

ペレットに加工したモウソウチクの泌乳牛用飼料としての利用性に関する研究

家木 一

要 約

本論文は、モウソウチクの乳牛飼料化を目的として実施した一連の研究成果を取りまとめたものである。モウソウチクは飼料としての栄養価に乏しいが、モウソウチクにトウフ粕と醤油粕をそれぞれ乾物比 40%と 10%で混合したペレット飼料 (BSSP) はアルファルファヘイキューブ (AC) と同等の栄養価であり、泌乳牛において飼料乾物中 10%の AC を BSSP に代替できることが示された。酪農現場における 6 ヶ月間の BSSP 給与実証では、泌乳成績は BSSP 利用前と比較して低下しなかった。タケの飼料利用による牛乳の高付加価値化に関してアンケート調査を実施した結果、食料自給や環境保全に配慮した取り組みとして消費者の理解を得られる可能性が示唆された。ペレット製造の汎用性拡大を目的として行なった飼料作物のペレット利用の検討では、青刈トウモロコシが有用なペレット材料になりうることを見出した。タケペレット生産の事業化に向けては、多様なバイオマス (有機資源) を飼料や燃料に変換できる汎用型ペレット生産システムの構築を提言した。

キーワード : モウソウチク、ペレット、飼料、乳牛、バイオマス

序 論

タケは、古来より農村地帯において、食用や燃料として重用されてきた。しかし、1960 年代後半から 70 年代にかけて、化石燃料への転換や輸入タケノコの増加により、国内におけるタケ資源の需要が低下した。加えて、竹林管理者の減少・高齢化も進行し、結果として管理の行き届かないいわゆる「放置竹林」が拡大して周辺環境を侵食するようになり、これによる景観および生態環境の悪化が社会問題となっている¹⁾。

愛媛県では、1982 年からの 20 年間で竹林分布が 1.4 倍に拡大し、竹林面積は 6,500 ha と推定されている²⁾。現在、民芸品はもとより建築資材や衣料品など、様々な分野において竹林から発生するタケ資源の利活用策を検討しているが、タケは生育力が極めて旺盛であることから、永続的な竹林管理を実現するには安定した需要の開拓が必要となる。そこで期待されるのが、通年で一定の消費量が見込まれる家畜飼料化である。生育力の高いタケは、わが国固有の新たな飼料資源として、飼料自給率の向上に貢献する可能性がある。

タケの飼料化に関する研究は過去にも複数あるが³⁻⁶⁾、タケが飼料資源として国内で広く認知されるには未だ至っていない。その理由の一つとしては、これまでに主として検討されてきた粉末加工では比重が軽く体積がかさむため、流通性や農家の作業効率などの実用面で不利となることが挙げられる。また、ウシにおけるタケの嗜好性や栄養価は著しく低く^{4,6,7a)}、現段階でタケの飼料利用は実用化されていない。このため、タケの飼料化技術を普及させるには、実用性の高い加工

形状を見出すとともに、嗜好性や栄養価など飼料的価値の改善を図る必要がある。

筆者らは、これらタケの飼料利用を妨げる要因を改善するため、最近新たな燃料資源として注目されている木質ペレットの製造技術を応用して、タケに高栄養の食品製造副産物であるトウフ粕と醤油粕を混合したペレット (BSSP) を試作した。本研究では、ヤギによる消化試験、泌乳牛による給与試験および酪農家での給与実証を通して、BSSP の飼料価値と乳牛用飼料としての利用性を明らかにする。さらに、自給飼料作物への応用や生産物である牛乳の高付加価値化の可能性を論議して、事業化に向けた生産・利用体系の構築を提言する。

本 論

1. BSSP の飼料価値

BSSP の飼料評価にあたり、ヤギによる消化試験を実施して、反すう家畜用飼料としての栄養的価値を解明することから着手した。その研究結果について、既報⁸⁾を要約して論じる。

供試するタケの種類として、わが国で自生するタケの中で最も占有率の高いモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) を用いた。BSSP の原料には、愛媛県内の竹林から間伐した推定生育年数 3 年以上のモウソウチクの地上部・茎葉部と、同県内の食品工場から排出されたトウフ粕および醤油粕を供した。各原料の配合比率は、BSSP のペレット成型においてモウソウチクを乾物比 50%以上の混合で型崩れしないこと、さらに愛

媛県でのトウフ粕と醤油粕の発生量（乾物重）がトウフ粕で 450t、醤油粕で 150t と推定されていること（未発表）を考慮して、乾物比 5:4:1 とした。間伐したモウソウチクは、一次処理として膨潤式破砕機（SM-18-30、神鋼造機、大垣市）で粉末状にした後、利用した。BSSP の作製は、各原料を通風乾燥機（MT-300G、転生、摂津市）により 105℃で 5 分間の乾燥処理を施した後、前述の比率で攪拌混合して、フラットダイ方式ペレット成型機（TS-220、新興工機、愛媛県松前町）によって直径 7mm、長さ 20mm のペレット形状に成型した。

消化試験は交雑種（日本在来種×ザーネン種）の雄ヤギ 3 頭を用いて行い、全糞採取法により成分消化率を測定した。アルファルファヘイキューブ（AC）のみを給与する区と AC の乾物比 35% を BSSP で代替した試験飼料を給与する区の 2 処理を設け、両試験区の測定結果を基に、AC を基礎飼料とする間接法によって BSSP の成分消化率と栄養価を求めた。飼料の栄養価は可消化養分総量（TDN）により評価し、消化試験で求めた可消化有機物量と可消化粗脂肪量から TDN 含量を算出した⁹⁾。データの統計処理は、対応のある t 検定^{10a)}により行なった。

供試した BSSP と AC および BSSP の原料に用いたモウソウチクの化学組成を表 1-1 に示す。原料モウソウチクの飼料成分（乾物中）は、繊維成分の中性デタージェント繊維および酸性デタージェント繊維含量でそれぞれ 79.1% および 52.6% と AC よりも高く、逆に CP 含量は 2.6% と低かった。また、リグニン含量については、AC が 8.3% であったのに対し、原料モウソウチクでは 14.8% と大幅に高かった。リグニンは反すう家畜にとって消化の困難な繊維分画であり、このことが後述するモウソウチクの低栄養価にも少なからず影響したと推察される。これに対して BSSP では、トウフ粕と醤油粕の混合により、中性デタージェント繊維含量が 63.2%、リグニン含量が 11.4% に低下した一方、

CP 含量は AC に近い 14.2% に増加した。また、BSSP の粗脂肪含量は 5.5%（乾物中）であり、AC よりも大幅に高かったが、これは高脂肪のトウフ粕と醤油粕に起因するものであった。

BSSP の成分消化率と TDN 含量を表 1-2 に示す。成分消化率については、粗脂肪の消化率が BSSP で AC よりも有意に高かったが（ $P<0.05$ ）、粗脂肪以外の成分消化率では処理間に有意差が認められなかった。粗脂肪含量の高さとその高消化率を反映して、BSSP の TDN 含量は基礎飼料に用いた AC の測定値よりも有意に高かった（ $P<0.05$ ）。間接法で求めた BSSP の TDN 含量は 59.7% と算出されたが、これは日本標準飼料成分表^{7b)}に表記されている AC 普及品の TDN 含量 55.2% に匹敵する栄養的価値である。トウフ粕および醤油粕の TDN 含量をそれぞれ 90% および 70%^{7c)}として、BSSP の原料配合割合から産出したモウソウチク単体の TDN 含量は 35% 程度と見積もられる。すなわち、トウフ粕や醤油粕と混合してペレット化した BSSP は、単独では飼料価値の低いモウソウチクを飼料資源として利用する上で有効な方法であるといえる。

2. BSSP の泌乳牛における利用性

対象家畜に対する嗜好性や生産性への影響を明らかにすることは、飼料化の可否において最も重要な判断材料である。泌乳牛を用いて行った BSSP の嗜好性試験および給与試験の結果について、前項と同様に既報⁸⁾を要約して論じる。

BSSP の泌乳牛による嗜好性について、モウソウチクのみを原料とするペレット（MP）を比較飼料として、ホルスタイン種泌乳牛 21 頭による嗜好性試験を実施した。嗜好性試験は 2 種の試験飼料を同時に給与して採食量を比較する一対比較法¹¹⁾で行い、試験開始 3 日前から両試験飼料を 1 日 1 回原物で 1kg ずつ同時給与する馴致期間を設けた後、1 期 4 日間の本試験を実施した。本試験では、朝給餌前に各試験飼料を同時に乾

表 1-1 供試飼料の化学組成

項目	BSSP ¹	AC	モウソウチク ²
DM (%)	86.9	89.0	57.2
有機物 (%DM)	96.1	87.7	97.1
粗タンパク質 (%DM)	14.2	16.3	2.6
粗脂肪 (%DM)	5.5	1.8	1.5
中性デタージェント繊維 (%DM)	63.2	43.3	79.1
酸性デタージェント繊維 (%DM)	42.4	35.9	52.6
リグニン (%DM)	11.4	8.3	14.8

1 モウソウチク 50%:トウフ粕40%:醤油粕10%で配合(乾物比)。

2 葉茎部を粉末化。

AC:アルファルファヘイキューブ, DM:乾物。

表 1-2 ヤギによる供試飼料の成分消化率と栄養価¹

項目	BSSP ²	AC
成分消化率 (%)		
乾物	56.5	54.5
有機物	54.9	55.3
粗タンパク質	78.2	70.8
粗脂肪	100.0 ^a	34.0 ^b
中性デタージェント繊維	40.5	36.2
可消化養分総量 (%DM)	59.7 ^a	47.5 ^b

¹ ACを基礎飼料とする間接法で算出。

² モウソウチク 50%:トウフ粕40%:醤油粕10%で配合(乾物比)。

数値は供試ヤギ3頭の平均値。

^{a,b}:異符号間に有意差あり($P<0.05$)。

AC:アルファルファヘイキューブ, DM:乾物。

表2-1 BSSPとモウソウチクペレット(MP)の乳牛における嗜好性の比較

項目	試験飼料		SEM
	BSSP ¹	MP	
乾物摂取量 (g)	2000 ^a	625 ^b	138

¹モウソウチク 50%:トウフ粕40%:醤油粕10%で配合(乾物比).

数値は供試牛21頭の平均値.

^{a,b};異符号間に有意差あり(P<0.05).

SEM:標準誤差.

物で 2kg 給与して選択採食させ、試験開始後 1 時間内での乾物摂取量の比較で嗜好性を評価した。データの統計処理は、対応のある t 検定^{10a)}により行なった。

嗜好性試験の結果を表 2-1 に示す。21 頭の供試牛において、モウソウチクのみを原料とした MP では 8 割近くの牛で残飼が発生したのに対し、BSSP では全ての牛が全量を採食し、乾物摂取量の平均値では BSSP の摂取量が MP よりも有意に高かった (P<0.05)。前項では栄養価の向上におけるトウフ粕と醤油粕配合の意義を述べたが、本試験の結果は嗜好性の改善にもトウフ粕と醤油粕の配合が寄与することを示している。ウシに対するモウソウチクの嗜好性の低さは萬田ら⁴⁾も報告しており、MP の嗜好性の低さはこれを追認するものといえる。ウシで高い嗜好を示す味覚として甘味や酸味が報告されているものの不明な点が多く^{12~14)}、本試験においてもトウフ粕および醤油粕のいずれの因子がモウソウチクの嗜好性改善に有効であったのかは定かではない。ウシの嗜好性を改善する因子の特定についてさらに研究が進めば、嗜好性の不明なものが多い未利用資源の飼料利用を進める上で有用な知見になると思われる。

BSSP の CP 含量および TDN 含量が AC に近似していることを踏まえ、泌乳牛における BSSP の AC との代替効果について乳生産に及ぼす影響から検討した。

供試動物は泌乳中～後期のホルスタイン種乳牛 4 頭 (平均体重 585±35kg, 平均産次 2.8±1.8 産) で、給与飼料の乾物中 10% を AC で給与する区 (ACF 区) と BSSP で給与する区 (BPF 区) の 2 処理を設け、予備期 10 日間、本期 4 日間を 1 試験期とするクロスオーバー法¹⁵⁾で試験を実施した。飼料の給与量は、試験 1 で求めた BSSP の TDN 含量を用い、日本飼養標準・乳牛¹⁶⁾に基づいて、体重の維持と乳生産に要する TDN および粗タンパク質 (CP) 要求量の 105% 相当量とした。なお、供試飼料の化学組成は両処理区で同等となるよう設定した。データの統計処理は、F 検定による分散分析を行い、処理間の差を比較した^{10b)}。

表2-2 泌乳牛におけるBSSP¹のアルファルファヘイキューブとの代替効果

項目	試験処理 ²		SEM
	BPF	ACF	
飼料摂取量 (kg/日)			
乾物	16.8	16.5	0.2
粗タンパク質	1.39	1.38	0.02
可消化養分総量	10.7	10.4	0.1
乳量 (kg/日)			
	21.7	21.2	0.7
乳成分率 (%)			
脂肪	3.87	3.91	0.19
タンパク質	3.42	3.39	0.15
乳糖	4.54	4.53	0.06
無脂固形分	8.95	8.92	0.21

¹モウソウチク 50%:トウフ粕40%:醤油粕10%で配合(乾物比).

²BPF;BSSP給与, ACF;アルファルファヘイキューブ給与.

数値は供試牛4頭の平均値.

^{a,b};異符号間に有意差あり(P<0.05).

SEM:標準誤差.

供試牛の飼料摂取量と乳量および乳成分を表 2-2 に示す。乾物、CP および TDN の摂取量は、両処理区で差は認められなかった。1 日あたりの平均乳量は BPF 区が 21.7kg、ACF 区が 21.2kg で、乳成分にも処理間に有意差は認められなかった。乳量と乳成分率で処理による差が生じなかったのは、処理間で飼料成分に明瞭な違いがなかったためと考えられた。また、血液成分など牛の生理状態についても BSSP 給与による異常を認めず、泌乳牛において BSSP は AC との代替利用が可能であることが示された。本試験では BSSP の飼料中配合割合を乾物比で 10% としたが、BSSP の給与限界量については今後明らかにする必要がある。

3. 生産現場における給与実証

前述の研究成果を踏まえ、平成 19 年 12 月から平成 20 年 5 月までの半年間、県内酪農家における給与実証を行い、泌乳成績の調査を実施した。調査は愛媛県大洲市の酪農家で行った。調査農家における乳牛の飼養状況は、搾乳牛頭数 79 頭のフリーストール飼養で、飼料給与は自家調製の混合飼料 (TMR : Total Mixed Rations) で行なわれていた。BSSP の利用は、TMR 中 5% (乾物比) のアルファルファペレットを代替して泌乳牛に給与した。BSSP 給与量は、1 頭 1 日あたり 1 ~1.5kg と推定された。泌乳成績の調査は、平成 19 年 11 月 (利用開始前) と平成 20 年 5 月 (利用開始 6 ヶ月後) の牛群検定成績を基に、分娩後日数ごとの個体別乳量および乳脂肪率と乳タンパク質率バランスによる栄養診断結果¹⁷⁾について、BSSP の利用開始前と利用開始 6 ヶ月後で比較した。

飼料摂取の状況については、BSSP を配合した TMR

の嗜好性は良好であり、摂食を忌避する個体は確認されなかった。個体別乳量では、泌乳最盛期（分娩後 100 日前後）と泌乳後期以降（分娩後 300 日以降）において、BSSP 利用前（図 3-1）よりも利用 6 ヶ月後（図 3-2）で高い傾向にあった。乳脂肪率と乳タンパク質率バランスでは、BSSP 利用前（図 3-3）と利用開始 6 ヶ月後（図 3-4）でほとんど差はなく、ウシの栄養状態は総じて良好と判断された。BSSP はエネルギー効率の高い脂肪をアルファルファペレットよりも多く含み、このことが BSSP 利用後における乳量の増加につながった可能性がある。調査時期が異なるため乳量の増加を BSSP による効果と結論付けることはできないが、少なくとも BSSP によるアルファルファペレットとの代替利用が泌乳成績やウシの栄養状態を悪化させる可能性は低いと推察される。また繁殖状況に関しても、畜主の感想として調査期間内に悪化したとの認識はなく、適切な利用下において泌乳牛への BSSP の長期給与は可能と思われた。

なお、夏季において、飼料タンクに貯留していた BSSP の臭いがそれまでのものと異なる事例が確認された。BSSP は粗脂肪含量 5.5% の高脂肪飼料であるが、脂質は高温下で酸化変敗しやすいため、暑熱期は長期保存に適さないと考えられる。特に夏季においては、BSSP を好氣的条件下で長期間放置しないことに留意する必要がある。

4. タケペレット飼料利用で生産した牛乳の高付加価値化の可能性

タケペレット飼料の製造には、ペレット加工に係る経費のほか、原料の調達に係る経費が発生する。しかしながら、現状では竹林整備に対する行政支援の仕組みが確立されておらず、輸送手段に乏しい山間部からのタケの供給には多大なコストが加算されることになる。タケの飼料利用において、生産した牛乳の高付加価値化が実現できたならば、図 4-1 に示すような付加価値分の収益を竹林整備に還元する仕組みが形成され、ペレット飼料の生産コストの抑制につながる。

一方、わが国の酪農業においては、主力商品となる飲用牛乳向けの処理量がその他飲料との競合で年々減少しており 18)、消費の拡大に向けた取り組みが喫緊の課題とされている。タケや食品製造副産物の飼料化は里山保全や環境負荷の低減に有用な取り組みであり、環境問題への関心が高い今日において、タケの飼料利用による牛乳の差別化は新たな消費拡大策にもなりうる。そこで、タケペレット飼料による牛乳の高付加価値化の可能性について検討するため、一般消費者を対象とするアンケート調査を実施した。

アンケートは、2008 年 7 月 23 日（西予市）、同年 7 月 24 日（宇和島市）および同年 11 月 15 日（西予市）の計 3 回実施した。回答者数は計 76 名で、うち普段牛乳を購入しない 1 名を除く 75 名をサンプル数とした。

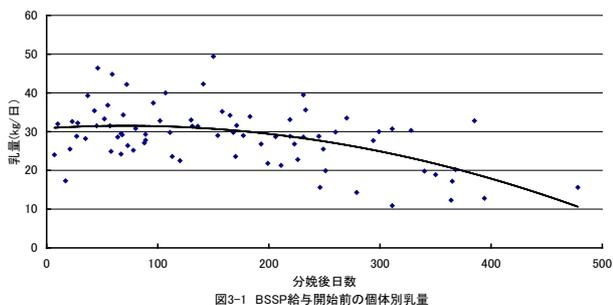


図 3-1 BSSP 給与開始前の個体別乳量

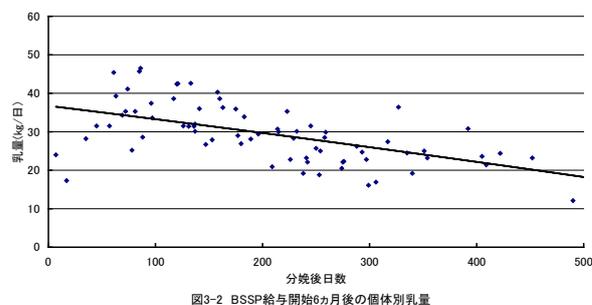


図 3-2 BSSP 給与開始 6 ヶ月後の個体別乳量

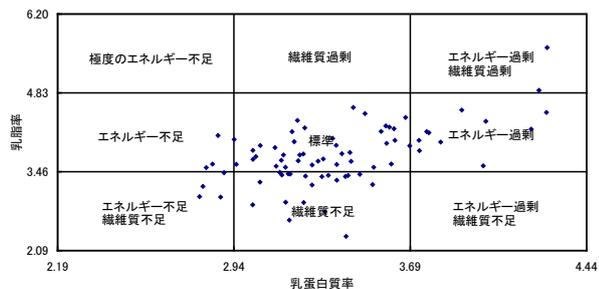


図 3-3 BSSP 給与開始前の個体別乳脂肪率・乳タンパク質率バランス

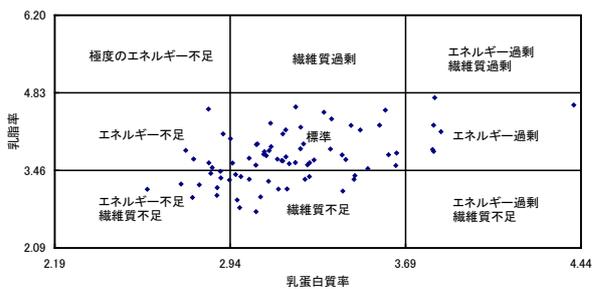


図 3-4 BSSP 給与開始 6 ヶ月後の個体別乳脂肪率・乳タンパク質率バランス

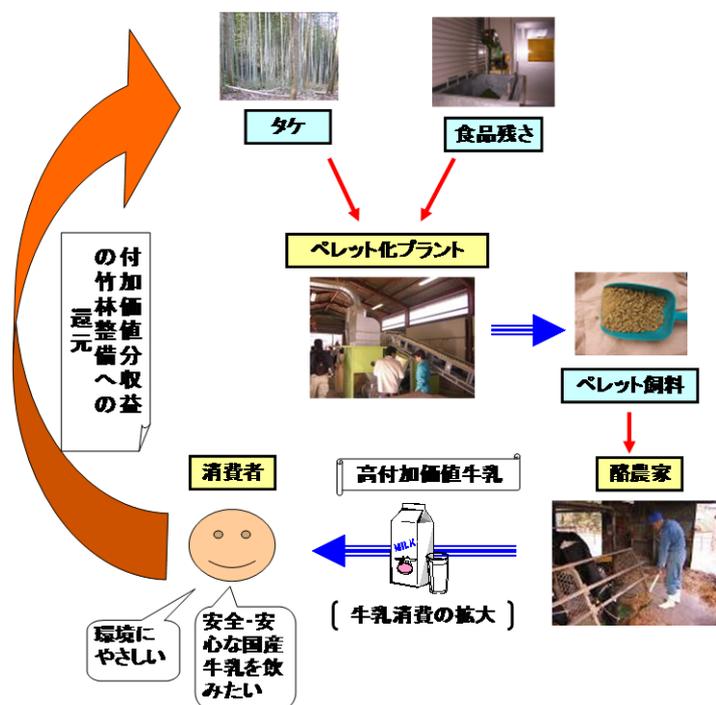


図4-1 BSSP生産における牛乳高付加価値化の意義

質問事項は以下の3問であった。

問1 「タケ飼料を利用した牛乳に対して、いくらの値段まで付加価値を認めますか。」

問2 「1週間に購入する牛乳1Lパックのうち、付加価値を付けたブランド牛乳を何本購入しますか。(問1の付加価値価格帯別に回答)」

問3 「付加価値を認める理由は何ですか。(「里山保全に役立つから」、「安全・安心な県内産牛乳を飲みたいから」、「将来、牛乳・乳製品がなくなったら困るから」、「環境にやさしい取り組みだから」、「全国初の取り組みだから」の中から複数回答可)」

アンケート結果を図4-2~4-4に示す。問1において(図4-2)、タケ飼料利用の牛乳に付加価値を認める回答は75人中73人であり、付加価値分の価格帯として11円~20円を適当とする回答数が28人で最も多かった。問2において(図4-3)、付加価値を付けたブランド牛乳1Lパックの購入本数は1週間あたり平均1.9本で、問1において付加価値分の価格帯11円~20円と回答した消費者の購入本数が最も多かった。また問3において(図4-4)、付加価値を認める理由として「安全・安心な県内産牛乳を飲みたいから」や「環境にやさしい取り組みだから」を挙げた回答が多く、食料自給や環境保全への関心の高さが伺えた。しかしながら、タケの飼料利用に直接かかる「里山保全に役立つ」との理由を挙げた回答数はそれらの半数程度に止まり、

放置竹林問題に対する意識の低さも露呈した。

以上の結果から、タケ飼料の利用で生産した牛乳の高付加価値化は消費者の理解を得られると思われた一方、主たる目的である放置竹林問題についての認知度を高める必要性も示唆された。先述したとおり、牛乳の高付加価値化は竹林整備への利益還元によるペレット生産コストの抑制につながるだけでなく、牛乳消費の拡大に向けた新たな販売戦略へと展開する可能性をもつ。未利用資源由来の飼料に対しては、未だ多くの畜産農家が「所詮捨てているもの」という負のイメージを抱いている。本調査結果は、未利用資源の飼料化を単なる生産コスト削減の一方策ではなく、「環境にやさしい」をキーワードとしたブランド牛乳確立の手段と捉えるべきであることを示している。

5. ペレット製造技術の飼料作物への応用

タケペレット飼料の製造は、原料の破碎、乾燥、混合およびペレット成型の工程を経て作製される。このため、プラント施設の整備に係る初期投資も工程数に比例して増加するが、タケペレット飼料の製造に特化したプラントでは設備の稼働率が低くなり、初期投資費用の回収が長期化する恐れがある。これを解消するには、ペレット製造についてタケ飼料以外の新たな用途の開発が望まれる。

筆者らは、ペレット製造技術の新たな用途を見出すため、タケペレットとほぼ同様の製造工程による自給

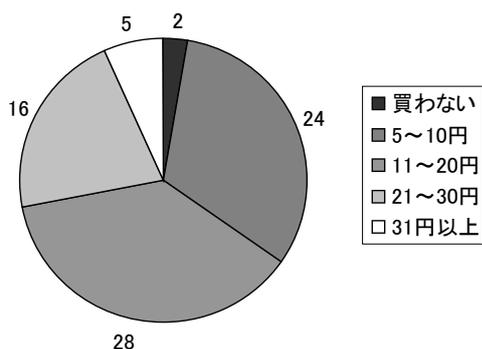


図4-2 「問1: タケ飼料を利用した牛乳にいくら値段まで付加価値を認めますか。」(数値は回答数)

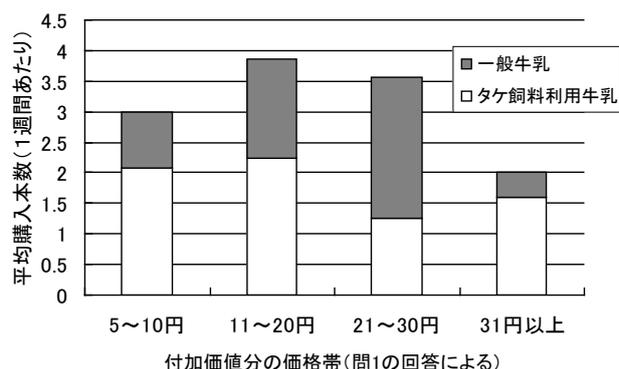
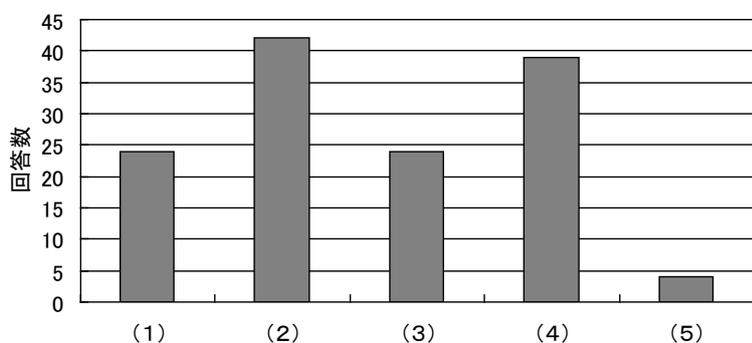


図4-3 「問2: 付加価値を付けたブランド牛乳を1Lパックで何本購入しますか」



- (1) 里山を守るために役立つから
- (2) いつまでも安全・安心な県内産牛乳を飲みたいから
- (3) 将来、牛乳・乳製品が無くなったら困るから
- (4) 環境にやさしい取り組みだから
- (5) 全国で初めての取り組みだから

図4-4 「問3: 付加価値を認める理由は何ですか(複数回答可)」

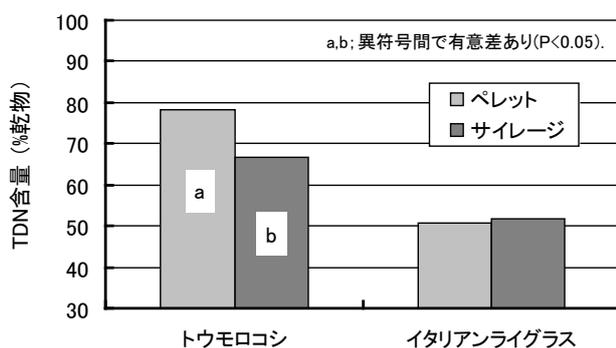


図5-1 ペレットとサイレージでの栄養価の比較

飼料作物のペレット加工を試み、その作製に成功した。わが国における飼料作物の利用形態は生草やサイレージが主流であるが、これらは水分含量が高く、重量・体積ともに大きいことから、給与作業の労力負担が大きく、運搬・輸送も近距離に限定される。これがペレ

ット加工されると、乾燥されて水分が低く軽量であり、圧縮されているため体積も小さいことから、給与作業の大幅な省力化ができる上、広域流通が可能となって自給飼料の利用範囲の拡大にも期待ができる。しかしながら、飼料作物をペレット加工して家畜に給与した

報告例はない。そこで筆者らは、ペレット加工した飼料作物についてヤギによる栄養価測定と乳牛による給与試験を実施して、以下に述べる知見を得た。

ヤギによる栄養価測定は、青刈のトウモロコシとイタリアンライグラスを試験飼料として行い、それぞれペレットとサイレージの TDN 含量を比較した。結果は図 5-1 に示したとおりで、トウモロコシではペレットの TDN 含量が約 80%と算出され、サイレージよりも 2 割ほど高くなり ($P<0.05$)、ビートパルプや大麦といった濃厚飼料に近い値となることが判明した。トウモロコシにおいてペレット加工による栄養価向上効果が表れたのは、子実や茎、芯の各部位がペレット加工時に破碎されたことで、消化管内での消化作用を受けやすくなったことが原因と推察される。類似の現象は、搾汁時の圧搾で組織破壊されるケールジュース粕でも確認されている¹⁹⁾。同様の効果を狙った手法としてフィードローラで破碎処理したトウモロコシサイレージの報告があるが^{20,21)}、その方法ではデンプンの消化性は向上するものの繊維の消化性は向上せず、ペレット加工の方が飼料価値の改善には優位と思われた。一方、イタリアンライグラスでは、ペレットとサイレージで TDN 含量がほぼ同等であった。イタリアンライグラスはトウモロコシのような子実部が少ない上、茎部もトウモロコシに比べて柔らかく、咀嚼行為以上の組織破碎効果をペレット加工で得られなかったと推察された。

トウモロコシペレットの TDN 含量が濃厚飼料と同等であったことを踏まえ、飼料乾物中 15%の濃厚飼料(大麦の一部とビートパルプ)をトウモロコシペレットで代替した場合の乳生産や飼料消化を明らかにするため、泌乳牛 4 頭による給与試験を実施した。その結果、トウモロコシペレット給与と濃厚飼料給与で乳生産や飼料消化に差はなく、トウモロコシペレットによる濃厚飼料との代替利用の可能性が示された。粗飼料である青刈トウモロコシを穀類主体の濃厚飼料に変換する技術は、濃厚飼料原料に乏しいわが国にとって飼料基盤強化への有効な手段であるのみならず、人間の食糧と競合しない畜産物生産の実現に向けた世界全体に対する提言でもある。飼料用の青刈トウモロコシは、有用なペレット材料として期待できると思われる。

6. 総合考察

本研究はモウソウチクの乳牛飼料化を目的として実施したものであるが、モウソウチクは飼料としての栄養的価値が乏しく、これを改善させるべく高栄養のトウモロコシと醬油粕を配合する BSSP を作製し、これによりアルファルファヘイキューブとの代替利用が可能と

の知見を得た。この結果からはタケを飼料原料とする意義が低いように思えるが、トウモロコシのペレット成型にはタケなど木質系素材の繊維質が不可欠とされており²²⁾、いわゆる「つなぎ」の材料としての役割をタケが担っている。これまで多くの食品製造副産物は、高水分による保存性の低さや不均一な形状ゆえの輸送面での不利から飼料としての広域流通が困難とされてきたが²³⁾、乾燥処理と圧縮加工を施されたペレット形態ではそれらの問題が解消される。すなわち、本技術は、タケ資源の有効利用だけでなく、生産現場での飼料化が定着しにくかった食品製造副産物にとっても、広域的な飼料利用を進める上で有効な手段といえる。

BSSP を利用する畜産農家にとって、最大の関心はその価格である。BSSP の加工に係るコストは年間 800~1,000t の製造規模で乾物 1kg あたり 30 円台半ばになると試算されているが、流通価格には原料調達や飼料輸送に係るコスト等が加算される。特にタケの調達に係るコストはタケ資源の利活用を阻む大きな要因となっており、現状では代替対象としたアルファルファヘイキューブの価格よりも高価になる公算が大きい。このことを踏まえて、第 5 項では牛乳付加価値分の竹林整備費への還元に着目したが、その経済性を考察するため、牛乳 1kg あたり 10 円の付加価値を付けた場合の収益を試算した(表 6-1)。BSSP の年間生産量を 800 t とした場合、年間 400t (乾物量) の原料タケが必要となる。タケの伐採から運搬までに掛かるコストを原物重量 1t あたり最大で 21,690 円と試算した報告値²⁴⁾に基づき、タケの供給コストを乾物重量 1t あたり 40 千円(タケの水分含量を 50%として)に設定すると、原料タケの調達に係る経費は年間 16,000 千円になる。この BSSP 全量が年間乳量 8,000kg の乳牛に 1 日 1 頭あたり 2kg の給与で利用されれば、乳牛利用頭数が 1,095 頭で、1 頭あたりの平均乳量を 8,000kg/年とすると年間 8,760t の牛乳が出荷され、その売上による牛乳付加価値分の収益は 87,600 千円に上る。したがって、前出の原料タケ調達経費との収支差額は 71,600 千円となり、竹林整備に係る費用を十分に賄える試算となる。無論、これらの数字は牛乳が全量消費されたと仮定しての話であり、この試算をもって牛乳の高付加価値化を進める論拠とするのは早計である。しかしながら、本論第 4 項のアンケート調査結果に示された環境問題に対する消費者の関心の高さを考慮すれば、この試算は議論を進めるひとつの検討材料にはなると思われる。

第 5 項ではペレット製造技術の飼料作物への応用を論じたが、同技術はミカンジュース粕など多くの素材

表6-1 タケペレット飼料(BSSP)利用の牛乳に1kgあたり10 円の付加価値を付けた場合の収益試算

項目	数量もしくは金額	備考
タケ原料の年間必要量	400 t(乾物重量)	BSSPの年間生産量を800 tとした場合.
原料タケの年間調達コスト(A)	16,000 千円	タケ1 t(乾物重量)あたり40,000 円として.
乳牛利用頭数	1,095 頭	1日1頭あたり2 kg給与した場合.
年間牛乳出荷量	8,760 t	乳牛1頭あたりの年間乳量を8 tとして.
付加価値分年間収益(B)	87,600千円	=8,760 t × 10 円/kg
収支バランス:(B)-(A)	71,600千円	

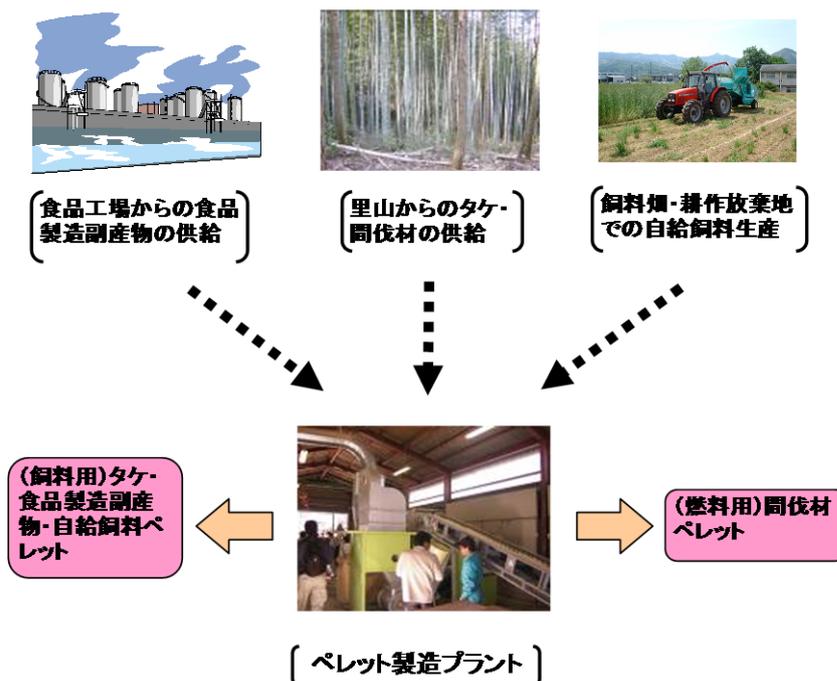


図6-1 バイオマスペレット生産システムの構築

での応用も実証されている²²⁾。労働力不足による飼料生産基盤の弱体化が著しい酪農業において、飼料生産の外部支援組織いわゆるコントラクターの設立が全国で推進されているが²⁵⁾、多様なバイオマス(有機資源)から流通性に優れたペレット飼料を作出するシステムは、国産飼料の広域利用を可能にする新たなコントラクターの形態といえる。さらに図 6-1 に示すように、飼料用のほか間伐材など天然の木質バイオマスを原料とする燃料用ペレットの製造と複合したバイオマスペレット生産システムを構築すれば、システムの汎用性向上による運営組織の経営基盤の強化が図られ、地域に対しては多種多様な産業に貢献できる資源循環モデルを提示することになる。

結 論

本研究の結果から、タケに高栄養の食品製造副産物を混合してペレット化することで、栄養価と嗜好性の高い良質の乳牛用飼料となることが示された。ヤギを用いて測定した BSSP の栄養価は反すう家畜全般に適用できるデータであり、今後は育成牛や肉用牛への展開にも期待がもたれる。また、供試した BSSP の原料タケには生育年数の高いモウソウチクを用いたが、タケの種類や生育段階によっては飼料価値が異なってくることが予想される。さらに、同じ木質素材であるスギの飼料化の研究では白色腐朽菌処理による栄養価の改善が報告されており²⁶⁾、こうした知見を活用することでタケの飼料化がさらに前進する可能性がある。他方、タケの飼料化においては、原料を安定的に供給できる体制が必要であり、林業分野における竹林管理技術の確立も求められよう。わが国の新たな飼料資源と

してタケの利用を定着させるためには、国内の研究機関が連携してさらなるデータの集積ならびに技術改良を進める必要がある。

本論文で提示したタケと食品製造副産物のペレット飼料化の実現には、ペレット製造の効率化やタケの伐採・搬出の低コスト化、原料となるタケや食品製造副産物の安定供給、さらには畜産農家における適正な利用など、事業に関わる当事者それぞれが克服すべき課題は多く残されている。一方で、こうした未利用資源の利活用には、健全な社会環境を未来に伝えるという壮大なテーマが根底にある。それゆえに、課題の解決に当たっては、当事者間の経済性でのみ論議するのではなく、地域住民や行政も交えて社会全体として問題意識を共有することが重要である。それぞれの意識格差を調整する上で、地域におけるコーディネート役の存在が大きな意味を持つのはもちろんのこと、本稿で提案したブランド牛乳の確立も、解決すべき課題を身近なものとして捉えるための象徴的な役割を果たしうると思われる。解決すべき課題とはすなわち、タケなどの未利用資源を「厄介もの」から「有用な資源」へと昇華させることである。

謝 辞

本研究で供試したペレット飼料は、新興工機株式会社（愛媛県松前町）の協力を得て作製した。特に、同社の田所研氏と佐野善徳氏には、ペレット飼料の試作および改良の面でご尽力いただいた。愛媛大学農学部林和男博士、同 胡珀博士、同 枝重有祐博士、内子町役場 久保雅美氏、愛媛県農林水産研究所林業研究センター 岩崎覚氏、愛媛県南予地方局八幡浜支局 西浦政隆氏、愛媛県農林水産研究所 西原寿明氏には、タケペレットの生産・利用体系を考察するにあたって貴重なご意見を数多くいただいた。本研究の遂行には、愛媛県農林水産研究所畜産研究センター 小池正充氏に多大なご協力をいただいた。また、供試家畜の飼養管理は、同センターの安岡清助氏と角藤幸男氏ほか酪農班職員諸氏にご尽力いただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 渡邊政俊：竹の魅力と活用（内村悦三編）、61-66、創森社、東京 2004
- 2) 柚村誠二、豊田信行：愛媛県下のタケ資源量の推定、愛媛県林業技術センター研究報告、25、49-52、2006
- 3) 溝渕清之、井内民師、森口藤雄、三代伍郎：未利

- 用資源開発に関する研究（第3報）蒸煮処理モウソウチクによる牛の飼養試験、徳島県肉畜試験場研究報告、14、1-14、1986
- 4) 萬田正治、長英司、徳田博幸、黒肥地一郎、渡邊昭三：モウソウチクの飼料的価値、鹿児島大学農学部学術報告、40、173-179、1990
- 5) 大谷利之、和久田高志、関哲夫、岩澤敏幸、池谷守司：畜産分野における竹資源の利活用、*Bamboo Journal*、21、72-77、2004
- 6) 室伏淳一、西田武弘、細田謙次、松山裕城、エルデンバヤル、塩谷繁、野田準一、深澤修、三宅晃次：牛における竹粉の栄養価、静岡県畜産試験場試験研究報告、32、10-12、2006
- 7) 農業技術研究機構：日本標準飼料成分表（2001年版）、87-88 (a)・52-67 (b)・74-81 (c)、中央畜産会、東京、2001
- 8) 家木一、小池正充、藤岡一彦：モウソウチクとトウモロコシおよび醤油粕混合ペレットの飼料特性と乳牛への給与、*日本草地学会誌*、56、34-38、2010
- 9) 石田元彦：新編動物栄養試験法（石橋晃監修）、190-197、養賢堂、東京、2001
- 10) 吉田実：畜産を中心とする実験計画法、46-67 (a)・69-83 (b)、養賢堂、東京、1983
- 11) 渡辺晴彦：肉用牛肥育用飼料の嗜好性の検討、*日本畜産学会北陸支部会報*、57、1-8、1988
- 12) W. D. Goatcher, D. C. Church : Taste responses in ruminants. I. Reactions of sheep to sugars, saccharin, ethanol and salts. *Journal of Animal Science*. 30. 777-783. 1970
- 13) G. Hellekant, C. Hard af Segerstad, T. W. Roberts : Sweet taste in the calf: III. Behavioral responses to sweeteners. *Physiological Behavior*. 56. 555-562. 1994
- 14) 家木一、岸本勇氣、柘井和恵、嶋家眞司、谷口幸三：乳酸菌とセルラーゼの添加ケールジュース粕サイレージの発酵品質と乳牛による嗜好性、*日本畜産学会報*、77、401-407、2006
- 15) 高橋行雄、大橋靖雄、芳賀敏郎：クロスオーバー法。SASによる実験データの解析（竹内啓監修）、129-146、東京大学出版会、東京、1989
- 16) 農業・食品産業技術総合研究機構編：養分要求量の算定式、*日本飼養標準・乳牛*（2006年版）、127-135、中央畜産会、東京、2006
- 17) 家木一、佐伯拓三、戸田克史：乳成分による泌乳牛の栄養診断（第2報）、愛媛県畜産試験場研究報告、18、21-24、2001

- 18) 農畜産業振興機構調査情報部: 畜産 2009、26-31、
農畜産業振興機構、東京、2009
- 19) 家木一、永西修、中島一喜、村上恭彦、佐伯真魚、
川島知之: ケールジュース粕の第一胃内分解特性
と栄養価、日本畜産学会報、77、215-224、2006
- 20) M. A. Bal, R. D. Shaver, A. G. Jirovec, K. J.
Shinners, J. G. Coors: Crop processing and chop
length of corn silage; Effects on intake, digestion,
and milk production by dairy cows. *Journal of
Dairy Science*. 83. 1264-1273. 2000
- 21) 谷川珠子、大坂郁夫、川本哲、原悟志: トウモロ
コシサイレージにおける破碎処理が乳牛の炭水化
物およびタンパク質利用に及ぼす影響、日本畜産
学会報、81、11-19、2010
- 22) 菅進也: 食品加工残さのペレット化、木質ペレッ
トの製造技術を活用した食品加工残さの固体燃料
化とリサイクル事業の可能性調査報告書、11-29、
2007
- 23) 家木一: 乳牛用飼料としてのケールジュース粕の
特性と利用性に関する研究、栄養生理研究会報、
51、51-65、2007
- 24) 山口県林政課: 森林バイオマス低コスト供給シス
テムの検証、平成 16 年度森林バイオマス低コスト
供給システム実証試験・支援システム研究報告書、
75~90、2005
- 25) 松尾守展: コントラクターと TMR に期待する、
畜産の研究、61、44-48、2007
- 26) K. Okano, M. Kitagawa, Y. Sasaki, T.
Watanabe: Conversion of Japanese red cedar
into a feed for ruminants by white-rot
basidiomycetes. *Animal Feed Science and
Technology*. 120. 235-243. 2005

Studies on utilization of Moso-bamboo processed to pellet as a feedstuff for dairy cattle

Hajime IEKI

summary

This review discussed the results of studies on utilization of moso-bamboo processed to pellet as a feedstuff for dairy cows. Moso-bamboo were low nutritive value as a feed, but it was improved to similar value of alfalfa hay cube (AC) at pellet compounded with 40% soybean curd residue and 10% soy sauce cake on dry matter basis (BSSP). In feeding trial using lactating dairy cows, no significant difference was observed in feed intake and milk production. These results indicated that BSSP could replace AC as 10% of the diet of lactating dairy cows. As a result of feeding BSSP to dairy cows for six months at a farm, milk production had not declined before BSSP fed. Responses to questionnaire for consumers indicated that they accepted to add value of milk lactated by BSSP fed cows for the reasons of effectiveness for self-sufficient in food and preservation of the natural environment. In the studies of utilization of feed crops processed to pellet in the same manufacturing methods as BSSP, corn pellet improved on its nutritive value as much as concentration feeds. In order to embark on production of bamboo pellet feeds, the production system should enable to manufacture pellet compounded of various biomass resources not only for feeds but for fuels.

Keywords: Moso-bamboo, Pellet, feeds, Dairy cows, Biomass resources