

4 牛への飼料用米給与

(1) 飼料用米の飼料特性

飼料用米のデンプン含量は小麦、トウモロコシと同等であり、アミロース含量は食用米に比べ顕著に高い。粳米を蒸気圧ぺん、破砕処理しても粗タンパク質やデンプン含量は変化しない。飼料用米のルーメン内分解速度は、トウモロコシよりも速く大麦並である。牛に給与する際には、デンプンの利用効率を高めるため、蒸気圧ぺん、破砕のような加工処理を施す必要があり、2mm以下の粒度に加工することによりデンプン消化率や TDN 含量が高まる。

(2) 乳牛への給与

泌乳前期は、分娩後の急激な泌乳量の増加にともなう血漿中 Ca 濃度の減少、エネルギー不足等により各種代謝病が発生しやすい時期であり、高品質な飼料の給与が求められる。この時期に給与する濃厚飼料中の圧ぺんトウモロコシや圧ぺん大麦を、破砕した粳米や玄米に代替し、TMR 中に乾物で 25%まで混合してもアシドーシスの危険性は小さく、産乳性も差異はない。なお、給与に際しては家畜の反応を観察した上で、必要に応じた飼料設計を行うことが重要である。泌乳中期～後期は、乳量が安定し、充分量の飼料を摂取できる時期である。この時期は飼料用米を飼料乾物中に 25%程度混合しても問題はなく、産乳性は市販配合飼料を給与した場合と同等である。

(3) 肉用牛への給与

肥育全期間、市販配合飼料原物当たり 25%を玄米で代替した肥育が可能である。肥育後期に TDN 換算で配合飼料の 30%を破砕粳米で代替しても良好な肥育成績が得られる。飼料を適切に設計することにより、粳米なら 40%、玄米なら 50%を配合飼料に混合しても肥育可能である。黄熟期以降に収穫した粳米を給与することにより肥育中のビタミン A 制御は可能であるが、飼料用米を多給すると急速に血漿中ビタミン A 濃度が低下するため、ビタミン A 欠乏症に対する注意が必要である。飼料用米を肥育牛に給与する際には、体調不良を起こさないよう十分な馴致期間を確保する。

(1) 飼料用米の飼料特性

牛の生産性を向上させるためには、第一胃(ルーメン)内での微生物態タンパク質合成を高める必要があり、この合成量はデンプンなどの炭水化物とタンパク質の分解速度に影響を受ける。したがって、牛向け飼料として飼料用米を利用する場合、化学成分組成の他に、どのくらいルーメン内で分解されるか、またどれだけの速度で分解されるかといった分解特性を把握する必要がある。

ア 化学成分組成

飼料用粳米の化学成分組成を表4-1に示した。粗タンパク質(CP)含量はおおよそ 7%、デンプン含量は 65%、アミロース含量は 25%程度である。これら成分を他の穀類と比較すると、CP 含量は小麦やトウモロコシより低く、デンプン含量は同等である。アミロース含量は小麦やトウモロコシより低いものの、食用米の「コシヒカリ」(16.1%)、「ミルキークイーン」(7.8%)と比較して顕著に高い。

表4-1 飼料用粃米の化学成分組成

種類	産地	化学成分組成(乾物中%)							
		有機物	粗タンパク質	粗脂肪	粗繊維	ADFom ¹⁾	NDFom ¹⁾	デンプン	アミロース
飼料用粃米 ²⁾	全国 ²⁾	95.6	6.9	2.1	9.3	12.4	18.9	65.4	24.5
えん麦	北海道	96.8	11.5	3.5	12.5	16.0	31.8	40.8	21.7
小麦	北海道	98.1	12.0	1.5	2.1	3.5	13.3	65.7	28.4
トウモロコシ	輸入	98.6	8.7	4.0	1.5	2.9	13.2	70.5	31.3

1) ADFom: 酸性デタージェント繊維、NDFom: 中性デタージェント繊維。

2) 飼料用粃米のデータは、宮地ら(2010)、山形大(未発表)、岐阜県(未発表)、福岡県(未発表)の20品種のデータから算出した平均値。

飼料用粃米を加工した際の化学成分組成を表4-2に示した。各処理を施しても繊維成分以外のCPやデンプン含量は変動しないことが伺える。一方、繊維含量は蒸気圧ぺん処理を施すと他の処理よりも若干低下する。これは、処理の過程でもみ殻の一部が剥離したことが一因と考えられる。

表4-2 飼料用粃米の加工処理別化学成分組成(品種「ホシアオバ」)

加工法	化学成分組成(乾物中%)							
	有機物	粗タンパク質	粗脂肪	粗繊維	ADFom ¹⁾	NDFom ¹⁾	デンプン	アミロース
無処理	95.3	7.1	1.9	8.2	11.4	18.3	63.6	23.5
蒸気圧ぺん	95.7	7.1	2.0	6.4	9.6	16.8	66.7	25.5
破碎(5mm)	95.6	7.1	1.9	7.6	11.1	18.3	66.0	23.1
発芽処理	97.0	6.1	2.5	8.8	12.4	18.1	65.6	23.5

1) ADFom: 酸性デタージェント繊維、NDFom: 中性デタージェント繊維。

宮地ら(2010)

イ ルーメン内分解速度

これまで報告されているエン麦、小麦、大麦、トウモロコシおよび玄米の乾物(DM)、CPおよびデンプンのルーメン内分解速度と飼料用米の分析結果から、穀実を2mm破碎して比較した場合、これら成分のルーメン内分解速度は速い順に、「エン麦・小麦」>「大麦・飼料用米」>「トウモロコシ」といえる。

各穀類の加工法別ルーメン内分解パラメータを表4-3に示したが、粃米・玄米とも無加工の場合には、DM、CP、デンプンはほとんど分解されず、加工することにより分解性は高まる。

表4-3 穀類の加工処理別第一胃内分解パラメータ

	乾物				粗タンパク質				デンプン			
	a ¹⁾ %	b %	kd %時間	ED %	a %	b %	kd %時間	ED %	a %	b %	kd %時間	ED %
飼料用米A ²⁾												
(粃米: 無加工)	0	6	3	1	0	1	0	0	0	3	0	0
(粃米: 5mm破碎)	5	76	8	48	12	83	7	59	10	90	8	64
(粃米: 2mm破碎)	21	62	15	65	33	62	12	75	28	73	15	80
(粃米: 蒸気圧ぺん)	44	37	11	68	31	60	8	67	64	35	11	88
飼料用米B ²⁾												
(粃米: 無加工)	0	8	1	1	0	2	0	0	0	3	0	0
(粃米: 発芽処理)	0	60	1	9	12	38	2	23	6	79	1	16
(粃米: 2mm破碎)	19	66	10	61	34	62	9	72	26	74	11	76
(玄米: 無加工)	0	94	1	10	5	95	1	19	8	92	1	20
飼料用米C(玄米: 2mm破碎) ³⁾	32	66	19	84	22	76	15	79	26	72	21	84
トウモロコシ(蒸気圧ぺん) ³⁾	31	65	5	62	21	74	5	58	29	66	8	69
大麦(蒸気圧ぺん) ³⁾	35	55	25	81	21	75	13	74	32	66	44	91
ソルガム(2mm破碎) ³⁾	26	63	5	58	11	68	5	46	19	71	5	55

1) aは第一胃内可溶性画分含有率、bは〃分解可能な不溶性画分含有率、kdはb画分の第一胃内分解速度、EDは第一胃内有効分解率。

2) 飼料用米Aは三重県産の品種「ホシアオバ」を、飼料用米Bは岐阜県産の品種「ホシアオバ」を使用(宮地ら2010)。

3) 飼料用米Cは7品種の平均値(永西ら2000)。トウモロコシ、大麦、ソルガムは永西ら(2000)より抜粋。

ウ 栄養価

(ア) 玄米および粳米の破碎粒度別 TDN 含量

飼料用米(品種「北陸 193 号」)の玄米および粳米を乾乳牛に給与したところ、加工しない飼料用米に比べて飼料用米破碎機により加工することで玄米および粳米ともに糞中に排出される未消化の飼料用米は極めて少なくなり、TDN 含量は大きく向上する(図4-1、4-2)。

飼料用米の破碎粒度と TDN 含量の関係を図4-3に示す。飼料用玄米および粳米ともに、2mm 以上の粒の割合が増加するに伴い TDN 含量は低下する。無処理では玄米、粳米ともに 2mm 以上の粒の割合はほぼ 100%であり、TDN 含量はそれぞれ 74%、48%と低い。一方、破碎処理することで 2mm 以上の粒の割合は少なくなり、玄米では飼料用米破碎機の破碎粒度を変えることで(粒度粗、中間、細) 2mm 以上の粒の割合は 40~0%となり、TDN 含量は 90~94%と無処理に比べて 16~20 ポイント高くなる。

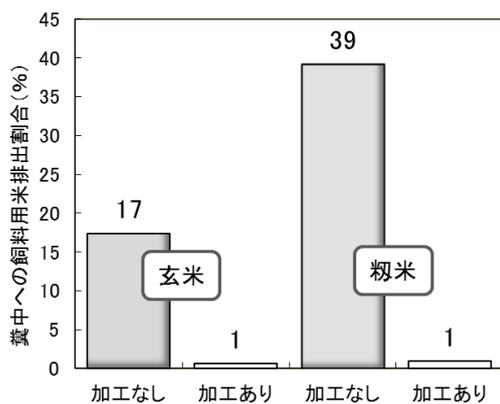


図4-1 飼料用米の加工の有無と糞中への飼料用米排出割合の関係

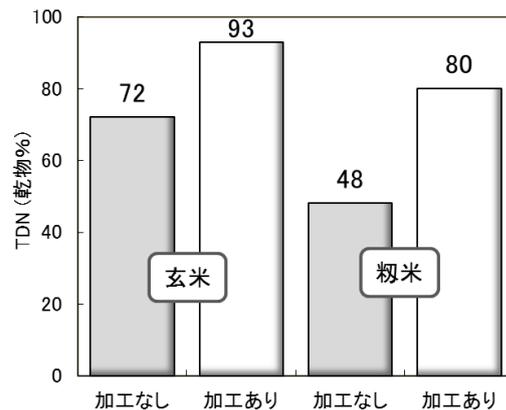


図4-2 飼料用米の加工の有無と TDN 含量の関係

また粳米では、異なる飼料用米破碎機で加工したところ(破碎 A、B、C)、2mm 以上の粒の割合は 37~29%となり、TDN 含量は粉碎粳米と同程度の 79~80%と無処理に比べて 32 ポイント高くなる。消化性の向上をねらい立毛乾燥により胴割れさせた破米率 75%の胴割れ玄米(食用品種「きねふりもち」)では 2mm 以上の粒の割合は 67%であり、無処理の玄米に比べて TDN 含量は 11 ポイント高くなるものの、加工処理した玄米より低い。

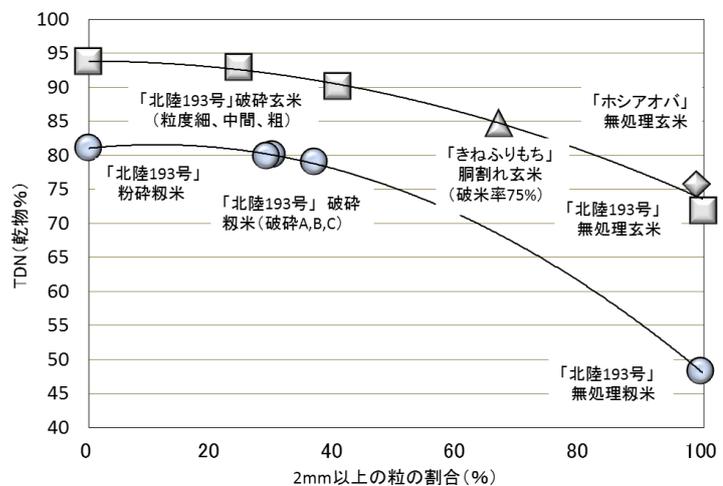


図4-3 飼料用米の破碎粒度とTDN含量の関係
(浅井ら 2011)

以上、飼料用玄米および粳米の破碎処理については、2mm 以上の粒の割合を少なくすることで TDN 含量を高めることが可能である。

(イ)加工処理した飼料用米の栄養価および飼料特性（乾乳牛での試験結果）

ここでは、各種加工処理を施した飼料用米を非妊娠乾乳牛に給与して得られた栄養価、飼料特性、タンパク質の利用性およびルーメン内性状について述べるとともに、その試験から導き出された乾乳牛への飼料用米給与の要点についても解説する。なお、飼料給与量は維持に要する TDN 量の 135% 相当量とし、その 40% (乾物比) を飼料用米とした。供試品種は、粳米が「ホシアオバ」、玄米が「北陸 193 号」である。

加工処理後の飼料用米形状を示した(写真4-1)。粳米(上段)は、左から未処理、5mm 破砕(ハンマミルによる)、2mm 破砕(カッティングミルによる)、蒸気圧ぺん(90°Cの蒸気で 10 分蒸した後ローラで圧ぺん処理)の各処理を施したものである。また、玄米(下段)は、粳米とほぼ同様の処理であるが、左から 3 枚目の写真のみ飼料用米破砕機の破砕ローラ隙間を1mm 程度にして破砕したものである。



写真4-1 各種加工処理を施した飼料用米(上段:粳米、下段:玄米)

給与飼料の構成を表4-4に、給与飼料の成分消化率と栄養価ならびに飼料用米の未消化子実排泄率を表4-5に示した。飼料用米は通常、食用米と同様に完熟期まで成熟させ収穫するため、子実の硬化に伴い消化性は低下する。そのため、飼料用米を未処理のまま牛に給与すると、維持レベルの飼料給与量であっても粳米で約 30%、玄米でも約 25%の未消化子実排泄率が認められる。また、未処理の飼料用米の可消化エネルギー(DE)および TDN 含量は、それぞれ、粳米で 2.7Mcal/kg および 63%、玄米で 2.8Mcal/kg および 70%となり、加工処理したものと比較して大きく低下する。一方、加工処理した飼料用米の DE および TDN 含量は、日本標準飼料成分表(2009)の「モミ米」や「玄米」のそれ

らと近似する。また、処理方法の違いによる差は小さい。したがって、粳米、玄米にかかわらず、飼料用米を牛に給与する場合は、何らかの物理的処理を施して消化性を高める必要があり、仮に未処理のまま給与する場合、飼料設計時に日本標準飼料成分表の TDN 含量を用いると栄養価の過大評価につながるおそれがある。一方、加工処理した飼料用米を多給すると、未処理の場合と比べ、NDF 消化率が低下することが危惧され、本試験でも特に玄米でその傾向が認められている。これは、飼料中のデンプン含量増加に伴い繊維消化率が低下する“デンプン減退”という現象によるものと推察されることから、飼料用米(特に玄米)を加工処理した場合、単体での多給は避ける必要がある。

表4-4 給与飼料の構成および飼料成分値

	給与割合 (乾物%)	水分含量 (%)	CP NDF NFC デンプン TDN*				
			----- (乾物中%) -----				
飼料用粳米(ホシアオバ)	40.0	14.8	7.1	16.7	68.9	68.5	76.8
イタリヤングラスサイレージ	56.8	58.7	6.1	61.6	24.2	1.9	61.5
飼料用尿素	2.2	0.5	291.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ビタミンミネラル剤	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
食塩	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
計	100.0	39.3	12.7	41.7	41.3	28.5	65.7

	給与割合 (乾物%)	水分含量 (%)	CP NDF NFC TDN*				
			----- (乾物中%) -----				
飼料用玄米(北陸193号)	40.0	13.9	7.9	5.3	84.0	94.3	
イタリヤングラスサイレージ	60.0	52.0	12.6	53.3	30.9	61.5	
計	100.0	36.8	10.7	34.1	52.1	74.6	

CP: 粗タンパク質、NDF: 中性デタージェント繊維、NFC: 非繊維性炭水化物、TDN: 可消化養分総量
 *: TDN含量は、日本標準飼料成分表(2001年版)のモミ、玄米およびイタリヤングラスサイレージ(1番草・出穂期)の値を引用した (粳米: 三重県畜産研究所、玄米: 新潟県畜産研究センター)

表4-5 給与飼料の消化率、飼料用米の未消化排泄率および栄養価

	粳米				玄米			
	未処理	破碎 (ミル2mm)	破碎 (ミル5mm)	圧ぺん 処理	未処理	破碎 (ミル2mm)	破碎 (ロール1mm)	圧ぺん 処理
給与飼料全体								
乾物消化率(%)	62.5 ^{Bb}	70.4 ^A	69.3 ^a	69.3 ^a	67.7 ^b	76.8 ^a	77.5 ^a	75.9 ^a
CP消化率(%)	68.7	68.7	68.3	69.6	54.9	55.8	58.4	54.5
NDF消化率(%)	58.4 ^a	57.2 ^{ab}	56.7 ^{ab}	52.1 ^b	72.5 ^A	68.0 ^B	68.3 ^B	66.3 ^B
NFC消化率(%)	71.8 ^B	91.9 ^A	89.6 ^A	93.9 ^A	67.0 ^B	87.6 ^A	87.2 ^A	85.1 ^A
DE(Mcal/kg)	2.70 ^b	3.04 ^a	2.99 ^a	3.00 ^a	2.94 ^B	3.36 ^A	3.40 ^A	3.32 ^A
TDN(乾物中%)	62.2 ^b	70.5 ^a	69.0 ^a	69.5 ^a	66.6 ^b	75.5 ^a	77.0 ^a	76.1 ^a
飼料用米*								
DE(Mcal/kg)	2.71 ^b	3.55 ^a	3.42 ^a	3.45 ^a	2.82 ^B	3.89 ^A	3.98 ^A	3.78 ^A
TDN(乾物中%)	63.1 ^{Bb}	83.2 ^A	79.6 ^a	81.0 ^a	70.4 ^B	92.5 ^A	96.3 ^A	94.0 ^A
未消化子実排泄率(%)	30.3	—	—	—	25.1	—	—	—

DE: 可消化エネルギー 粳米、玄米ごとに同一行の異符号間に有意差あり(a,b: P<0.05 A,B: P<0.01)

*: 飼料用米のDEおよびTDN含量は、日本標準飼料成分表(2001年版)のイタリヤングラスサイレージ(1番草・出穂期)の乾物中DEおよびTDN含量を用い間接法で求めた

(粳米: 三重県畜産研究所、玄米: 新潟県畜産研究センター)

表4-6に粳米を給与した時の窒素出納を示した。飼料用米をデンプン源として給与する場合、デンプンのルーメン内における分解性の程度がルーメン発酵や飼料タンパク質(窒素)の利用性に影響を及ぼす。

表4-6 窒素出納

	未処理 (粃米)	破砕 (ミル2mm)	破砕 (ミル5mm)	圧ぺん 処理
摂取窒素の分配率(%)				
ふん中	33.2	33.5	33.1	32.9
尿中	64.0 ^a	60.5 ^{ab}	57.1 ^b	56.4 ^b
蓄積*	2.9 ^b	6.1 ^{ab}	9.9 ^{ab}	10.7 ^a

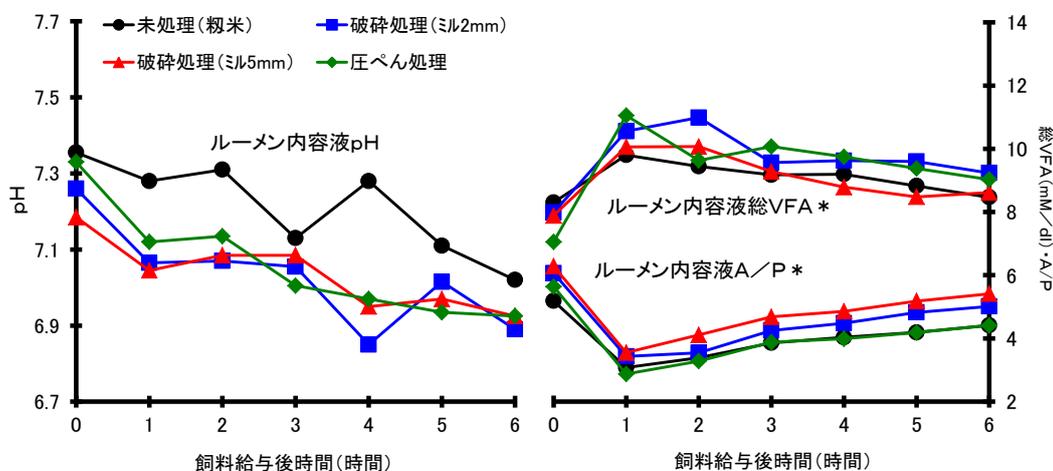
各項目ごとに異符号間に有意差あり(a,b:P<0.05)

*: 摂取窒素量からふんおよび尿中への分配量を差し引いた量を蓄積窒素量とした

(三重県畜産研究所)

飼料用米を加工処理することで、尿中への窒素排泄割合が減少する傾向が認められ、飼料中のタンパク質が効率良く利用されることが伺える。これは、加工処理によってルーメン内でデンプンの分解率が高まり、飼料中のタンパク質の分解量や分解速度とのバランスが改善されたためであり、飼料用米を加工処理して給与することは、飼料のタンパク質を効率的に利用する点からも重要である。

粃米を給与した時の飼料給与後のルーメン内容液の性状の経時的推移を図4-4に、玄米を給与してから5時間目のルーメン内容液性状を表4-7に示した。加工処理した粃米や玄米を混合した飼料を摂取した時のルーメン内容液 pH は、未処理の飼料用米を摂取した時より低めに推移するものの、急激な低下は認められず、その値も 7 前後で推移している。さらに、ルーメン発酵において乳酸の生成も認められないことから、乾乳牛の飼料摂取レベルにおいては加工処理した飼料用米を、全飼料中の 40% (乾物当たり) 用いた飼料を摂取してもルーメンアシドーシスの危険性は少ないといえる。また、加工処理した粃米を摂取した時のルーメン内容液総 VFA は、未処理の粃米を摂取した場合よりも高めに推移することから、飼料用米の加工処理はクローズアップ期におけるルーメン内絨毛の発達促進や分娩後の飼料に適応しやすいルーメン内微生物叢への移行において有効であると考えられる。



(三重県畜産研究所)

図4-4 飼料用粃米給与時のルーメン内容液pH、VFAおよび A/P 比の推移

(* VFA: 揮発性脂肪酸、A/P 比: 酢酸プロピオン酸比)

表4-7 飼料用玄米給与時におけるルーメン内容液性状

	未処理 (玄米)	破碎 (ミル2mm)	破碎 (ミル5mm)	圧ぺん 処理
pH	7.17	7.35	7.32	7.06
アンモニア態窒素 (mg/dl)	3.7	3.5	2.8	3.4
総VFA (mmol/dl)	9.2	8.7	9.3	9.5
A/P	3.83	3.80	3.99	3.57

ルーメン内容液は飼料給与5時間目に採取した (新潟県畜産研究センター)

(参考資料)

浅井英樹ら(2011)飼料用玄米の加工粒度の違いが乾乳牛の消化性に及ぼす影響. 日草誌 57(別):77

浅井英樹ら(2012)乳牛における、消化性を高めるための飼料用米破碎処理機による加工処理技術. 平成 24 年度試験
研究普及カード. 岐阜県. p19-20.

(独)農研機構編(2010)日本標準飼料成分表(2009年版)

(独)農研機構編(2007)日本飼養標準・乳牛(2006年版)

永西修ら(2000)数種穀類の飼料成分と第一胃内消化特性. 日草誌 46:305-308

乾清人ら(2009)飼料米の加工方法の違いが乾乳牛の消化性に及ぼす影響. 日草誌 55(別):54

宮地慎ら(2010)品種および加工法の異なる飼料米の第一内分解特性. 日草誌 56(1):13-19

関誠ら(2010)乳牛用飼料としての飼料用玄米への加工処理方法の違いが栄養価に及ぼす影響. 日草誌 56(別):63

(2) 乳牛への飼料用米給与

① 粳米の給与

この項では、デンプン源として粳米を飼料乾物当たり 25%混合した泌乳牛(泌乳前期および泌乳中～後期)向け発酵 TMR を給与した試験事例を基に、安定的に泌乳牛を飼養できる粳米混合発酵 TMR メニューを紹介する。また、泌乳中～後期牛向け配合飼料の一部を粳米に置き換えた給与メニュー例についても紹介する。

ア 泌乳前期 (イネ WCS との併給事例)

分娩後 10 週程度までは、イネ WCS の乾物中の混合割合は 30%以下に設定することが推奨されている。そこで、イネ WCS を適正給与範囲内で多給するという観点から、試験では、黄熟期のイネ WCS (品種「ホシアオバ」、水分含量 67.5%) を乾物当たり 25%、主なデンプン源としてデリカ社製飼料米破碎機で破碎した(ローラクリアランスを1mm 程度に設定)粳米(品種「モミロマン」)を 25%混合した TMR を、細断型ロールペーラを用いて発酵 TMR に調製し(自給飼料 TMR 区)、分娩 2 週前から分娩後 10 週まで給与している。なお、対照区(輸入飼料 TMR 区)は、チモシー乾草をイネ WCS と同じ割合で、また、圧ペントウモロコシと圧ペン大麦を合計で粳米と同じ割合で混合している(表4-8)。

分娩前後の給与飼料の構成を図4-5に示した。各区において、乾乳後期の養分充足と分娩後の飼料増給にルーメン環境を順応させるために、分娩予定日の 2 週間前から発酵 TMR を乾物で給与飼料中の 35%相当量を給与し、分娩予定日 1 週間前からは 50%に増給した。分娩までの乾物給与量は体重の 2%相当量に設定した。一方、分娩後は、図4-5を目安に、発酵 TMR の給与割合および給与量を漸増し、概ね分娩後 10 日を目途に発酵 TMR の自由採食としている。なお、供試牛はフリーストールでの群飼とし、飼料はドアフィーダを用いて個別給与とした。また、搾乳は 1 日 2 回、ミルクングパーラで行った。

表4-8 TMR の構成および飼料成分値

	輸入飼料 TMR区	自給飼料 TMR区
乾物混合割合(%)		
チモシー乾草	25.0	—
イネWCS	—	25.0
イタリアンライグラスサイレージ	10.0	10.0
圧ペントウモロコシ	15.0	—
圧ペン大麦	10.0	—
飼料用粳米(破碎)	—	25.0
ビール粕	10.0	10.0
豆腐粕	10.0	10.0
その他 ¹⁾	20.0	20.0
加水	有	無
飼料成分 ²⁾		
乾物(%)	57.2	57.0
CP	14.9	14.7
EE	4.0	3.8
NDFom (乾物中%)	42.5	37.4
NFC	32.8	38.3
TDN	73.7	72.0

¹⁾ その他には、フスマ、大豆粕、ビートパルプ、糖蜜、ビタミンミネラルが含まれる

²⁾ 日本標準飼料成分表(2009)による設計値

	分娩14日前	分娩7日前	分娩日	分娩1日後	3日後	5日後	7日後	9日後	11日後
乾物給与量/体重	2.0%	2.0%	2.3%	2.4%	2.6%	2.7%	2.9%	3.1%	3.2%
給与割合(乾物%)									
チモシー乾草またはイネWCS	32.5%	25.0%	25.0%	17.5%	10.0%	7.5%	5.0%	2.5%	0.0%
イタリアンサイレージライグラス	32.5%	25.0%	25.0%	17.5%	10.0%	7.5%	5.0%	2.5%	0.0%
発酵TMR	35.0%	50.0%	50.0%	65.0%	80.0%	85.0%	90.0%	95.0%	100.0%
粗飼料割合	77.3%	67.5%	67.5%	57.8%	48.0%	44.8%	41.5%	38.3%	35.0%

図4-5 分娩前後の給与設定

分娩後 10 週間の乾物摂取量の推移を図4-6にまとめた。自給飼料 TMR 区の乾物摂取量および乾物体重比は、分娩後の各週次で輸入飼料 TMR 区と差がなく推移し、乾物摂取量/体重比は分娩後 4 週目以降から 3.5 以上を、8 週目以降からは 4.0 以上を確保できており、泌乳前期において、自給飼料 TMR の採食性は高く、輸入飼料 TMR と同等の結果が得られている。

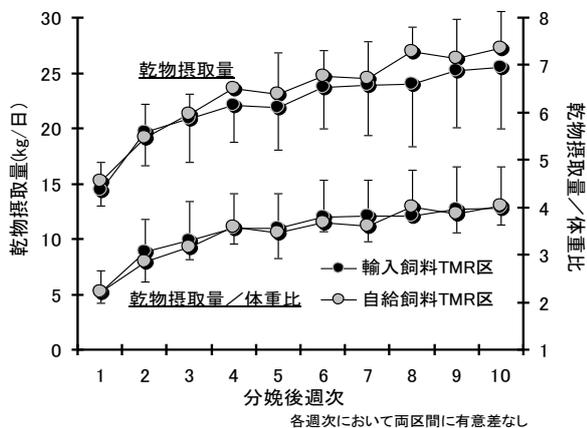


図4-6 乾物摂取量の推移

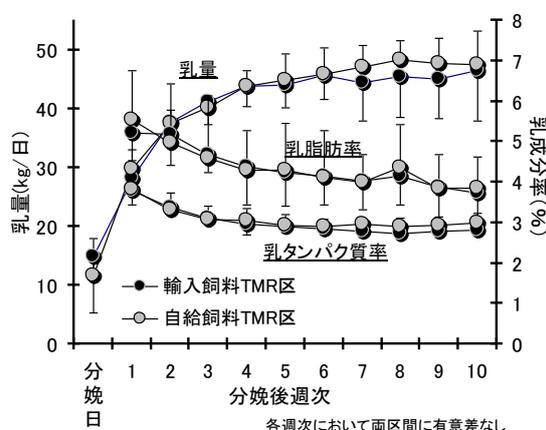


図4-7 乳生産の推移

分娩後 10 週間の乳量、乳脂肪率および乳タンパク質率の推移を図4-7にまとめた。自給飼料 TMR 区の日乳量は、分娩後 2~3 週目で 40kg を超過し、各週次において輸入飼料 TMR 区と差がなく増加しながら推移した。また、自給飼料 TMR 区の乳脂肪率および乳タンパク質率は、分娩後、低下しながら推移するが、その傾向は輸入飼料 TMR 区と同等であり、分娩後の各週次において差はなく、自給飼料 TMR 給与による泌乳前期の乳生産は、輸入飼料 TMR 給与と同等の結果が得られている。

分娩後 10 週間の飼養成績をまとめたものを表4-9に示した。飼料摂取や乳生産に加えて、ルーメン内容液性状や血液性状も両 TMR 区間に差はなく正常範囲にあり、自給飼料 TMR 給与により異常は認められなかった。

本例では、イネ WCS を粗飼料の主体とし、挽き割り処理した飼料用粳米をトウモロコシおよび大麦の代替として、乾物で全飼料中 25%

表4-9 分娩後 10 週間の飼養成績のまとめ

	輸入飼料 TMR区	自給飼料 TMR区
乾物摂取量(kg/日)	22.2	23.2
乾物/体重比(%)	3.52	3.46
体重増減指数(%) ¹⁾	92.7	94.0
乳量(kg/日)	42.1	43.2
乳成分率		
乳脂肪率(%)	4.37	4.39
乳タンパク質率(%)	3.01	3.09
乳糖率(%)	4.34	4.41
無脂固形分率(%)	8.35	8.50
MUN ²⁾	14.4	15.5
体細胞数(千個/ml)	99	37
ルーメン内容液性状(分娩後5週目) ³⁾		
pH	6.87	6.97
総揮発性脂肪酸(mmol/dl)	8.61	8.53
A/P ⁴⁾	3.05	3.20
血液性状 ⁵⁾		
GOT(IU/L)	70.0	69.3
BUN	15.8	17.5
GLU	45.3	49.5
T-CHO (mg/dl)	273.3	284.0
Ca	10.4	10.7
P	6.0	5.9

¹⁾ 分娩時体重を100とした時の各週時体重の比

²⁾ 乳中尿素窒素 ³⁾ 朝飼料給与5時間後に経口により採取

⁴⁾ 酢酸/プロピオン酸比 ⁵⁾ 朝飼料給与5時間後に尾静脈より採取
各項目について両区間に有意差なし

混合して調製した発酵 TMR は、泌乳前期の乳生産に影響を与えることなく利用可能であることが示さ

れた。これは自給飼料 TMR 区の飼料摂取量は輸入飼料 TMR 区と同等で十分な採食量を確保できたためであったと考えられる。しかし、表4-8からわかるように、重量ベースで粃米をトウモロコシや大麦と代替する場合、自給飼料 TMR 区の TDN 含量は低下することから、粃米を利用する場合は、あくまでも家畜の反応(採食性や乳生産)を観察した上で、必要に応じた栄養価の補正等、飼料設計を行うことが重要である。

(参考)

山本泰也ら(2011)トウモロコシと大麦を飼料用粃米に代替した発酵 TMR の給与が泌乳前期牛の乳生産に及ぼす影響、日草誌 57(別):78

イ 泌乳中～後期

(ア) イネ WCS との併給事例

イネ WCS は、多くの NFC を含み、且つ、粗飼料価指数(RVI)の大きな粗飼料であり、牧草とは異なる特徴を有する。ここでは、主な粗飼料源として黄熟期に収穫したイネ WCS を乾物で 25%混合する発酵 TMR のデンプン源に粃米を用いた事例を紹介する。試験では、発酵 TMR のデンプン源に飼料乾物当たりトウモロコシを 15%、大麦を 10%混合する対照区に対し、トウモロコシおよび大麦の全量代替に破碎(5mm メッシュを通過)または蒸気圧ぺん処理した「ホシアオバ」の粃米を各々 25%混合する発酵 TMR を給与した(表4-10)。

表4-10 TMR の構成および飼料成分値

	対照区	破碎区および 蒸気圧ぺん区
乾物混合割合(%)		
イネWCS	25.0	25.0
イタライグラスサイレージ	10.0	10.0
圧ぺんトウモロコシ	15.0	—
圧ぺん大麦	10.0	—
粃米	—	25.0
ビール粕	10.0	10.0
豆腐粕	10.0	10.0
その他 ¹⁾	20.0	20.0
飼料成分 ²⁾		
CP	15.6	14.9
EE	4.7	4.5
NDFom	37.8	37.8
NFC	34.1	33.9
TDN	74.0	71.0

¹⁾その他には、フスマ、大豆粕、ビートパルプ、糖蜜、ビタミン、ミネラルが含まれる

²⁾日本標準飼料成分表(2009)による設計値

表4-11 飼養成績

	対照区	破碎区	蒸気 圧ぺん区
供試頭数	6	6	6
体重(kg)	691	681	688
乾物摂取量(kg/日)	23.7	23.9	23.6
乳量(kg/日)	38.1	36.0	37.1
乳脂肪率(%)	3.76	3.95	3.82
乳タンパク質率(%)	3.17	3.10	3.18
無脂固形分率(%)	8.63	8.51	8.57
MUN(mg/dl) ¹⁾	14.4	14.8	15.5

試験の結果(表4-11)、粃米を給与した場合の乾物摂取量は 23.6~23.9kg/日で、破碎または蒸気圧ぺん処理した粃米をトウモロコシおよび大麦と全量を代替しても同等の成績が得られている。泌乳成績については、粃米を給与した場合の乳量は 36.0~37.1kg/日、乳脂肪率は 3.82~3.95%、無脂

固形分率は 8.51～8.57%で、対照区と同等の結果が得られている。また、破碎と蒸気圧ペンの処理方法に違いによる乾物摂取量や泌乳成績の差はなかった。朝の飼料給与の約 5 時間後に採取したルーメン内容液の pH は、粃米給与で 6.6～6.8(対照区 6.6)、総 VFA 濃度は 11.0～11.5mM(対照区 11.5mM)であった。また、血中尿素窒素(BUN)濃度は、対照区の 15.5mg/dl に対し、破碎区で 17.1mg/dl、蒸気圧ペン区で16.9mg/dlとなり、トウモロコシおよび大麦の代替として破碎または蒸気圧ペン処理した粃米を給与することで、ルーメン内の発酵やタンパク質の利用性に影響は認められなかった。また、繊維性炭水化物と非繊維性炭水化物の発酵のバランスを表す酢酸とプロピオン酸の比は、各区とも 3 を超えており、酢酸発酵が優先し、ルーメン内発酵が安定しており、乾乳牛への給与事例(4-1-1)と同様にルーメンアシドーシスの危険性は少ないと考えられる。

泌乳牛の摂取タンパク質のルーメンでの利用性評価には、乳中尿素窒素(MUN)や BUN 濃度が指標となるが、今回の事例では、加工処理した粃米の給与によって MUN や BUN の上昇は認められず、破碎または加熱圧ペン処理した粃米を給与することで、摂取タンパク質の利用性に悪影響を及ぼすことは無いと考えられる。

(イ) 粃米を配合飼料の一部代替として給与した事例

加工形態の異なる粃米を配合飼料の一部代替として実際の泌乳牛に給与した試験が、福島県、岐阜県および福岡県で実施された。これらの試験では、粃米を配合飼料のデンプン源として使用しても、トウモロコシを混合した通常の配合飼料を給与した場合と遜色ない泌乳試験データが得られている。

<福島県の事例>

泌乳中期牛 4 頭を供試し、黄熟期収穫の粃米(品種「ふくひびき」)をソフトグレインサイレージ(SGS)にして配合飼料中に TDN 換算で 15%および 30%混合した発酵 TMR を給与する区(SGS15%および SGS30%区)と、蒸気圧ペン粃米を配合飼料中に 15%混合し粗飼料と濃厚飼料を分離給与する区(圧ペン区)を設け、ラテン方格法による給与試験を行った。なお、対照区として市販配合飼料のみを濃厚飼料源とし分離給与する区を設けた(表4-12)。

試験の結果(表4-13)、固形分補正乳量(SCM 乳量)で SGS30%区が高い値を示した。SGS30%区では MUN や BUN も高い値であったが、これは SGS30%区の体重当たり乾物摂取量が他の区より高い傾向にあったことから、給与方法の違い(SGS15%および 30%区は発酵 TMR、圧ペン区と対照区は分離給与)が影響したものと考えられる。なお、これらの値は全て正常値の範囲内であることから問題はないものと判断した。ルーメン内容液の

表4-12 SGS を混合した飼料の構成と飼料成分値

飼料名 給餌方法	SGS15% 発酵TMR	SGS30% 発酵TMR	圧ペン 分離給与	対照区 分離給与
飼料構成(乾物%)				
グラスサイレージ	17.3	17.2	17.7	17.4
トウモロコシサイレージ	15.6	15.6	16.0	15.7
アルファルファ乾草	11.4	11.4	11.7	11.4
配合飼料	44.3	33.2	39.7	55.5
SGS	8.4	16.4	-	-
蒸気圧ペン粃米	-	-	11.2	-
大豆粕	3.0	6.3	3.9	-
飼料成分(乾物中%)				
粗タンパク質	16.0	16.2	15.9	15.9
NDF	30.3	30.3	30.7	30.3
NFC	35.5	37.1	36.0	33.9
TDN	74.1	74.2	72.9	73.9

pHは6.5～6.9の範囲で問題はなく、健康状態も良好であったことから、TDN換算で配合飼料の30%（飼料乾物中当たり16.4%）を粃米サイレージに置き換えて給与可能であることが示された。

表4-13 泌乳牛の飼養試験成績

項目	SGS15%	SGS30%	圧ぺん	対照区
乾物摂取量(体重当たり%/日)	3.44	3.77	3.41	3.29
乳量(kg/日)	26.4	27.1	27.5	25.9
SCM乳量(kg/日)	27.1 ab	28.8 a	27.7 ab	25.4 b
乳成分				
乳脂肪率(%)	4.2	4.5	3.8	3.7
乳タンパク質率(%)	3.6	3.6	3.5	3.5
乳糖(%)	4.7	4.4	4.5	4.6
無脂固形分(%)	9.1	9.0	9.1	9.1
乳中尿素態窒素(MUN:mg/dL)	13.2 ab	14.3 a	11.6 ab	10.4 b
第一胃内溶液性状				
pH	6.5	6.7	6.9	6.8
血液性状				
ヘマトクリット(%)	30.5	29.8	30.8	30.5
総コレステロール(mg/dL)	174.4	180.2	186.6	187.4
グルコース(mg/dL)	54 b	56.4 ab	60.2 a	59.3 ab
血中尿素態窒素(BUN:mg/dL)	16.4 ab	17.9 a	15.9 ab	13.8 b
ビタミンE(μ g/dL)	107.3 b	111.1 b	154.7 a	134.2 ab

注)各項目毎に異符号を付けた数値間に5%水準の有意差あり。

<岐阜県の事例>

粃殻粉碎機(4mmメッシュ)による粉碎や、飼料米破砕装置(ローラクリアランス0.5mm)による破砕を行った粃米(品種「ホシアオバ」)の給与試験を行った。飼料は発酵TMRとして調製し、圧ぺんトウモロコシと圧ぺんオオムギをデンプン源として使用する区(対照区)、圧ぺんトウモロコシの代替として粉碎あるいは破砕した粃米を濃厚飼料の30%(TDN換算)給与する区(粉碎30%区および破砕30%区)、圧ぺんトウモロコシの他、圧ぺん大麦の一部も破砕粃米で代替する区(破砕40%区)を設け、試験を実施した(表4-14)。供試牛は泌乳中期～後期の8頭である。

表4-14 粉碎あるいは破砕粃米を混合した飼料の構成と飼料成分値

飼料名	粉碎30%	破砕30%	破砕40%	対照区
飼料構成(乾物%)				
イタリアンライグラスサイレージ	14.0	14.0	14.0	14.0
トウモロコシサイレージ	9.5	9.5	9.5	9.5
アルファルファ乾草	17.5	17.5	17.5	17.4
飼料用米	17.7	17.7	22.5	-
トウモロコシ(圧ぺん)	-	-	-	17.9
大麦(圧ぺん)	12.5	12.5	7.5	12.4
ビートパルプ	10.0	10.0	10.0	9.9
ビール粕	5.8	5.8	5.8	5.8
大豆粕	7.0	7.0	7.0	6.7
綿実	5.2	5.2	5.2	5.2
ミネラル・ビタミン	1.0	1.0	1.1	1.2
飼料成分(乾物中%)				
粗タンパク質	14.6	14.6	14.3	14.9
デンプン	21.7	21.7	22.2	22.8
TDN ¹⁾	71.5	71.5	71.2	73.2

1)飼料設計時のTDNは計算値。

試験の結果(表4-15)、乾物摂取量は各処理区間で有意差は認められず22.8～24.3kg/日を摂取した。乳量および乳成分にも処理区間差が認められなかったが、デンプン消化率は破砕40%区で低

下した。以上から、TDN 換算で濃厚飼料全体の 30%量(飼料乾物中 17.7%)であれば、粉碎あるいは破砕処理した粃米は問題なく利用可能であるが、40%量(飼料乾物中 22.5%)を代替する場合には、デンプンの消化性が低下する場合があるため、給与家畜の状態を確認しながら給与する必要があると考えられた。

表4-15 泌乳牛の飼養試験成績

項目	粉碎30%	破砕30%	破砕40%	対照区
乾物摂取量(kg/日)	23.7	22.8	23.9	24.3
デンプン消化率(%)	96.2 a	91.9 ab	88.6 b	94.5 a
TDN(乾物中%)	69.1	69.3	67.8	73.2
乳量(kg/日)	30.3	30.4	30.0	30.9
乳成分				
乳脂肪率(%)	4.2	4.1	4.0	4.1
乳タンパク質率(%)	3.3	3.3	3.2	3.4
無脂固形分(%)	8.8	8.8	8.8	8.9
乳中尿素窒素(MUN:mg/dL)	12.3	13.0	12.7	11.8

注) 各項目毎に異符号を付けた数値間に5%水準の有意差あり。

<福岡県の事例>

蒸気圧ぺん粃米(品種「ミズホチカラ」)を TMR 中に乾物で 10 および 20%混合する試験区(圧ぺん 10%区および圧ぺん 20%区)を設け、粃米を混合しない TMR(対照区)との比較試験を行った(表4-16)。供試牛は 6 頭の泌乳後期牛である。なお、圧ぺん 20%区は圧ぺんトウモロコシとフスマを全量代替する飼料設計となっている。

試験の結果(表4-17)、乾物摂取量、乳量、乳成分および第一胃内容液に処理区間差は認められず、血液性状は全て正常値の範囲内であった。このことから、泌乳後期牛に対しては、給与飼料中の圧ぺんトウモロコシの全量を蒸気圧ぺん粃米に置き換えて給与しても、乳量、乳質等の生産性に与える影響は少ないことが示された。

表4-16 蒸気圧ぺん粃米を混合した飼料の構成と飼料成分値

飼料名	圧ぺん10%	圧ぺん20%	対照区
飼料構成(乾物%)			
カラードギニアグラス乾草	36.8	36.8	36.9
アルファルファペレット	4.1	4.1	4.1
ビートパルプ	4.0	4.0	4.0
大豆粕	6.0	8.0	8.9
トウモロコシ(圧ぺん)	4.9	-	16.3
綿実	4.6	6.2	4.2
フスマ	7.7	-	9.3
大麦(圧ぺん)	16.3	13.8	16.3
加熱大豆	4.7	5.1	-
蒸気圧ぺん粃米	11.0	21.9	-
飼料成分(乾物中%)			
粗タンパク質	15.8	16.4	15.5
NDF	42.3	41.4	41.2
TDN	73.0	73.0	73.1

表4-17 泌乳牛の飼養試験成績

項目	圧ぺん10%区	圧ぺん20%区	対照区
乾物摂取量(kg/日)	27.4	28.0	28.7
乳量(kg/日)	35.2	36.3	36.9
乳成分			
乳脂肪率(%)	3.9	3.9	3.9
乳タンパク質率(%)	3.2	3.2	3.3
無脂固形分(%)	8.7	8.7	8.8
全固形分(%)	12.6	12.5	12.7
乳中尿素窒素(MUN:mg/dL)	11.6	11.0	11.1
第一胃内容液性状			
pH	7.2	7.2	7.2
血液性状			
ヘマトクリット(%)	28.2	27.9	28.6
総コレステロール(mg/dL)	246.5	245.0	240.3
グルコース(mg/dL)	61.0	59.2	60.5
血中尿素窒素(BUN:mg/dL)	16.7	16.3	14.3

②玄米の給与

玄米は粃殻が外れているため、粃米と比較して繊維含量は低く、CP、NFE および TDN 含量は高く、それらの値はトウモロコシ穀実に近似しているため、トウモロコシの代替利用が容易である。しかしながら、粃米と同様に破砕や蒸気圧ぺんのような加工をしなければ牛の消化性は低い。

ここでは、粃米の項で示した泌乳牛(泌乳前期および泌乳中～後期)向け発酵 TMR 中に、デンプン源として玄米を飼料乾物当たり 25%混合し給与した飼養試験事例の他、飼料中の配合飼料の一部を粃米に置き換えた給与メニュー例について紹介する。

ア 泌乳前期 (イネ WCS との併給事例)

試験区として、(2)－①－アの粃米試験同様の飼料構成となる“輸入飼料 TMR 区”と、そのチモシー乾草をイネ WCS(品種「なつあおば」)に、圧ぺんトウモロコシ+圧ぺん大麦を玄米(品種「北陸 193 号」)に代替した“自給飼料 TMR 区”を設定し、初産牛 6 頭を 3 頭ずつ 2 群に分けて、両群に分娩予定日の 10 日前から分娩後 10 週目まで給与した。試験に用いたイネ WCS は黄熟期に汎用型飼料収穫機で収穫調製し、玄米はデリカ社製飼料米破砕機で破砕処理して用いた。TMR は表 4-18 に示す飼料構成で乾物率が約 60%になるよう加水、混合し、細断型ロールペーラを用いて発酵 TMR に調製した。

分娩前後の飼料給与設定は、初産牛を用いたことから、図 4-5 に示す乾物摂取量/体重比の値を 0.2 高める形で、分娩予定日の 10 日前から給与を開始した。馴致開始以後の飼料の給与割合は、図 4-5 に示すとおりであり、概ね分娩後 10 日以降に発酵

表 4-18 TMR の構成および飼料成分値

	輸入飼料 TMR区	自給飼料 TMR区
乾物混合割合(%)		
チモシー乾草	25.0	—
イネWCS	—	25.0
イタリアライグラスサイレージ	10.0	10.0
圧ぺんトウモロコシ	15.0	—
圧ぺん大麦	10.0	—
飼料用粃米(破砕)	—	25.0
ビール粕	10.0	10.0
豆腐粕	10.0	10.0
その他 ¹⁾	20.0	20.0
飼料成分 ²⁾		
乾物(%)	58.7	59.3
CP	15.6	15.3
EE	4.7	4.6
NDFom (乾物中%)	37.8	35.0
NFC	34.1	37.0
TDN	74.0	75.3

¹⁾その他には、フスマ、大豆粕、ビートパルプ、糖蜜、ビタミンミネラルが含まれる

²⁾日本標準飼料成分表(2009)による設計値

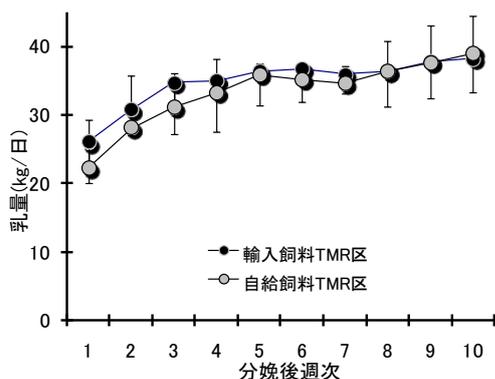


図 4-8 分娩後の乳量の推移

表 4-19 分娩後 10 週間の飼養成績のまとめ

	輸入飼料 TMR区	自給飼料 TMR区
乾物摂取量 (kg/日)	21.2	20.9
体重 (kg)	618	565
乳量 (kg/日)	34.9	33.4
乳成分		
乳脂率 (%)	4.11	4.34
乳タンパク質率 (%)	2.97	3.14
無脂固形分率 (%)	8.54	8.76
MUN (mg/dl)	10.3	8.0
体細胞数 (千個/ml)	68	43

TMR の自由採食とした。なお、供試牛は繋留し、1 日 2 回搾乳を行った。

試験の結果(図4-8、表4-19)、自給飼料 TMR 区の乳量は輸入飼料 TMR 区と同等に推移し、処理区間に有意差は認められなかった。また、10 週間の乳量、乾物摂取量、乳成分率のいずれの項目においても輸入飼料 TMR 区と自給飼料 TMR 区の間には差はなく、同等の結果が得られている。一方、ルーメン液、血液性状については、血漿中の総コレステロール(T-CHO)濃度で輸入飼料 TMR 区(236mg/dl)に比べ、自給飼料 TMR 区(156mg/dl)が低い値を示したが、その他の項目においては、処理区間差は認められなかった。

(参考資料)

関誠ら(2011)トウモロコシと大麦を飼料用玄米に代替した発酵 TMR の給与が泌乳前期の乳生産に及ぼす影響. 日草誌 57(別):79

イ 泌乳中～後期

(ア) イネ WCS との併給事例

(2) - ① - イ (ア) の粳米試験と同様、発酵 TMR のデンプン源に飼料乾物当たりトウモロコシを 15%、大麦を 10% 混合する対照区に対し、トウモロコシおよび大麦の代替に破碎(デリカ社製飼料米破碎機、ローラクリアランスを 1mm に設定)または蒸気圧ぺん処理した玄米(品種「北陸 193 号」)を各々 25% 混合する発酵 TMR を泌乳中期～後期の泌乳牛に給与した(表4-20)。

表4-20 TMR の飼料構成と飼料成分値

	対照区	破碎区および 蒸気圧ぺん区
乾物混合割合(%)		
イネWCS	25.0	25.0
イタリアライグラスサイレージ	10.0	10.0
圧ぺんトウモロコシ	15.0	—
圧ぺん大麦	10.0	—
玄米	—	25.0
ビール粕	10.0	10.0
豆腐粕	10.0	10.0
その他 ¹⁾	20.0	20.0
飼料成分 ²⁾		
CP	15.6	15.3
EE	4.7	4.6
NDFom	37.8	35.0
NFC	34.1	37.4
TDN	74.0	75.3

¹⁾その他には、フスマ、大豆粕、ビートパルプ、糖蜜、ビタミン、ミネラルが含まれる

²⁾日本標準飼料成分表(2009)による設計値

表4-21 飼養成績

	対照区	破碎区	蒸気 圧ぺん区
供試頭数	3	3	3
体重(kg)	696	692	694
乾物摂取量(kg/日)	25.1	26.1	24.3
乳量(kg/日)	40.7	41.0	42.5
乳脂肪率(%)	3.97	3.91	3.78
乳タンパク質率(%)	3.41	3.36	3.36
無脂固形分率(%)	8.93	8.84	8.84
MUN(mg/dl) ¹⁾	12.4	10.6	11.2

試験の結果(表4-21)、玄米を給与した場合の乾物摂取量は 24.3~26.1kg/日で、破碎または蒸気圧ぺん処理した玄米をトウモロコシおよび大麦で全量代替しても同等の成績が得られた。泌乳成績については、玄米を給与した場合の乳量は 41.0~42.5kg/日、乳脂肪率は約 3.8%、無脂固形分率

は8.8%以上で、同等の結果が得られている。また、玄米を給与した区の飼料給与後5時間目のルーメン内溶液は、pHが6.8～6.9(対照区6.9)、総VFA濃度が8.4～9.0mM(対照区8.2mM)、酢酸/プロピオン酸比が3以上であり、玄米給与による変化は認められなかった。なお、MUNやBUNは正常値の範囲にあった。以上、粳米と同様に、玄米も飼料乾物中に25%混合しても、トウモロコシや大麦を混合した場合と同等の乳生産が可能であることが示された。

(イ) 玄米を配合飼料の一部代替として給与した事例

ここでは、粗飼料の主体をトウモロコシサイレージとし、配合飼料中に乾物で30%含まれる穀類(圧ぺんトウモロコシ+圧ぺん大麦)を玄米で代替した発酵TMR(表中、飼料用米TMR)を、泌乳中～後期牛に給与した場合の消化特性、飼養成績等について述べる。なお、比較対照としてCPとTDN含量を飼料用米TMRと同一にし、穀類に圧ぺんトウモロコシと圧ぺん大麦を使用した発酵TMR(表中、慣行TMR)を用いた。

給与飼料の構成を表4-22に示した。TMR原料に用いた飼料用米は、多収品種「ホシアオバ」、「クサホナミ」、「クサノホシ」と、食用品種の「ヒノヒカリ」ならびに2008年度選別Cに格付けされた「ヒノヒカリ」、「コシヒカリ」の玄米をブレンドし、蒸気圧ぺん処理したものである(写真4-2)。トウモロコシサイレージは黄熟期でサイレージ調製したものを乾物当たり27.1%使用した。イタリアンライグラスサイレージは1番草を出穂期で収穫しサイレージ調製したものを同2.0%使用した。

表4-22 給与飼料の構成と設計成分

飼料原料	飼料用米TMR	慣行TMR
配合割合(乾物%)		
トウモロコシサイレージ	27.1	27.1
イタリアンライグラスサイレージ	2.0	2.0
ヘイキューブ	11.0	11.0
飼料用米(玄米圧ぺん)	17.8	-
トウモロコシ(圧ぺん)	-	13.7
大麦(圧ぺん)	-	10.2
ビートパルプ	11.1	8.8
豆腐粕(乾)	5.0	5.0
大豆粕	6.4	6.4
フスマ	17.5	13.7
糖蜜	0.8	0.8
ビタミン剤	0.2	0.2
炭酸カルシウム	0.9	0.9
食塩	0.2	0.2
設計成分値(乾物%)		
粗タンパク質	15.3	15.3
NDF	34.2	34.5
NFC	38.4	39.6
デンプン	21.0	25.2
TDN	73.9	73.9

NDF:中性デタージェント繊維 NFC:非繊維性炭水化物
TDN:可消化養分総量



写真4-2 圧ぺん処理した玄米

供試飼料の消化率および窒素出納を表4-23に示した。飼料用米TMRとトウモロコシ・大麦を利用した慣行TMRを比較すると、両者の間に粗タンパク質の消化率、糞中への窒素排泄割合に差がみられる。これは両飼料間の飼料組成の違い、すなわち非繊維性炭水化物、デンプンといった易分解性炭

水化物含量の違いに起因するものと考えられる。今回は飼料用米の配合割合の上限を濃厚飼料の30%に設定したが、飼料タンパク質のルーメン内分解特性との調和を計ることで、さらに飼料用米配合割合を高めることが可能であることを示唆している。

表4-23 飼料の消化率および窒素出納

	飼料用米TMR	慣行TMR	有意差
消化率(%)			
粗タンパク質	66.9	68.3	*
粗繊維	55.7	57.6	n.s
粗脂肪	68.4	69.4	n.s
NFE	71.8	72.9	n.s
TDN(%DM)	65.6	66.8	n.s
摂取窒素分配率(%)			
糞中	33.1	31.7	*
尿中	36.4	35.1	n.s
乳中	24.6	25.2	n.s
体蓄積	5.9	8.0	n.s

ns:有意差なし、*:p<0.05

NFE:可溶無窒素物、TDN:可消化養分総量

表4-24 飼養成績と乳成分

項目	飼料用米TMR	慣行TMR	有意差
飼養成績			
体重(kg)	721	720	n.s
DMI(kg/日)	23.3	24.0	n.s
乳量(kg/日)	23.0	23.7	n.s
乳成分(%)			
乳脂肪	4.76	4.75	n.s
乳蛋白質	3.93	3.97	n.s
乳糖	4.35	4.35	n.s
無脂固形分	9.33	9.38	n.s

n.s:有意差なし

DMI:乾物摂取量

飼養成績と乳成分を表4-24に示した。穀類を飼料用米で代替した発酵 TMR を給与することで、乾物摂取量および乳量がわずかに低下する傾向であるが統計的な差は認められない。また、乳脂肪、乳タンパク質、無脂固形等各乳成分にも全く差がないことから、穀類の全量を飼料用米で代替しても乳生産性に大きな影響を及ぼすことはない判断できる。

玄米を利用した発酵 TMR を給与した場合、玄米摂取量は乾物で日量 4kg 程度であるが、ルーメン内溶液 pH は 6.5 以上であり、ルーメンアシドーシスの危険性はないものと判断される。また、血液性状においても、肝機能、タンパク質代謝、エネルギー代謝等の指標値も正常範囲内であり、飼料用米給与が健康性に影響を与えるものではなかった。

ウ 育成牛

ここでは育成牛に給与するデンプン源として玄米を用いた飼養試験事例を紹介する。

飼料用玄米の加工の有無が育成牛の発育等に及ぼす影響を解明するため、愛知県、石川県、茨城県、神奈川県、千葉県、富山県の公設試験場で飼養する 6 か月齢(体重約 200kg)の乳用子牛 34 頭を供試し、給与する濃厚飼料の違いにより、コーン区(配合飼料の 42%を蒸気圧ペントウモロコシで代替)、全粒玄米区(配合飼料の 42%を全粒玄米で代替)、粉碎玄米区(配合飼料の 42%を粉碎玄米で代替)の 3 区に配置し、12 週間(開始後の 2 週間は馴致期間とする)の飼養試験を行った。飼料は、目標とする日増体量を 0.9kg として必要なエネルギー量(日本飼養標準・乳牛 2006 年版)の 40%を各区の濃厚飼料、残り 60%を細断したチモシー乾草で供給するよう 1 日分の必要量を計量して朝夕の 2 回に分けて給与した(表4-25)。また、配合飼料とチモシー乾草は分離給与し、管理はペン等で個別に行った。なお、玄米は食用品種を用い、粉碎は 3mm メッシュの破碎機を用いて行った。

表4-25 飼料配合割合と飼料成分値

	コーン区	全粒玄米区	粉碎玄米区
飼料構成(原物%)			
市販育成用配合飼料	14.4	14.4	14.4
トウモロコシ	14.4	—	—
全粒玄米	—	14.4	—
粉碎玄米	—	—	14.4
大豆粕	5.1	5.1	5.1
リンカル	0.3	0.3	0.3
チモシー乾草	65.8	65.8	65.8
飼料成分組成(乾物%) ¹⁾			
TDN	69.6	69.8	69.8
粗タンパク質	13.5	13.6	13.6
NDF	51.1	49.4	49.4
デンプン	12.6	12.6	12.6

¹⁾ 飼料成分組成は計算値

試験期間中の乾物摂取量は(表4-26)、全粒玄米区と粉碎玄米区で全粒や微粉の玄米を少しだけ残す牛が見られたが(写真4-3) 区間差は認められなかった。試験開始時の体重は各区間で差は認められなかったが、試験終了時の体重はコーン区 268.8kg、全粒玄米区 246.5kg、粉碎玄米区 263.4kg と全粒玄米区が有意に低くなった。この間の日増体量はコーン区 0.86kg、全粒玄米区 0.61kg、粉碎玄米区 0.84kg となり、コーン区と粉碎玄米区はほぼ目標(0.9kg/日)どおりであったが、玄米をそのまま給与した全粒玄米区では目標を大幅に下回った(表4-26、図4-9)。



写真4-3 粉碎玄米区の試験牛
(米の微粉が餌槽に残る)

表4-26 飼料摂取量、発育状況および飼料の消化率

	コーン区	全粒玄米区	粉碎玄米区
乾物摂取量(kg/日)	5.85	5.66	5.73
TDN摂取量(kg/日)*	4.05	3.93	3.97
開始時体重(kg)	208.9	203.6	204.4
終了時体重(kg)	268.8 A	246.5 B	263.4 A
日増体量(kg)	0.86 A	0.61 B	0.84 A
乾物消化率(%)	66.4 a	62.1 b	68.8 a
デンプン消化率(%)	97.9 A	61.2 B	95.1 A

* TDNIは計算値とし、玄米のTDNIは原物中80.9%を用いた。
異符号を付けた数値間に有意差あり(a,b:P<0.05、A,B:P<0.01)。

表4-26下段に乾物とデンプンの消化率を示した。全粒玄米区では乾物、デンプンの消化率が他の2区に比べて有意に低くなったが、粉碎玄米区ではコーン区と同様の消化率を示し、粉碎により玄米の消化性が高まった。全粒玄米のデンプン消化率は、配合飼料のデンプン消化率を一定とし、粉碎玄米区のデンプン消化率の値(95%)を基に試算すると 49%となり、粉碎玄米の半分程度であったと推察される。全粒玄米区の糞中には未消化の玄米が多く観察され(写真4-4)、育成牛においても飼料用玄米を給与する場合は破碎等の加工の必要性が示唆された。

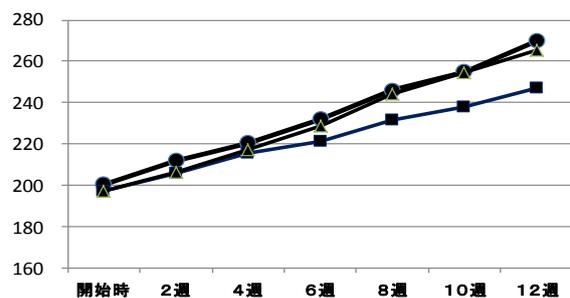


図4-9 玄米の給与が増体に及ぼす影響
(●:コーン区、■:全粒玄米区、▲:粉碎玄米区)

図4-10に血液中のグルコース濃度の推移を示した。全粒玄米区では全粒玄米の消化性の低さを反映して他の2区に比べて低く推移した。一方、消化率の高かった粉碎玄米区では、コーン区と同様な傾向で推移しており、粉碎により蒸気圧ペントウモロコシと同等の栄養価が得られると考えられた。



写真4-4 全粒玄米区の糞性状
(糞中に玄米が見られる)

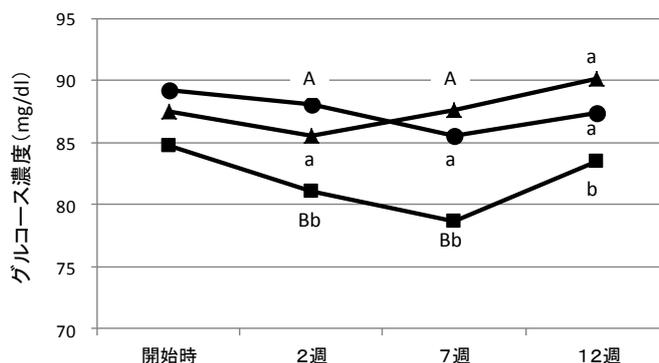


図4-10 供試牛の血中グルコース濃度の推移
(●:コーン区、■:全粒玄米区、▲:粉碎玄米区)

図4-11に血液中の尿素窒素濃度を、表4-27に第一胃内容液性状を示した。全粒玄米区の血液中の尿素窒素濃度が他の2区に比べて高く推移したが、これは、全粒玄米の第一胃内での消化性の低さを反映して第一胃内でのアンモニア態窒素の微生物体タンパク質への利用が低下したためと考えられた。一方、粉碎玄米区では血液中の尿素窒素濃度が安定して推移し、また、第一胃内容液中のアンモニア態窒素濃度も低い値で推移したことから、第一胃での発酵がトウモロコシと同等であると考えられた。

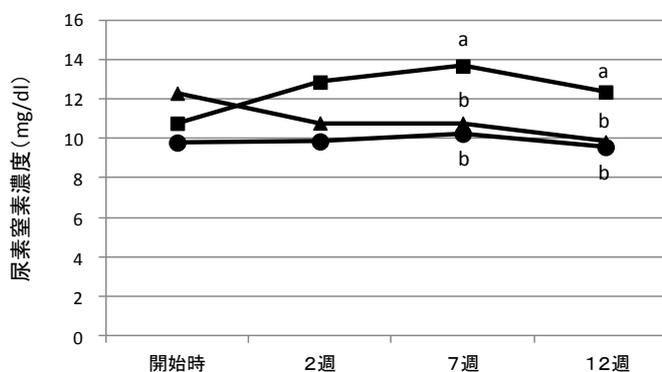


図4-11 供試牛の血中尿素態窒素濃度の推移
(●:コーン区、■:全粒玄米区、▲:粉碎玄米区)

表4-27 供試牛の第一胃内容液性状

	7週			12週		
	コーン区	全粒玄米区	粉碎玄米区	コーン区	全粒玄米区	粉碎玄米区
総VFA (mmol/L)	58.6	59.0	57.6	53.8	64.6	58.4
酢酸 (mmol/L)	41.7	41.3	41.0	37.7	46.6	40.8
プロピオン酸 (mmol/L)	10.5	10.7	9.8	9.5	10.9	10.0
アンモニア態窒素 (mg/dl)	4.4 a	6.8 b	5.5 ab	4.4 a	7.3 b	5.0 ab
酢酸/プロピオン酸比	4.0	3.8	4.2	4.0	4.2	4.1

異符号を付けた数値間に有意差あり(a,b:P<0.05, A,B:P<0.01)。

以上の結果から、育成牛に玄米を給与する場合には何らかの加工が必要で、3mm メッシュで破碎することで蒸気圧ペントウモロコシとの置き換えが可能であると考えられる。

③玄米の多給事例

ア 泌乳前期

玄米の化学成分や栄養価はトウモロコシとほぼ同等であるため、玄米は主にトウモロコシの代替として乳牛用飼料に利用されることが想定される。しかし、玄米の第一胃内分解速度はトウモロコシよりも速いことが知られており、多給あるいはデンプン含量を高めた飼料設計では玄米の代替給与により採食量や乳生産に悪影響を及ぼす可能性がある。本項では穀実混合割合やデンプン含量の異なる複数の飼料設定下においてトウモロコシから玄米への代替給与が泌乳前期牛の乳生産性等に及ぼす影響について検討した事例を紹介し、泌乳前期牛に対する蒸気圧ペントウモロコシから蒸気圧ペン玄米への代替給与の限界について示す。

<事例1：穀実混合割合3割、デンプン含量およそ20%の場合>

飼料設計は、飼料乾物当たり穀実(蒸気圧ペントウモロコシあるいは蒸気圧ペン玄米)を約3割混合し、その他の飼料はデンプンをほとんど含有しない乾草や粕類で構成し、デンプン含量を20%程度とした(表4-28)。このようなトウモロコシあるいは玄米主体 TMR を分娩後50~100日の泌乳前期牛に給与した結果、採食量、乳生産は処理間で差は認められない。また玄米代替給与によりルーメン内容液の乳酸濃度が高まることはないが、プロピオン酸濃度は高まる(表4-29)。

表4-28 飼料構成および化学成分

飼料構成(乾物%)	トウモロコシ:玄米	
	100:0	0:100
チモシー乾草	25.8	25.8
アルファルファ乾草	20.0	20.0
蒸気圧ペントウモロコシ	30.9	0.0
蒸気圧ペン飼料用玄米	0.0	30.9
豆腐粕	14.0	14.0
しょうゆ粕	5.1	5.1
大豆粕	3.5	3.5
ミネラル・ビタミン	0.8	0.8
化学成分(%)		
乾物	64.2	64.0
粗タンパク質	15.5	15.6
中性デタージェント繊維	36.6	34.2
でんぷん	19.4	21.9

表4-29 採食量、乳生産および第一胃内容液性状

	トウモロコシ:玄米	
	100:0	0:100
乾物摂取量(kg/日)	25.8	25.4
乳生産		
生産量(kg/日)	44.9	44.7
乳脂肪率(%)	3.89	3.99
乳タンパク質率(%)	3.21	3.22
乳糖率(%)	4.69	4.67
第一胃液性状		
乳酸(mM)	1.3	1.6
総VFA(mM)	103.6	105.6
酢酸(mM)	65.3	63.9
プロピオン酸(mM)*	23.6	26.1
酪酸(mM)	12.1	13.0

*: 処理間に有意差あり (P<0.05)

<事例2：穀実混合割合3割、デンプン含量およそ35%の場合>

飼料設計は、穀実を約3割混合し、粗飼料源にデンプン含量の高いイネ WCS およびトウモロコシ WCS を混合し、デンプン含量を約35%と高め、蒸気圧ペントウモロコシと蒸気圧ペン玄米の混合比を100:0、50:50、0:100とした3水準を設けた(表4-30)。このようなTMRを分娩後30~75日の泌乳前期牛に給与した結果、採食量、乳生産は処理間で差は認められない。また、玄米混合割合の増加にともないルーメン内容液の酢酸割合は減少し、プロピオン酸、酪酸の割合は増加する(表4-31)。

表4-30 飼料構成および化学成分

飼料構成(乾物%)	トウモロコシ:玄米		
	100:0	50:50	0:100
イネWCS	20.9	20.9	20.9
トウモロコシWCS	29.2	29.2	29.2
蒸気圧ぺんトウモロコシ	31.2	15.6	0.0
蒸気圧ぺん飼料用玄米	0.0	15.6	31.2
大豆粕	17.2	17.2	17.2
ミネラル・ビタミン	1.4	1.4	1.4
化学成分(%)			
乾物	43.0	43.2	43.3
粗タンパク質	15.4	15.4	15.4
中性デタージェント繊維	32.4	30.9	30.1
でんぷん	34.7	35.4	35.9

表4-31 採食量、乳生産および第一胃

内容液性状	トウモロコシ:玄米		
	100:0	50:50	0:100
乾物摂取量(kg/日)	21.2	21.9	21.5
乳生産			
生産量(kg/日)	40.1	40.3	40.0
乳脂肪率(%)	3.46	3.43	3.52
乳タンパク質率(%)	2.95	2.96	2.99
乳糖率(%)	4.60	4.58	4.60
第一胃液性状			
pH	6.80	6.79	6.78
乳酸(mM)	0.3	0.3	0.4
総VFA(mM)	94.1	96.5	96.4
酢酸(%)*	63.7	61.3	60.8
プロピオン酸(%)*	23.4	25.3	25.3
酪酸(%)*	8.4	9.2	9.6

*: 処理間に有意差あり (P<0.05)

<事例3: 穀実混合割合 4 割の場合>

飼料設計は、穀実を 4 割混合し、その他飼料はデンプンをほとんど含有しないアルファルファサイレージやグラスサイレージで構成し、蒸気圧ぺんトウモロコシと蒸気圧ぺん玄米の混合比を 100:0、50:50、0:100 とした 3 水準を設けた(表4-32)。このような TMR を分娩後 50~110 日の泌乳前期牛に給与した結果、乾物摂取量および乳生産量は玄米混合割合の増加に伴い減少する。また、ルーメン内容液 pH および乳酸含量は玄米代替による影響は認められないが、玄米混合割合の増加に伴いルーメン内容液の酢酸割合は減少し、プロピオン酸、酪酸の割合は増加する(表4-33)。

表4-32 飼料構成および化学成分

飼料構成(乾物%)	トウモロコシ:玄米		
	100:0	50:50	0:100
アルファルファサイレージ	40.7	40.7	40.7
グラスサイレージ	11.8	11.8	11.8
蒸気圧ぺんトウモロコシ	40.0	20.0	0.0
蒸気圧ぺん飼料用玄米	0.0	20.0	40.0
大豆粕	7.1	7.1	7.1
ミネラル・ビタミン	0.4	0.4	0.4
化学成分(%)			
乾物	49.2	49.6	49.4
粗タンパク質	18.5	18.5	18.6
中性デタージェント繊維	33.6	31.8	31.1
でんぷん	25.4	26.5	27.6

表4-33 採食量、乳生産および第一胃

内容液性状	トウモロコシ:玄米		
	100:0	50:50	0:100
乾物摂取量(kg/日)*	24.8	24.0	23.5
乳生産			
生産量(kg/日)*	44.8	43.7	42.0
乳脂肪率(%)	3.61	3.51	3.70
乳タンパク質率(%)	3.01	3.03	3.02
乳糖率(%)	4.67	4.64	4.61
第一胃液性状			
pH	6.58	6.60	6.55
乳酸(mM)	3.9	3.7	6.6
総VFA(mM)	112.7	112.4	113.4
酢酸(%)*	63.5	62.3	61.3
プロピオン酸(%)*	22.1	23.2	23.4
酪酸(%)*	10.1	10.5	10.9

*: 処理間に有意差あり (P<0.05)

以上より、泌乳前期の乳牛に対し、TMR 中のトウモロコシあるいは玄米の混合割合を乾物比で 4 割に設定した場合、蒸気圧ぺんトウモロコシから蒸気圧ぺん玄米への代替は乳生産量低下等の悪影響を及ぼすが、混合割合を 3 割とすれば生産性に問題はなく完全代替できることが示唆される。

イ 泌乳中～後期

泌乳中～後期牛向け発酵 TMR において、主な粗飼料源をイネ WCS とし、濃厚飼料中の主なデンプン源を破碎処理した玄米とし、玄米の乾物混合割合を 25、30、35% と変えて比較した飼養試験 2 事例と、泌乳後期牛 2 頭を用いて、玄米の乾物混合割合を 25、33、40% とした飼養試験 1 事例を紹介する。

< 事例 1：泌乳中～後期牛への玄米の多給（新潟県） >

玄米(品種「北陸 193 号」)は、デリカ社製飼料米破碎機で破碎したものをを用いた。これらを表 4-34 に示した割合で混合し、細断型ロールベアラを用いて発酵 TMR に調製した。試験には泌乳中期以降の泌乳牛 6 頭(初産 4 頭、2 産以上 2 頭)を用いた。

飼養成績を表 4-35 に示した。玄米の飼料中混合割合を変えても乾物摂取量、乳量および乳成分に処理区間差は認められなかったことから、主な粗飼料源をイネ WCS とする発酵 TMR において、玄米混合割合を 25% から 35% に高めても、乳生産に及ぼす影響が小さいことが確認された。また、供試牛のルーメン内容液の酢酸/プロピオン酸比は 3.6 以上で、酢酸優先型の安定したルーメン発酵であり、pH はいずれの試験区も 7 前後で、飼料給与にともなう低下は認められなかった。血液性状は全ての項目において試験区間差はなく、飼料用玄米の混合割合を 35% に高めても、ルーメン内容液および血液性状に及ぼす影響は小さいことが確認された。

表 4-34 飼料構成および飼料成分値

項目	25%	30%	35%
乾物混合割合(%)			
イネWCS	25.0	25.0	25.0
イネアライグラスサイレージ	10.0	10.0	10.0
飼料用玄米(破碎)	25.0	30.0	35.0
ビートパルプ	6.0	3.0	0.0
ビール粕(乾)	10.2	9.0	7.8
豆腐粕(乾)	10.2	9.0	7.8
大豆粕	10.2	11.0	11.8
その他	3.4	3.0	2.6
飼料成分 ¹⁾			
乾物(%)	54.1	54.0	54.0
CP(%DM)	15.6	15.6	15.5
EE(%DM)	4.4	4.2	4.0
aNDFom(%DM)	34.9	32.5	30.0
NFC(%DM)	35.6	38.7	41.8
TDN(%DM)	74.6	75.6	76.7

¹⁾ 日本標準飼料成分表(2009)による設計値。

表 4-35 飼養成績

項目	25%	30%	35%
乾物摂取量(kg/日)	22.9	23.7	23.9
体重(kg)	705	706	706
乳量(kg/日)	30.1	29.4	29.5
乳成分			
乳脂率(%)	4.14	4.28	4.26
乳タンパク質率(%)	3.48	3.53	3.54
無脂固形分率(%)	8.95	8.99	8.98
MUN(mg/ml) ¹⁾	15.7	16.6	15.2
体細胞数(千個/ml)	40	45	45

¹⁾ 乳中尿素窒素

< 事例 2：泌乳中～後期牛への玄米の多給（三重県） >

本事例では、泌乳中～後期の経産牛 6 頭(初産 3 頭、2 産以上 3 頭)を供試した。玄米(品種「ホシアオバ」)は、デリカ社製飼料米破碎機で破碎処理したものをを用い、表 4-36 に示す割合で混合した飼料を細断型ロールベアラで発酵 TMR に調製した。

試験結果を表 4-37 に示した。

表4-36 飼料構成および飼料成分値

項目	25%区	30%区	35%区
乾物混合割合(%)			
イネWCS	25.0	25.0	25.0
イタリアンライグラスサイレージ	10.0	10.0	10.0
飼料用玄米(挽き割り)	25.0	30.0	35.0
ビートパルプ	4.5	2.0	0.0
大豆粕	10.0	11.0	12.0
ビール粕(生)	10.5	9.0	7.0
豆腐粕(乾)	10.5	9.0	7.0
ふすま	2.5	2.0	2.0
ミネラル・ビタミン	2.0	2.0	2.0
飼料成分 ¹⁾			
乾物(%)	55.0	55.0	55.0
CP	15.6	15.6	15.6
EE	4.5	4.3	4.0
aNDFom	34.7	32.3	29.4
f-aNDFom	18.1	18.1	18.1
NFC	35.2	38.4	41.9
TDN	74.0	75.0	76.0

¹⁾日本標準飼料成分表(2009)による設計値。

f-aNDFom: 粗飼料由来aNDFom

表4-37 飼養成績

項目	25%区	30%区	35%区
体重(kg)	703	701	709
乾物摂取量(kg/日)	23.4	23.5	23.6
乾物摂取量/体重(%)	3.33	3.35	3.33
乳量(kg/日)	34.4	34.9	34.1
4%FCM ¹⁾ (kg/日)	35.2	35.7	34.4
乳成分			
乳脂肪率(%)	4.18	4.16	4.06
乳タンパク質率(%)	3.31	3.30	3.33
乳糖率(%)	4.58	4.60	4.57
無脂固形分率(%)	8.89	8.90	8.90
MUN ²⁾ (mg/dl)	15.7	14.7	14.3
体細胞数(千個/ml)	55	50	60

¹⁾FCM: 脂肪補正乳、²⁾MUN: 乳中尿素窒素

事例1と同様に、飼料中の玄米の混合割合を35%まで高めても、発酵TMRの摂取量に影響を及ぼすことはなく、乳量および乳成分とも各区同等であり、良好な成績が得られている。また、ルーメン内容液性状や血液性状も各区同等の値であり、全て正常値の範囲内であった。

<事例3: 泌乳後期牛への玄米の多給>

フィステルを装着した泌乳後期牛2頭を用いて、玄米の乾物混合割合を25、33、40%とした場合の影響を、玄米の混合割合を順に増加させる条件で評価した。試験飼料は全て細断型ロールペーラで調製した発酵TMRの形で給与し(表4-38)、飼料給与量は乾物当たり最大20kgに制限して試験を行った。

飼養成績を表4-39に示した。乳量は、乳期の進行の影響もあり、玄米の混合割合の増加に伴い緩やかに値が低下したが、乳成分率は各区に大きな違いは無かった。一方、乾物摂取量は40%区が25および33%区に比べて低く、採食速度も緩慢であった。そのため、飼料給与後7時間目までのルーメン内容液pHは、40%区が他の2区に比べて変化が小さく、総VFA濃度も他の2区に比べ給与後4時間程度まで低い値で推移した(図4-12)。以上のことから、発酵TMR中に破碎処理した玄米を乾物当たり40%まで混合すると、乾物摂取量が低下し泌乳牛の健康を損なう場合のあることが示唆された。

表4-38 給与飼料の飼料構成

項目	25%区	33%区	40%区
乾物混合割合			
イネWCS	25	25	25
イタリアンライグラスサイレージ	10	10	10
飼料用玄米 ¹⁾	25	33	40
指定配合飼料 ²⁾	40	32	25

¹⁾飼料用玄米は飼料米破碎機を使用し、挽き割り処理した

²⁾指定配合には、ビール粕、トウフ粕、大豆粕、ビートパルプ、ふすま、糖蜜、ビタミン・ミネラルが含まれる

表4-39 飼養成績

項目	25%区	33%区	40%区
供試頭数	2	2	2
乾物摂取量(kg/日)	18.0	18.8	17.1
乳量(kg/日)	15.7	15.2	14.7
乳脂率(%)	5.17	5.11	5.23
乳タンパク質率(%)	3.98	3.99	4.01
無脂固形分率(%)	9.58	9.57	9.62
MUN ¹⁾ (mg/dl)	10.9	8.3	7.6
血液性状 ²⁾			
GOT(IU/L)	47	47	48
BUN(mg/dl)	11	8	7
GLU(mg/dl)	76	79	78
T-CHO(mg/dl)	183	185	203
Ca(mg/dl)	11.5	11.1	11.5
iP(mg/dl)	6.7	6.1	5.8

¹⁾乳中尿素窒素.

²⁾朝の飼料給与後5時間目に頸静脈より採取.

VFA: 揮発性脂肪酸、GOT: アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、BUN: 血中尿素窒素、GLU: グルコース、T-CHO: 総コレステロール、Ca: カルシウム、iP: リン

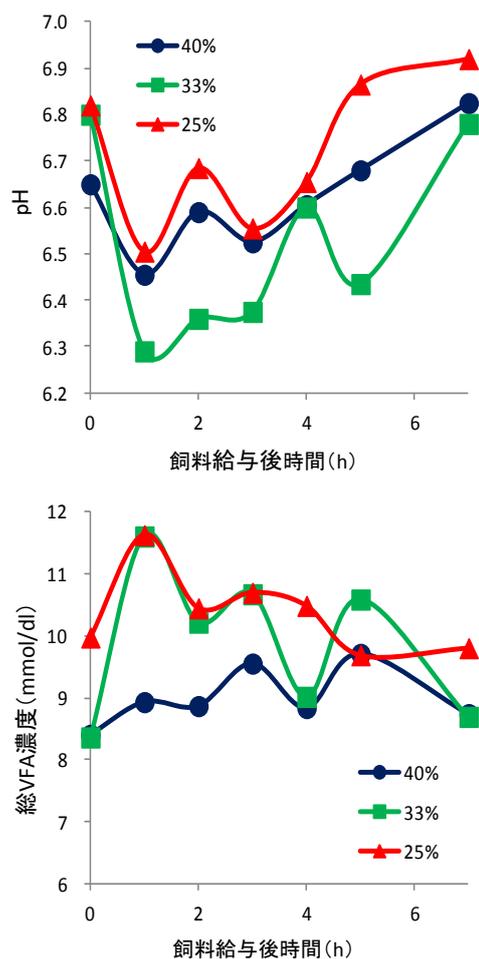


図4-12 ルーメン内容液性状の推移

泌乳中～後期牛向けの飼料に組み込むことのできる玄米の混合率について上記3事例から推察すると、破碎処理した玄米を用いる場合には、全飼料中に乾物当たり40%量を混合すると採食量の低下等が起こる場合があるため、現実的には35%までに抑えることが妥当といえる。とはいえ、今回の事例は、短期の給与試験結果である上、玄米品種の違いによるデンプン含量の差異や、破碎粒度の違いなどが検討されていない。そのため、玄米をこの混合比率(35%)で長期給与する場合には、乳牛の反応(採食性、乳生産性、反芻行動等)を十分観察しながら、混合割合を段階的に高めるなどの工夫をする必要がある。

(参考資料)

Miyaji M et al. (2012) Effect of replacing corn with brown rice grain in a total mixed ration silage on milk production, ruminal fermentation and nitrogen balance in lactating dairy cows. *Animal Science Journal* 83:585-593

Miyaji M et al. (2013). Milk production, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating cows fed total mixed ration silages containing steam-flaked brown rice as substitute for steam-flaked corn, and wet food by-products. *Animal science journal* 84:483-488

関誠ら(2012) 飼料用米の混合割合の異なる稲 WCS 主体発酵 TMR の給与が乳生産に及ぼす影響. *日草誌* 58(別):68

山本泰也ら(2012) 飼料用玄米の混合割合の異なるイネ WCS 主体発酵 TMR の給与が泌乳中後期の乳生産に及ぼす影響. *日草誌* 58(別):67

④飼料用米ペレット

飼料用米をトウモロコシの代替として組み入れたペレット飼料は、畜産農家にとって新たな労働負担がほとんどなく、成分値が明示された配合飼料として活用でき、大面積の飼料用米生産と広域流通にも対応できる。現在、飼料用米を混合したペレット飼料が一部地域で生産されているが、その飼料用米混合比率は 10%前後と少ない。飼料用米を高配合した乳牛向けペレット飼料や市販トウモロコシフレークを一定割合で混ぜたフレークペレットタイプ配合飼料が、清水港飼料(株)、山形大学、山形県が中心となり開発されている。ここでは、これら飼料の特徴と乳牛への給与事例について紹介する。

ア ペレット製造

ペレットに配合する飼料用米は玄米が望ましい。農薬等有害物質の混入防止確認は必須である。配合飼料工場で一般に利用されているペレットマシンにより、玄米(全体の 90%以上が粒度 1mm 未満となるように破砕)の他、エコフィードやそうこう類、油かす類などを混合したペレットが成形できる。また、飼料工場では、成形したペレットに蒸気圧ぺんした飼料用米や粗飼料を混合すること可能である。製造コストは、トウモロコシ主体ペレットと同等であり、一般のペレット飼料と同様、高温多湿での保管は避け、早期に給与しきることが望ましい。

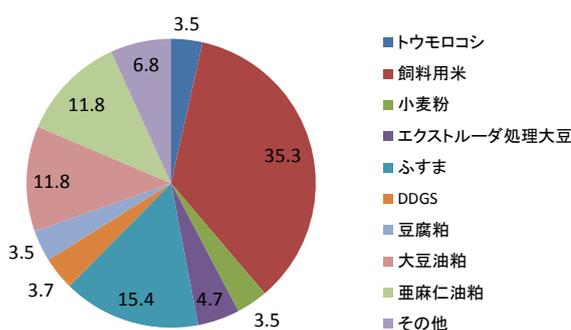


図 4-13 飼料用米を配合して試作したフレークペレットタイプ配合飼料の配合割合(平成 23 年度)



写真 4-6 試作したフレークペレットタイプ配合飼料の外観

イ フレークペレットタイプ配合飼料の乳牛への給与

フレークペレットタイプ配合飼料(飼料用米割合 35%FM)について、泌乳中期牛 9 頭を用い 3×3 のラテン方格法による飼養試験を行った。濃厚飼料源として市販配合飼料を給与する対照区、開発した配合飼料を給与する試作ペレット区、さらに粗飼料源としてイネ WCS を給与する試作ペレット+イネ WCS 区を比較したところ(表 4-40)、飼料摂取量および乳量、乳成分等産乳成績は各処理区間で差がなく(表 4-41)、ルーメン内容液性状や血液性状にも差は認められなかった。試作ペレット配合飼料の嗜好性は良好で、ルーメンアシドーシスの症状も認められなかった。乳中の α -トコフェロール含量は、試作ペレット+イネ WCS 区が対照区の約 2 倍の値を示した(図 4-14)。以上から、試作ペレットを用いたフレークペレットタイプ配合飼料は泌乳中期牛に給与可能で、イネ WCS との組合せにより、 α -

トコフェロール含量も高まる上、飼料乾物中の 38.4%をイネ由来(飼料用米 11.8%)の飼料で給与できることが示された。

表 4-40 飼料の配合割合

	対照区	米ペレット区	米ペレット+ イネWCS区
飼料配合割合 (kgFM)			
市販配合飼料	10.5	—	—
フレークペレット配合飼料	—	10.5	10.5
イネWCS	—	—	13.0
チモシー乾草	7.5	7.5	3.5
グラスサイレージ	5.0	5.0	—
ヘイキューブ	3.0	3.0	3.0
ビートパルプ	3.0	3.0	2.7
CP充足率(%)	117.0	117.0	114.0
TDN充足率(%)	107.0	107.0	108.0
イネ由来飼料割合(%DM)	—	12.4	38.4

表 4-41 飼養試験結果

	対照区	米ペレット区	米ペレット+ イネWCS区
体重(kg)	686.7	678.3	676.3
乾物摂取量(kg/日)	21.8	21.6	22.3
乳量(kg/日)	29.9	30.5	30.1
乳成分			
乳脂肪(%)	4.1	3.9	4.1
乳蛋白質(%)	3.5	3.5	3.5
乳糖(%)	4.3	4.3	4.4
無脂固形分(%)	8.8	8.8	8.8
4%FCM(kg/日)	30.1	30.0	30.5

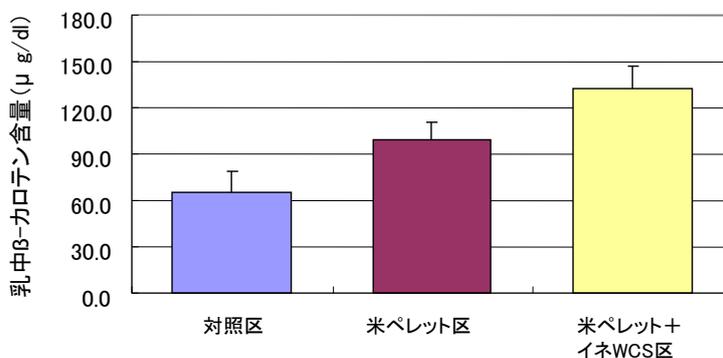


図 4-14 乳中のα-トコフェロール含量

エ ペレット利用に関するアンケート

飼料用米をペレット加工して給与する取り組みは、肉用牛向けで鳥取県、熊本県他で行われている。乳牛向けの実践例は少ないが、三重県大内山酪農協同組合では 2011 年から全配合飼料の 6%を飼料用米ペレット、同マッシュの組み込みを組織的に取り組んでいる。酪農経営者から見た飼料用米ペレット配合飼料の受け止め方について、すでに利用している三重県大内山酪農協同組合 26 戸、未利用の山形県酪農業協同組合 60 戸にアンケート調査を行った。すでに飼料用米入り配合飼料を使用している大内山酪農協同組合員の 70%が「以前と比べて乳量・乳質に変化はない」と回答した。未使用の山形県酪農協同組合員に「希望する加工形態」を聞いたところペレット 50%、圧ぺん 30%、粃サイレージ 20%であった。さらに「使い易い飼料用米の形状」を聞いたところ、ペレット単体 30%、ペレット混合配合飼料 63%、その他 7%と付加的な労働負担のない形態を希望していた。

以上の結果から、コスト抑制が前提であるが、飼料用米の高配合ペレットを乳牛用配合飼料に組み込むことは十分可能であり、飼料工場を経由した調製・加工も利用拡大の一手段と考えられる。

(参考資料)

田川ら(2011)飼料用米を活用した乳牛用ペレット飼料の開発. 日草誌 57(別):178

田川ら(2011)飼料用米の家畜への給与方法並びに飼料用米が用いられた飼料. 特願 2011-207106

田川ら(2013)飼料用米を主原料にした乳牛用ペレット飼料の開発と乳牛の飼養成績. 東北畜産学会報 63(2):29

(3) 肉用牛への飼料用米給与

①肥育牛への給与と留意点

ア 給与形態

飼料用米を肥育牛へ給与する場合、玄米または粳米の状態を利用するのが一般的である。玄米はデンプン含量が高く濃厚飼料源と位置づけられるが、粳米は粗飼料源(粳殻)と濃厚飼料源(玄米)の混合物と見なすことが出来る。肥育牛への飼料用米の給与形態として、破碎・粉碎あるいは蒸気圧ぺんした飼料用米で、市販配合飼料の一定割合を置き換える方法、自家配合の場合、トウモロコシまたは大麦の代替として配合飼料に混合する方法、粳米サイレージであれば、配合飼料の代替としてそのまま給与するか、TMRの原料として用いる方法等が挙げられる。但し粳米を多給する際は給与飼料全体のTDNが不足しないよう注意が必要である。

イ ビタミンA制御

黒毛和種の肥育では、肥育期を前期、中期および後期に分けた場合、特に肥育中期のビタミンA制御が脂肪細胞の増殖や分化を促進し、脂肪交雑を形成させるために重要とされている。ビタミンAの前駆体であるβ-カロテンについては、玄米にはほとんどβ-カロテンが含まれず、完熟期の粳米でもβ-カロテン含量は4mg/kgDM程度で蒸気圧ぺんトウモロコシ以下である。よって飼料用米給与でもビタミンAコントロールは十分可能であり、むしろ飼料用米の多給によるビタミンA欠乏に注意が必要である。

ウ 飼料用米給与の効果

肉用牛への飼料用米給与については、牛肉脂肪の不飽和脂肪酸比率、特にオレイン酸比率が向上し、脂肪融点を低下させる効果、ならびに牛肉脂肪の白色度を向上させる効果が期待されている。ただし脂肪酸比率については飼料用米給与の効果が一定していない。

脂肪の基本構造は1分子のグリセロールに3分子の脂肪酸が結合したものである。脂肪酸は大まかに飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸に区別される。ステアリン酸等の飽和脂肪酸は融点が高く、飽和脂肪酸を多く含む脂肪は硬くなる。一方、オレイン酸等の不飽和脂肪酸は融点が低いため、不飽和脂肪酸を多く含む脂肪は軟らかくなる。そのため脂肪酸不飽和度の向上は牛肉脂肪の口溶けの良さにつながるとされている。玄米を配合飼料の主要穀物であるトウモロコシと比較すると、オレイン酸の原物当たり含量は両者であまり変わらないが、飼料用米給与で牛肉脂肪中のオレイン酸比率が向上したという試験研究は多い(富山県 2003、富山県 2004、山形県 2012 など)。その一方で、飼料用米給与区でもオレイン酸比率は対照区と差がなかったという報告もある(福井県 2012、全畜連 2012 など)。牛が飼料から摂取するオレイン酸やリノール酸などの不飽和脂肪酸は、その大部分が第一胃内微生物の作用により飽和化され、ステアリン酸等の飽和脂肪酸に変化してから下部消化管で吸収される。また脂肪酸は体内でも合成されるが、その際まずパルミチン酸やステアリン酸等の飽和脂肪酸が合成さ

れ、ステアロイル Co-A 不飽和化酵素(SCD)を始めとする不飽和化酵素によりそれぞれパルミトレイン酸およびオレイン酸等の一価不飽和脂肪酸になる。その SCD には酵素活性に影響する遺伝的変異が存在し、また SCD の発現は栄養水準によっても左右されることが知られている。これらのことから、仮に飼料中にオレイン酸が多くても必ずしも筋肉脂肪のオレイン酸比率が高くなるわけではない。一方、生産現場では飼料用米給与により牛肉脂肪の質が変わったという声が多く聞かれており、飼料用米給与が何らかの効果を及ぼしていることが考えられる。オレイン酸比率への影響も含め、その機構の解明は今後の課題である。

豚や肉用鶏では飼料用米給与により、脂肪色が白く、赤味・黄色味が薄くなることが報告されている(秋田県 2011)。肉用牛では研究例が乏しいが、生産現場では飼料用米多給により牛肉脂肪も豚・鶏と同様に白くなることが観察されている。肉用牛の脂肪黄色化の原因は、飼料に含まれるβ-カロテン等のカロテノイドである。配合飼料中のトウモロコシにも少量ながらカロテノイドが存在し、脂肪色に影響する。一方、上述の通り玄米、粳米ともカロテノイド含量はとも少ない。飼料用米による配合飼料の代替で相対的に飼料中のトウモロコシ比率が低下し、飼料全体のカロテノイドも低レベルとなり、脂肪の白色度が向上すると考えられる。脂肪組織中のβ-カロテンは、生体の必要に応じて肝臓や小腸粘膜でビタミンAに変化し、血流により体組織に運ばれる。脂肪色が白いということは即ち脂肪組織中のビタミンA供給源が枯渇していることを意味している。飼料用米多給では血中のビタミンAが急速に低下することが報告されており、ビタミンA欠乏症に注意が必要である。

エ 飼料用米多給による採食量低下

肥育前期から飼料用米を多給した場合、特に肥育中期から後期にかけて採食量低下が観察される例があり、粳米、玄米のどちらの給与でも見られている。粳米利用では粳摺りの手間が省け、また粳殻には反芻胃を物理的に刺激する粗飼料としての役割が期待される(福井県 2007)が、粳殻自体は嗜好性が悪く、粳米多給では粳殻が増え過ぎ嗜好性を低下させることが考えられる。次に、粉碎粳米を多給した際、玄米部分と比較して粳殻部分の消化率が非常に低く、また粳殻の大きさやノゲを持つ形状等から、粳殻だけが第二胃や第三胃に滞留する例があり、これも食欲不振の一因となり得る。そして粳米、玄米に関わらず、消化性の高いデンプンを多く含む飼料用米の多給により、第一胃内で急速に多量の乳酸やVFAが発生して第一胃内pHが極度に低下し、ルーメンアシドーシスが生じる可能性が指摘されている。試験研究では、飼料用米多給により明らかなルーメンアシドーシスを起こしたという例は少ない。しかし、と畜解体時に第一胃から第三胃にかけて炎症を起こしていた例が報告されており、飼料用米摂取により潜在的ルーメンアシドーシス状態が持続していたことが考えられる。更に、飼料用米多給により第一胃内pHが正常値である一方で尿のpHが低下する例があり、何らかの理由で代謝性アシドーシスを生じていることも考えられる。

飼料用米給与に限らずルーメンアシドーシス予防策として一般に言われているのは、粗繊維を十分給与し第一胃内環境の安定化を促すことであり、玄米の様に粗繊維が少なくデンプン含量が高い飼料を多給する場合、例えば最初に粗飼料を給与してから飼料用米混合飼料を給与するなどの配慮

が必要である。一般に肥育中・後期は肥育用飼料中の粗タンパク含量は 10-11%と低めに設定されるが、配合飼料のかかなりの比率を飼料用米で代替する場合一層の粗タンパク不足が考えられ、第一胃内環境を安定させアシドーシスを防止する観点からも、大豆粕などの粗タンパク源を補給する必要がある。

牛肉脂肪の質の向上を狙い、生産現場では肥育後期の4-6ヶ月間のみ飼料用米を給与するという事例も見られる。脂肪不飽和度の向上に効果があったという報告の一方で、肥育後期のみ給与でもやはり食欲不振になった例がある。一方、肥育中期以降の飼料用米給与に際し6週間の馴致期間を設けて徐々に飼料を切り替え、配合飼料の15%あるいは30%を飼料用米に置き換えても特に体調不良を示す個体は見られなかったという知見もある(全畜連 2012)。肥育ステージに関わらず、いきなり飼料用米を多給するのではなく、十分時間をかけて少しずつ飼料用米に馴致していくことが重要である。

オ 試験研究成果の概要

これまでに行われた肥育牛への飼料用米給与試験は、市販配合飼料の一定割合を加工処理済み飼料用米で代替給与、飼料用米を含む配合飼料を独自に設計・調製して給与、ならびに飼料用米を含む TMR を給与、の三つに大別される。

いくつか例を挙げると、黒毛和種肥育牛では、肥育全期間、市販配合飼料の 25%を粉碎玄米(もち米またはうるち米)で代替しても慣行肥育と同等の成績が得られた(山形県 2012)。また肥育後期に配合飼料の TDN 換算 30%を粉碎粳米で代替しても対照区と差が見られなかった(宮崎県 2011)。さらに肥育後期に市販配合飼料の 1/3 を完熟期粳米サイレージで代替しても対照区と同等の増体および肉質が得られた(滋賀県 2012)。従って、黒毛和種では市販配合飼料の 30%程度までなら、単純に飼料用米で置き換えても肥育可能であると考えられる。但し十分な馴致が必要なことは言うまでもない。

一方、飼料用米による市販配合飼料の代替率が30%を超えると、特に肥育中期以降に食欲不振・増体低下を示す個体が見られるようになる。その対策として離乳直後、あるいは育成期から素牛を飼料用米に馴致するとともに、肥育中適宜大豆粕を補給し、市販配合飼料の 35%(福島県 2013、②ーア参照)あるいは40%(宮城県 2012、②ーイ参照)を蒸気圧ぺん粳米で代替しても、慣行肥育と同等の発育が得られている。このことから、市販配合飼料の 30%を上回る割合を飼料用米で置き換える際には、早い段階から飼料用米に慣れさせることや、肥育中に粗タンパクを補給することが有効と考えられる。

飼料用米給与比率が 40%を上回る場合は、市販飼料の代替ではなく飼料用米を主原料とする自家配合で試験が行われている例が多い。破碎玄米を原物当たり 40%含む配合飼料に加え、地域資源であるトウモロコシサイレージ(CS)も併給することにより、良好な増体および肉質が得られ、CS 給与で懸念された脂肪黄色化も生じなかった(北海道 2013、③ーア参照)。また、原物当たり粉碎粳米を 50%含む飼料を配合・給与した場合、肉質は慣行肥育と同等だが、飼料摂取量が低下し増体が小さ

かった(岐阜県 2011)という結果の一方で、粉碎玄米を 50%含む配合飼料および乾草稲わらを給与し、慣行と同等の肥育成績が示されている(富山県 2013、③ーイ参照)。さらに粉碎玄米を 60%配合した飼料を肥育中・後期に給与しても問題なく肥育可能であるという報告もある(福井県 2011)。従って、飼料設計を適切に行うことにより、粳米なら 40%程度、玄米なら 50%程度まで肥育用飼料に配合可能であることが伺われる。但しこれら飼料用米「超多給」肥育を生産現場に普及させるには、更に試験の積み重ねが必要である。加えて米を多給する肥育では血中ビタミンA含量の急落が観察されており(福井県 2011、全農 2012 など)、ビタミンA欠乏症に十分注意する必要がある。

飼料用米を含む TMR について、九州地方で多く生産されるカンショ焼酎の製造副産物であるカンショ焼酎粕濃縮液や玄米等を取り入れた発酵 TMR を調製し、肥育終期に配合飼料の 60%を発酵 TMR で代替給与して良好な肥育成績を得たと報告されている(九沖農研 2010、③ーウ参照)。一方、粉碎玄米(原物当たり 20%)およびトウモロコシ DDGS(同 10 または 20%)を混合した発酵 TMR を肥育全期間給与した場合、発育や枝肉成績に慣行肥育と差がなく、DDGS20%区では筋肉脂肪のリノール酸・総不飽和脂肪酸が増える傾向にあった(千葉・茨城・栃木・群馬 4 県共同および畜草研 2013)。この他、北海道では地域飼料資源であるトウモロコシサイレージと粉碎玄米(原物当たり 30%)、それに配合飼料を組み合わせた TMR を給与する肥育試験を実施中である。飼料用米と未利用資源を原料とした TMR を給与する肉牛肥育事例は今後一層増えると予想されるが、試験研究がまだ十分とは言えず今後期待したい。

(参考資料)

- 内田ら(2012)飼料用精白米の給与が黒毛和種去勢牛の発育・肉質に及ぼす影響. 肉用牛研究会報 92: 46-50.
- 大田ら(2011)飼料用米多給による黒毛和種去勢牛肥育技術と枝肉成績. 平成 22 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
- 小林ら(2013)DDGS および飼料用米を組み合わせた和牛肥育用発酵 TMR の開発. 平成 24 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
- 小松ら(2009)飼料用米給与が比内地鶏の発育と肉質に及ぼす影響. 東北農業研究 62:71-72.
- 佐藤ら(2007)黒毛和種去勢牛に対する粳穀給与の影響. 福井畜試研報 20:22-26.
- 全国畜産農業協同組合連合会(2012)国産の飼料米を使用した肉用牛の生産が肉質に及ぼす影響等に関する報告書.
- 高橋ら(2003)玄米給与が黒毛和種去勢牛の肥育成績に及ぼす影響. 北信越畜産学会報 86:47-49.
- 高平ら(2004)イネソフトグレインサイレージ給与が黒毛和種去勢牛の肥育成績に及ぼす影響. 北信越畜産学会報 88:35-38.
- 土井ら(2012)完熟期粳米サイレージの調製と和牛肥育後期での利用. 平成 23 年度近畿中国四国農業研究成果情報.
- 中武ら(2011)飼料用米が黒毛和種肥育牛に及ぼす影響. 宮崎畜試研報 23:9-12.
- 野村ら(2011)肥育中後期に濃厚飼料の 6 割を飼料用玄米で代替給与した黒毛和種肥育牛への影響. 福井畜試研報 24:9-15.
- 三上ら(2012)黒毛和種肥育牛への飼料用米給与が発育および肉質に及ぼす影響. 山形農業研報 4: 49-56.

② 粃米給与の事例

ア 自家産黒毛和種への離乳から出荷まで飼養全期間給与の事例（福島県）

自家産の黒毛和種去勢牛に対し、離乳から出荷するまでの期間、配合飼料の25% (TDN換算) および35% (TDN換算) を蒸気圧ぺん粃米で代替給与し、慣行法と同等に良好な産肉成績が得られた例を示す。

消化性を良くするため蒸気圧ぺん加工した粃米を給与する2つの試験区と蒸気圧ぺん粃米を給与しない対照区を設定し、発育、飼料摂取量、肉質に及ぼす影響を調査した。試験区1は慣行給与している配合飼料のTDN25%相当量を、試験区2はTDN35%相当量を蒸気圧ぺん粃米で代替し給与した。供試牛は各区5頭の計15頭を用いた。

各区とも試験期間は離乳後から出荷までとした。配合飼料(試験区においては蒸気圧ぺん粃米を含む)の給与量は、育成用配合飼料は離乳から4.5kgを上限に増量給与した。試験区は、蒸気圧ぺん粃米給与によるCP減を補正するため大豆粕を併せて給与した。肥育用配合飼料は12ヵ月齢で7kgから毎月1kgずつ増量し、10kgを上限とし給与した。配合飼料は育成期には混合給与とし、肥育期にはトップドレスで給与した。粗飼料は育成期には乾草を、肥育期には稲ワラのみを給与した。

配合飼料の摂取量を図4-15に示した。試験期間の1頭当たりの配合飼料総摂取量は、試験区1:5,456kg、試験区2:5,262kg、対照区:5,473kgであり、選び食いも認められず、蒸気圧ぺん粃給与による嗜好性の差は無かった。粗飼料の摂取量はほぼ同量であった。

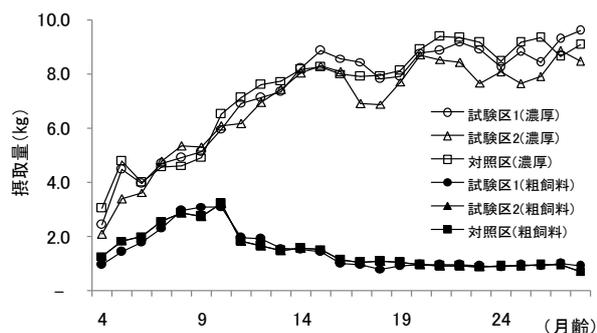


図4-15 飼料摂取量の推移



写真4-7 蒸気圧ぺん粃米給与による肥育試験の様子

体重の推移を図4-16に、体側値の推移を図4-17に示した。体重は標準値の範囲内で推移し、出荷時の平均体重は、試験区1:780kg、試験区2:738kg、対照区:802kgとなったが、有意差は認められなかった。外貌的には図4-16、17に示すとおり、腹囲で対照区の23ヵ月齢以降で試験区より大きい傾向は見られるが、全ての体測値で有意差は認められず、蒸気圧ぺん粃米給与による発育の差は無いと考えられる。

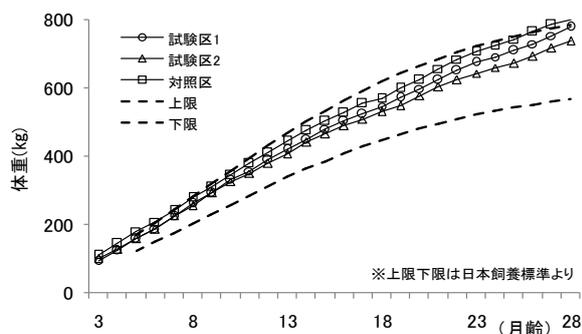


図 4 - 1 6 体重の推移

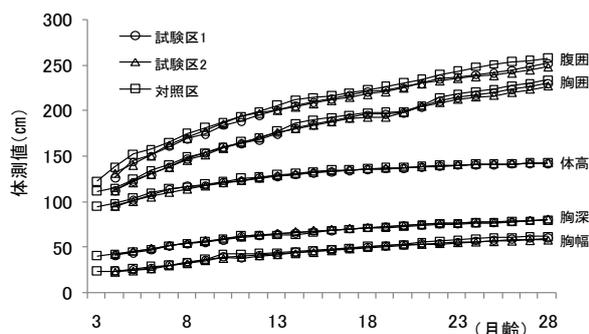


図 4 - 1 7 体測値の推移

枝肉成績を表 4 - 4 2 に示した。枝肉重量は、試験区 1 : 507.8kg、試験区 2 : 486.4kg、対照区 : 530.8kg で有意差は認められなかった。枝肉価格に最も影響を及ぼす脂肪交雑の BMS No. は試験区 1 : 8.6、試験区 2 : 9.2、対照区 : 9.0 でも有意差は認められなかった。他の枝肉形質についても各区間に有意差は認められなかった。

表 4 - 4 2 枝肉成績

	試験区1 (n=5)	試験区2 (n=5)	対照区 (n=5)
枝肉重量(kg)	507.8 ± 49.5	486.4 ± 32.1	530.8 ± 48.5
ロース芯面積(cm ²)	59.6 ± 9.9	63.0 ± 12.6	67.8 ± 12.4
バラ厚(cm)	8.2 ± 0.5	7.9 ± 0.7	8.6 ± 0.8
皮下脂肪厚(cm)	2.1 ± 0.3	1.9 ± 0.4	2.3 ± 0.5
BMS No.	8.6 ± 2.1	9.2 ± 1.8	9 ± 1.4
BCS No.	3.6 ± 0.6	3.6 ± 0.6	3.8 ± 0.5
光沢	4.6 ± 0.6	4.8 ± 0.5	4.8 ± 0.5
しまり	4.6 ± 0.6	4.8 ± 0.5	4.8 ± 0.5
きめ	4.6 ± 0.6	4.8 ± 0.5	5 ± 0.0
BFS No.	3.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	3 ± 0.0
AB4・5率(%)	100	100	100
出荷月齢	28.4 ± 0.2	28.5 ± 0.2	28.5 ± 0.2

以上のことから、自家産の黒毛和種一貫肥育において、離乳から出荷までの全期間、TDN 換算で配合飼料の 35% 程度を蒸気圧ペん加工した飼料用米に代替しても良好な肥育成績を得ることが可能であることが示された。

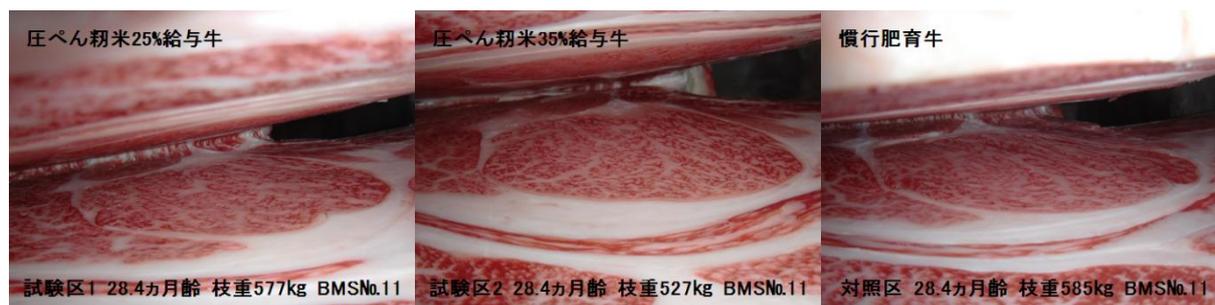


写真 4 - 8 各試験区で得られた枝肉の状態

イ 肥育終期における配合飼料代替給与（宮城県）

黒毛和種肥育牛の出荷前 5 ヶ月間(概ね 27～32 ヶ月齢)程度、蒸気圧ぺん処理した飼料用粳米(蒸気圧ぺん粳米:グルコアミラーゼ第 2 法による α 化度 67%)を用いて配合飼料の一部を代替給与した試験事例を紹介する。

試験は群飼により行い、20%代替試験(雌)では試験区 3 頭、対照区 6 頭、40%代替試験(去勢)では、試験区 6 頭、対照区 7 頭を供試した。給与飼料は対照区においては農場慣行量(8～10kg/日・頭)を給与し、試験区では対照区の配合飼料原物当たり 20%または 40%を蒸気圧ぺん粳米で代替した。この際、不足する TDN および CP 摂取量を充足させるため大豆粕を併用した。使用した飼料成分を表 4-43、具体的な給与例を表 4-44 に示した。

表 4-43 飼料成分値

飼料の種類	水分 (%)	乾物中(%)	
		TDN	CP
市販配合飼料	12	80	15
圧ぺん粳米	14.1	80.68	6.98
大豆粕	11.7	86.8	52.2

表 4-44 市販配合飼料を蒸気圧ぺん粳米を主とした飼料で置き換えた場合の各飼料給与例

代替量	代替前(対照区での給与量kg)		代替後(試験区での給与量kg)		
	市販配合飼料		市販配合飼料	圧ぺん粳米	大豆粕
20%	10	→	8.0	1.6	0.4
40%	10		6.0	3.3	0.7

20%代替(表 4-45)および 40%代替(表 4-46)のいずれも、試験区と対照区との間に格付成績に有意な差は見られなかった。脂肪交雑(BMS No.)はどちらの試験でも試験区が高い傾向が、枝肉重量は対照区で高い傾向が見られた。写真 4-9、10 に試験牛の生体および枝肉断面の一例を示した。

表 4-45 格付成績(出荷前 20%代替試験)

項目	単位	対照区		試験区	
		平均値	標準誤差	平均値	標準誤差
頭数	頭	6		3	
平均出荷月齢	ヶ月	32.0		30.7	
ロース芯面積	cm ²	53.0	3.0	57.4	4.3
バラ厚	cm	7.1	0.2	7.7	0.3
皮下脂肪厚	cm	3.2	0.3	2.5	0.4
歩留基準値	%	73.3	0.5	75.0	0.7
BMS No.		3.4	0.8	5.1	1.2
BCS No.		4.5	0.2	4.0	0.3
しまり		2.7	0.4	3.7	0.6
きめ		3.1	0.3	3.7	0.4
BFS No.		3.1	0.1	3.0	0.2
枝肉重量	kg	388.5	21.1	377.4	30.3



写真 4-9 配合飼料の 40%を代替した去勢牛

表 4-46 格付成績(出荷前 40%代替試験;去勢)

項目	単位	対照区		試験区	
		平均値	標準誤差	平均値	標準誤差
頭数	頭	7		6	
平均出荷月齢	ヶ月	29.6		32.0	
ロース芯面積	cm ²	54.6	2.3	57.1	2.5
バラ厚	cm	7.1	0.2	7.2	0.3
皮下脂肪厚	cm	2.3	0.2	2.3	0.2
歩留基準値	%	73.6	0.4	74.3	0.5
BMS No.		4.0	1.0	5.3	1.0
BCS No.		4.3	0.2	3.8	0.2
しまり		3.0	0.4	3.0	0.5
きめ		3.2	0.3	3.9	0.3
BFS No.		3.0		3.0	
枝肉重量	kg	447.5	10.5	423.3	11.5



写真 4-10 写真 4-9 の去勢牛枝肉断面。
BMS No. 10、ロース芯面積 66cm²、格付け A5。

ロースおよび筋間脂肪についてガスクロマトグラフィーを用いて脂肪酸組成を分析したところ、どちらの試験においても試験区と対照区との間に有意な差は見られなかった。しかしながら、特に筋間脂肪において、オレイン酸(C18:1)や1価不飽和脂肪酸(MUFA)などが高まる傾向が見られた(表4-47、48)。

表4-47 脂肪酸組成(出荷前20%代替試験;雌)

脂肪酸	ロース		筋間脂肪	
	対照区	試験区	対照区	試験区
ミリスチン酸 C14:0	2.3±0.2	1.7±0.2	2.2±0.1	1.5±0.2
ミリストレイン酸 C14:1	0.7±0.1	0.5±0.1	0.8±0.1	0.6±0.1
ペンタデカン酸 C15:0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0
パルミチン酸 C16:0	25.8±1.2	24.3±1.4	23±1.2	20.7±1.4
パルミトレイン酸 C16:1	4.3±0.2	3.7±0.2	4.5±0.2	3.9±0.3
ヘプタデカン酸 C17:0	0.8±0.1	0.7±0.1	0.7±0.0	0.7±0.1
ヘプタデン酸 C17:1c	0.8±0.1	0.7±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1
ステアリン酸 C18:0	10.6±0.7	10.2±0.9	10.8±1.1	10.7±1.3
オレイン酸 C18:1n9	51.8±1.3	55.1±1.5	54.2±1.2	57.3±1.4
リノール酸 C18:2n6	2.0±0.2	2.3±0.2	1.9±0.1	2.4±0.2
α-リノレン酸 C18:3n3	0.2±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0
イコセン酸 C20:1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.6±0.1	0.8±0.1
1価不飽和脂肪酸 MUFA	57.9±1.4	60.5±1.6	60.9±1.3	63.5±1.5
多価不飽和脂肪酸 PUFA	2.3±0.2	2.4±0.2	2.2±0.1	2.6±0.2
飽和脂肪酸 us	60.2±1.4	62.9±1.7	63.1±1.2	66.1±1.4
不飽和脂肪酸 s	39.8±1.4	37.1±1.7	36.9±1.2	33.9±1.4
不飽和度 us/s	1.5±0.1	1.7±0.1	1.7±0.1	1.9±0.1

表4-48 脂肪酸組成(出荷前40%代替試験;去勢)

脂肪酸	ロース		筋間脂肪	
	対照区	試験区	対照区	試験区
ミリスチン酸 C14:0	2.1±0.2	2.1±0.2	2.2±0.2	1.8±0.2
ミリストレイン酸 C14:1	0.6±0.1	0.5±0.1	0.6±0.1	0.6±0.1
ペンタデカン酸 C15:0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0
パルミチン酸 C16:0	25.3±0.6	25.2±0.6	24.1±0.7	22.6±0.7
パルミトレイン酸 C16:1	3.7±0.3	3.5±0.3	4.0±0.4	3.9±0.4
ヘプタデカン酸 C17:0	0.8±0.1	0.9±0.1	0.9±0.1	0.9±0.1
ヘプタデン酸 C17:1c	0.7±0.1	0.8±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1
ステアリン酸 C18:0	12.2±0.7	12.5±0.8	14.1±2.2	12.9±2.4
オレイン酸 C18:1n9	51.6±1.2	51.7±1.3	50.2±2.1	53.0±2.3
リノール酸 C18:2n6	2.2±0.1	2.2±0.1	2.2±0.1	2.3±0.1
α-リノレン酸 C18:3n3	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0
イコセン酸 C20:1	0.3±0.0	0.2±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1
1価不飽和脂肪酸 MUFA	56.9±1.3	56.7±1.4	56±2.4	58.9±2.7
多価不飽和脂肪酸 PUFA	2.4±0.1	2.4±0.2	2.3±0.1	2.6±0.2
飽和脂肪酸 us	59.3±1.2	59.1±1.4	58.3±2.4	61.4±2.6
不飽和脂肪酸 s	40.7±1.2	40.9±1.4	41.7±2.4	38.6±2.6
不飽和度 us/s	1.5±0.1	1.5±0.1	1.4±0.1	1.6±0.2

出荷月齢を共変量とし補正。値(%)は表の12種類の脂肪酸の総和を100とした場合の各脂肪酸割合を最小二乗平均値±標準誤差で示した。

以上、出荷前5か月程度の期間、配合飼料の一部を蒸気圧ぺん粃米と大豆粕で代替した場合、格付成績や脂肪酸組成に有意な影響は見られないことが明らかとなった。

一方、実際の給与にあたっていくつかの不安が飼養管理者から挙げられた。(ア)嗜好性が配合飼料に比べ劣るのではないかと、(イ)飼料用米および粃殻の消化性が悪いのではないかと、(ウ)出荷前に大豆粕を給与することで軟便などが生じるのではないかと、などである。

(ア)について、今回の出荷前5ヶ月間給与試験においては20%および40%代替試験のいずれでも試験区の枝肉重量が対照区に比べ劣る結果となっているため、飼料用米の嗜好性の低さが飼料摂取量の低下につながり、結果として枝肉重量が劣った可能性は否定できない。ただし、宮城県畜産試験場では場内で生後9ヶ月齢から出荷まで配合飼料の40%を代替給与する試験(全期間給与試験)を並行して実施し、これらの問題の解決策についても検討しており、その結果、給与による飼料摂取量の低下は見られず、増体量も差がないことを確認している。このため、飼料摂取量に差が出なければ増体量にも差が出ないと考えているが、肥育後期など出荷前に初めて蒸気圧ぺん粃米を給与する場合は、より早い時期から飼料に馴致するなどして、飼料摂取量を確保する工夫が必要と考えられる。

(イ)については、全期間給与試験牛の糞を金ふるい(1mmメッシュ)のうえに採取し洗浄したところ、未消化の米粒が排出されていないこと、粃が十分に短い繊維長まで消化されていることを確認している。少なくとも、今回示したように蒸気圧ぺん処理した飼料用米において、通常の飼養管理下であれば、40%程度まで代替給与しても消化性が問題になることは無いと考えられる。

(ウ)については、全期間給与試験において大豆粕の併用が原因と考えられる軟便や下痢は発生していない。むしろ一般的に言われることと同様、腹づくりができていないことや、大豆粕の給与を抑えることで飼料成分のバランスがとれないことの方が問題であると考えられる。

③玄米給与の事例

ア 肥育全期間におけるトウモロコシサイレージとの併給事例（北海道）

黒毛和種去勢牛に濃厚飼料源として飼料用米を40%混合した配合飼料と、粗飼料源としてトウモロコシサイレージを給与し、慣行肥育と同等の成績が得られた事例について紹介する。

黒毛和種去勢牛15頭を用いて、10ヵ月齢から28ヵ月齢まで肥育試験を行った。試験区として、破碎玄米を原物で40%混合した配合飼料とトウモロコシサイレージを給与する区(CS米区:6頭)、慣行の配合飼料(当時指定肥育用配合飼料)とトウモロコシサイレージを給与する区(CS区:6頭)、慣行の配合飼料と乾草もしくは麦稈を給与する区(対照区:3頭)を設けた。給与飼料の原料構成および成分組成を表4-49、飼料給与方法を表4-50に示した。

表4-49 給与飼料の原料構成(原物%)および成分組成 (遠藤ら 2013)

	CS米区	CS区 対照区	乾草	麦稈	CS
破碎玄米	40.0	-	-	-	-
とうもろこし(非加熱粉砕)	15.0	50.0	-	-	-
圧ぺん大麦	3.0	10.0	-	-	-
フスマ	18.5	18.5	-	-	-
大豆粕ミール	9.5	9.5	-	-	-
コーングルテンフィード	3.0	3.0	-	-	-
スクリーングベレット	10.0	8.0	-	-	-
炭酸カルシウム	0.5	0.5	-	-	-
食塩	0.5	0.5	-	-	-
DM(%FM)	86.1	86.8	87.0	88.0	35.7
CP(%DM)	15.9	16.0	6.8	3.3	8.2
NDF(%DM)	21.0	26.4	73.9	79.5	43.2
Starch(%DM)	49.7	43.3	-	-	31.2

表4-50 飼料給与方法(原物 kg) (遠藤ら 2013)

月齢	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
CS米区 濃厚飼料	3	3.6	4.2	4.8	5.4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CS区 粗飼料	トウモロコシサイレージ不断給与																		
対照区 濃厚飼料	5	6	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
対照区 粗飼料	乾草不断給与									麦稈不断給与									

発育および飼料摂取量を表4-51に示した。終了時体重および日増体量がCS区で小さかったが、統計的に有意な差は認められなかった。肥育全期間におけるCS米区、CS区および対照区の総飼料摂取量(乾物当たり)は、9.0kg、9.0kg および9.3kgと、対照区で3%程度多かった。CS米区とCS区の配合飼料摂取量に差はみられず、配合飼料への飼料用米混合による摂取量への影響は無いものと考えられた。

表4-51 発育および飼料摂取量 (遠藤ら 2013)

		CS米区 (n=6)		CS区 (n=6)		対照区 (n=3)	
体重(kg)	開始時(10ヵ月齢)	318.3		318.5		313.7	
	終了時(28ヵ月齢)	819.3		785.7		802.0	
日増体量(kg)	前期	1.12		1.07		1.14	
	中期	0.92		0.84		0.97	
	後期	0.87		0.84		0.80	
	全期	0.97		0.90		0.94	
飼料摂取量(kgDM)		粗飼料	濃厚飼料	粗飼料	濃厚飼料	粗飼料	濃厚飼料
	前期	4.7	3.5	4.6	3.4	2.7	6.0
	中期	4.2	5.0	4.2	5.0	0.8	8.5
	後期	4.9	4.9	4.8	5.0	1.1	8.5
	全期	4.6	4.4	4.5	4.5	1.6	7.7
前期:10~15ヵ月齢、中期:16~21ヵ月齢、後期:22~28ヵ月齢							

枝肉成績を表4-52に示した。枝肉重量、ロース芯面積、ばらの厚さに差はなかったが、皮下脂肪は対照区で有意に厚かった。BMS No.に有意差は認められなかったが、CS米区で良好な成績であった。 β -カロテン含量が高いトウモロコシサイレージの多給による枝肉脂肪の黄色化が懸念されたが、CS米区およびCS区と対照区でBFS No.に差はなく、脂肪が黄色いと判定されることはなかった(写真4-10)。枝肉の脂肪酸組成では、有意差はないもののオレイン酸含量がトウモロコシサイレージ給与牛で高く、リノール酸はCS米区に比べて対照区で有意に高かった(表4-53)。

これらのことから、飼料用米を40%混合した配合飼料とトウモロコシサイレージを給与しても、慣行肥育と同程度の良好な成績が得られることが示された。

表4-52 枝肉成績 (遠藤ら 2013)

	CS米区 (n=6)	CS区 (n=6)	対照区 (n=3)
枝肉重量(kg)	511.2	486.8	507.7
ロース芯面積(cm ²)	61.5	60.7	59.7
ばらの厚さ(cm)	8.2	7.7	8.1
皮下脂肪厚(cm)	2.9 ^b	2.5 ^{ab}	3.7 ^a
BMS No.	6.3	5.3	5.3
BCS No.	3.7	3.7	4.0
締まり	3.7	3.5	3.3
きめ	3.8	3.8	4.0
BFS No.	3.0	3.0	3.0
格付	A5:1頭 A4:2頭 A3:3頭	A4:3頭 A3:3頭	A4:1頭 A3:1頭 A2:1頭

ab間に有意差あり(P<0.05)

表4-53 枝肉の脂肪酸組成 (遠藤ら 2013)

	CS米区 (n=6)	CS区 (n=6)	対照区 (n=3)
ミリスチン酸(C14:0)	3.0	3.2	3.1
ミリストレイン酸(C14:1)	1.1	0.9	0.7
パルミテン酸(C16:0)	28.8	28.2	30.0
パルミトレイン酸(C16:1)	4.1	3.9	3.2
ステアリン酸(C18:0)	11.0	11.5	12.6
オレイン酸(C18:1)	49.3	49.1	46.8
リノール酸(C18:2)	1.2 ^b	1.5 ^{ab}	1.9 ^a
リノレン酸(C18:3)	0.1	0.1	0.1

ab間に有意差あり(P<0.05)

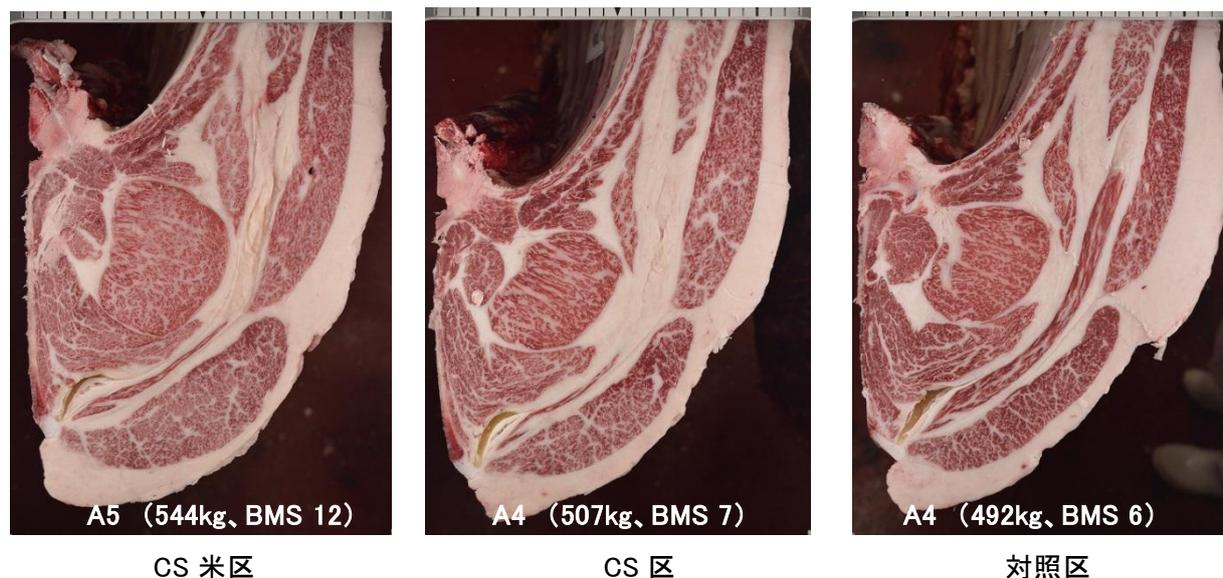


写真4-11 試験牛の枝肉写真

イ 肥育後期黒毛和種去勢肥育牛（20～26 カ月齢）への給与事例（富山県）

肥育後期（20～26 カ月齢）の黒毛和種去勢牛に対し、濃厚飼料の 1/2 量（乾物当たり）を破碎玄米で代替した飼料を給与した結果、トウモロコシ主体の濃厚飼料を給与した場合と同等の成績が得られた例を示す。

トウモロコシなどの輸入穀類の 50%を飼料用米（破碎玄米）に代替した配合飼料を調製し、肥育後期（20～26 カ月齢）の黒毛和種去勢牛に給与した。用いた飼料用米は、富山県産の 2011 年産の「クサホナミ」および 2012 年産の「てんたかく」の玄米を、飼料用米破碎機（デリカ社製）で破碎（2mm メッシュ通過割合 90%）したものである。

表4-54 飼料の配合割合、成分組成、代替率
および飼料単価

項目	試験区分	
	対照区	飼料用米区
配合割合(乾物%) ^{注1)}		
圧ペントウモロコシ	49.3	8.2
飼料用米(破碎玄米) [※]	0.0	41.0
その他濃厚飼料	26.3	26.3
生米ぬか [※]	4.2	4.2
乾燥稲わら [※]	19.2	19.3
生稲わらサイレージ [※]	0.0	0.0
カルシウム	1.0	1.0
成分組成(乾物%) ^{注2)}		
TDN(DM%)	80.0	80.5
CP(DM%)	11.5	11.8
濃厚飼料中の米の割合(DM%)	0.0	50.8
米によるTDN代替率(%)	0.0	48.3
濃厚飼料中の国産飼料割合(%)	5.2	56.7
濃厚飼料の単価(円/kg・DM) ^{注3)}	64.5	53.8

^{注1)} 圧ペン大麦、ふすま、大豆粕。

^{注2)} 日本標準飼料成分表(2009年版)による設計値。

^{注3)} 当所の購入価格を基に積算。

※ 国産飼料。

トウモロコシ主体の配合飼料と乾燥稲わらを分離給与する「対照区」および飼料用米の混合割合を乾物中 50%とした配合飼料と乾燥稲わらを分離給与する「飼料用米区」の 2 試験区を設定し、それぞれ 6 頭ずつ供試した。給与飼料の配合内容等については表4-54のとおりである。

この結果、飼料用米を濃厚飼料乾物中 50%と多給しても、乾物摂取量や日増体量(DG)は、対照区と比較して差はなく(表4-55)、枝肉成績についても、対照区と比べ遜色ない良好な成績が得られ

表4-55 肥育後期に飼料用米を給与した牛の
乾物摂取量、体重、日増体量

項目	試験区分	
	対照区 (n=6)	飼料用米区 (n=6)
乾物摂取量(kg/日)		
合計	7.42±1.07	8.06±0.64
濃厚飼料	7.07±0.80	7.44±0.50
粗飼料	0.35±0.27	0.62±0.18
体重(kg)		
20カ月齢	611±51	605±46
26カ月齢	740±49	727±62
日増体量(kg/日)	0.64±0.14	0.65±0.12

表4-56 肥育後期へ飼料用米を給与した
牛の枝肉成績

項目	試験区分	
	対照区 (n=6)	飼料用米区 (n=6)
枝肉重量(kg)	468.7±36.7	464.6±42.1
ロース芯面積(cm ²)	58.0±4.4	52.7±7.5
ばら厚(cm)	7.7±0.7	8.0±0.5
皮下脂肪厚(cm)	2.6±0.7	2.4±0.5
歩留基準値	73.9±0.7	73.7±0.8
脂肪交雑(BMS No.)	6.0±1.4	5.7±1.6
肉色(BCS No.)	3.7±0.5	4.0
締り・きめ等級	4.0±0.6	4.0±0.6
脂肪色(BFS No.)	3.0	3.0
	A5	1
等級(頭)	A4	3
	A3	2



対照区
(A-5-8)

飼料用米区
(A-5-8)

写真4-12 肥育後期へ飼料用米を給与した牛の枝肉写真

た(表4-56、写真4-12)。また、肥育後期に飼料用米を給与した今回の試験の結果では、筋間脂肪の脂肪酸組成に有意差は認められなかった(表4-57)。飼料用米給与により第一胃内容液のpHは大きく変化しなかったが、26ヵ月齢(出荷時)における血中ビタミンA濃度が飼料用米区において、有意に($p < 0.05$)低くなった(表4-58)。

表4-57 肥育後期牛に飼料用米を給与した牛の筋間脂肪の脂肪酸組成(%)

項目	試験区分	
	対照区 (n=6)	飼料用米区 (n=6)
ミリスチン酸(14:0)	2.7±0.4	2.4±0.3
ミリストレイン酸(14:1)	1.8±0.3	1.6±0.3
パルミテン酸(16:0)	24.3±1.0	24.2±2.1
パルミトレイン酸(16:1)	7.8±0.8	7.0±0.9
ステアリン酸(18:0)	8.6±0.9	8.7±2.3
オレイン酸(18:1)	51.8±2.3	53.1±3.3
リノール酸(18:2)	2.4±0.5	2.4±0.3
リノレン酸(18:3)	0.5±0.1	0.5±0.1
飽和脂肪酸(SFA)	35.6±1.7	35.3±4.4
一価不飽和脂肪酸(MUFA)	61.5±1.9	61.8±4.2
多価不飽和脂肪酸(PUFA)	2.9±0.6	2.9±0.4

本試験の結果から、飼料用米を配合飼料中に50%混合することによりTDN給与量の48%を代替でき、配合飼料価格の積算については、水田活用の所得補償交付金(8万円/10a)の利用が前提となるが、1kgあたり10円程度低くなると試算できた(表4-54)。

表4-58 肥育後期牛に飼料用米を給与した牛の第一胃内容液pHおよび血液性状

項目	試験区分	
	対照区 (n=6)	飼料用米区 (n=6)
第一胃内容液pH ^{注1)}		
開始時	7.23±0.29	7.30±0.39
23ヵ月齢	6.70±0.44	6.98±0.38
26ヵ月齢	7.00±0.23 b	7.15±0.54 a
血液性状(出荷時) ^{注2)}		
AST(U/L)	47.2±9.7	52.0±5.4
BUN(mg/dL)	11.6±2.1	11.9±3.4
Ca(mg/dL)	8.6±1.3	8.4±0.4
P(mg/dL)	5.9±1.2	5.6±0.9
T-CHO(mg/dL)	127.3±42.0	131.7±29.6
ビタミンA(IU/dL)	85.6±18.1 a	39.5±42.6 b
ビタミンE(mg/dL)	280.9±92.6	292.9±73.9

注1) 午前中の飼料給与前に経口採取

注2) AST:アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、BUN:尿素態窒素、Ca:カルシウム、P:無機リン、T-CHO:総コレステロール

ウ 肥育後期における TMR による給与事例（九沖農研）

九州地域では TMR センターが増えてきており、自給飼料や食品製造副産物を活用した TMR が製造されている。肥育牛用飼料としては、自給飼料では飼料用米やイネ WCS など、食品製造副産物では豆腐粕、ビール粕、醤油粕、焼酎粕など、個々の給与実績はあるが、これらを組み合わせた発酵 TMR の給与事例は少ない。そこで、飼料用米玄米と食品製造副産物で発酵 TMR を調製し、肥育牛への給与試験を行った。

（試験 1）発酵 TMR の給与が肥育末期に仕上がるきめ・締まりなど肉質に及ぼす影響を検討するため、鹿児島県南さつま市の農業生産法人錦江ファーム金峰農場の黒毛和種去勢牛 12 頭（23 ヶ月齢、平均体重 770kg）を用いて肥育試験を行った。給与飼料は対照区では配合飼料と稲わら、試験区では発酵 TMR、配合飼料、稲わらを用いた。発酵 TMR の原料割合は乾物ベースで玄米（無処理）30%、カンショ焼酎粕濃縮液 30%、ふすま 26%、乾燥豆腐粕 11.5%、ミネラル類 2.5% に設定した。各飼料原料は TMR ミキサーにて混合後、フレコンバック内のポリエチレン袋に 1 袋につき約 300 kg を投入し、脱気後に密封状態にして保存した。



写真4-13 TMR 調製風景(左)および混合直後の TMR

この飼料を仕上げ肥育期 5 ヶ月間給与し、発酵 TMR で慣行飼料の 6 割程度代替したところ、飼料摂

表 4-59 飼料摂取量および増体

	試験1		試験2	
	対照区	試験区	対照区	試験区
頭数	6	6	5	6
乾物摂取量 (kg/頭・日)				
配合飼料	8.0	3.3	8.1	2.8
稲わら	0.9	0.9	1.2	0.4
TMR	-	5.1	-	4.8
合計	8.8	9.2	9.2	8.0
TDN 摂取量 (kg/頭・日)	7.0	7.3	7.2	6.4
CP 摂取量 (kg/頭・日)	1.1	1.4	1.2	1.1
NDF [†] 摂取量 (kg/頭・日)	2.4	2.2	2.7a	1.8b
ADF ^{††} 摂取量 (kg/頭・日)	1.1	1.1	1.1a	0.8b
でんぷん摂取量 (kg/頭・日)	3.9	3.1	3.0a	2.2b
開始時体重 (kg)	759	773	587	607
終了前体重 (kg)	819	818	832	833
日増体量 (kg/日)	0.48	0.36	0.69	0.63

† : aNDFom, †† : ADFom, ab : $P < 0.05$

取量、日増体量、枝肉成績、胸最長筋の粗脂肪含量と脂肪酸組成に有意差はなく、格付は対照区で A5 が 1 頭、A4 が 3 頭、A2 が 1 頭、B5 が 1 頭、試験区で A5 が 1 頭、A4 が 5 頭であり、特に枝肉のきめ・締まりなど肉質に問題は認められず、良好な枝肉成績が得られることが分かった。

（試験 2）発酵 TMR の給与が肥育中後期の飼養成績と肉質に及ぼす影響を調べるため、鹿児島県霧島市の農業生産法人錦江ファーム溝辺農場の黒毛和種

表4-60 枝肉成績

	試験1		試験2	
	対照区	試験区	対照区	試験区
と畜月齢	28.0	28.5	29.8	29.9
枝肉重量 (kg)	511	520	516	529
胸最長筋面積 (cm ²)	64	65	60	61
ばらの厚さ (cm)	7.7	8.0	8.0	7.6
皮下脂肪の厚さ (cm)	3.2	2.5	2.3	2.4
歩留基準値	73.5	74.4	74.0	73.6
BMS No.	5.7	6.2	6.2	6.0
BCS No.	4.0	3.8	4.2	3.8
光沢	3.0	3.0	3.0	3.0
締まり	4.2	4.2	4.0	4.0
きめ	4.0	4.3	3.8	4.0
BFS No.	4.2	4.2	4.0	4.0
光沢と質	5.0	5.0	4.8	5.0

表4-61 脂肪酸組成およびα-トコフェロール含量

	試験1		試験2	
	対照区	試験区	対照区	試験区
粗脂肪 (%)	41	41	44	40
脂肪酸組成				
C16:0	24.2	24.6	24.6	25.4
C18:0	11.6	13.2	11.1a	13.1b
C18:1-n9	46.6	46.2	49.2	47.5
C18:1-n7	3.2	3.3	1.6	1.4
C18:2	2.1	2.0	2.2	2.1
C18:3	0.1	0.1	0.1	0.1
α-トコフェロール(mg/100g)	-	-	0.52	0.67

a,b: P < 0.05

との有意差は認められなかった。脂肪酸組成は対照区と比較して試験区でステアリン酸(C18:0)が有意に多かったが、それ以外に有意差は認められなかった。また、カンショ焼酎粕濃縮液はα-トコフェロール含有量が高く、胸最長筋中α-トコフェロール含量を高める傾向にあった。格付は対照区でA5が2頭、A4が1頭、A3が1頭、A2が1頭、試験区でA5が1頭、A4が4頭、B3が1頭であり、飼養成績や肉質に処理間で大きな違いはなかった。

以上の結果から、飼料用玄米を2~3割混合した発酵TMRで慣行飼料の6割程度代替しても肥育牛の飼養成績に問題なく良好な枝肉成績が得られることが示された。

去勢牛 11頭(17ヵ月齢、平均体重 600kg)を用いて肥育試験を行った。給与飼料は対照区では配合飼料と稲わら、試験区では発酵TMR、配合飼料、稲わらを用いた。発酵TMRの原料割合は乾物ベースで飼料用玄米(破碎)23%、カンショ焼酎粕濃縮液25%、フスマ21.5%、乾燥豆腐粕11.0%、稲ワラ14.1%、脂肪酸カルシウム3%、ミネラル類2.4%に設定し、試験1と同様にフレコンバック内で発酵TMRに調製した。なお、この試験では飼料用玄米が十分量確保できなかったため、他の試験よりも玄米の配合割合を減らし、エネルギーを補給するため、脂肪酸カルシウムを添加した。

この飼料を肥育中後期12ヵ月間給与し、発酵TMRで慣行飼料の6割程度代替したところ、NDF(aNDFom)、ADF(ADFom)、デンプン摂取量は試験区が対照区より有意に少なかったが、乾物摂取量、日増体量、枝肉成績、胸最長筋の粗脂肪含量に対照区

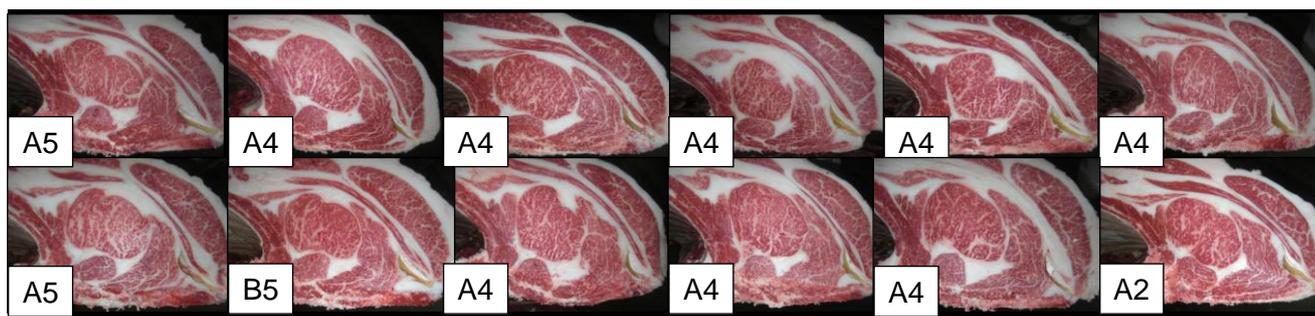


写真4-14 試験1供試牛の第6-7胸椎断面(上段:試験区、下段:対照区)

(4) 稲こうじ病罹病粃の給与による牛および鶏への影響

①稲こうじ病とは

稲こうじ病は、バツカクキン科に属する *Villosiclava virens* (不完全世代 *Ustilaginoidea virens*) が粃に濃緑色～黒色の菌塊を形成する疾病で、罹病粃(菌核)にはウスチロキシン類(A～E)(図4-19にもっとも多量に含まれるウスチロキシン A の構造を示す。Koiso ら 1994)、ウスチラジノイジン(Koyama ら 1988)の少なくとも2種のカビ毒(マイコトキシン)が含まれることが報告されている。

病粃は粃すりなどの調製段階で排除されるので、カビ毒を含む菌核が食用に供されることはない。しかし、WCS として利用される牛や、粃米として利用する鶏では、家畜が菌核を摂取してしまう。そのため、稲こうじ病の発症を抑制することが重要であり、玄米に調製することにより混入を抑制することも可能である。一方で、稲こうじ罹病粃を牛および鶏に給与した場合の影響について知ることが重要である。

②牛への罹病粃給与試験

罹病粃には、ウスチロキシンおよびウスチラジノイジンの少なくとも2種のカビ毒が含まれていることが明らかになっているが、さらに未知のカビ毒が存在することも否定できない。また、罹病粃中のカビ毒濃度は病害の進行度等により一定ではないことが予想される。したがって、単純に罹病粃の混入量(罹病粃の割合、粃の重量等)を調査しても、罹病粃に含まれるカビ毒の総量を正確に見積もることはできない。そこで、既知のカビ毒で標準物質が入手可能なウスチロキシン A をカビ毒全体のマーカーとして利用するため、WCS 中のウスチロキシン A 分析法を開発した(後述)。この方法により、稲こうじ病に重度に罹病した飼料用イネ(1穂あたり平均2個の罹病粃)から調製した WCS 中のウスチロキシン A 濃度は、最大 30 mg/kg 程度であることが明らかになった(表4-53、Miyazaki ら 2009)。そこで、稲 WCS 中のウスチロキシン A 濃度として 30 mg/kg (ppm)あるいは 60 mg/kg に相当する罹病粃を飼料に混合して育成牛(森本ら 2010)あるいは泌乳牛に給与し、増体、泌乳量、血液検査所見、第一胃機能等への影響を観察した。その結果、稲こうじ病に重度の罹病した飼料用イネから調製した WCS を牛に給与しても、生産性にはほとんど影響がないことが明らかになった。

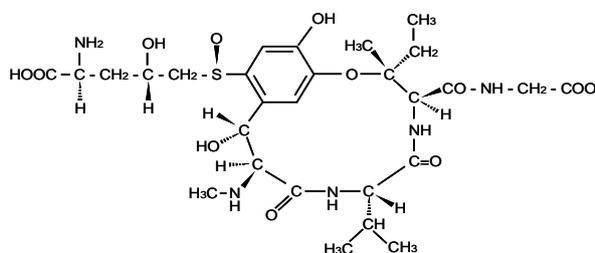


図4-19 ウスチロキシン A の構造

表4-53 稲こうじ病罹病イネから調製した WCS 中ウスチロキシン A 濃度

試料番号	病害発生状況	ウスチロキシンA濃度 (mg/kg)
1	重度	7.7
2	重度	14
3	重度	26
4	軽度	< 2.5
5	軽度	< 2.5
6	軽度	< 2.5
7	軽度	< 2.5

③罹病籾の牛への給与可能量の見積もり

②の給与試験から、イネ WCS 中濃度として 30 mg/kg のウスチロキシシン A に相当する罹病籾を給与しても牛の生産性に悪影響がないことが明らかになった。育成牛には粗飼料乾物割合が 64%となるようイネ WCS を給与した。したがって、ウスチロキシシン A の総飼料中濃度はおよそ 19 mg/kg となる。泌乳牛での試験では、乾物換算で 24.1%のイネ WCS を給与しているので、総飼料中のウスチロキシシン A 濃度は、およそ 7 mg/kg となる。

以上のことから、稲こうじ病に罹病した飼料用イネから調製した籾米を牛に給与する場合も、総飼料中のウスチロキシシン A 濃度として育成牛で 19 mg/kg、泌乳牛で 7 mg/kg 以下の罹病籾量であれば、問題ないと考えられる。

④鶏への罹病籾給与試験

試験開始時点で 268 日齢の臨床的に異常を認めない採卵鶏（ボリスブラウン）に稲こうじ病罹病籾を含む飼料を 20 日間給与した。試験飼料は、稲こうじ病罹病籾を含む穂の全ての籾を粉碎し、市販成鶏飼育用配合飼料（CP \geq 17.0%、ME \geq 2850 kcal/kg；JA 東日本くみあい飼料）に現物重量 10%混合飼料となるように調製した。飼料摂取量、増体重、飼料要求率、卵重、産卵率等を調査するとともに、血液検査および病理検査を実施した。その結果、稲こうじ罹病籾給与によって白血球数の減少とヘマトクリット値が低下する傾向が見られたが、飼料摂取量、体重、産卵率等の生産性には影響が見られなかった。

⑤罹病籾の鶏への給与可能量の見積もり

鶏への給与試験では試験飼料中のウスチロキシシン量を定量していないが、今回の試験では罹病穂のみを用いていること、配合割合も 10%と高かった。稲こうじ病に高度に罹病しても、すべての穂に罹病籾が発生することはないと考えられるので、実際の飼料米使用条件で鶏が摂取する罹病籾由来カビ毒量が今回の試験より多くなることはないと推察される。

以上のことから、産卵鶏へ稲こうじ病罹病籾米が混入した籾米を給与する場合でも、その混合割合が 10%以下であれば鶏の生産性には影響がないと判断できる。

⑥ウスチロキシシン A 測定法

②で述べたように、罹病籾に含まれるカビ毒総量のマーカーとして利用するため、イネ WCS 中のウスチロキシシン A 分析法を開発した(Miyazaki ら、2009)。この分析法は、試料からの水抽出物を固相抽出により精製し、高速液体クロマトグラフィーで定量する比較的簡便な方法である。この分析法はイネ WCS 中のウスチロキシシン A を分析するための方法であるが、籾米等の分析にも応用可能と考えられる。

⑦ウスチロキシシンの安定性

飼料用イネ 1 株の草体重量、イネ 1 株あたりの穂数、罹病籾 1 粒の重量、および我々が調査した罹

病糶中のウスチロキシシン A 濃度(およそ 400~1200 mg/kg)から、重度に罹病(1 穂あたり 2 粒の罹病糶)したサイレージ原料イネのウスチロキシシン A 濃度を見積もったところ、表 4-34 に示したイネ WCS 中ウスチロキシシン A 濃度の実測値(およそ 8~30 mg/kg)とほぼ同程度であり、サイレージ調製後のウスチロキシシン A 濃度の減少は認められなかった。また、ウスチロキシシン A は 50℃、30 分の加熱では分解されず、100℃、1 時間でおよそ 90%、100℃、3 時間では 80%に減少した。以上のことから、罹病糶に含まれるカビ毒の一つであるウスチロキシシンは、乳酸発酵や糶の乾燥工程ではほとんど減少しないと考えられる。

(参考)

- 1) Koiso ら(1994) Ustiloxins, antimetabolic cyclic peptides from false smut balls on rice panicles caused by *Ustilagoidea virens*. J. Antibio. 47:765-773.
- 2) Koyama ら (1988) Further Characterization of Seven Bis(naphtho- γ -pyrone) Congeners of Ustilaginoidins, Coloring Matters of *Claviceps virens* (*Ustilagoidea virens*). Chem. Pharmaceut. Bull. 36(1):146-152.
- 3) Miyazaki ら(2009) High-performance liquid chromatographic determination of ustiloxin A in forage rice silage. J. Vet. Med. Sci. 71(2): 239-241.
- 4) 森本ら(2010) 稲こうじ病罹病糶の給与が乳用種育成雌牛の成育に及ぼす影響. 関西畜報. 166:19-25.