

草地酪農における道産飼料100%の乳牛飼養法～農業副産物の特性と給与ポイント～

昆野大次 (北海道立根釧農業試験場)

1. はじめに

食の安全、安心に対する消費者の関心は高まり、輸入飼料に依存しない、資源循環型の畜産が求められている。北海道では広大な土地から粗飼料を生産し、自給飼料として利用している。また、農業副産物も多く畜産での利用が望まれる。しかしながら、自給粗飼料と限られた種類と量の農業副産物で乳牛に必要な栄養を充足させるには、その農業副産物の飼料特性を把握し、適正に給与する必要がある。

そこで、本稿では北海道立根釧農業試験場で行なった試験から、農業副産物の飼料特性について検討し、さらに農業副産物を利用した乳牛飼養法として、牧草をサイレージとして利用する場合と放牧草として利用する場合とに分けて検討し、若干の知見を得たので紹介する。

2. 農業副産物の飼料特性

粗飼料を主体とした飼養体系で養分要求量を充足させるためには、エネルギー含量の高い併給飼料が必要になり、TDN含量の高い輸入トウモロコシを併給するのが一般的である。この輸入トウモロコシを利用しない場合、その代替として農業副産物の利用を考えると、エネルギー含量が高く、流通量が比較的多いことが条件となる。これら条件を満たすものとしては、規格外小麦、ビートパルプ、および米ヌカがある。これら農業副産物の飼料特性を以下に示す。

規格外小麦 規格外小麦は国の農産物検査(一等、二等、規格外)による規格外品である。規格外品はホクレン農業共同組合連合会の自主仕分け基準によりさらに細別され、ランク上位のものは醸造、製粉加工用で、中位や下位のものが飼

料用となる。飼料用の場合、中位のものは圧片、下位のものには粉碎の加工処理が行なわれ、主に前者が飼料用として流通しており、道産品を入手できる。小麦はデンプンおよびTDN含量が高くトウモロコシに準じるが、その第一胃内における発酵はトウモロコシのそれよりも速いといわれており(Herrera-Saldanaら、1990)、第一胃内容液のpH低下が懸念される。

ビートパルプ ビートパルプは飼料として利用されており、道産品を入手できる。ビートパルプはイネ科牧草主体粗飼料よりTDNと分解されやすい繊維含量が高く、その第一胃内分解性はデンプン質飼料よりも穏やかである。しかし、泌乳初期において、その混合割合を30%DMまで高めると乾物摂取量が低下することが知られている(大坂ら、1998)。

米ヌカ 米ヌカは、玄米の精米工程において道産品のみは行なわれていないが、国産品であれば容易に入手できる。また米ヌカは脱脂工程の有無により成分が異なる。脱脂米ヌカは脂肪含量が少なく貯蔵性が高いので、飼料として利用しやすい。しかし、本稿では農業副産物からのエネルギー補給を目的として、脱脂していない米ヌカを使用した。粗脂肪含量が高い米ヌカのTDN含量はトウモロコシに準じるが、第一胃内での利用性が低く、給与割合を高めると第一胃内発酵が阻害され、構造的炭水化物の消化が低下する(田中、2004)。

3. 農業副産物の給与水準と第一胃内発酵

各農業副産物をトウモロコシの代替として利用するためには、それぞれの飼料特性を把握し、適正な割合で組み合わせることが必要である。

特に、第一胃内容液のpHが低下しすぎると繊維分解菌の活動および繊維消化率は低下し、飼料摂取量や乳生産性にも影響を与える。第一胃内容液pH5.6～5.8の範囲は危険あるいは下限に近いpHの範囲とされる。乳牛の健康のためにはルーメン内容液のpHを5.9以上に保つこと、さらにpHの変動が小さいことが望まれる。

そこで、第一胃内容液のpHを24時間連続測定し、平均pH、最高、最低pHを調べるとともに、pH5.8以下の時間(分/日)を集計して、各農業副産物の給与水準と第一胃内のpHに焦点をあてて検討した。

1) デンプン源の違いによる影響

牧草サイレージ主体TMRにおけるデンプン源として圧片トウモロコシあるいは圧片規格外小麦(以下、圧片小麦)を用い、デンプン含量をそれぞれ2水準(20、25%DM)設定し、第一胃内容液のpHに及ぼす影響を検討した。

第一胃内容液のpHを比較すると、デンプン含量に関係なく、圧片小麦のほうが第一胃内容液の日平均pHは有意に低く(P<0.05)、pH5.8以下の時間は有意に長くなった(P<0.05)(表1)。

圧片トウモロコシ利用と比較して圧片小麦を利用すると、pH5.8以下の時間は長くなることが示された。このことから圧片小麦は圧片トウモロコシと同様に利用できないと考えられた。

表1 デンプン源と飼料中デンプン含量の違いが第一胃内容液pHに及ぼす影響

デンプン源	圧片トウモロコシ		圧片小麦	
	20%	25%	20%	25%
デンプン含量(%DM)				
pH				
日平均	6.37 ^a	6.36 ^a	6.20 ^b	6.15 ^b
日最高	6.81	6.85	6.79	6.77
日最低	5.68	5.68	5.56	5.47
5.8以下(分/日)	22.5 ^b	40.8 ^b	145.9 ^a	136.9 ^a

^{a,b}:異文字間に有意差(P<0.05)

2) 圧片小麦の混合割合による影響

圧片小麦を用いて牧草サイレージ主体TMR中のデンプン含量を10、15、20および25%DMとし

た4処理区を設定し(それぞれ、小麦の混合割合として15.5、23.2、31.0、39.0%DM)、第一胃内容液のpHに及ぼす影響を検討した。

TMR中のデンプン含量を増加させるほど、第一胃内容液の日平均pHと日最低pHは有意に低下し(P<0.05)、pH5.8以下の時間は有意に長くなった(P<0.05)(表2)。また、デンプン20%および25%とした区における日最低pHは亜急性ルーメンアシドーシスの基準値とされるpH5.5以下を示した(表2)。

表2 飼料中デンプン含量の違いが第一胃内容液pHに及ぼす影響

デンプン源	圧片小麦			
	10%	15%	20%	25%
デンプン含量(%DM)				
pH				
日平均	6.26 ^a	6.23 ^{ab}	6.15 ^b	6.00 ^c
日最高	6.69	6.69	6.71	6.60
日最低	5.70 ^a	5.58 ^a	5.41 ^b	5.29 ^b
5.8以下(分/日)	51.9 ^c	109.4 ^{bc}	188.7 ^b	377.3 ^a

^{a,b,c}:異文字間に有意差(P<0.05)

3) 小麦の加工処理の違いによる影響

挽き割り小麦(以下、挽割小麦)は圧片小麦よりも第一胃内発酵性が低いと考えられ、牧草サイレージ主体TMR中への混合割合を高められる可能性がある。そこで、TMRにおける引割小麦の混合割合の違いが第一胃内容液性状に及ぼす影響を圧片小麦と比較検討した。

小麦の加工処理の違いや、挽割小麦の混合割合の違いで、第一胃内容液性状の各項目に有意差はなかった(表3)。挽割小麦の3区を比較すると、日平均、日最高、日最低pHはほぼ同じ値を示したが、pH5.8以下の時間はデンプン含量が多いほど長くなる傾向を示した。この傾向は圧片小麦利用時と同様であった。一方、挽割デンプン20%区のA/P比は、挽割デンプン10%区および15%区よりも大きくなる傾向を示した(図1)。挽割小麦のデンプンの第一胃内分解率は圧片小麦よりも低く、挽割小麦の混合割合を高めるほど、A/P比は他飼料の影響を受けたためと考えられる。

挽割小麦は第一胃内内容液pHを低下させることなく、下部消化管にエネルギーを供給する可能性が示されたが、実際に流通しているのは圧片小麦なので、以下の試験では圧片小麦を用いて検討することとした。

表3 小麦の加工処理と飼料中デンプン含量の違いが第一胃内容液pHに及ぼす影響

小麦加工処理	圧片		挽き割り	
デンプン含量(%DM)	10%	10%	15%	20%
pH				
日平均	6.30	6.26	6.28	6.28
日最高	6.85	6.86	6.86	6.87
日最低	5.57	5.52	5.54	5.54
5.8以下(分/日)	104.2	109.0	150.0	178.0

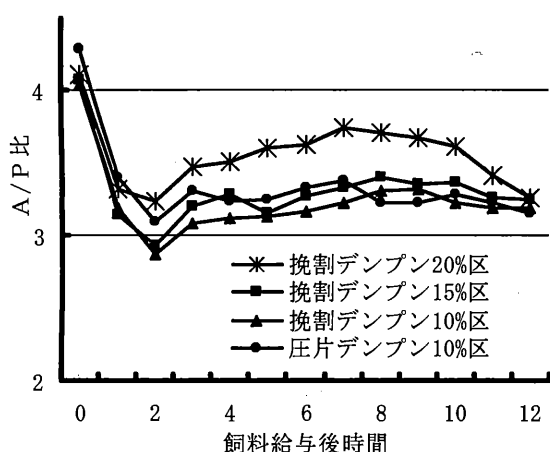


図1 小麦の加工処理と飼料中デンプン含量が第一胃内容液A/P比に及ぼす影響

4) 米ヌカの混合割合による影響

牧草サイレージ主体TMRにおいて米ヌカ混合割合を高めるとTMRのTDN含量は高くなるが、同時に粗脂肪含量も高まり、第一胃内発酵への影響が懸念される。そこで、TMR中の米ヌカ混合割合を0、8、16、23.5%DMとした4処理を設定し、第一胃内容液性状へ及ぼす影響を検討した。

米ヌカの混合によりpH5.8以下の時間は長くなる傾向にあったが、米ヌカ混合割合を高めても近似した値であった(表4)。アンモニア態窒素濃度は飼料給与2時間後にピークを示し、米ヌカの混合割合が大きいほど高値を示し、その順位は飼料給与12時間後まで変わらなかった(図2)。第一胃内

溶液中のアンモニア態窒素濃度が高いということは、飼料中の蛋白質が第一胃内で効率よく利用されていないと考えられる。

表4 米ヌカ混合割合の違いが第一胃内容液pHに及ぼす影響

米ヌカ割合(%DM)	0.0	8.0	16.0	23.5
粗脂肪含量(%DM)	2.6	4.4	6.2	7.8
pH				
日平均	6.30	6.17	6.27	6.25
日最高	6.78	6.78	6.86	6.78
日最低	5.60	5.59	5.52	5.42
5.8以下(分/日)	61.4	123.7	139.5	123.5

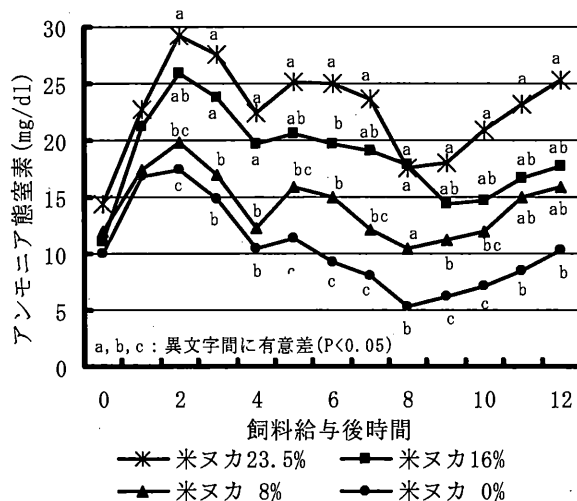


図2 第一胃内容液中アンモニア態窒素濃度

5) 農業副産物を用いた飼料構成とトウモロコシを用いた飼料構成の比較

1)～4)までの結果から、小麦あるいは米ヌカの混合割合を高め過ぎると、第一胃の機能を損なう可能性が示された。これら結果を考慮して、望ましいと考えられた農業副産物による飼料構成3種類とトウモロコシを用いた飼料構成(表5)について、第一胃内容液性状に及ぼす影響を比較検討した。

小麦デンプン10%区および米ヌカ混合小麦デンプン10%区はトウモロコシデンプン25%区と比較してpHの低下はなかった(表5)。一方、小麦デンプン15%区をトウモロコシデンプン25%区と比較すると、日最低pHは同等であるが、pH5.8以下の時間は長くなる傾向がみられたことから(表

5)、乳牛の第一胃の機能を損ねる可能性が高まる。

表5 農業副産物あるいはトウモロコシを用いたTMR給与が第一胃内容液pHに及ぼす影響

	米効混合			
	トウモロコシ デンブン 25%区	小麦 デンブン 10%区	小麦 デンブン 15%区	小麦 デンブン 10%区
飼料構成(%DM)				
牧草サイレージ	50.0	50.0	50.0	50.0
圧片トウモロコシ	37.0	—	—	—
圧片小麦	—	15.5	23.2	15.5
大豆粕	11.0	9.0	9.0	9.0
ピートパルプ	—	23.5	15.8	17.5
米効	—	—	—	6.0
ミネラル	2.0	2.0	2.0	2.0
pH				
日平均	6.44	6.46	6.38	6.53
日最高	6.93	6.89	6.88	6.92
日最低	5.57	5.74	5.58	5.84
5.8以下(分/日)	68.1	33.4	108.4	41.1

4. 牧草サイレージと農業副産物を用いたTMR給与による一乳期成績

牧草サイレージと農業副産物のみに限られた飼料構成で高泌乳牛を飼養する場合、泌乳に必要な養分を十分に摂取できずに、乳成分の低下、繁殖成績および乳牛の健康の悪化などが懸念される。

そこで、牧草サイレージと農業副産物から構成されるTMRを用いた一乳期飼養試験を実施した。

1) TMRの飼料構成と栄養価

対照区は、一乳期乳量が9,000~10,000kgの高泌乳牛を想定しTDN75%、CPI16%、NDF35%に

表6 TMRの混合割合と化学成分組成(%DM)

飼料構成	泌乳前期*		泌乳後期
	道産区	対照区	
牧草サイレージ	50.0	50.0	65.0
圧片小麦	15.5	10.8	15.5
米ヌカ	6.0	2.2	6.0
フスマ	27.2	—	12.4
バレイショデンブン	—	20.0	—
大豆粕	—	16.0	—
ミネラル	1.3	1.0	1.1
成分組成			
CP	13.7	15.8	13.5
EE	4.9	3.1	5.2
NFC	32.0	38.5	26.0
NDF	41.7	35.9	46.8
デンブン	15.6	26.4	12.6
TDN	72.5	75.7	70.7

*：泌乳前期は分娩後150日まで

なるようにバレイショデンブンと大豆粕を利用して飼料設計した。一方、道産区は道産農業副産物である、圧片小麦、米ヌカおよびフスマのみを用いて飼料設計した。泌乳後期は両区とも同一のTMR（濃厚飼料として道産農業副産物のみ利用）を給与した（表6）。

2) 飼料摂取量、乳生産および繁殖成績

道産区および対照区ともに分娩後5ヶ月までの乾物摂取量は20kg/日前後で推移した。道産区の4%FCMは対照区より低く推移したが、305日乳量は7,564kgとなり、乳脂肪率、乳蛋白質率ともに高く、繁殖成績も良好であった（図3、表7）。

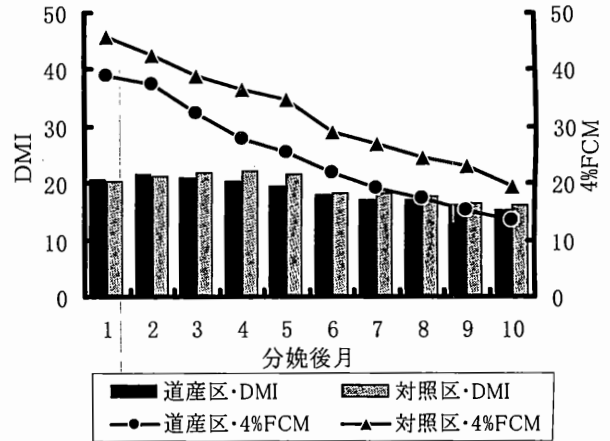


図3 DMIと4%FCMの推移

表7 305日乳生産および繁殖成績

項目	道産区 (n=6)	対照区 (n=6)
乳量(kg)		
乳量	7,286	9,272
4%FCM	7,564	9,786
乳成分(%)		
乳脂肪率	4.39	4.46
乳蛋白質率	3.31	3.27
無脂固形分率	8.78	8.72
繁殖成績(日)		
初回授精日数	76	82
空胎日数	94	129

5. 放牧草と農業副産物による乳生産

放牧草は適切な放牧利用により、牧草サイレージと比較し、CP含量は高く、NDF含量は低くなる特徴がある。放牧草のCPを有効利用するにはデンブンの補給が必要となる。

そこで、チモシー主体シロクローバ混播草地に放牧した泌乳牛に農業副産物を給与し、乳量水準8,000kgを目標とした。

1) 放牧期の乳生産

放牧方法は、1頭あたりの放牧地面積を7月中旬までは0.25ha、それ以降は0.5haとし、1日1牧区輪換の昼夜放牧（計16時間）とした。デンブンとNDFの補給として圧片小麦とフスマとビートパルプを併給した。農業副産物は、表8に示した量を給与した。

表8 農業副産物の給与量と成分含量

	泌乳前期*	泌乳後期
給与量(乾物kg/頭/日)		
圧片小麦	3.4	2.6
フスマ	3.3	0.0
ビートパルプ	3.3	0.0
合計	10.0	2.6
成分含量(乾物%)		
CP	14.3	16.8
NDF	31.2	16.0
デンブン	28.7	63.9
TDN	75.6	85.1

*：泌乳前期は分娩後150日まで

表9 飼料摂取量、摂取割合および摂取養分構成

	泌乳前期*	泌乳後期
摂取量(乾物kg/頭/日)		
放牧草	9.8	13.7
濃厚飼料	9.9	2.6
合計	19.7	16.3
摂取割合(乾物%)		
放牧草	49.7	84.0
圧片小麦	17.1	16.0
フスマ	17.1	0.0
ビートパルプ	16.6	0.0
摂取養分構成(乾物%)		
CP	18.0	20.0
NDF	38.4	43.8
デンブン	14.3	10.2
TDN	73.1	71.3

*：泌乳前期は分娩後150日まで

表10 乳生産と繁殖成績

	泌乳前期*	泌乳後期
乳生産		
乳量, kg/日	33.6	23.0
4%FCM, kg/日	29.6	23.0
乳脂肪率, %	3.5	4.0
乳蛋白質率, %	3.3	3.3
MUN, mg/dl	14.3	18.4
繁殖成績		
初回授精日数, 日		81
授精回数, 回		2.6
空胎日数, 日		131

*：泌乳前期は分娩後150日まで

小麦の給与量は乾物摂取量中の約15%となった。乳量は前期33.6kg/日、後期23.0kg/日となり、一乳期乳量は8,000kg水準を達成できると考えられる。繁殖成績は概ね良好であった（表9、10）。

2) 放牧を取り入れた一乳期の乳生産（夏季放牧飼養、冬季TMR飼養による乳生産）

実際には放牧草で一乳期の飼養はできない。そこで、CP含量の高い放牧草の利用を泌乳前期に利用した場合の一乳期の乳生産を検討した。

春分娩の泌乳牛を用い、夏は放牧草主体で農業副産物を併給し（表8）、冬はチモシー主体牧草サイレージと農業副産物によるTMR（表6）を給与して、一乳期飼養した。

その結果、一乳期乳量は約9,000kgとなった。また、繁殖成績も概ね良好であった（表11、12）。

表11 乾物摂取量と乳生産

	泌乳前期* (放牧期)	泌乳後期 (舎飼期)
乾物摂取量, kg/日		
放牧草	11.4	0.0
濃厚飼料	10.0	0.0
TMR	0.0	17.9
合計	21.4	17.9
乳生産		
乳量, kg/日	37.0	24.1
4%FCM, kg/日	39.9	28.1
乳脂肪率, %	4.38	4.26
乳蛋白質率, %	3.33	3.22
MUN, mg/dl	13.2	10.9

*：泌乳前期は分娩後150日まで

表12 一乳期(305日)乳生産と繁殖成績
—泌期乳生産

乳生産	
乳量, kg	8,947
4%FCM, kg	9,946
乳脂肪率, %	4.51
乳蛋白質率, %	3.27
繁殖成績*	
初回授精日数, 日	78
授精回数, 回	1

*: 1頭長期不受胎により供試牛4頭の成績

6. 牧草サイレージまたは放牧草利用時の飼料中養分含量と一乳期乳量の比較

4と5で示した牧草サイレージ主体のTMRと放牧草利用時の飼料中養分含量と一乳期乳量を表13に示した。泌乳前期と後期どちらの期間においても、放牧草の利用により、TDN含量、CP含量は高くなった。放牧草は、牧草サイレージに比べTDN含量およびCP含量が高く、その利用により飼料全体の栄養価が高まり、一乳期乳量も高まり8,000kg以上の乳生産が可能であった。

また、春分娩で夏に放牧を取り入れると、栄養要求量のより大きい泌乳前期に放牧草を利用する

表13 飼料中養分含量(%DM)と一乳期(305日)乳量(kg)

	牧草サイレージ利用		放牧草利用	
	泌乳前期*	泌乳後期	泌乳前期	泌乳後期
TDN含量	72.5	70.7	73.1	71.3
CP含量	13.7	13.5	18.0	20.0
NDF含量	41.7	46.8	38.4	43.8
一乳期乳量	7,300		8,000	

*: 泌乳前期は分娩後150日まで

ことなり、さらに効果は高まると考えられる。

このように、道産飼料を100%活用する場合は、放牧を取り入れる方が有利と考えられる。

7. おわりに

以上のように、草地酪農地帯において、牧草と農業副産物を活用することによって、道産飼料100%で乳牛を飼養することが可能であることが

示された。

その際、牧草サイレージ主体TMRにおいて、圧片小麦の混合割合15.5%（デンプンとして10.0%DMに相当）、米ヌカの混合割合8%DMまでは第一胃内発酵に顕著な影響を及ぼさないこと、また、道産飼料に限った場合では放牧が有利であることが示された。

ここで述べた内容は、副産物利用の一例に過ぎない。地域ごとに利用可能な副産物は異なり、その利用を考えると、まず、その地域で利用可能な品目と量を把握することが重要である。次に、副産物は飼料成分に偏りのあるものが多いので、第一胃内の発酵特性を考慮し、適切に組み合わせて給与することが重要であろう。

本発表は、2002～2005年度北海道農政部事業、事業名「牛海綿状脳症対策技術開発推進事業」、予算化題名「地域資源を活用した北海道型乳牛飼養法の確立」の成果の一部である。

参考・引用文献

Herrera-Saldana, R. E., Thuber, and M. H. Poore (1990), Dry Matter, Crude Protein, and Starch Degradability of Five Cereal Grains, J. Dairy Sci., 73: 2386-2393

大坂郁夫、原悟志、糟谷広高、小倉紀美、遠谷良樹 (1998) 泌乳初期におけるビートパルプペレットの給与割合の違いが乾物摂取量、第一胃内容液性状および乳生産に及ぼす影響、北海道立新得畜産試験場研究報告、22: 9-16

田中桂一、2004、新ルーメンの世界（小野寺良次監修）、355-387、農山漁村文化協会、東京