)
- 3) S. Iqbal et al. J. Dairy Sci. 92:6023-6032

（参考資料）

「稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル」（H21年3月、日本草地畜産種子協会）

表6-a 「飼料米発酵飼料」¹⁾の酵母製剤および澱粉分解酵素添加による発酵品質への影響

（原物%）	pH	乳酸	酢酸	エタノール
無添加	3.84	2.33	0.98	0.87
酵母製剤添加 ²⁾	3.81	2.49	0.98	1.09
澱粉分解酵素添加 ³⁾	3.80	2.47	1.01	1.22

- 1) 破碎飼料米60%、焼酎粕40%の割合で混合し、ポリエチレン袋に1kg、30℃、3週間密封貯蔵（パウチ法）する（2反復 弊社千葉研究農場 2010年）
- 2) 商品名「イーサク」0.1%添加
- 3) a アミラーゼ製剤0.01%添加

表6-b 「飼料米発酵飼料」の発酵前後の嗜好性

未発酵	発酵
237±355	670±418

（単位：g 弊社千葉研究農場 2010年）

- 1) 破碎飼料米60%、焼酎粕40%の割合で混合し、ポリエチレン袋に8kg、室温、3週間密封貯蔵する（平成22年1月）
- 2) 供試牛：ホルスタイン乾乳牛2頭、それぞれの飼槽に各供試飼料1kgをコンテナに入れ、3分間の採食量を測定する（カフェテリア法、2頭、3日間の平均値）

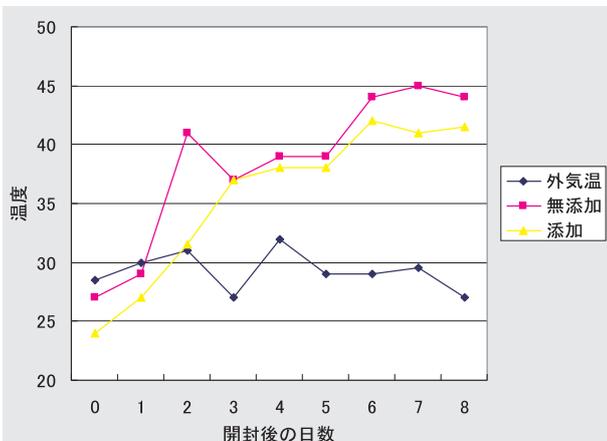


図1 澱粉分解酵素添加による「飼料米発酵飼料」の2次発酵への影響

- 1) バックサイロ(8kg)、貯蔵期間3週間、室温貯蔵(弊社 千葉研究農場)
- 2) 開封日：平成22年6月16日