

有畜複合農業システムのための麦稈の新飼料化 システムの実用的導入

竹中 洋一¹⁾・秦 隆夫²⁾・池田 哲也³⁾・萬田 富治⁴⁾

緒 言

北海道の道東地域では大規模な畑作経営や酪農経営が展開しているが、規模拡大と専作化にともない、畑作経営では化学肥料への偏重と地力の減退、畜産経営では多頭飼養による飼料自給率の低下やふん尿による環境汚染等が問題となっている。これらの問題の改善・解決の方策として、畑作副産物や畜産排泄物等の地域資源を高度に活用した有畜複合農業システムの構築が期待されている。

本報告では、同システムの主要な構成要素である畑作副産物のうち麦稈を取り上げ、その畜産部門への有効な活用技術について、現場適用性の観点から検討した。

北海道では小麦が約13万ha作付けられ、毎年52万t程度の麦稈が生産され、ロールベラの普及によって省力的な収集が可能となっている。収集された麦稈は、現在、主に敷料や堆肥原料として利用されているが、効率的なアンモニア処理によって、栄養価や嗜好性を向上させた家畜飼料としての利用拡大の可能性がある。^{5) 10) 12) 13) 23) 28)}

糖分を多く含む牧草などをアンモニア処理した場合、これに起因する家畜中毒例は認められているが、アンモニア処理麦稈の給与に起因する家畜中毒例は報告されていない¹²⁾。また、アンモニア処理麦稈摂取個体が生産した乳や肉の異常は認められておらず、アンモニア処理麦稈に対する公的規制は全世界に存在しない¹²⁾。

北海道農業試験場(北農試)・総合研究第3チームが1989年に開発した麦稈のアンモニア処理新飼料化システム「ほくのう・S」¹¹⁾は、液化アンモニウムを特製インジェクタで注入し直後に気化させる方式である。従って、アンモニアの拡散・沈

着が確実にでき、処理対象である麦稈の水分率への適応域が広く、迅速な作業が可能である。また、ラップしたロールベール麦稈に容易に対応でき、繁殖牛や育成牛に対して良質な飼料を供給できる。さらに、専門家によるコントラクター方式を前提とするため、農家が直接アンモニアに触れる危険性がなく、利用農家にとって安全な処理法である。

本処理システムによるアンモニア処理麦稈を活用した家畜生産方式は、低コスト畜産に結びつくと同時に、畑肉経営では飼料生産に要する土地や労働時間を節減できるため、畑作物作付面積の拡大や集約作目(野菜等)導入、飼養頭数増加の可能性が広がる。また、酪農経営では自給飼料不足の解消に役立つ。さらに、畑作地帯では畑作からの麦稈と畜産からの堆肥との交換に基づく物質循環を活性化し、地域農業生産力を一層高めることができる。²⁵⁾

アンモニア処理された麦稈の牛への給与試験は数多く行われているが、アンモニア処理と非処理の麦稈の比較、あるいはアンモニア処理麦稈給与における消化率、ルーメン性状、たんぱく質出納に関する研究が過半を占める。併給飼料を含めた実際的な飼養に関する研究^{1) 2) 3) 14) 15) 31)}も見られるが、北海道における現地農家でのアンモニア処理麦稈給与の実態とは適合しておらず、実用上の情報不足しているのが現状である。

そこで、本報告では環境調和型物質循環に基づく有畜複合営農システムの確立に資するため、「ほくのう・S」を用いた各種現地実証試験等を行い、その実際的な利用方法や効果、利用上の留意点を明らかにし、畑作地帯に賦存する地域資源としての麦稈の畜産への有効利用を検証することを目的とした。

本研究は地域先導型技術研究「寒地土地利用型農業における環境保全型・高能率地域複合営農システムの確立」の一環として、道東・十勝地方の中央部に位置し、畑作の盛んな音更町の農家にお

平成13年10月1日 原稿受理

1) 現畜産草地研究所

2) 現近畿中国農業研究センター

3) 総合研究部総合研究第3チーム

4) 現北里大学

ける実証的な飼養試験を中心に行った。

材料および方法

「ほくのう・S」によって調製したアンモニア処理麦稈(以下, "処理麦稈"とし, "処理麦稈・ライ小麦"と記すもの以外は小麦の麦稈のアンモニア処理とする)を用い, 現地農家(北海道十勝支庁音更町, 帯広市)において1993年冬~1998年春にわたり, 黒毛和種(繁殖牛, 育成牛, 肥育牛), 乳牛(育成牛, 乾乳牛, 搾乳牛)に対する給与試験を行った。また, 北農試(札幌市)において黒毛和種繁殖牛の飼養試験を行った。これらの試験において下記の1.~6.の項目を検討した。

アンモニア処理は秋播き小麦(品種名:チホクコムギ)および秋播きライ小麦(品種名:PRESTO, ポーランド・DANKO社)の麦稈に対して行った。これらの麦稈を8月上旬にコンバインで刈取り, 直径1.5m, 幅1.2mのロールペールに収集し, プラスチックフィルムでラッピング後, 「ほくのう・S」方式¹⁾によりアンモニア処理した。

試験農家は畑作+肉牛経営4戸(繁殖3戸, 繁殖・肥育一貫1戸), 畑作+乳牛育成経営1戸, 酪農専業経営1戸を選定した。試験農家の経営概況等を表1に示した。処理麦稈の給与法は, A, C, D, E農家では放牧期間以外の秋~春にかけてロールペールをそのままの形状で自由採食させた(A農家の離乳後子牛の一部は制限給与)。B農家では肥育牛の粗飼料の代替として制限給与した。F農家では育成牛・乾乳牛に対しては自由採食, 搾乳牛に対しては制限給与とした。

1. 処理麦稈の長期給与が黒毛和種の繁殖・育成成績および血液成分に及ぼす影響

1) 黒毛和種に対し, 牧草の一部代替として処理麦稈を1993~1996年度の秋から春にかけての舎

飼い期を通して長期間給与し, A, D, E各農家の繁殖成績および育成成績を検討した。

2) A農家の黒毛和種繁殖牛10頭(夏場に公共牧場に放牧:5頭, 舎飼い:5頭)およびD農家において自家所有の里山に放牧後の黒毛和種繁殖牛10頭の頸静脈血を, 処理麦稈給与開始直後の1993年10月21日および1994年1月11日, 同2月25日(D農家のみ), 同5月12日(A農家のみ, 放牧直前)の舎飼い期間中に採取し, Ca, P, Mg, 尿素態N, 総蛋白, NEFA, ビタミンA・E, セレン, ケトン体, 血糖, GOT, アルブミン, 総コレステロール, トリグリセリドを分析した。

2. 黒毛和種繁殖牛における処理麦稈(小麦, ライ小麦)とグラスサイレージの給与比較試験
北農試(札幌市)において, 2産以上で子付き哺育終了後の妊娠初期あるいは未妊娠の黒毛和種繁殖牛15頭に対し, 放牧を終了した11月16日より, 1群管理下でオチャードグラス2番草ロールペールサイレージ(OGS)のみを5日間給与し馴致した。その後, OGS(G区), 処理麦稈(W区), 処理麦稈・ライ小麦(T区)を用い25日間の飼養試験(各区5頭の群飼養)を行い, 給与飼料の違いによる飼料摂取量と体重, ボディコンディションスコア(BCS:5段階評価²⁾)の変化を検討した。

飼料給与はロールペールをそのままの形状で設置する飼槽(ロールペールフィーダ)を使用して各々の飼料のみを自由採食させた。体重は試験開始5日前, 試験開始日, 2日目, 7日目の午前10時に測定した。試験終了日は午前10時と午後2時に測定し, その平均値を終了時体重とした。

3. 黒毛和種繁殖牛のボディコンディションスコアの変化

農家A, Dにおける4カ年の舎飼い期間における黒毛和種繁殖雌牛のBCSの変化を検討した。こ

表1. 試験農家の概要

農家名	経営形態	経営面積	家畜生産方式	供試牛	頭数
A	畑肉経営	33ha	和子牛生産	黒毛和種繁殖牛	18
B	畑肉経営	39	和牛一貫生産	黒毛和種去勢肥育	13
C	畑育経営	43	乳用育成牛生産	ホルスタイン種	17
D	畑肉経営	31	和子牛生産	黒毛和種繁殖牛	15
E	畑肉経営	31	和子牛生産	黒毛和種繁殖牛	34
F	酪農専業	30	スタンション・搾乳40頭	育成牛・乾乳牛・搾乳牛	

* 供試頭数は1995年度

これらの個体の内、D農家において1996年度の冬に、分娩5～1カ月前妊娠牛6頭の乾物給与割合を処理麦稈70%、チモシー（乾草およびロールベールサイレージ）30%とした処理麦稈多給区（L区）を設け、対照区と3～4カ月間分離して群飼養し、BCSの変化を検討した。

対照区は通常の飼料給与（処理麦稈の乾物給与割合28%、他にチモシー（乾草、ロールベールサイレージ）およびコーンサイレージ）の繁殖牛10頭とし、育成牛と共に飼養した。

さらに、その後とう汰されず10カ月後までに分娩・受胎した区（LP区）4頭および対照区5頭を繁殖成績と共に分析した。

4. 黒毛和種去勢牛の処理麦稈を利用した肥育

B農家において処理麦稈給与区（A区：14頭）と対照区（6頭）を設け、全農システム黒毛和種去勢肥育体系（北海道版）に基づく飼料給与（表2）により群飼養（6頭および8頭）し、肥育試験を行った。肥育成績に対する処理麦稈給与の効果を検討した。

5. 乳用育成牛に対する処理麦稈給与時における補給飼料の検討

C農家において、ホルスタイン種乳用育成牛に対し、チモシー乾草と処理麦稈の自由採食の条件下で、補助飼料として1日1頭当たりふすま1.5kg（ふすま区：4頭）、ルーサンデハイペレット1.5kg + 乾燥ビートパルプ1.5kg（対照区：4頭）を93日間給与し、両区の成長の違いと血液性状（試験開始時および終了時）を検討した。

6. 乳牛における処理麦稈の採食性および採食量向上方法の検討

1) F農家の乳用育成牛8頭に対し、処理麦稈(AW)、処理麦稈・ライ小麦(AT)、ライ小麦ホールクロップロールベールサイレージ(TH)、チモシーロールベールサイレージ(HR)を自由採食

させ、採食性を検討した。

2) F農家の乳牛（搾乳牛、乾乳牛、育成牛）に対して、処理麦稈を5～20cm：平均10cm、1～5cm：平均2cmに細切し、採食性向上効果を検討した。

なお、飼料成分分析⁶⁾と血液成分分析¹⁸⁾は定法に従った。ロールベールからの飼料サンプル採取は電動ドリル式コアサンプラーを用い、ロールベールの下部、上部、側面4カ所の計6カ所から採取した¹¹⁾。試験農家においては通常毎月1回、給与直前の飼料からサンプルを採取した。

TDNの推定値は、牧草（サイレージ含む）およびコーンサイレージはADFを独立変数とする回帰式⁷⁾から、処理麦稈はCPを独立変数とする回帰式¹¹⁾から求めた。配合飼料のTDNは飼料供給先の表示値を記載した。その他の飼料のTDNは近赤外分析⁷⁾による推定値である。

統計処理は一元配置の分散分析を統計処理パソコンソフト：SATISTICA²²⁾を用いた。

結果および考察

1. 処理麦稈の長期給与が黒毛和種の繁殖・育成成績および血液成分に及ぼす影響

1) A農家およびD農家の処理麦稈を給与した舎飼い期間（1993年秋～1994年春）の飼料給与と結果を表3、4および表5、6に示した。1994～1996年度の飼料給与も表3～6に準じた量であった。

この内、D農家の1993年のみ、処理麦稈の数量が少なかったため、1994年2月末までの給与であった。他は舎飼い期間を通して処理麦稈を給与した。

E農家の1994年度の給与飼料の成分を表7に示した。E農家は飼養頭数が多いため繁殖牛を2群に分けて飼養しており、妊娠末期と泌乳期間中の群にはコーンサイレージを5kg/日・頭制限給与した。その他に、次のロールベール飼料を複数の

表2. 黒毛和種肥育牛の飼料給与量（B農家）（1日1頭当たり原物kg）

		粗飼料	濃厚飼料
A区, 肥育前期	アンモニア処理麦稈 = 6 kg		3.5～7.5kg
	中期	" = 6～2kg	8～10kg
	後期	" = 1kg	9kg
対照区, 肥育前期	チモシー乾草 = 2～1.5kg, コーンサイレージ = 4kg		A区
	中期	" = 1.5～1kg, " = 4～2kg	と
	後期	" = 1kg	同じ

ロールペールフィーダーにランダムに個数・時期を特定せずに給与した。従って、給与量の詳細は記述不可能であるが、秋～春の期間を平均すると1日1頭当たり、チモシーサイレージ8kg、同乾草2kg、えん麦ホールクロップサイレージ4kg、

処理麦稈1.5kg、豆がら1kg程度であった。

各牛群において、後述するBCSの状態から、群内(後述するBCSを調整するために給与制限した期間の牛群を除く)の平均値としてのエネルギー要求に対して充足していたと考えられ。その他の

表3. A農家の飼料給与(飼料成分と給与量)

	原物中%			乾物中%			原物給与量 (kg/日・頭)
	DM	TDN	CP	ADF	NDF	TDN	
アンモニア処理麦稈	80.8	42.6	8.6	53.7	77.6	52.6	2.1
チモシー乾草	86.8	45.1	6.0	41.2	69.6	52.4	3.0
豆がら	82.9	39.2	8.4	49.6	53.7	47.8	1.7
生ビートパルプ	14.0	10.4	10.7	23.6	57.1	74.6	16.0(～12月)
コーンサイレージ	19.9	12.7	7.3	32.7	52.3	64.0	8.0(1月～)

アンモニア処理麦稈の給与期間：1993年9月26日～1994年6月4日(8.3ヵ月)

" の離乳後子牛への給与量 5ヵ月齢以下=少量, 5～10ヵ月齢=1.8kg

表4. A農家の飼料成分給与量

	～12月			1月～		
	kg/日・頭	%*	(%)**	kg/日・頭	%*	(%)**
DM	8.2	35.4	(24)	8.3	51.0	(24)
TDN	4.5	54.8	(23)	4.3	56.7	(24)
CP	0.7	8.4	(25)	0.6	7.3	(23)
ADF	3.4	41.5	(32)	3.6	61.9	(30)
NDF	5.4	65.9	(29)	5.3	61.9	(29)

* %は乾物中% ** (%)はアンモニア処理麦稈由来の%

表5. D農家の飼料給与(飼料成分と給与量)

	原物中%			乾物中%			原物給与量 (kg/日・頭)
	DM	TDN	CP	ADF	NDF	TDN	
アンモニア処理麦稈	84.5	42.1	8.0	52.8	77.8	49.8	2.6
チモシー乾草	85.7	45.7	8.4	41.5	68.6	53.3	4.5
コーンサイレージ	19.9	12.7	7.3	32.7	52.3	64.0	8.0

アンモニア処理麦稈の給与期間：1993年10月20日～1994年2月25日(4.2ヵ月)

" の離乳後子牛への給与量 6ヵ月齢以下=少量, 6～10ヵ月齢=1.5kg

表6. D農家の飼料成分給与量

	DM	CP	ADF	NDF	TDN
飼料給与量(kg/日・頭)	7.7	0.6	3.2	5.2	4.2
成分%(乾物中)	50.7	8.9	42.7	67.8	54.5
アンモニア処理麦稈由来の%	29	29	35	33	26

養分要求量に関しても給与水準としては充足していた。

A, D, E 各農家の黒毛和種における繁殖成績および育成成績を表 8 に示した。子牛生産率に有意な差はみられなかった。去勢子牛の生時から出荷時までの日増体重 (DG) は処理麦稈の給与によりわずかに増加する傾向であったが、有意ではなかった。

農林水産省家畜改良センター十勝牧場における、黒毛和種繁殖牛に対し粗飼料のほぼ 100% を処理麦稈とする長期 (秋～冬の半年間の 3 反復) 飼養試験¹²⁾の結果、繁殖・育成成績への悪影響は認められなかった。これらのことから、農家の黒毛和種繁殖牛に対する現実的な飼養においても、処理麦稈の導入に問題がないことが示されたと考えられる。

2) A, D 農家の供試牛の血液成分は放牧終了直後、1 月 11 日、2 月 25 日、放牧開始直前とともにすべての個体で血清中セレン濃度が 30ppb 以下と低く、子牛に白筋症等の発生の危険性が高い値²⁶⁾であった。セレン欠乏症に關与するビタミン E については、A 農家の 5 月はやや低い値であるが危険な領域 (1.0ppm 以下)¹⁷⁾の個体はなかった。

これら以外の血液成分については正常値⁸⁾であった。

血清セレンの低濃度は自給飼料栽培土壌に起因する¹⁶⁾と考えられる。このため、この地域では農業共済組合により、子牛へセレンおよびビタミン E の注射が組織的に行われており、A, D 農家において子牛に白筋症等の異常は発生しなかった。

処理麦稈の導入により、A 農家は粗飼料の自給 (生ビートパルプを除く) が 100% 達成され、D 農家では自給飼料作を減らして畑作面積を増加できる可能性が生まれた。一方、セレン欠乏土壌地帯においては牛に自給飼料を 100% 給与した場合、セレン欠乏がはなはだしくなる可能性が高い。そのような状況においては、分娩直後の子牛へセレン、ビタミン E 補給が必須である。また、セレン欠乏のみで繁殖牛自身に問題が生じることはほとんど無いが、他の悪条件が加わると問題になる場合がある²⁶⁾。繁殖牛に対するセレン入りの鉱塩の給与等の対策が安全性を高めると考えられる。

2. 黒毛和種繁殖牛における処理麦稈 (小麦, ライ小麦) とグラスサイレージの給与比較試験
北農試における飼養試験に用いた給与飼料の成分を表 9 に、1 日 1 頭当りの飼料成分摂取量を表

表 7. E 農家の給与飼料成分

	原物中%			乾物中%		
	DM	TDN	CP	ADF	NDF	TDN
アンモニア処理麦稈	86.7	45.9	9.5	52.6	76.4	52.9
チモシー乾草	86.8	45.1	9.0	41.4	70.0	51.9
チモシーサイレージ	55.5	29.3	7.0	40.2	68.2	52.7
コーンサイレージ	39.5	27.4	7.2	24.3	42.3	69.5
えん麦サイレージ	62.9	38.1	13.0	28.1	49.2	60.6
豆がら	84.6	38.1	6.8	39.2	66.5	45.0

表 8. 黒毛和種の繁殖・育成牛へのアンモニア処理麦稈給与の影響

農家名	子牛生産率		出荷去勢子牛 DG	
	供試前	供試中	供試前	供試中
A (子牛頭数)	1.03 (35)	1.03 (73)	0.80 ± 0.03 (17)	0.83 ± 0.03 (35)
D (子牛頭数)	0.96 (27)	0.97 (58)	0.72 ± 0.04 (12)	0.74 ± 0.03 (28)
E (子牛頭数)	1.00 (48)	1.01 (135)	0.79 ± 0.03 (23)	0.80 ± 0.02 (66)

供試前：1991 + 1992 年度

供試中：1994 ~ 1996 年度

10に示した。乾物摂取量(DMI)はG区が高く、T区はW区よりもやや少なかった。TDN充足率(日本飼養標準²⁰⁾)はG区131%、W区105%、T区97%であった。ライ小麦は小麦よりもわらの収量が多く、稈が太く堅いため、処理麦稈としてのADF、NDFもやや高い。Hortonら⁵⁾が約240kgのHereford去勢牛へアンモニア処理の小麦わら、大麦わら、それぞれ3品種を濃厚飼料と共に(わらのDMIは全体の60~65%)給与した結果、小麦品種間に最大15%程度のDMIの差があり、大麦では品種間の差がさらに大きいもののDMIの平均値としては小麦と同程度であった。アンモニア処理の対象素材によりこの程度のDMIの差が生ずるものと考えられる。

試験期間中の全区のBCSおよびW区とT区の体

重にはほとんど変化がなかった。G区の体重は5頭平均で30kg増加し、W区およびT区の体重変化量に対し1%水準で有意であった(表11)。

G区の体重増加のうち、試験開始後1日で21kg(体重変化量A)、2日目から終了時まで9kg(体重変化量B)増加しており、ともにW区・T区に対し1%水準で有意であった。試験期間中の体重増加はBCSの変化を伴っていないことから、主として消化管内容物重を中心とした腹腔内の重量が増加したと推測され、試験開始1日目の体重増加(変化量A)は馴致期間中の体重減少を補う、主に消化管内容物重の増加であると考えられる。

G区の馴致開始から試験終了までの体重増加(体重変化量C)は9kgと試験開始2日目から終了時までの体重増加に等しく、W区・T区に対し

表9. 黒毛和種繁殖牛(北農試)への給与飼料成分(乾物中, %)

	DM	CP	ADF	NDF	TDN
オーチャードグラスサイレージ	69.6	13.5	40.4	63.1	53.0
アンモニア処理小麦わら	78.5	10.1	52.8	77.7	54.1
アンモニア処理ライ小麦わら	61.4	8.2	54.8	74.8	54.4

表10. 黒毛和種繁殖牛(北農試)の1日1頭当り飼料成分摂取量(kg)

	DM	CP	ADF	NDF	TDN	TDN充足率	CP充足率
グラスサイレージ(G)区	8.58	1.16	3.46	5.41	4.55	131%	225%
小麦わら(W)区	6.54	0.66	3.45	5.08	3.53	105%	132%
ライ小麦わら(T)区	6.02	0.49	3.30	4.51	3.27	97%	98%

表11. 黒毛和種繁殖牛(北農試)の体重(kg)とボディコンディションスコア(BCS)の変化

	G区	W区	T区
供試頭数	5	5	5
放牧終了時体重	495±29	489±35	490±44
試験開始時 "	474±24	468±33	468±40
2日目 "	495±23	472±28	475±42
終了時 "	504±28	467±29	471±45
増体重(試験期間)	30±4 a	0±9 b	4±9 b
体重変化量A(-)	21±2 a, f	4±10 b	8±6 b, h
" B(-)	9±5 a, g	-4±4 b	-4±9 b, i
" C(-)	9±7 a	-22±10 b	-19±15 b
BCS・開始時	4.1±.2	3.9±.1	3.8±.3
終了時	4.1±.3	3.9±.1	3.7±.2

試験区間: ab間に1%水準の有意差

試験区内: fg間に1%水準, hi間に5%水準の有意差

有意であった。この9 kgが体蓄積の近似値であると考えられる。また、G区のTDN充足率は131%と高いことから、長期間にわたるグラスサイレージの自由採食では体重とともにBCSが上昇し肥満することが予想される。

これに対し、W区、T区の試験開始後1日目の体重増加(変化量A)はそれぞれ4 kg, 8 kg, 2日目から終了時までの体重変化(変化量B)は共に-4 kgであった。処理麦稈のみの給与により、黒毛和種繁殖牛の群飼養、自由採食の状態における、繁殖成績に悪影響を及ぼす可能性のある体重・BCS増加^{24) 27) 30)}を防ぐことが可能であると考えられる。

なお、T区のCP充足率(日本飼養標準²⁰⁾)は98%と低いため、ライ小麦の処理麦稈を主体とした飼料給与の場合、群飼養においてDMIの低い個体についてはたんぱく質の補給に留意する必要がある。また、エネルギーに関しても、W区、T区の体重変化量Bが負であることから、補助飼料の検討が必要な場合があると考えられる。

3. 黒毛和種繁殖牛のボディコンディションスコアの変化

農家A, Dの黒毛和種繁殖牛の1994~1998年におけるBCSの推移を表12に示した。1994年度および1995年度の舎飼い期間中にA, D両農家ともBCSは上昇し過肥となり、D農家の1994年度を除

表12. 黒毛和種繁殖牛のBCSの変化

測定日	A農家	D農家
1994. 11. 21	3.7 ± .4a	3.9 ± .5
1995. 4. 24	4.1 ± .4b (n = 18)	4.1 ± .3 (n = 14)
1995. 11. 20	3.7 ± .4a	3.7 ± .4b
1996. 1. 20	3.9 ± .4c	3.9 ± .6
4. 26	4.2 ± .5b (n = 19)	4.0 ± .5c (n = 13)
1996. 11. 20	3.9 ± .5	4.0 ± .4
1997. 4. 8	4.0 ± .6 (n = 20)	4.0 ± .4 (n = 17)
1997. 11. 22	4.2 ± .5	4.1 ± .2
1998. 1. 19	4.2 ± .5	4.2 ± .3
3. 12	4.2 ± .5 (n = 19)	4.2 ± .3 (n = 15)

各農家、同じ年度の異なる測定日におけるaとbに0.5%, bとcに5%水準の有意差

き、秋と春のBCSに有意な差があった。1995年11月のBCSが1996年4月より低くなっているのは供試牛が更新されたことによる。両農家ではチモシー乾草の一部代替として処理麦稈を給与しており、全摂取エネルギーの内、処理麦稈から摂取される割合は20~30%程度である(表4, 6)。処理麦稈の給与による飼料品目数の増加がDMIの増加につながり、1994, 1995両年度の舎飼い期間中にBCSが上昇したのと考えられる。BCSを上昇させないためには、コーンサイレージや牧草等の併給飼料の給与量を減ずる必要がある。

1996, 1997年度は両農家とも舎飼い開始時からBCSが高く、個体における増減はあるものの、舎飼い期間中のBCSの上昇は各農家の平均値としてはほとんど見られなくなった。これは、自給粗飼料の栄養価の年変動にあわせて、併給飼料の給与量を調整したこと、およびD農家においては処理麦稈の多給も影響して、肥満の増進が抑制されたものと考えられる。

表13にD農家における繁殖牛全頭の平均空胎日数および種付回数の3カ年(1995~1997年度)の推移を示した。これらの数値と表12に示したBCSとの間に有意な関係は認められなかった。D農家の空胎日数、種付回数の変動には、本研究と同時並行して行った放牧飼養方法の改良や発情発見精度の変動、および放牧草を含む自給飼料の栄養価の年変動等が影響したため、処理麦稈の給与によるBCSの変動が繁殖成績へ及ぼした影響は明らかにはならなかった。

D農家L区のBCSは前年度の同時期に比べ6頭とも0.25~0.5低下し、6頭平均で4.4から4.1に低下した(表14)。対照区10頭のBCS平均値は3.9から4.1へ上昇した。BCSの変化量にはL区と対照区の間で0.1%水準で有意差があったことから、処理麦稈の多給により黒毛和種繁殖牛のBCSの調整が可能であると考えられる。

表15にLP区4頭と対照区5頭のBCSと繁殖成績

表13. D農家の繁殖成績

集計月	n	空胎日数	種付回数
1996. 3	12	107 ± 63	2.1 ± 1.4
1997. 3	15	83 ± 34	1.5 ± 0.7
1998. 3	13	95 ± 67	2.0 ± 1.2

を示した。対照区の空胎期間は1998年の集計値が1997年に比べ5%水準で有意に長く、種付回数も1998年の方が多傾向にあった(10%水準の有意差)。飼料その他の影響により、対照区の繁殖成績が1998年に悪化したものと考えられる。これに対し、LP区の繁殖成績に大きな変化はなく、空胎期間の相違量(1998年-1997年)を計算するとLP区と対照区の間10%水準の有意差があった。黒毛和種繁殖牛における分娩間隔と初産月齢に、適度なBCS(10段階評価で6, 5段階評価で3.5に相当)となる飼養管理が好ましい影響を与える²⁴⁾²⁷⁾³⁰⁾とされている。BCSの低下が繁殖成績の悪化防止に有効であったと推測される。

4. 黒毛和種去勢牛の処理麦稈を利用した肥育

B農家の給与飼料成分を表16に、肥育成績を表17に示した。A区に格付等級A5が1頭出現し、他の個体の肉質等級は2および3であった。そこで、A区から格付等級A5の個体を除いたA'区を設けて解析した。A区、A'区ともに対照区よ

りも日増体重(DG; 肥育通期, 中期, 後期)は、有意ではないが高い傾向にあり、A区、A'区の方が肥育開始体重は軽く肥育日数が短いにもかかわらず、屠殺前体重、枝肉重は重くなっている。肥育前期にADF, NDFの摂取割合が高い場合、一胃と二胃の成長が促進され、その後のDMIが増加するとされている²³⁾。従って、処理麦稈の給与によるADF, NDF摂取量の増大が、処理麦稈給与区の中・後期のDGが高くなったことに寄与しているものと推察される。

肉質等の格付けに飼料の違いによる有意な差はなかったが、A区、A'区は対照区に比べ肉質等級、枝肉単価、BMS(脂肪交雑基準)、脂肪交雑、きめ、締まりは高い傾向にあり、枝肉歩留、肉色、BFS(脂肪色基準)はやや低い傾向にあった。肉色については、肥育末期まで処理麦稈を給与した場合、褐色気味に色が濃くなる場合があり、低格付けの原因となる。このため、先進的に処理麦稈を大規模に肥育牛に給与している網走支庁白滝村

表14. D農家: L区と対照区のBCSの変化

	n	BCS		BCS変化量
		1996. 4. 22	1997. 4. 11	
L区	6	4.4 ± .4	4.1 ± .4	- 0.3 ± .1a
対照区	10	3.9 ± .3	4.1 ± .3	0.2 ± .2b

a, b 間は0.1%水準で有意

表15. D農家: BCSと繁殖成績の関係

	n	BCS		1997年3月集計		1998年3月集計	
		1996. 4. 22	1997. 4. 11	空胎日数	種付回数	空胎日数	種付回数
LP区	4	4.2 ± .4	3.9 ± .4	91 ± 33	2.0 ± .5	85 ± 28	2.3 ± .5
対照区	5	4.0 ± .3	4.1 ± .2	86 ± 34a	1.6 ± .9	153 ± 70b	2.8 ± .8

a, b 間は5%水準で有意

表16. B農家の黒毛和種肥育牛に対する給与飼料成分(乾物中, %)

	DM	CP	ADF	NDF	TDN
アンモニア処理麦稈	71.9	9.5	56.7	77.0	59.9
チモシー乾草	82.5	7.0	41.4	69.0	52.2
コーンサイレージ	18.9	7.2	32.8	56.0	61.9
肥育前期配合	87.0	13.2			80.5
肥育後期配合	87.0	12.6			85.1
大麦	88.2	12.0			84.0

の畑作肥育農業生産法人²⁵⁾では、肥育末期は処理麦稈を給与せず、稲わらを給与している。

以上の結果から、黒毛和種去勢牛肥育における処理麦稈給与は、肥育後半のDGを高め、枝肉重量の増加あるいは肥育期間短縮に寄与する可能性があると考えられる。また、有意差は無いものの、B農家のA区、A'区は対照区に比べ、枝肉単価、販売価格は高かった。処理麦稈の給与により、経営的にも成果が期待できるものと考えられる。

5. 乳用育成牛に対する処理麦稈給与時における補給飼料の検討

試験期間中の飼料給与量、成分値および充足率(日本飼養標準²¹⁾)を表18に示した。試験開始時

と終了時の血液成分(総蛋白, GOT, 総コレステロール, トリグリセリド, NEFA, Ca, リン, Mg, 尿素態窒素, 血糖, アルブミン, ケトン体, ビタミンA・B, セレン)はすべて正常値⁸⁾の範囲内であり、有意な変動や差は無かった。ふすま区のDGは0.58kgと対照区の0.76kgに対し有意ではないが低い傾向にあった。胸囲, 体高, BCSには有意な差はみられなかった(表19)。

試験期間および試験期間以外にふすまのみを補給した飼養において、受胎・妊娠への悪影響はみられなかった。従って、育成期間の長期化が経営上大きな問題にならない条件にあれば、乳用育成牛への処理麦稈給与において飼料単価が安いふす

表17. 黒毛和種の肥育成績

	A区	A'区	対照区
供試頭数	14	13	6
肥育開始日齢	306 ± 35	303 ± 35	291 ± 34
出荷日齢	912 ± 48	913 ± 50	904 ± 26
肥育日数	606 ± 57	610 ± 57	613 ± 51
(前期)	164 ± 31	161 ± 31	144 ± 40
(中期)	194 ± 18	196 ± 14	209 ± 30
(後期)	249 ± 54	252 ± 54	259 ± 39
開始時体重 (kg)	269 ± 20	271 ± 20	282 ± 32
屠殺前 " (kg)	721 ± 55	719 ± 57	707 ± 45
日増体重 (kg)	0.75 ± 0.10	0.74 ± 0.09	0.70 ± 0.07
" 肥育前期 (kg)	0.91 ± 0.16	0.90 ± 0.16	0.89 ± 0.08
" 肥育中期 (kg)	0.89 ± 0.14	0.88 ± 0.14	0.82 ± 0.17
" 肥育後期 (kg)	0.55 ± 0.15	0.52 ± 0.13	0.45 ± 0.07
肉質等級	2.7 ± 0.8	2.5 ± 0.5	2.3 ± 0.5
枝肉重量 (kg)	443 ± 30	446 ± 29	428 ± 30
枝肉単価 (円/kg)	1262 ± 346	1182 ± 182	1083 ± 197
販売価格 (千円/頭)	551 ± 137	522 ± 87	461 ± 77
枝肉歩留 (%)	72.2 ± 1.1	72.2 ± 1.2	72.9 ± 1.6
ロース芯面積 ()	48 ± 5	48 ± 5	48 ± 9
バラ厚 (mm)	66 ± 6	66 ± 6	64 ± 8
皮下脂肪厚 (mm)	28 ± 3	28 ± 10	29 ± 17
BMS	3.4 ± 1.9	3.0 ± 1.0	2.5 ± 0.5
脂肪交雑	2.9 ± 0.9	2.7 ± 0.6	2.5 ± 0.5
肉色	3.9 ± 0.5	3.9 ± 0.5	4.2 ± 0.8
BFS	3.0 ± 0	3.0 ± 0	3.2 ± 0.4
光沢	2.9 ± 0.8	2.7 ± 0.5	2.7 ± 0.5
締まり	2.7 ± 0.8	2.5 ± 0.5	2.3 ± 0.5
きめ	3.2 ± 0.6	3.1 ± 0.3	2.8 ± 0.4
光沢と質	4.9 ± 0.4	4.8 ± 0.4	4.7 ± 0.5

A'区：A区より枝肉格付A5の個体を除く

まのみの補給で育成が可能であると考えられる。

6. 乳牛における処理麦稈の採食性および採食量向上方法の検討

1) ホルスタイン種乳用育成牛および乾乳牛における採食性は、F 農家経営主の飼料給与および観察記録から $HR > TH > AW$ ATと推定される。

2) 定量的な数値として把握していないが、観察記録からは、以下の傾向が認められた。乾乳牛・育成牛では平均切断長10cm, 2cmともに細切り前に比較して、同程度の採食性の向上がみられたが、グラスサイレージ, コーンサイレージの採食性を上まわらなかった。

育成時期からの処理麦稈の給与には、成牛になっ

てからの処理麦稈のDMIが増加する馴致効果と自給粗飼料不足解消の利点がある^{11) 12)}。ところが、実際のF 農家での育成牛への給与においては、グラスサイレージ, コーンサイレージと処理麦稈の併給では処理麦稈の採食が進まないため、処理麦稈のみの給与期間を設けている。従って、グラスサイレージとコーンサイレージを主体とした給与に比べ、処理麦稈を給与した個体の成長は遅くなっている。体格の小さい搾乳牛が初産月齢の遅れのどちらかを選択せざるを得なくなっており、処理麦稈給与の短所と長所が功罪相半ばする状態にある。乳用育成牛への処理麦稈の給与量および給与方法についてはさらに検討する必要がある。

表18. 乳用育成牛に対する給与飼料成分と給与量 (C 農家)

	飼料成分(乾物中%)					給与量 (kg/日・頭)
	DM	CP	ADF	NDF	TDN	
アンモニア処理麦稈	84.0	9.0	49.3	72.4	54.8	4.7
チモシー乾草	83.4	8.7	41.6	70.9	52.4	6.3
ふすま	86.8	17.6	14.3	38.7	63.0	1.5
ルーサン・デハイ	93.8	17.3	30.5	38.5	60.7	1.5
ビートパルプ	86.5	10.4	29.0	58.7	63.8	1.5
給与成分量(kg/日・頭)						
ふすま区	10.5	1.0	4.3	5.7	7.1	
対照区	11.9	1.2	4.9	6.6	7.9	
充足率(%)						
ふすま区	125	132			108	
対照区	136	135			107	

表19. 乳用育成牛の体重, 胸囲, 体高, BCSの変化 (C 農家)

	対照区	ふすま区
供試頭数	4	4
開始時体重(kg)	392 ± 37	390 ± 101
終了時体重(kg)	463 ± 23	444 ± 117
増体重(kg)	71 ± 18	54 ± 16
DG(kg)	0.76 ± 0.19	0.58 ± 0.18
開始時胸囲(cm)	175 ± 5	178 ± 18
終了時胸囲(cm)	180 ± 5	185 ± 21
増加量(cm)	5 ± 3	7 ± 4
開始時体高(cm)	128 ± 3	129 ± 7
終了時体高(cm)	131 ± 4	131 ± 5
増加量(cm)	3 ± 2	2 ± 1
開始時BCS	3.1 ± 0.3	3.1 ± 0.4
終了時BCS	3.3 ± 0.2	3.3 ± 0.4

スタンションに繋留した搾乳牛に対し、処理麦稈を配合飼料、コーンサイレージ、グラスサイレージを共に給与した場合、平均切断長10cmは全く摂取しなかったが、同2cmは1回の給与につき500g程度まで摂取するようになった。

従って、搾乳牛に対して処理麦稈の採食量を向上させるためには、採食性の良い飼料と処理麦稈を混合し、TMRのような形での給与が、現実的であると考えられる。育成牛においても他の飼料と混合した給与方法が考えられるが、作業量の増大とその効果の比較検討が必要である。

まとめ（牛種別の飼養技術総括）

〔肉用繁殖雌牛〕

給与粗飼料の100%を処理麦稈とすることが可能である。維持の要求量に対して、ミネラルおよびビタミン以外は処理麦稈DM 6 kgで充足する¹²⁾。

処理麦稈の給与により、BCSの一定値での保持や調整が可能であり、良好な繁殖機能の維持に役立つ可能性があると考えられる。その場合、エネルギー摂取量の50%程度を処理麦稈とし、残りは牧草を給与する飼養が妥当ではないかと想定される。

分娩後泌乳中、特に種付け前までの個体に対してはふすま等を給与し、たんぱく質、エネルギー、微量元素を補給することにより、良好な繁殖・育成成績が期待できる。

一方、給与飼料の地域資源への依存が高まると、土壌の微量元素欠乏による問題が表面化する場合がある。不足栄養素の補給に留意する必要がある¹²⁾。

〔肥育牛〕

濃厚飼料多給型の肥育において、処理麦稈の給与により繊維分の摂取が高まり、消化器障害等が防止できる可能性がある¹²⁾。

本試験の結果から、処理麦稈給与は肥育後半のDGを高め、枝肉重量の増加あるいは肥育期間の短縮に寄与できる可能性が示された。

肥育末期まで処理麦稈を給与した場合、肉色が褐色気味に濃くなる場合があり、低格付けの原因となる。肥育末期においては稲わらの給与が妥当である。

〔乳用牛〕

一般にコーンや牧草のサイレージおよび乾草に

比べ、処理麦稈の嗜好性は低く、搾乳牛への処理麦稈の給与はTMR等他の飼料との混合給与が妥当である。

搾乳牛の粗飼料・濃厚飼料の分離給与における利用法としては、パドック等において処理麦稈を自由採食させる方法が考えられる¹²⁾。

育成牛、乾乳牛に対しても混合給与がベターであるが、育成期間の長期化が許容できるならば、育成牛への多給も可能である。

<「ほくのう・S」による麦稈のアンモニア処理およびその利用における留意点>^{11) 12)}

かびの発生した麦稈をアンモニア処理しない。

処理対象として適水分（水分15～20%）の麦稈に対する、アンモニア標準注入量は乾物当り3%である。

水分50%までの麦稈に対する処理が可能である。高水分（水分30～50%）の場合はアンモニアが均一に拡散しないため注入量を高めるが、4%を上限とし、高濃度にアンモニア処理しない。

また、高水分の場合はバールの梱包密度を低くし、アンモニア注入を中心位置よりも下に行い、処理後にバールの反転等行うことが妥当である。長期間の保存は不可能で、処理後次年の春までに利用する。

梱包を開封直後はアンモニア臭が強いため、給与2～3日前に開封する必要がある。

処理麦稈に対する嗜好性は個体差が大きいですが、2週間程度でほとんどの個体に対する馴致が終了する。

摘 要

畑作地帯に賦存する地域資源として麦稈に着目し、その有効利用を図るため、麦稈のアンモニア処理新飼料化システム「ほくのう・S」を用い各種の現地試験を行い、実用性の検証と利用上の留意点を明らかにした。試験農家におけるアンモニア処理麦稈（処理麦稈）の長期給与試験では、処理麦稈給与に起因する繁殖・育成成績、血液成分に異常は認められなかった。処理麦稈の採食性はグラスサイレージには及ばないものの、黒毛和種繁殖牛飼養においてグラスサイレージの自由採食では肥満する可能性があり、繁殖牛の良好なボディコンディションスコアの維持に処理麦稈の多給が有効であった。処理麦稈を給与した黒毛和種肥育

牛の肥育成績は、主な粗飼料をチモシー乾草あるいはコーンサイレージとした肥育と比較して遜色なく、特に肥育の後半の日増体量が優れていた。乳牛では、育成牛における処理麦稈の利用の可能性は認められたが、搾乳牛においては処理麦稈の採食性が悪く、他の飼料との混合飼料の形態での給与を検討する必要がある。

謝 辞

現地試験農家の山本英之氏、黒田和宏氏、松本弘一・弘幸氏、鴨川清助氏、勝見 登氏、高山 彰氏には飼養試験および飼養記録の記帳等多大のご協力を頂いた。

音更町農業共済組合の矢島正人次長(現・十勝農業共済組合音更支所長)には現地試験農家の選定等、また職員の方々には採血等、ご教示、ご協力頂いた。

北海道農業試験場・総合研究部長古川嗣彦博士(現・九州沖縄農業研究センター所長)にはご激励を賜り、同場・畜産部長伊藤稔博士(現・(財)畜産環境整備機構・研究開発部長)および飼料評価研究室長名久井 忠博士(現・東北農業研究センター畜産草地部長)よりご指導頂いた。また飼料分析においては、名久井室長、同室主任研究官野中和久氏、臨時職員の内藤静子氏および総合研究第3チーム臨時職員・潮田正代氏のご協力に負うところが大きい。さらに、場内での飼養試験においては企画連絡室・業務第2科および第3科職員の方々に、現地試験農家での測定においては同場・畑作研究センター・業務科職員の方々にご支援頂いた。場内におけるライ小麦の栽培・収穫にあたっては総合研究第3チーム(現・遺伝資源利用研究室)中司啓二主任研究官、生産環境部・養分動態研究室の唐澤敏彦氏および業務第2科職員の方々にご協力頂いた。

畜産草地研究所・畜産環境部長 福川吟一郎博士、にはご激励を、同部畜産環境システム研究室長 島田和宏博士および同所家畜生理栄養部長 松本光人博士には御校閲賜った。

以上の諸氏に心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) ALVERTI, P., SANUDO, C. and LAHOZ, F. (1987): Carcass and meat quality of bullocks fed with ammoniated barley straw and finished at pasture. ITEA, 68, 53-60.
- 2) ELLIS, J. L. and GARNER, G. B. (1990): The effect of supplementation of an ammoniated wheat straw-alfalfa diet on wheat atraw intake and performance of backgrounding steers. Proc. the Forrage and Grassland Conference, 65-69.
- 3) ELLIS, J. L. and GARNER, G. B. (1993): Supplementation of an ammoniated wheatstraw-alfalfa hay diet. J. prod. agric., 6, 287-290.
- 4) GARCIA, M. DE and WARD, L. K. (1991): Escape protein for beef cows. Source and level in ammoniated wheat straw-corn silage diets. J. Anim. Sci., 69, 2289-2293.
- 5) HORTON, G. M. J. and STEACY, G. M. (1979): Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straws by steers. J. Anim. Sci., 48, 1239-1249.
- 6) 石橋 晃 監(2001): 新編動物栄養試験法・養賢堂, 東京.
- 7) 自給飼料品質評価研究会編(2001): 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.
- 8) 久保周一郎・友田 勇 監訳(1991): 獣医臨床生化学, 第四版, p.884-888. 耕文社, 東京.
- 9) LIU Q. (1996): Effects of mixed ammoniated wheat straw on feeding cattle. Chinese J. Anim. Sci., 32, 5-8.
- 10) MALES, J. R. and GASKINS, C. T. (1982): Growth, nitrogen retention, dry matter digestibility and ruminal characteristics associated with ammoniated wheat straw diets (Lambs, cattle). J. Anim. Sci., 55, 505-515.

- 11) 萬田富治・村井 勝・鶴川洋樹・山崎昭夫 (1992): 麦稈・稲わら飼料化の新技術新アンモニア処理システム「ほくのう・S」。北海道農業試験場研究資料48, 1-196.
- 12) 萬田富治・村井 勝・鶴川洋樹・山崎昭夫 (1996): わら類の飼料化処理技術. p1-131. 北海道農業試験場.
- 13) MASON, V. C., HARTLEY, R. D., KEENE, A. S. and COBBY, J.M. (1988): The effect of ammoniatin on the nutritive value of wheat, bary and oat straws. . Changes in chemical composition in relation to digestibility in invitro and cell wall degradability. Anim. Feed Sci. Technol., 19, 159-171.
- 14) MENG, Q. and XIONG, Y. (1990): The use of ammoniated wheat straw in growing and finishing cattle diets. Chinese J. Anim. Sci., 26, 8-11.
- 15) MOMENT, P. A., HINMAN, D. D., BOGGESS, M.V., HUNT, C.W. and BULL, R.C. (1994): Effects of energy supplementation of ammoniated barley straw on performance of cull beef cows. J. prod. agric., 77, 437-440.
- 16) 森 清一・米道裕弥・荘司 勇・田村千秋・裏 悦次・工藤卓二・所 和暢・清水良彦 (1991): 北海道におけるセレン欠乏の実態と子牛白筋症の予防対策. 北海道立新得畜産試験場成績会議資料, 平成2年度, 1-32
- 17) NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1987): In: Vitamin Tolerance of Animals (National Research Council ed.), p 23-30. National Academic Press, Wasinton.
- 18) 農林水産省経済局 (1997): 家畜共済における臨床病理検査要領
- 19) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1995): 日本標準飼料成分表(1995年版). p208-209
- 20) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1995): 日本飼養標準・肉用牛(1995年版)
- 21) 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)
- 22) StatSoft, Inc. (1992): STATISTICA. StatSoft, Inc. Tulsa OK, USA.
- 23) SUNDST L, F and COXWORTH, E. M. (1984): Ammonia treatment. In: Sundstol, F and Owen, E. (Editors), Straw and other fibrous by-products as feed, p.196-247. Elsevier, Amsterdam.
- 24) 鈴木 修 (1988): 肉用繁殖牛(黒毛和種)におけるボディコンディションの利用について. 和牛167, 37-51
- 25) 鶴川洋樹・萬田富治・山崎昭夫・村井 勝 (1994): 新アンモニア処理システムの経営分析. 北海道農業試験場研究報告159, 87-107
- 26) VAN SAUN, R. J. (1990): Rational approach to selenium supplementation essential. Feedstuffs., 15, 15-17.
- 27) 山下秀憲 (1989): ボディコンディションスコア(BCS)を応用した肉用牛の繁殖実態と対策. 畜産技術412, 5-7
- 28) WANAPAT, H., SUNDST L, F and GARMO, T.H. (1985): A comparison of alkali treatment methods in improve the nutritive value of straw. . Digestibility and metabolizability. Anim. Feed Sci. Technol., 10, 155-164.
- 29) WILDMAN, E. E., G. M. JONES, P. E. WAGNER and R. L. BOMAN, A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. J. Dairy Sci., 65: 495-501. 1982.
- 30) 全国和牛登録協会 (1998): 第7回全国和牛能力共進会の成果と成果をもたらした背景. 和牛204, 3-13.
- 31) ZORRILLA-RIOS, J., HORTON, G. M. J. and McNEW, R. W. (1991): Enrgy and Protein Supplementation of ammoniated wheat straw diets for growing steers. J. Anim. Sci., 69, 1809-1819.