

乳酸生成糸状菌を利用したサイレージの評価

研究機関 帯広畜産大学畜産学部

研究者名 日高智、山岸則夫、河合正人、福島道広、谷昌幸、関川三男、
仙北谷康、岡本明治

1. 研究成果の概要

(1) 乳酸生成糸状菌を利用したポテトパルプサイレージの肉用牛に対する給与評価試験

① 肉用育成牛に対する給与評価試験

Rhizopus oryzae を添加・調製したポテトパルプサイレージをホルスタイン種肉用育成牛に給与し (RPS 区)、無添加のサイレージ (CPS 区) およびポテトパルプサイレージ無給与 (対照区) と比較・検討した。配合飼料 7kg のうち 2kg をポテトパルプサイレージと替え、28日間の給与試験を実施した。RPS 区および CPS 区とも給与飼料はそのほとんどが採食された。各試験区の平均日増体量は、対照区 (1.19kg) に比べ RPS 区 (1.47kg) が大きい傾向を示し、CPS 区 (1.34kg) はその中間の値であった。血液成分では、血中尿素体窒素濃度が対照区に比べ、RPS 区および CPS 区で低い値を示した。また、乳酸濃度は RPS 区が他の試験区に比べ高い値を示した。このことは、ポテトパルプサイレージを蛋白質含量の多い配合飼料に置き換えて給与したこと、また、リゾプス添加によりポテトパルプの消化性が高まったことによるものと考えられた。

② 肥育牛に対する給与評価試験

Amylomyces rouxii を添加・調製したポテトパルプサイレージをホルスタイン種肥育牛に給与し (APS 区)、無添加のサイレージ (CPS 区) およびポテトパルプサイレージ無給与 (対照区) と比較・検討した。配合飼料 7.3kg のうち 2kg をポテトパルプサイレージ 10kg と替えて 56日間の給与試験を実施した。APS 区および CPS 区とも給与飼料はそのほとんどが採食された。各試験区の平均日増体量は、対照区 (0.82kg) に比べ APS 区 (1.36kg) が有意に大きく、CPS 区 (1.01kg) はその中間の値であった。試験開始から 24 日以上経過した出荷牛の枝肉格付等級には各試験区間で差はみられなかった。

以上のことから、乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージは、肉用育成牛および肥育牛の飼料として嗜好性がよく、増体量が改善され、肉用牛飼料として有用であると考えられた。

(2) 乳酸生成糸状菌を利用したポテトパルプサイレージの搾乳牛に対する給与評価試験

① フリーストール牛群 (群管理牛群) に対する給与評価試験

A. rouxii を添加・調製したポテトパルプサイレージを群管理されている搾乳牛群に牛群検定 10 日前から給与し (APS 期)、翌月の無添加サイレージ (CPS 期) および APS 期前、CPS 期後の無給与 (対照期) と比較・検討した。給与飼料 (TMR) 中の配合飼料の 25% をポテトパルプサイレージと替えて給与試験を実施した。試験期間に全て牛群検定記録のある 41 頭の成績では、APS 期に乳量の増加傾向、乳脂肪率、乳中尿素態窒素含量 (MUN) の有意な低下が、CPS 期には乳量の減少傾向がみられた。APS 期の乳脂肪率と MUN の低下は、TMR 中の飼料構成によると思われる。

② スタンション牛群 (個体管理牛群) に対する給与評価試験

個体管理されている搾乳牛群を 2 群に分け、*A. rouxii* を添加したポテトパルプサイレー

ジ給与区（APS区）と無添加サイレージ給与区（CPS区）とし、それぞれを圧片トウモロコシ3kgと替えて牛群検定前28日間給与し、給与前後の牛群検定成績と比較した。また、牛群検定実施直後に採血し、血液成分を比較・検討した。APS区はサイレージ給与により乳量の増加傾向とMUNの低下が、血液成分ではアルブミンの増加と血中尿素窒素濃度（BUN）の低下がみられた。CPS区はサイレージ給与により乳量の減少傾向がみられた。APS区のMUN、BUNの低下は粗蛋白質給与量の減少によるものと思われた。

以上のことから、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージは、乳牛の飼料として乳量の改善傾向がみられ、飼料構成を考慮することにより搾乳牛用飼料として有用であると考えられた。

(3) 乳酸生成糸状菌を利用したポテトパルプサイレージのめん羊に対する給与評価試験

めん羊12頭を3区に分け、ポテトパルプサイレージ無給与区（対照区）、*A. rouxii*を添加・調製したポテトパルプサイレージ給与区（APS区）、無添加ポテトパルプサイレージ給与区（CPS区）とし、給与する濃厚飼料中の圧片とうもろこし500gをポテトパルプサイレージ2kgと置き換えて飼養試験を行なった。APS区では対照区と比較し、繊維成分以外の化学成分およびエネルギーの消化率は低下したが、窒素蓄積率およびエネルギー蓄積率に大きな差はなかった。また、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを給与しためん羊の乾草採食量は無添加ポテトパルプサイレージ給与時よりも多く、日増体量が大きくなり、濃厚飼料主体の肥育めん羊の増体量と同程度であった。

(4) リゾプス添加ポテトパルプサイレージおよび *A. rouxii* 菌体投与がラットの脂質代謝に及ぼす影響

基本食（対照区）、無添加ポテトパルプサイレージ食（CPS区）およびリゾプス添加ポテトパルプサイレージ食（RPS区）の3群を設け、ラット（各群5匹）に4週間投与し、体重増加量、糞重量、内臓重量、血清成分、盲腸中短鎖脂肪酸等を分析した。3群間に飼料摂取量の差はみられなかった。RPS区と対照区では体重増加量に差はみられなかったが、CPS区で体重増加量の減少が認められた。血清脂質成分には投与期間を通じて3群間に差はみられなかった。肝臓重量、盲腸重量および糞排泄量はポテトパルプサイレージを給与したCPS区およびRPS区が対照区より有意に増加し、腸内発酵が促進された可能性が考えられた。

A. rouxii 菌体（AD区）をラット（5匹）に4週間投与し、対照区と比較検討した。AD区は対照区と比較し、体重増加量および飼料摂取量に差はみられなかった。AD区は盲腸重量および糞排泄量が対照区より増加し、腸内発酵の促進がおきたと推察された。血清脂質では、AD区の総コレステロールおよびVLDL+IDL+LDLコレステロール濃度が投与期間を通じて対照区より低下し、HDLコレステロールおよびTG濃度も低下する傾向を示した。また、盲腸内の短鎖脂肪酸が顕著に増加し、その結果LDLレセプター mRNA発現が増加して血液中のVLDL+IDL+LDLコレステロール濃度を低下させることが確認できた。このことから、アミロマイセス菌体が脂質代謝改善に作用し、プレバイオティクスとしての利用が可能であることが示唆された。

(5) リゾプス添加ポテトパルプサイレージを給与した肉牛の糞尿堆肥化試験

肉用育成牛に対する給与評価試験で排出された糞尿を原料とする擬似堆肥化試験と製造された堆肥の成分評価により、濃厚飼料として配合飼料のみを給与した肉牛、配合飼料の一部を *R. oryzae* 添加ポテトパルプサイレージと替えて給与した肉牛および無添加ポテト

パルプサイレージと替えて給与した肉牛から排出された糞尿のいずれについても、堆肥化過程における性状と発酵状態、堆肥化に伴う成分変化と腐熟度に差は認められなかった。

2. 研究の目的

イモ類から排出されるデンプン粕は、馬鈴薯および甘藷を原料としてデンプンを製造する工程で、原料を磨砕し、加水して粥状になったものからデンプンを篩別した残渣である¹⁾。現在、イモ類から排出されるデンプン粕は、全国では年間約100万トンにおよび、そのうち馬鈴薯からのポテトパルプの発生量は776.8千トンであるが、その中での飼料としての利用率は70%程度である。北海道では、ポテトパルプは年間約10万トン発生し、そのうち十勝管内では約5万トン発生している。十勝管内の工場から排出されるポテトパルプは、生の状態で50%を飼料用、25%を堆肥用として農家に引き取られ、残り25%は焼却されている。生のポテトパルプの一般成分は、原物では水分が80%以上を占め、粗蛋白質が少なく、乾物でTDNが約70%である²⁾ため、エネルギー源としての利用、またはエネルギー源の補助飼料としての利用価値が高いものと考えられる。しかし、ポテトパルプは水分が多く腐敗しやすいため、継続して安定的に供給するにはサイレージ化するか、乾燥または脱水処理をする必要がある。また、夏場は腐敗しやすく、冬場は凍結してしまうため、実際には飼料用としてはあまり使用されていない。

一方、デンプンから乳酸とエタノールを生成する特徴を持つ糸状菌 (*R. oryzae* および *A. rouxii*) は、ポテトパルプに含まれるデンプンから乳酸を生成し、ポテトパルプからサイレージを調製する際の有力なスターターとなりうると考えられる。そこで本研究では、ポテトパルプに *R. oryzae* または *A. rouxii* から調製した種麴を添加し、サイレージを調製し、糸状菌添加ポテトパルプサイレージ給与が肉牛および搾乳牛の生産性、めん羊の飼料消化率と増体量、ラットの脂質代謝に及ぼす影響について検討した。また、*A. rouxii* は食経験があり、本研究開発を実用化するのに適していることから、この菌体投与がラットの脂質代謝に及ぼす影響についても検討した。さらに、糸状菌添加ポテトパルプサイレージを給与した肉牛の糞尿を原料とする堆肥化過程における性状と発酵状態、堆肥化に伴う成分変化についても検討した。

3. 研究手法

3-1) 材料

ポテトパルプは、南十勝農産加工農業協同組合連合会デンプン工場（中札内村）または神野でんぷん工場（更別村）から排出されたものを用いた。南十勝農産加工農業協同組合連合会デンプン工場から排出されたポテトパルプは、14年度（2002年10月8日～9日）にサイレージ調製したものを、神野でんぷん工場から排出されたポテトパルプは、15年度（2003年8月25日～10月1日）に排出直後にサイレージ調製し、1ヵ月以上貯蔵した後、家畜に給与した。15年度のサイレージ調製は雪印種苗(株)に依頼して行なった。

3-2) サイレージスターター用微生物

14年度に調製したポテトパルプサイレージには、*R. oryzae* NBRC4707を、15年度に調製したのものには *A. rouxii* CBS438.76を用いて滅菌した小麦ふすまに接種後、室温で培養し、調製した麴をポテトパルプ重量に対して1%添加した。

3-(3)肉用牛に対する給与評価試験

①試験場所と試験期間

・試験1：肉用育成牛に対する給与評価試験

夢がいっぱい牧場（大樹町）で、2003年5月31日から6月28日まで29日間実施した。

・試験2：肥育牛に対する給与評価試験

試験1と同様に夢がいっぱい牧場（大樹町）で、2003年10月18日から12月3日まで47日間実施した。

②供試家畜

・試験1：肉用育成牛に対する給与評価試験

ホルスタイン種去勢育成牛19頭（平均体重 321.3 ± 20.9 kg）を供試した。これら19頭を3区に分け、配合飼料とグラスサイレージを給与した対照区（6頭）、配合飼料の一部をリゾプス添加ポテトパルプサイレージと替えて給与したRPS区（7頭）、配合飼料の一部を無添加ポテトパルプサイレージと替えて給与したCPS区（6頭）とした。

・試験2：肥育牛に対する給与評価試験

ホルスタイン種去勢肥育牛34頭（平均体重 575.0 ± 52.5 kg）を供試した。これら34頭を3区に分け、配合飼料、圧片トウモロコシ、大麦および乾草を給与した対照区（11頭）、配合飼料の一部をアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージと替えて給与したAPS区（11頭）、配合飼料の一部を無添加ポテトパルプサイレージと替えて給与したCPS区（12頭）とした。

③給与飼料

・試験1：肉用育成牛に対する給与評価試験

対照区には肥育前期牛用配合飼料7kgとイネ科グラスサイレージ3kgを給与し、RPS区およびCPS区には肥育前期牛用配合飼料2kgをそれぞれリゾプス添加および無添加ポテトパルプサイレージ10kgと替えて給与した。給与飼料の成分を表1に示した。

表1. 肉用育成牛に給与した飼料の成分（乾物以外は乾物中%）

飼料名	乾物	TDN ¹⁾	粗蛋白質	でんぷん	粗脂肪	灰分
配合飼料	86.0	77.1	19.6	32.5	4.2	6.5
グラスサイレージ	32.5	52.0	10.2	—	3.3	6.1
RPS ²⁾	18.6	54.1	4.9	28.4	0.3	2.7
CPS ³⁾	18.5	52.8	4.8	32.4	0.4	2.7

1) TDNは、日本標準飼料成分表(2001年版)による推定値

2) RPS: *R. oryzae* 添加・調製ポテトパルプサイレージ

3) CPS: 無添加調製ポテトパルプサイレージ

・試験2：肥育牛に対する給与評価試験

対照区には肥育後期牛用配合飼料7.3kg、圧片とうもろこし0.5kg、圧片大麦1.0kg およびイネ科乾草1.2kgを給与し、APS区およびCPS区には肥育後期牛用配合飼料2kgをそれぞれアミロマイセス添加および無添加ポテトパルプサイレージ10kgと替えて給与した。給与飼料の成分を表2に示した。

表2. 肥育牛に給与した飼料の成分（乾物以外は乾物中%）

飼料名	乾物	TDN ¹⁾	粗蛋白質	でんぷん	粗脂肪	灰分
配合飼料	86.5	78.0	14.5	52.3	2.3	4.4
圧片大麦	86.7	84.1	12.6	54.1	2.8	2.6
圧片とうもろこし	87.1	92.3	13.1	44.3	4.3	3.5
APS ²⁾	21.5	68.4	5.3	56.8	0.3	1.5
CPS ³⁾	20.7	67.7	5.3	56.6	0.1	1.5
イネ科乾草	79.7	51.9	7.8	—	3.5	5.4

1) TDN は、日本標準飼料成分表(2001年版)による推定値

2) APS: *A. rouxii* 添加・調製ポテトパルプサイレージ

3) CPS: 無添加調製ポテトパルプサイレージ

④測定項目と測定方法

・試験1：肉用育成牛に対する給与評価試験

供試牛の体重を試験開始時とその後1週間ごとに4週間測定し、増体量と日増体量を算出した。また、体重測定時に頸静脈から血液を採取し、血液成分を測定した。血液成分は、総蛋白質、アルブミン、GOT、 γ -GTP、総コレステロール、中性脂肪(TG)、カルシウム、リン、マグネシウム、尿素態窒素、遊離脂肪酸、グルコースおよび乳酸のそれぞれの濃度を測定した。血液成分の分析は、十勝臨床検査センターに依頼して行なった。

・試験2：肥育牛に対する給与評価試験

供試牛の体重を試験開始時とその後2週間ごとに6週間測定し、増体量と日増体量を算出した。また、試験開始後4週間以上経過した後に出荷された供試牛の枝肉格付成績から、枝肉重量、ロース芯面積、ばらの厚さ、皮下脂肪厚、歩留基準値、BMS No.、脂肪交雑等級、BCS No.、肉の色沢等級、締まり・きめ等級、BFS No.および脂肪の色沢と質等級を調査した。枝肉格付成績は、(社)日本食肉格付協会に依頼して行なった。

⑤統計解析

SASのGLMプロシジャを用いて、測定値について分散分析を行い、試験区間で差が認められた測定値についてはTukeyの多重比較により解析を行なった。危険率が0.05未満($P < 0.05$)のとき、試験区間に有意な差があるとした。

3-(4)搾乳牛に対する給与評価試験

①試験場所と試験期間

・試験1：フリーストール搾乳牛群（群管理牛群）に対する給与評価試験

加藤牧場（帯広市）で、2003年9月1日から12月10日まで101日間実施した。

・試験2：スタンション牛群（個体管理牛群）に対する給与評価試験

山崎牧場（更別村）で、2003年10月24日から12月22日まで60日間実施した。

②供試家畜

・試験1：フリーストール搾乳牛群（群管理牛群）に対する給与評価試験

ホルスタイン種49頭、ジャージー種21頭計70頭の搾乳牛群を用いた。70頭の搾乳牛のうち9月、10月、11月および12月の4回すべての牛群検定記録がある41頭を供試牛とした。

供試牛の平均分娩後日数は 139.6 ± 86.6 日、産次は 3.3 ± 2.1 であった。9月および12月はポテトパルプサイレージを給与しない対照期とし、10月はアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを給与する APS 期、11月は無添加ポテトパルプサイレージを給与する CPS 期とした。

・試験2：スタンション牛群（個体管理牛群）に対する給与評価試験

ホルスタイン種40頭の搾乳牛群を用いた。40頭の搾乳牛のうち、10月、11月および12月の3回すべての牛群検定記録がある24頭を供試牛とした。供試牛の平均分娩後日数は 179.6 ± 130.4 日、産次は 2.2 ± 1.0 であった。10月および12月を対照期とし、11月は給与期とし、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを給与する APS 区13頭と無添加ポテトパルプサイレージを給与する CPS 区11頭に分けた。

③給与飼料

・試験1：フリーストール搾乳牛群（群管理牛群）に対する給与評価試験

すべての搾乳牛に混合飼料（TMR）を給与した。TMRの対照期の飼料構成は表3に示すように、グラスサイレージ、コーンサイレージ、ヘイレージ、ルーサン乾草、ビール粕、大豆粕、屑大豆および2種類の搾乳牛用配合飼料であった。APS期には、搾乳牛用配合飼料の半量をアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージと替えて、CPS期には同様に無添加ポテトパルプサイレージと替えてTMRを調製し、それぞれ牛群検定の10日前から牛群検定当日まで給与した。表4に給与飼料の成分を示した。また、表5に対照期、APS期およびCPS期のTMRの飼料成分を示した。

表3. フリーストール搾乳牛群に給与したTMRの飼料構成（現物重量；kg/日・群）

給与飼料	対照期	APS 期	CPS 期
グラスサイレージ	750	750	750
コーンサイレージ	850	850	850
ヘイレージ	70	70	70
ルーサン乾草	120	120	120
ビール粕	100	100	100
大豆粕	22.7	22.7	22.7
屑大豆 ¹⁾	120	120	120
配合飼料 1	160	160	160
配合飼料 2	160	80	80
APS ²⁾	0	500	0
CPS ³⁾	0	0	500

1) 屑大豆は12時間水に浸漬し、TMRに混合したときの重量

2) APS: アミロマイセス添加・調製ポテトパルプサイレージ

3) CPS: 無添加調製ポテトパルプサイレージ

表4. フリーストール搾乳牛群に給与した TMR 中の飼料成分 (乾物以外は乾物中%)

給与飼料	乾物	TDN ¹⁾	粗蛋白質	でんぷん	粗脂肪	灰分
グラスサイレージ	31.3	48.6	15.4	—	4.2	8.1
コーンサイレージ	29.0	65.6	7.6	20.8	3.7	5.8
ヘイレージ	76.5	52.0	9.2	—	2.2	7.0
ルーサン乾草	86.1	52.2	15.2	—	1.5	12.4
ビール粕	71.8	94.0	25.9	4.5	10.1	6.1
大豆粕	87.1	91.0	45.6	2.8	6.3	6.7
屑大豆 ²⁾	30.2	102.4	44.1	2.8	17.7	4.3
配合飼料 1	85.4	76.1	22.6	34.4	2.5	5.2
配合飼料 2	86.0	74.3	21.7	39.9	2.3	5.6
APS ³⁾	21.5	68.4	5.3	56.8	0.3	1.5
CPS ⁴⁾	20.7	67.7	5.3	56.6	0.1	1.5

1) TDN は日本標準飼料成分表(2001年版)による推定値

2) 屑大豆は 12 時間水に浸漬した後の成分

3) APS:アミロマイセス添加・調製ポテトパルプサイレージ

4) CPS:無添加調製ポテトパルプサイレージ

表5. フリーストール搾乳牛群に給与した TMR の各試験期での飼料成分 (乾物以外は、乾物中%)

	対照期	APS 期	CPS 期
乾物	44.2	38.9	38.8
TDN ¹⁾	66.0	65.7	65.6
粗蛋白質	17.3	15.8	15.8
ADF ²⁾	20.4	19.6	19.7
NDF ³⁾	34.3	33.1	33.2
でんぷん	15.2	17.8	17.6
NFC ⁴⁾	29.3	32.0	31.8
粗脂肪	4.2	3.9	3.9
灰分	6.9	6.4	6.5
OCC ⁵⁾	48.2	49.2	49.1
OCW ⁶⁾	44.9	44.3	44.5

1) TDN は日本標準飼料成分表(2001年版)による推定値

2) ADF:酸性デタージェント繊維

3) NDF:中性デタージェント繊維

4) NFC:非繊維性炭水化物(非構造的炭水化物)

5) OCC:細胞内有機物(細胞内容物)

6) OCW:細胞壁有機物(総繊維)

・試験2:スタンション搾乳牛群(個体管理牛群)に対する給与評価試験

供試牛は個体別に管理し、飼料を給与した。個体別の給与飼料は表6に示すように、対照期は2種類の乳牛用配合飼料、圧片とうもろこし、イネ科乾草、コーンサイレージ、グラスサイレージ、ヘイレージをAPS区、CPS区の両区に給与した。給与期にはAPS区には圧片とうもろこしに替えてアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを、CPS区には無添加ポテトパルプサイレージを給与した。これらの飼料の成分を表7に、各試験期の試験区ごとの1日あたり乾物給与量とその成分を表8に示した。

表6. スタンション搾乳牛群に給与した飼料の構成 (平均現物重量 ; kg/日・頭)

給与飼料	対照期		給与期	
	APS 区	CPS 区	APS 区	CPS 区
グラスサイレージ	8.8	8.9	8.0	7.8
コーンサイレージ	14.8	14.9	15.0	14.9
ヘイレージ	8.8	8.9	8.0	7.8
イネ科乾草	3.0	3.0	3.0	3.0
配合飼料1	9.3	9.4	9.5	9.4
配合飼料2	1.9	1.9	2.0	2.0
圧片とうもろこし	2.0	2.0	0	0
APS ¹⁾	0	0	5.9	0
CPS ²⁾	0	0	0	5.6

1) APS: アミロマイセス添加・調製ポテトパルプサイレージ

2) CPS: 無添加調製ポテトパルプサイレージ

表7. スタンション搾乳牛群に給与した飼料の成分 (乾物以外は乾物中%)

給与飼料	乾物	TDN ¹⁾	粗蛋白質	でんぷん	粗脂肪	灰分
グラスサイレージ	32.4	58.0	18.1	—	4.4	7.7
コーンサイレージ	21.0	65.0	11.7	18.4	3.6	6.1
ヘイレージ	85.2	55.4	9.0	—	2.1	6.3
イネ科乾草	85.1	65.2	13.3	—	3.0	7.6
配合飼料1	85.9	73.1	23.3	26.9	2.9	6.7
配合飼料2	83.9	68.5	14.5	16.3	3.5	8.8
圧片とうもろこし	86.5	89.1	9.5	64.8	5.5	1.6
APS ²⁾	21.5	68.4	5.3	56.8	0.3	1.5
CPS ³⁾	20.7	67.7	5.3	56.6	0.1	1.5

TDN は、日本標準飼料成分表(2001年版)による推定値

1) APS: アミロマイセス添加・調製ポテトパルプサイレージ

2) CPS: 無添加調製ポテトパルプサイレージ

表 8. スタンション搾乳牛群の試験期ごとの 1 日あたり乾物給与量とその飼料成分
(乾物給与量および乾物割合以外は、乾物中%)

	対照期		給与期	
	APS 区	CPS 区	APS 区	CPS 区
乾物割合 (%)	56.1	56.1	51.0	51.0
乾物給与量 (kg/日)	27.3	27.6	26.2	25.8
TDN ¹⁾	65.7	65.6	64.7	64.7
粗蛋白質	15.2	15.2	15.3	15.3
ADF ²⁾	22.8	23.0	22.3	22.3
NDF ³⁾	35.3	35.6	34.7	34.8
でんぷん	15.0	14.7	14.4	14.2
NFC ⁴⁾	33.6	34.3	38.4	38.2
粗脂肪	3.2	3.1	2.9	2.9
OCC ⁵⁾	46.4	46.3	46.1	46.0
OCW ⁶⁾	47.0	47.2	47.3	47.4

1) TDN は、日本標準飼料成分表 (2001 年版) による推定値

2) ADF: 酸性デタージェント繊維

3) NDF: 中性デタージェント繊維

4) NFC: 非繊維性炭水化物 (非構造的炭水化物)

5) OCC: 細胞内有機物 (細胞内容物)

6) OCW: 細胞壁有機物 (総繊維)

④測定項目と測定方法

・試験 1: フリーストール搾乳牛群 (群管理牛群) に対する給与評価試験

供試牛の 9 月 (対照期)、10 月 (APS 期)、11 月 (CPS 期) および 12 月 (対照期) の牛群検定記録から、乳量、乳脂肪率、乳蛋白質率、乳中尿素態窒素濃度 (MUN)、乳糖率、無脂固形分率を用いた。また、APS 期および CPS 期の乳量は、対照期の 9 月および 12 月の乳量からそれぞれ推定乳量を算出した。

・試験 2: スタンション搾乳牛群 (個体管理牛群) に対する給与評価試験

供試牛の 10 月 (対照期)、11 月 (給与期) および 12 月 (対照期) の牛群検定記録から、乳量、乳脂肪率、乳蛋白質率、乳中尿素態窒素濃度 (MUN)、乳糖率、無脂固形分率を用いた。また、給与期の乳量は、対照期の 10 月および 12 月の乳量から推定乳量を算出した。さらに、牛群検定の翌日に頸静脈から血液を採取し、血液成分を測定した。血液成分は、総蛋白質、アルブミン、GOT、 γ -GTP、総コレステロール、中性脂肪 (TG)、カルシウム、リン、マグネシウム、尿素態窒素、遊離脂肪酸、グルコースおよび乳酸のそれぞれの濃度を測定した。血液成分の分析は、十勝臨床検査センターに依頼して行なった。

⑤統計解析

SAS の GLM プロシジャを用いて、分散分析により解析を行なった。危険率が 0.05 未満 ($P < 0.05$) のとき、試験区間または試験期間に有意な差があるとした。また、それぞれ算出した推定乳量と実測乳量の比較は、対応のある t 検定で行なった。

3-(5) 乳酸生成糸状菌を利用したポテトパルプサイレージのめん羊に対する給与評価試験

①試験場所と試験期間

帯広畜産大学において、2003年10月21日から11月25日までの5週間試験を実施した。3週目に乾草および併給飼料摂取量を測定し、4週目に消化率、窒素出納およびエネルギー出納測定試験をおこなった。

②供試家畜

4～5ヵ月齢のサフォーク種×ポールドーセット種去勢雄めん羊12頭（平均体重47.6 kg）を供試した。これらを受作為に3区に分け、それぞれ4頭ずつポテトパルプサイレージを給与しない対照区、圧片とうもろこしに替えてアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを給与するAPS区、無添加ポテトパルプサイレージを給与するCPS区とした。

③給与飼料

供試羊は、屋外ペンで個別に飼養した。1日あたりの増体量を0.2kgに設定し、対照区には必要な養分要求量の70%を濃厚飼料（肉牛用配合飼料0.5kg/日と圧片とうもろこし0.5kg/日）とし、チモシー乾草を自由に採食させ、APS区は圧片とうもろこし0.5kgをアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ2.0kgと替えて給与し、同様にCPS区には無添加ポテトパルプサイレージ2.0kgと替えて給与した。併給飼料中の蛋白質量を調整するため、APS区およびCPS区には大豆粕を添加して給与した。水および固形塩は自由摂取とし、給与飼料は同量ずつ朝夕2回に分けて給与した。1日の給与飼料の構成を表9に、供試飼料の成分とエネルギー含量を表10に示した。

表9. めん羊への給与飼料の構成 (g/日)

	対照区	APS区	CPS区
配合飼料	500	500	500
圧片とうもろこし	500	—	—
大豆粕	—	50	50
APS ¹⁾	—	2000	—
CPS ²⁾	—	—	2000
チモシー乾草	自由	自由	自由

- 1) APS:アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ
2) CPS:無添加ポテトパルプサイレージ

表10. 供試飼料の成分およびエネルギー含量 (乾物以外は乾物中%または乾物中含量)

	乾物 %	有機物 %	粗蛋白質 %	NDF ¹⁾ %	GE ²⁾ MJ/kg
配合飼料	86.9	94.5	18.6	18.4	18.8
圧片とうもろこし	84.3	98.7	8.9	12.8	18.7
大豆粕	87.8	93.0	52.4	11.9	19.6
APS ³⁾	22.8	98.6	4.9	19.1	17.0
CPS ⁴⁾	19.5	98.4	5.2	20.7	17.1
チモシー乾草	84.7	95.1	6.5	68.8	18.7

- 1) NDF: 中性デタージェント繊維
2) GE: 総エネルギー
3) APS:アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ
4) CPS:無添加ポテトパルプサイレージ

④測定項目と測定方法

供試めん羊の体重を毎週1回同時刻に測定した。試験開始3週目に5日間、乾草と併給飼料の摂取量を5日間測定し、日平均飼料摂取量を算出した。また、試験開始4週目に全糞全尿採取を5日間行い、乾物、有機物、粗蛋白質、中性デタージェント繊維 (NDF) および総エネルギー (GE) の消化率と窒素出納を測定した。全糞全尿採取5日間のうち2日間呼吸試験を併せて実施し、エネルギー出納を測定した。

⑤統計解析

SAS の GLM プロシジャを用いて分散分析を行い、試験区間で差が認められた測定値については Tukey の多重比較により解析を行なった。危険率が0.05未満 ($P < 0.05$) のとき、試験区間に有意な差があるとした。

3-(6)リゾプス添加ポテトパルプサイレージおよび *A. rouxii* 菌体投与がラットの脂質代謝に及ぼす影響

①実験動物と飼育条件

7週齢の F344/DuCrj 雄ラット20匹を用いた。飼育条件は室温 23 ± 1 ℃、湿度 60 ± 5 % とし、明暗周期12時間 (明7:00、暗19:00) とした。ラットはプラスチックケージ内で個別に飼育した。ラットは5匹ずつ4区に分け、投与実験に用いた。

②実験食および投与試験

実験食は AIN76 を基本として、それに0.5% コレステロールおよび0.125% コール酸ナトリウムを添加した高コレステロール食を作成した。対照区は高コレステロール食を、無添加ポテトパルプサイレージ給与区 (CPS 区) は高コレステロール食中のコーンスターチを無添加ポテトパルプサイレージに替えて、リゾプス添加ポテトパルプサイレージ給与区 (RPS 区) は同様に *R. oryzae* 添加ポテトパルプサイレージに替えて、アミロマイセス菌体投与区 (AD 区) は、高コレステロール食に3% の *A. rouxii* 菌体を添加して給与した。表11に実験食餌成分を示した。

投与試験は、ラットを1週間市販の粉末飼料を与えて予備飼育した後、1日1匹あたり20gの実験食を4週間給与して行なった。

試験開始時および7日ごとに体重と食餌摂取量を測定した。摂取量は、給与量と残量の差から求めた。また、試験開始後0、1、2および4週目に頸静脈から採血を行い、得られた血清を分析まで -30 ℃で保存した。また、糞は試験開始4週目の3日間採取した。投与試験終了後、ラットをネンブタール麻酔によりと殺し、ただちに心臓採血、肝臓および盲腸を採取し、肝臓および盲腸は冷生理食塩水で洗浄した後、乾燥した濾紙で水分を除去して重量を測定後、 -80 ℃で凍結保存した。

表11. 実験食餌成分 (%)

	対照区	CPS 区	RPS 区	AD 区
カゼイン	25.0	25.0	25.0	25.0
コーンオイル	5.0	5.0	5.0	5.0
ミネラル類	3.5	3.5	3.5	3.5
ビタミン類	1.0	1.0	1.0	1.0
セルロースパウダー	5.0	5.0	5.0	5.0
コレステロール	0.5	0.5	0.5	0.5
塩化コリン	0.2	0.2	0.2	0.2
コール酸ナトリウム	0.125	0.125	0.125	0.125
コーンスターチ	15.0	—	—	15.0
CPS ¹⁾	—	15.0	—	—
RPS ²⁾	—	—	15.0	—
AD ³⁾	—	—	—	3.0
シュクロース ⁴⁾	44.675	44.675	44.675	41.675

- 1) CPS: 無添加ポテトパルプサイレージ
- 2) RPS: リゾプス添加ポテトパルプサイレージ
- 3) AD: *A. rouxii* 菌体
- 4) シュクロースを加えて、全体を 100 とした。

③測定項目と測定方法

血清中の酵素法により、総コレステロール、HDL コレステロールおよび中性脂肪(TG)の各濃度について測定した。VLDL+IDL+LDL コレステロール濃度は総コレステロール濃度と HDL コレステロール濃度との差から求めた。

肝臓中の全脂質およびコレステロール濃度は、肝臓の脂質をクロロホルム-メタノール混液で抽出後、得られた全脂質を 5% 塩酸性メタノールで加水分解し、得られた中性脂質メチルエステル誘導体から薄層クロマトグラフィによりコレステロール画分を得て、この画分をガスクロマトグラフィにより中性ステロールの定量分析を行い、求めた。

盲腸内の短鎖脂肪酸濃度は、ガスクロマトグラフィにより酢酸、プロピオン酸および酪酸を分析し、これらの酸の合計を総短鎖脂肪酸とした。

糞中の胆汁酸濃度は、抽出後ガスクロマトグラフィによりデオキシコール酸、コール酸、ケノデオキシコール酸およびリトコール酸の同定を行い、求めた。

肝臓中のコレステロール代謝に関わる mRNA 発現は HMG-CoA reductase、cholesterol α -hydroxylase および LDL receptor について RT-PCR およびサザンブロット法により測定した。

④統計解析

リゾプス添加ポテトパルプサイレージ投与がラット脂質代謝へ及ぼす影響の検討では、対照区、RPS 区および CPS 区で得られたデータを SAS の GLM プロシジャで分散分析を行い、有意差の認められたものについては、Duncan の多重比較を実施した。また、アミロマイセス菌体投与がラットの脂質代謝に及ぼす影響の検討では、対照区および AD 区で得られたデータを student's t test で解析を行なった。

3-(7)リゾプス添加ポテトパルプサイレージを給与した肉牛の糞尿堆肥化試験

①供試材料

糞尿は夢がいっぱい牧場（大樹町）で実施した肉用育成牛に対する給与評価試験で排出されたものを供試した。すなわち、ポテトパルプサイレージを給与されていない対照区、リゾプス添加ポテトパルプサイレージを給与された RPS 区、無添加ポテトパルプサイレージを給与された CPS 区から排出された糞尿を用いた。供試した糞尿は水分含量が77～79%と高かったため、水分調整のための副材料としてエコカールマット（カラマツ間伐材をスライスしてカール状にしたもの）を添加した。

②堆肥化試験

本試験では、各試験区の差異を検討するため、小規模な擬似発酵試験を行なった。各試験区の糞尿20kgをプラスチックコンテナ（57×39×30cm 容量約54L）に入れ、エコカールマット0.5kgを加えて混合した（写真1～3）。通気孔を開けたビニールシートで表面を覆い、60℃の恒温器内に静置した（写真4）。6週間までは1週間おきに攪拌し、8週目に再度攪拌した後、12週間目まで恒温器内に静置した。その後、堆肥の熟成を促すため室温で15週間まで放置し、堆肥化終了とした。攪拌時および終了時に重量を測定し、堆肥の形状や臭気を観察した。また、堆肥化開始時（0週目）、堆肥化6週間後および堆肥化終了時に一部の試料を採取し、分析試料とした。



写真1. 原料糞尿 (対照区)



写真2. エコカールマット添加



写真3. 原料混合・攪拌

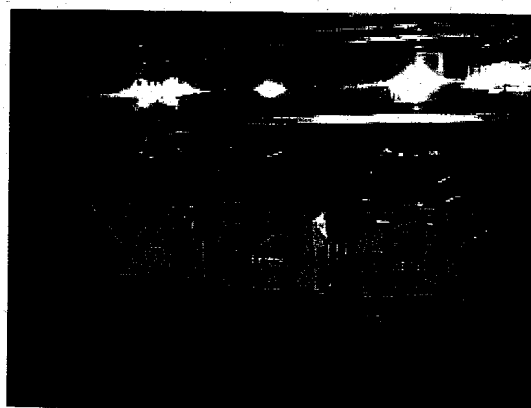


写真4. 恒温器内での発酵

③分析項目と分析方法

堆肥化0週目、6週目および15週目に採取した試料を105℃の乾燥機で24時間以上乾燥した後、水分含量を求めた。また、得られた乾燥試料を微粉碎機で粉碎し、pH および電気伝導度、全炭素・窒素含量と腐植化度を分析した。

pH および電気伝導度は、試料と蒸留水を1:10の割合で混合して測定した。全炭素・窒素含量は、乾式燃焼法 (CHN 全自動元素分析装置エレメンタル社 vario EL III) により測定した。腐植化度は、試料0.3g を遠心管にいれ、0.025M ピロリン酸ナトリウム溶液30ml を加えて16時間振とう後、10,000rpm で20分間遠心分離し、さらに乾燥ろ紙を用いてろ過した。ろ液を蒸留水で5倍に希釈し、分光光度計を用いて、抽出された腐植物質に由来する波長550nm における吸光度を測定した。測定値を100倍した指標値を腐植化度として示した。

4. 結果および考察

4-1(1)肉用牛に対する給与評価試験

・試験1：肉用育成牛に対する給与評価試験

供試牛は、給与された飼料のほとんどを採食した。CPS 区の1頭が鼓脹症により淘汰されたため解析の対象から除いた。したがって、解析は対照区6頭、RPS 区7頭、CPS 区5頭の計18頭で行なった。

①摂取養分量と増体量

表12に試験期間1日1頭あたりの養分摂取量を示した。対照区はRPS 区およびCPS 区と比較して、粗蛋白質摂取量が有意に多かった ($P < 0.05$)。試験期間28日間の各試験区の増体量は対照区33.3kg、RPS 区41.1kg、CPS 区37.6kg となり、RPS 区、CPS 区、対照区の順に大きい傾向を示した。また、平均日増体量は、対照区1.19kg、RPS 区1.47kg、CPS 区1.34kg であった。

図1に試験期間における体重の推移を示した。RPS 区とCPS 区が対照区より増体量が大きい傾向を示したことは、対照区において給与飼料のうち配合飼料の粗蛋白質含量が約20%と高かったため、ルーメン内の蛋白質とエネルギーのバランスが悪く、蛋白質が過剰であったが、RPS 区とCPS 区では給与したポテトパルプサイレージ中の粗蛋白質含量が少なかったため、蛋白質とエネルギーのバランスが改善されたと考えられた。日本飼養標準肉用牛 (2000年版)³⁾によると、乳用種去勢牛の300~350kg の粗蛋白質要求量がTDN 要求量に占める割合は、17~19%であるのに対して、本試験ではどの試験区においても20%以上と粗蛋白質摂取量が多かったが、とくに対照区では25%と過剰であった (表12)。また、TDN と粗蛋白質の摂取量はRPS 区がCPS 区よりわずかに多く、これらのことがRPS 区の増体量を最も大きくしたと考えられた。

表12. 肉用育成牛の1日1頭あたりの養分摂取量 (kg/日・頭)

	対照区	RPS 区	CPS 区
乾物	6.99	7.72	7.68
TDN	5.18	5.22	5.20
粗蛋白質(CP)	1.29	1.07	1.06
NFC ¹⁾	3.16	3.77	3.63
粗脂肪	0.29	0.22	0.22
CP/TDN (%)	24.9	20.5	20.4

1)NFC：非繊維性炭水化物(非構造的炭水化物)

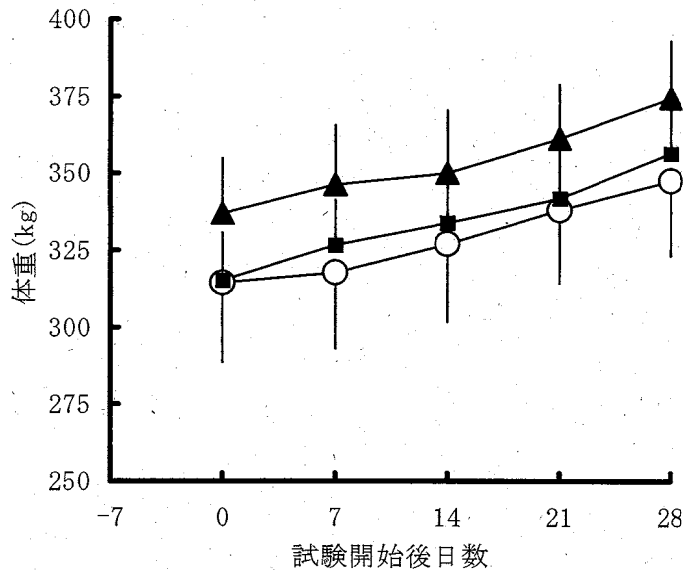


図1. ホルスタイン種去勢育成牛の体重変化に及ぼすリゾプス添加ポテトパルプサイレージ給与の影響
○, 対照区; ■, RPS 区; ▲, CPS 区。

②血液成分

試験開始時から試験期間中の血液成分において、各試験区とも総蛋白質濃度は6.7~7.8 g/dl の範囲で、アルブミン濃度は3.8~4.1g/dl の範囲で、グルコース濃度は62~90mg/dl の範囲で変動し、試験区間で差はみられなかった。また、血中 GOT および γ -GTP 濃度はそれぞれ63~83U/L および15~24U/L の範囲で変動し、試験区間に差はみられなかった。血中カルシウム濃度 (Ca) およびリン濃度 (P) にも試験区間で差はなく、それぞれ10.2~10.9mg/dl、7.3~8.6mg/dl の範囲であった。血中マグネシウム濃度 (Mg) は、試験開始7日目で CPS 区が他の2区より高い値を示したが、14日目以降各試験区間で差はみられず、1.9~2.5mg/dl の範囲であった。

ホルスタイン種去勢育成牛の血中脂質成分に及ぼすリゾプス添加ポテトパルプサイレージ給与の影響を図2に示した。血中脂質成分において総コレステロール濃度 (TCH) は、試験開始14日目および21日目で、RPS 区が対照区および CPS 区より有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。中性脂肪濃度 (TG) では、試験開始21日目に対照区が RPS 区および CPS 区より有意に低い値を示し ($P < 0.05$)、28日目には対照区が CPS 区より有意に低かった。遊離脂肪酸濃度 (NEFA) は、採血日ごとの変動が大きかった。

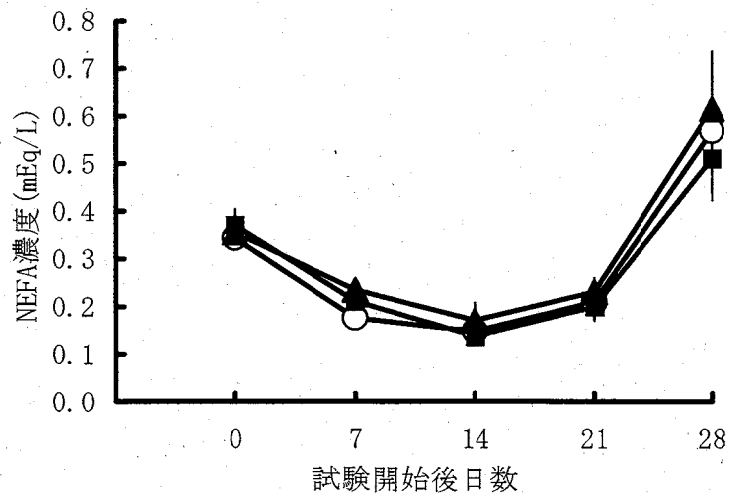
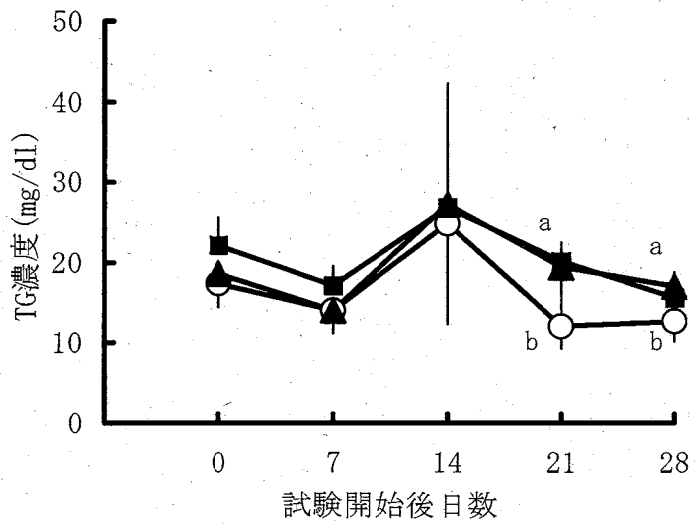
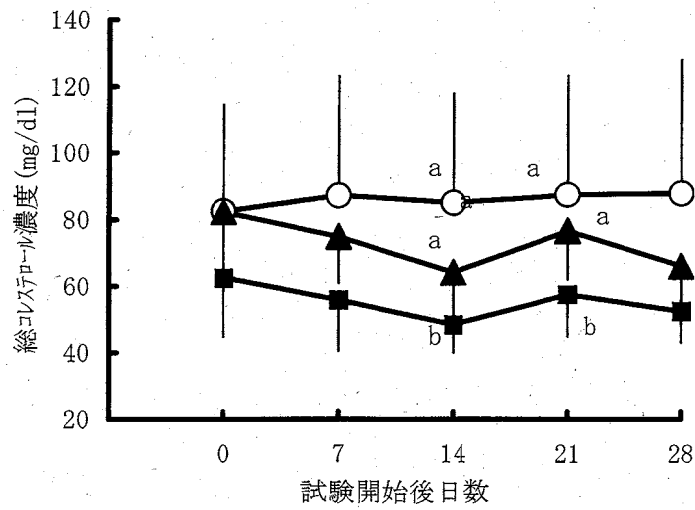


図2. ホルスタイン種去勢育成牛の血中脂質成分に及ぼすリゾプス添加
 ポテトパルプサイレージ給与の影響
 ○, 対照区; ■, RPS区; ▲, CPS区。a, b: 異なる肩文字間に有意差有り (P<0.05)

供試牛の血中総蛋白質、アルブミン、グルコース、GOT、 γ -GTP およびミネラル成分である Ca、P、Mg 濃度はいずれも育成牛の正常値の範囲内であり、供試牛は健康であったと考えられた。

血中脂質成分において、TCH で差がみられたことは、TCH と摂取 TDN 量および増体量との関連が深いことが報告されており⁴⁾、各試験区の増体量に差がみられたことと関連すると思われた。TG では対照区が試験開始21日に低かったことは、対照区が他の区より増体量が少なかったことと関連するとも考えられるが、詳細については不明であった。また、NEFA は気温や栄養状態およびストレスで大きく変化することが知られており、採血日によって、供試牛の状態や気温が異なったため変動が大きかったと考えられた。

血中尿素態窒素濃度 (BUN) と乳酸濃度に及ぼすリゾプス添加サイレージ給与の影響を図3に示した。BUN は、試験開始7日目以降試験終了時まで対照区に比べ、RPS区およびCPS区が有意に低い値を示した。また、乳酸濃度は試験開始14日目以降RPS区が常に対照区より高い値を示し、28日目では対照区が他の2区より有意に低かった。これは、表12に示したように、配合飼料と替えてポテトパルプサイレージ給与したことにより、粗蛋白質摂取量が減少し、NFC 摂取量が増加したこと、および給与したリゾプス添加ポテトパルプサイレージ中の乳酸含量が多かったためと考えられた。

以上のことから、リゾプス添加ポテトパルプサイレージは、肉用育成牛の嗜好性も良く、エネルギー供給源の飼料として十分に有用であることが明らかとなった。

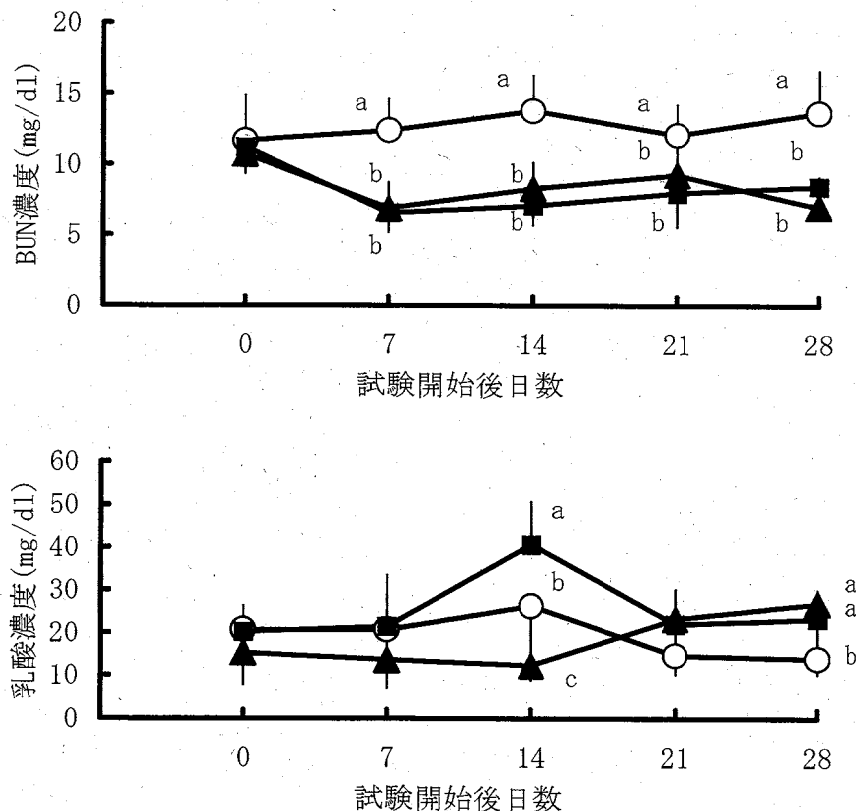


図3. ホルスタイン種去勢育成牛の BUN および乳酸濃度に及ぼすリゾプス添加ポテトパルプサイレージ給与の影響

○, 対照区; ■, RPS区; ▲, CPS区。a, b, c: 異なる肩文字間に有意差有り (P < 0.05)

・試験2：肥育牛に対する給与評価試験

表13に各試験区の試験期間1日あたりの摂取飼料成分を示した。アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを含めて、給与飼料はそのほとんどが採食された。配合飼料2kgとポテトパルプサイレージ10kgを替えて給与したため、乾物およびTDN摂取量は対照区よりAPS区、CPS区がやや多く、粗蛋白質摂取量は対照区が多かった。

表13. ホルスタイン種去勢肥育牛の1日1頭あたりの摂取飼料成分量 (kg/日・頭)

	対照区	APS区	CPS区
乾物	8.58	9.00	8.92
TDN	6.51	6.63	6.56
粗蛋白質(CP)	1.16	1.02	1.01
でんぷん	3.92	4.24	4.19
NFC ¹⁾	4.80	5.27	5.20
粗脂肪	0.29	0.24	0.23
灰分	0.37	0.33	0.33
CP/TDN(%)	17.8	15.4	15.4

1) NFC：非繊維性炭水化物(非構造型炭水化物)

表14に試験開始時体重、増体量、飼養期間および平均日増体量を示した。供試牛は体重が650kg程度で、週2～3頭の割合で出荷された。そのため、試験開始時体重がやや大きかったAPS区は、試験期間内に8頭が出荷され、APS区およびCPS区は4頭ずつが出荷された。このため、日増体量を算出する飼養期間は、APS区が他の区よりやや短かった。日増体量においてAPS区が他の区より有意に大きく、またCPS区は対照区より大きい値を示した(P<0.05)。これは、APS区が対照区よりTDN摂取量がやや多く、粗蛋白質摂取量が少なかったためと考えられた。日本飼養標準肉用牛(2000年版)³⁾によると、体重550kg以上のホルスタイン種去勢肥育牛の粗蛋白質とTDNの要求量の比(CP/TDN%)は、約13%であることから本試験ではいずれの区もCP摂取量が多かった。とくに対照区では、CP/TDNは18%と多かったため、増体量が少なかったと考えられた。

出荷された供試牛のうち、試験開始後4週間以上経過した牛(対照区2頭、APS区4頭、CPS区3頭)の出荷体重、枝肉重量および格付成績を表15に示した。いずれの測定値においても、試験区間で差はみられなかった。

ホルスタイン種去勢肥育牛の格付成績は、歩留等級B、肉質等級2の「B-2」が最も一般的で、格付されるホルスタイン種去勢肥育牛の枝肉の約60%が「B-2」である。本試験においても、「B-2」がほとんどを占めた。また、CPS区の歩留等級の値が他の試験区より低かったことは、供試牛の1頭のロース芯面積が小さかったため、歩留基準値が69未満となり、結果として歩留等級が「C」となったことによる。対照区の肉質等級が他の区より低い値をしめたことは、対照区の1頭の枝肉重量が小さく、肉の締まり・きめ等級が「1」であったことによる。

表14. ホルスタイン種去勢肥育牛の増体量に及ぼす
アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与の影響

	対照区	APS区	CPS区
開始時体重(kg)	551.5±48.3	625.9±27.9	554.8±48.2
増体量(kg)	30.5±8.3	37.8±17.0	40.4±10.8
飼養期間(日)	38.5±9.9	28.0±12.5	40.4±4.7
日増体量(kg/日)	0.821±0.190 ^c	1.361±0.208 ^a	1.005±0.251 ^b

平均値±標準偏差で示した。

a, b, c: 異符号間で有意差あり (P<0.05)。

表15. ホルスタイン種去勢肥育牛の格付成績に及ぼす
アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与の影響

	対照区	APS区	CPS区
出荷頭数	2	4	3
出荷体重(kg)	629.5±21.9	649.8±12.4	640.3±21.4
枝肉重量(kg)	354.5±29.0	360.8±9.1	359.0±6.2
歩留等級 ¹⁾	2.0±0.0	2.0±0.0	1.67±0.58
肉質等級 ²⁾	1.5±0.71	2.0±0.0	2.0±0.0
ロース芯面積(cm ²)	37.5±6.4	40.0±3.5	34.3±7.5
ばら厚(cm)	4.5±1.3	5.3±0.6	5.2±0.4
皮下脂肪厚(cm)	1.1±0.7	1.8±0.3	1.6±0.6
歩留基準値 ³⁾	69.8±0.7	70.0±0.6	69.3±0.5
BMS No. ⁴⁾	2.0±0.0	2.0±0.0	2.0±0.0
脂肪交雑等級	2.0±0.0	2.0±0.0	2.0±0.0
BCS No. ⁴⁾	4.0±0.0	3.8±0.5	3.7±0.6
肉の色沢等級	2.0±0.0	2.3±0.5	2.0±0.0
締まり・きめ等級	1.5±0.7	2.3±0.5	2.0±0.0
BFS No. ⁴⁾	2.0±0.0	2.0±0.0	2.0±0.0
脂肪の色沢と質等級	3.5±0.7	4.0±0.0	4.0±0.0

平均値±標準偏差で示した。

1) 歩留等級「A」(標準より優れる)=3、「B」(標準)=2、「C」(劣る)=1として算出した。

2) 肉質等級「5」; かなり良い、「4」; やや良い、「3」; 標準、「2」; 標準に順ずる、「1」; 劣る、として算出した。

3) 歩留基準値 72以上=歩留等級「A」、69~72=「B」、69未満=「C」

4) BMS: 牛脂肪交雑基準、BCS: 牛肉色基準、BFS: 牛脂肪色基準

したがって、ホルスタイン種去勢肥育牛の格付成績にはアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与の影響はなかったと思われる。しかし、肉質に関する調査を実施していないため、乳酸生成糸状菌添加ポテトパルプサイレージを給与して生産された牛肉の肉質についての詳細な検討が望まれる。

以上の結果から、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージの給与は肥育牛に対して、嗜好性がよく、増体量を改善し、格付等級に影響を及ぼさないことから、仕上げ期の肥育牛の飼料として十分に有用であることが明らかとなった。

4-(2)搾乳牛に対する給与評価試験

試験1：フリーストール搾乳牛群（群管理牛群）に対する給与評価試験

供試牛は、給与されたTMRを好んで採食し、牛の状態は健康であった。アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを混合したTMR給与時（APS期）には、供試牛はとくに好んでTMRを採食した。

表16に搾乳牛群へのアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が乳量および乳成分に及ぼす影響を示した。実測乳量は、試験期間の進行と共に減少し、搾乳牛での泌乳曲線とほぼ一致した。泌乳曲線から推測した推測乳量は、有意差はなかったがAPS期では実測乳量より多い傾向が、無添加ポテトパルプサイレージを給与したCPS期では少ない傾向がみられた。乳脂肪率では、APS期が他の試験期より有意に低い値を示した（ $P < 0.05$ ）。乳蛋白質率は、CPS期が他の試験期より有意に高かった（ $P < 0.05$ ）。乳糖率は、乳量と同様に試験期間の進行と共に減少した。また、無脂固形分率は、CPS期が9月の対照期より有意に高い値を示した。乳中尿素態窒素濃度（MUN）は、APS期が最も低く、またCPS期は9月の対照期より有意に低かった（ $P < 0.05$ ）。

表16. フリーストール搾乳牛群に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が乳量および乳成分に及ぼす影響

	対照期 (9月)	APS期 (10月)	CPS期 (11月)	対照期 (12月)
実測乳量(kg/日)	25.9±6.3	25.2±6.5	21.7±5.8	22.5±6.7
推測乳量 ¹⁾ (kg/日)	—	24.7±6.2	23.6±6.3	—
乳脂肪率(%)	4.7±0.9 ^a	4.3±0.8 ^b	4.8±0.7 ^a	4.6±0.7 ^a
乳蛋白質率(%)	3.4±0.4 ^a	3.6±0.5 ^a	3.8±0.4 ^b	3.6±0.5 ^a
乳糖率(%)	4.5±0.2 ^a	4.4±0.2 ^b	4.4±0.2 ^b	4.3±0.2 ^c
無脂固形分率(%)	8.9±0.4 ^a	8.9±0.5 ^{ab}	9.1±0.5 ^b	8.9±0.5 ^{ab}
MUN ²⁾ (mg/dl)	16.8±2.7 ^b	9.7±1.7 ^d	15.5±2.4 ^b	12.1±2.4 ^c

平均値±標準偏差で示した。

a, b, c, d: 異なる肩文字間で有意差あり（ $P < 0.05$ ）。

1) 予測乳量は、9月と12月の乳量から算出した。

2) MUN: 乳中尿素態窒素濃度

APS期で、推測乳量が実測乳量より多い傾向を示したことは、供試牛が好んでTMRを採食し、TDN摂取量が増加したためと思われる。乳脂肪率がAPS期で有意に低下したことは、APS期において対照期よりNDF給与割合がやや少なく、でんぷん給与量が増加したためと考えられた。一般に、乳脂肪率は乾草やグラスサイレージなどのNDFを多く含んだ粗飼料の給与が少なく、でんぷんの給与量が増加すると減少することが知られており、本試験の結果もAPS期にNDFの給与量がやや不足したものと思われる。また、APS期に乳中尿素態窒素濃度（MUN）が最も低かったことは、粗蛋白質を多く含む配合飼料と替えてポテトパルプサイレージを給与したため、粗蛋白質の摂取量が減少し、エネルギーの摂取量が多かったためと考えられる。MUNの基準値として個体では8~16mg/dl、バルク乳では10~14mg/dlが推奨されており⁵⁾、APS期では、やや粗蛋白質の給与量が不足していたと考えられた。

以上のことから、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージは、粗蛋白質と良質な繊維を含むグラスサイレージなどを補うことにより、搾乳牛のTMRの材料として嗜好性がよく、十分に有用であることが明らかとなった。

・試験2：スタンション搾乳牛群（個体管理牛群）に対する給与評価試験

①血液成分

表17にスタンション搾乳牛群に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が血液成分に及ぼす影響を示した。血液成分において、総蛋白質、肝機能の指標となる GOT および γ -GTP、脂質成分である総コレステロール、中性脂肪 (TG) および遊離脂肪酸 (NEFA)、グルコース、乳酸および Ca、P、Mg 濃度には差はみられなかった。

表17. スタンション搾乳牛群に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が血液成分に及ぼす影響

	対照期(10月)		給与期(11月)		対照期(12月)	
	APS区	CPS区	APS区	CPS区	APS区	CPS区
総蛋白質(g/dl)	7.1±0.2	7.1±0.1	7.4±0.3	7.4±0.3	7.2±0.3	7.1±0.6
アルブミン(g/dl)	3.9±0.2 ^a	3.6±0.2 ^A	4.3±0.2 ^b	4.1±0.3 ^B	4.1±0.3 ^a	3.8±0.2 ^A
GOT(IU/L)	85.8±10.9	83.5±15.6	91.5±12.2	89.9±18.5	83.5±14.4	80.5±18.0
γ -GTP(IU/L)	26.5±6.6	26.7±3.3	23.5±5.8	24.8±6.8	23.3±3.9	25.9±5.9
Tch(mg/dl)	199.2±33.8	180.5±33.1	220.5±41.1	200.8±36.6	202.5±35.3	186.1±39.8
TG(mg/dl)	6.9±1.4	7.5±1.8	8.2±1.3	8.0±1.2	7.9±1.5	6.7±1.6
NEFA(mEq/L)	0.33±0.11	0.30±0.02	0.29±0.04	0.29±0.02	0.45±0.11	0.45±0.10
グルコース(mg/dl)	57.6±6.4	60.8±3.4	59.5±5.0	60.1±3.0	56.5±4.8	58.0±4.2
乳酸(mg/dl)	8.9±4.9	7.5±2.6	8.2±5.2	6.8±1.6	7.5±3.3	5.9±1.0
BUN(mg/dl)	17.2±2.1 ^a	16.6±2.2	13.4±1.5 ^b	15.1±3.4	17.3±2.1 ^a	16.7±2.7
Ca(mg/dl)	10.0±0.7	10.2±0.4	9.9±0.5	10.1±0.5	9.2±0.5	9.3±0.3
P(mg/dl)	5.4±1.1	5.1±0.8	5.5±1.3	5.2±1.2	5.0±1.2	4.7±0.3
Mg(mg/dl)	2.4±0.3	2.3±0.2	2.2±0.2	2.2±0.3	2.3±0.1	2.4±0.2

APS区13頭、CPS区11頭の平均値±標準偏差で示した。

a, b; A, B: 同じ試験区内で異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

Tch: 総コレステロール濃度、TG: 中性脂肪(トリグリセリド)、NEFA: 遊離脂肪酸

BUN: 血中尿素態窒素濃度

また、給与期(11月)において、APS区とCPS区との間にはいずれの血液成分にも有意な差はなかった。アルブミン濃度では、給与期においてAPS区およびCPS区とも対照期より有意に高い値を示した (P<0.05)。血中アルブミン濃度は、減少すると乳成分および繁殖成績が低下することが報告されており⁶⁾、給与期のAPS区で最も高い値を示したことは、牛の健康状態が良かったためと考えられた。血中尿素態窒素濃度 (BUN) は、給与期でAPS区が対照期より有意に低い値を示した (P<0.05)。このことは、粗蛋白質給与割合は対照期と給与期で同様であったが、乾物給与量が減少したため、給与期のAPS区において対照期より粗蛋白質の摂取量が少なかったためと考えられる。

以上のことから、搾乳牛群に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与は、血液成分にほとんど変化を及ぼさず、アルブミン濃度を増加することによって搾乳牛群をより健康に維持する効果をもつと考えられた。

②乳量および乳成分

表18にスタンション搾乳牛群に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が乳量および乳成分に及ぼす影響を示した。実測乳量と推測乳量の比較では、APS区は増加傾向が、CPS区は減少傾向を示し、TMR給与のフリーストール搾乳牛群の成績と同

様であった。すなわち、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージが無添加ポテトパルプサイレージより嗜好性がよく、好んで採食されたため、乳量の増加傾向がみられたと考えられた。また、本試験では、濃厚飼料のうち配合飼料ではなく、圧片とうもろこし2kgとポテトパルプサイレージ約6kgとを替えて給与したため、乳脂率、乳蛋白率、乳糖率および無脂乳固形分率（SNF）に対照期と給与期で差がみられなかった。しかし、給与期において、10月の対照期と比較して、乳中尿素態窒素濃度（MUN）がAPS区で有意に減少し（ $P<0.05$ ）、CPS区では減少の傾向を示した。このことは、血液中のBUNがMUNに反映されたためと考えられた。しかし、給与期のMUNは、MUNの推奨値（10～14mg/dl）⁵⁾の範囲内にあり、MUNの低下は問題ないものと考えられた。

表18. スタンション搾乳牛群に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が乳量および乳成分に及ぼす影響

	対照期(10月)		給与期(11月)		対照期(12月)	
	APS区	CPS区	APS区	CPS区	APS区	CPS区
実測乳量(kg)	32.7±9.1	34.4±6.2	30.8±8.7	29.5±6.4	28.1±8.7	28.4±6.8
推測乳量(kg)	—	—	30.4±8.7	31.4±6.2	—	—
乳脂率(%)	4.2±0.8	3.8±0.6	4.1±0.7	4.1±0.6	4.2±0.8	4.0±0.7
乳蛋白率(%)	3.5±0.4	3.3±0.4	3.4±0.4	3.3±0.4	3.6±0.4	3.4±0.4
乳糖率(%)	4.4±0.3	4.5±0.3	4.5±0.2	4.5±0.3	4.5±0.2	4.5±0.3
SNF率(%)	8.9±0.4	8.7±0.5	9.0±0.4	8.8±0.5	9.0±0.4	8.8±0.4
MUN(mg/dl)	14.0±1.7	14.3±1.8	11.8±1.9	13.3±2.1	14.4±2.1	16.2±3.4

APS区13頭、CPS区11頭の平均値±標準偏差で示した。

a, b; A, B: 同じ試験区内で異なる肩文字間に有意差あり（ $P<0.05$ ）。

SNF: 無脂乳固形分、MUN: 乳中尿素態窒素濃度

以上のことから、エネルギー飼料としてアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを利用することにより、搾乳牛を健康に維持し、また乳成分を変化させることなく泌乳期の進行に伴う乳量の減少を抑制することが可能と考えられた。

4-(3) 乳酸生成糸状菌を利用したポテトパルプサイレージのめん羊に対する給与評価試験 ① 乾物採食量

表19にめん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が乾物採食量に及ぼす影響を示した。対照区、APS区およびCPS区ともに給与した併給飼料はほぼ全量を採食した。APS区は併給飼料採食量が他の試験区より多かったにもかかわらず、1日あたりの乾草採食量がCPS区より有意に多く（ $P<0.05$ ）、対照区より多い傾向を示した。また、1日あたりの総乾物採食量は、APS区が対照区およびCPS区より有意に多かった（ $P<0.05$ ）。代謝体重あたりの乾物採食量においても、統計的な差はなかったが、APS区の乾草採食量が他の試験区より多い傾向がみられた。

APS区において、他の試験区より乾物採食量が多かったことは、各供試めん羊は個別に、ほぼ同様な条件で飼養されていたことから、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が乾物採食量を増加させた一因と考えられるが、詳細については明らかではない。今後、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージが採食量を増加させる要因をもっているか詳細な検討が望まれる。

表19. めん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が
1日1頭あたりの乾物採食量に及ぼす影響

	対照区	APS区	CPS区
	-----1日あたり採食量 (g/日)-----		
併給飼料 ¹⁾	852 ^c	935 ^a	869 ^b
乾草	361 ^{ab}	392 ^a	324 ^b
総摂取量	1,213 ^b	1,327 ^a	1,193 ^b
	----1日・代謝体重1kgあたり採食量(g/kgMBS/日)----		
併給飼料	44.8	49.5	46.7
乾草	18.7	20.8	17.4
総摂取量	63.5	70.3	64.1

a, b, c : 異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

¹⁾併給飼料：対照区は肉牛用配合飼料、圧片とうもろこし、APS区は肉牛用配合飼料、大豆粕、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ、CPS区は肉牛用配合飼料、大豆粕、無添加ポテトパルプサイレージ

②消化率

表20にめん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が消化率に及ぼす影響を示した。APS区の乾物、有機物、粗蛋白質およびエネルギー消化率は対照区より有意に低かった (P<0.05) が、CPS区との間には差はみられなかった。一方、NDF消化率は、各試験区間で差はみられなかった。飼料の消化率は、乾物採食量が増加すると少ないときと比べ、低下することが知られている。したがって、APS区で消化率が対照区より低かったことは、前に述べたように乾物採食量がAPS区で対照区より有意に多かったためと考えられた。

表20. めん羊に対するアミロマイセス添加
ポテトパルプサイレージ給与が消化率に及ぼす影響

	対照区	APS区	CPS区
乾物 (%)	78.2 ^a	75.2 ^b	75.7 ^{ab}
有機物 (%)	79.6 ^a	76.6 ^b	76.9 ^{ab}
粗蛋白質 (%)	69.4 ^a	60.6 ^b	61.1 ^b
NDF ¹⁾ (%)	49.8	51.5	52.9
総エネルギー (%)	77.6 ^a	72.7 ^b	73.3 ^b

a, b : 異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

¹⁾NDF : 中性デタージェント繊維

③窒素出納およびエネルギー出納

表21にめん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が窒素出納に及ぼす影響について、表22にエネルギー出納に及ぼす影響について示した。窒素出納およびエネルギー出納については、摂取窒素量および摂取エネルギー量を100としたときの各窒素量および各エネルギー量の割合で示した。

窒素出納では、APS区およびCPS区は糞中への窒素損失割合が対照区より有意に多かった (P<0.05) が、尿中への窒素損失割合が対照区より減少する傾向を示した。一方、窒素蓄積率では各試験区間で差はみられなかった。

エネルギー出納では、APS区およびCPS区は糞中へのエネルギー損失割合が対照区より有意に多かった (P<0.05) が、尿中およびメタンとしての損失割合および熱発生量は

対照区とほぼ同程度で、蓄積エネルギー率は対照区に比べ、APS区およびCPS区で低い傾向がみられたが、統計的な差は認められなかった。また、APS区およびCPS区のエネルギー代謝率は対照区より有意に低かった ($P < 0.05$) が、エネルギー正味利用率は、対照区とAPS区およびCPS区との間に差はみられなかった。

表21. めん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が窒素出納に及ぼす影響

	対照区	APS区	CPS区
摂取窒素 ¹⁾ (%)	100	100	100
糞中窒素 (%)	30.6 ^b	39.4 ^a	38.9 ^a
尿中窒素 (%)	41.6	34.2	33.2
蓄積窒素 (%)	27.8	26.4	27.9

a, b: 異なる肩文字間に有意差あり ($P < 0.05$)。

¹⁾各試験区の摂取窒素量を100として算出した。

表22. めん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与がエネルギー出納に及ぼす影響

	対照区	APS区	CPS区
摂取エネルギー (%)	100	100	100
糞中エネルギー (%)	22.4 ^b	27.3 ^a	26.7 ^a
尿中エネルギー (%)	2.6	2.5	2.4
メタンエネルギー (%)	4.9	5.9	6.0
熱発生量 (%)	44.2	42.3	45.8
蓄積エネルギー (%)	25.9	22.0	19.1
エネルギー代謝率 (%)	70.1 ^a	64.3 ^b	64.9 ^b
正味利用率 (%)	50.1	43.9	44.1

a, b: 異なる肩文字間に有意差あり ($P < 0.05$)。

¹⁾各試験区の摂取エネルギー量を100として算出した。

窒素出納において、APS区は糞中への窒素損失割合が対照区より有意に多かったことは、乾物採食量が対照区より多く、粗蛋白質の消化率が低かったため、糞中への窒素損失割合が多かったと考えられた。また、エネルギー出納においてもエネルギー消化率がAPS区は対照区より低かったため、糞中へのエネルギー損失割合が多かったと考えられた。蓄積窒素率および蓄積エネルギー率では各試験区間に差がみられなかったことから、圧片とうもろこしと替えてアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを給与しても、窒素蓄積量やエネルギー蓄積量は変化しないと考えられた。

④体重変化

図4にめん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与が体重の変化に及ぼす影響を示した。試験開始時の平均体重は各試験区とも47.6kgであったが、試験開始5週間後の体重は、対照区、APS区およびCPS区でそれぞれ52.5、52.4および50.8kgであった。各試験区の平均日増体量は、対照区、APS区およびCPS区でそれぞれ0.14、0.14および0.09kg/日であり、対照区とAPS区との間には差はみられなかったが、CPS区は対照区およびAPS区より有意に小さい値であった ($P < 0.05$)。

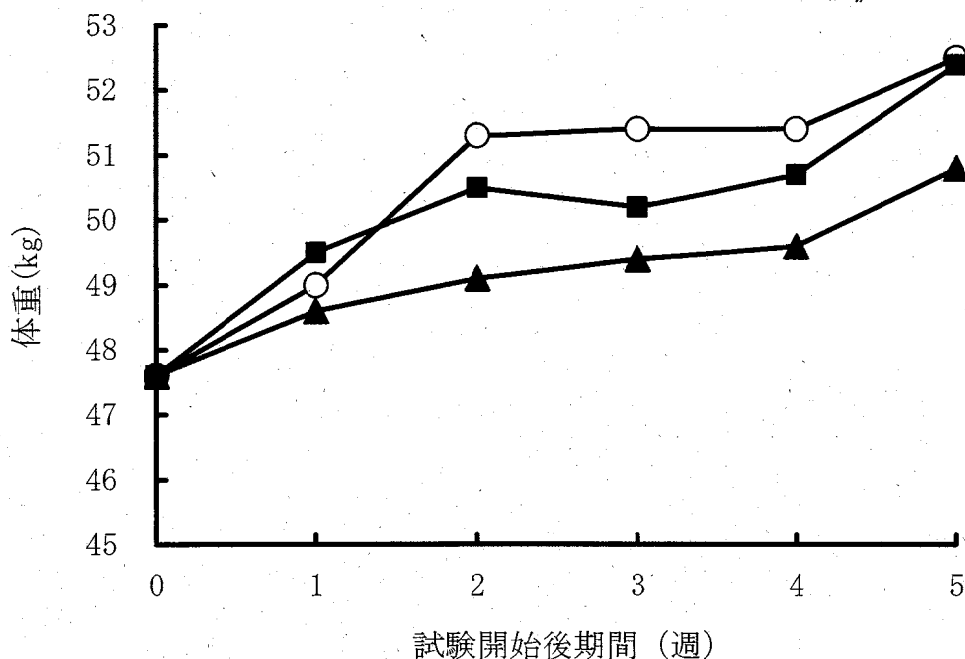


図4. めん羊に対するアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ
 給与が体重の変化に及ぼす影響
 ○, 対照区; ■, APS区; ▲, CPS区

以上のことから、めん羊に給与する濃厚飼料のうち圧片とうもろこし500gをアミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ2kgと替えて給与したとき、繊維成分以外の化学成分およびエネルギーの消化率は低かったが、窒素蓄積率およびエネルギー蓄積率に差はみられなかった。また、消化率の低下は、アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージを給与しためん羊の乾物摂取量が増加したためと考えられた。アミロマイセス添加ポテトパルプサイレージ給与により、乾物摂取量が増加し、日増体量が大きくなり、濃厚飼料主体の肥育めん羊の増体と同様な増体成績が得られた。

4-(4)リゾプス添加ポテトパルプサイレージおよび *A. rouxii* 菌体投与がラット脂質代謝へ及ぼす影響

①リゾプス添加ポテトパルプサイレージ投与がラット脂質代謝へ及ぼす影響

表23にリゾプス添加ポテトパルプサイレージ投与がラットの増体量、飼料摂取量、臓器重量および糞重量に及ぼす影響を示した。飼料摂取量は試験区間で差はみられなかったが、試験期間4週間での体重増加量は、対照区とRPS区で差はなくCPS区は他の試験区より有意に少なかった ($P < 0.05$)。このことからポテトパルプサイレージにリゾプスを添加して調製することは、ラットの小腸での消化・吸収に有利な影響を及ぼすことが推察された。

また、肝臓重量、盲腸重量および糞重量は、ポテトパルプサイレージを給与したRPS区およびCPS区が対照区より有意に大きい値を示し ($P < 0.05$)、腸内発酵が促進され、機能性の高い短鎖脂肪酸の生成が増加した可能性が考えられた。

表23. リゾプス添加ポテトパルプサイレージ投与がラットの増体量、
飼料摂取量、臓器重量および糞重量に及ぼす影響

	対照区	RPS 区	CPS 区
開始時体重(g)	183±5	182±5	182±2
体重増加量(g/4週)	60±5 ^a	54±5 ^{ab}	48±7 ^b
飼料摂取量(g/4週)	416±24	419±40	420±44
肝臓重量(g/100gbody)	4.6±0.2 ^b	4.9±0.1 ^a	5.0±0.2 ^a
盲腸重量(g/100gbody)	1.5±0.1 ^b	2.8±0.6 ^a	2.9±0.2 ^a
糞重量(g/日)	1.3±0.1 ^b	2.7±0.7 ^a	2.5±0.7 ^a

a, b: 異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

リゾプス添加ポテトパルプサイレージ投与がラットの血清脂質成分に及ぼす影響を図5に示した。血清脂質成分には、試験期間を通じて各試験区間に差はみられなかった。

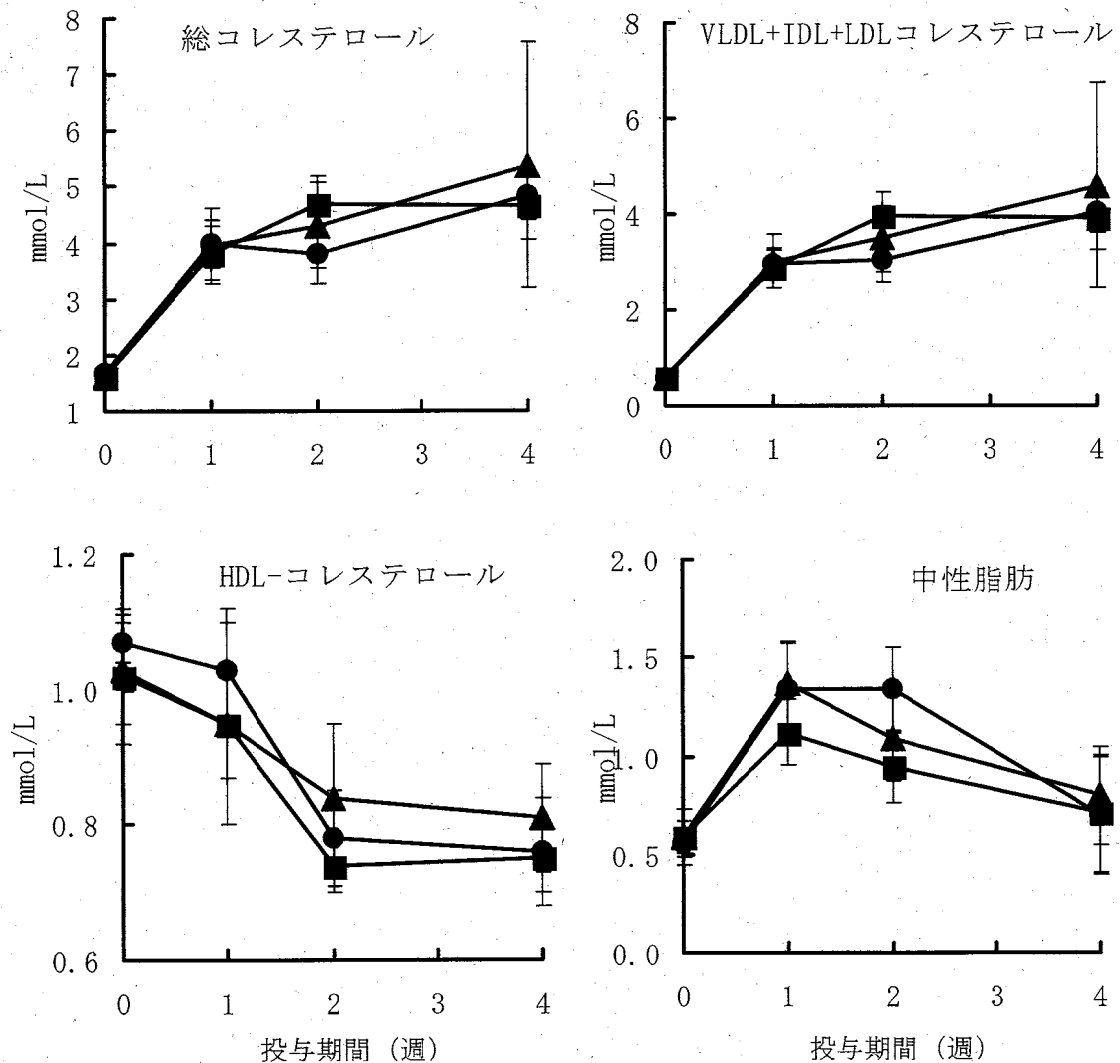


図5. リゾプス添加ポテトパルプサイレージ投与がラットの血清脂質成分に及ぼす影響

●, 対照区; ■, RPS 区; ▲, CPS 区

② *A. rouxii* 菌体投与がラット脂質代謝へ及ぼす影響

表24にアミロマイセス菌体投与がラットの増体量、飼料摂取量、臓器重量および糞重量に及ぼす影響を示した。対照区と *A. rouxii* 菌体を投与したAD区との間に、試験期間4週間における体重増加量および飼料摂取量には差がみられなかった。また、肝臓重量においても差はなかった。しかし、盲腸重量と糞重量は対照区に比べAD区で有意に大きい値を示したことから、盲腸内の発酵が促進されていたと考えられた。

表24. *A. rouxii* 菌体投与がラットの増体量、飼料摂取量、臓器重量および糞重量に及ぼす影響

	対照区	AD区
開始時体重(g)	183±5	181±5
体重増加量(g/4週)	60±5	52±9
飼料摂取量(g/4週)	416±24	400±29
肝臓重量(g/100gbody)	4.6±0.2	4.8±0.2
盲腸重量(g/100gbody)	1.5±0.1 ^b	1.8±0.2 ^a
糞重量(g/日)	1.3±0.1 ^b	1.5±0.1 ^a

a, b: 異なる肩文字間に有意差あり (P<0.05)。

図6に *Amyromyces rouxii* 菌体投与がラットの血清脂質成分に及ぼす影響を示した。血清総コレステロール濃度は投与後1週目からAD区が対照区と比べ有意に低い値を示し、投与期間を通して常に対照区より低く推移した。HDLコレステロール濃度は、投与1週目にAD区が対照区より有意に低い値を示し、2週目以降AD区が対照区より常に低い傾向を示した。また、VLDL+IDL+LDLコレステロール濃度においても、総コレステロール濃度と同様に、投与1週目以降AD区が対照区より常に低く推移した。中性脂肪においては、有意差はみられなかったが、投与1週目以降AD区が対照区より低い傾向を示した。

表25に *Amyromyces rouxii* 菌体投与がラットの肝臓における全脂質およびコレステロール濃度、盲腸内短鎖脂肪酸濃度に及ぼす影響を示した。

肝臓の全脂質濃度およびコレステロール濃度は、対照区とAD区との間に差はみられず、*Amyromyces rouxii* 菌体投与の影響は認められなかった。

盲腸内容物中のpHはAD区が対照区より有意に低かった。また、短鎖脂肪酸濃度は、AD区が対照区に比べ、酢酸、プロピオン酸および総短鎖脂肪酸濃度が有意に高い値を示した (P<0.05)。酪酸濃度では、各投与区間で有意な差はみられなかった。

表26にアミロマイセス菌体投与がラットの糞中胆汁酸濃度に及ぼす影響を示した。胆汁酸は投与期間の最終3日間に採取した糞中の濃度を測定した。糞中胆汁酸濃度は、デオキシコール酸、コール酸、ケノデオキシコール酸およびリトコール酸濃度において、対照区とAD区との間に有意な差はみられず、総胆汁酸濃度においても各投与区間で差はみられなかった。しかし、いずれの胆汁酸および総胆汁酸濃度において、AD区が対照区より高い傾向を示し、*Amyromyces rouxii* 菌体投与は、胆汁酸の糞中への排泄量を増加させる傾向があることが認められた。

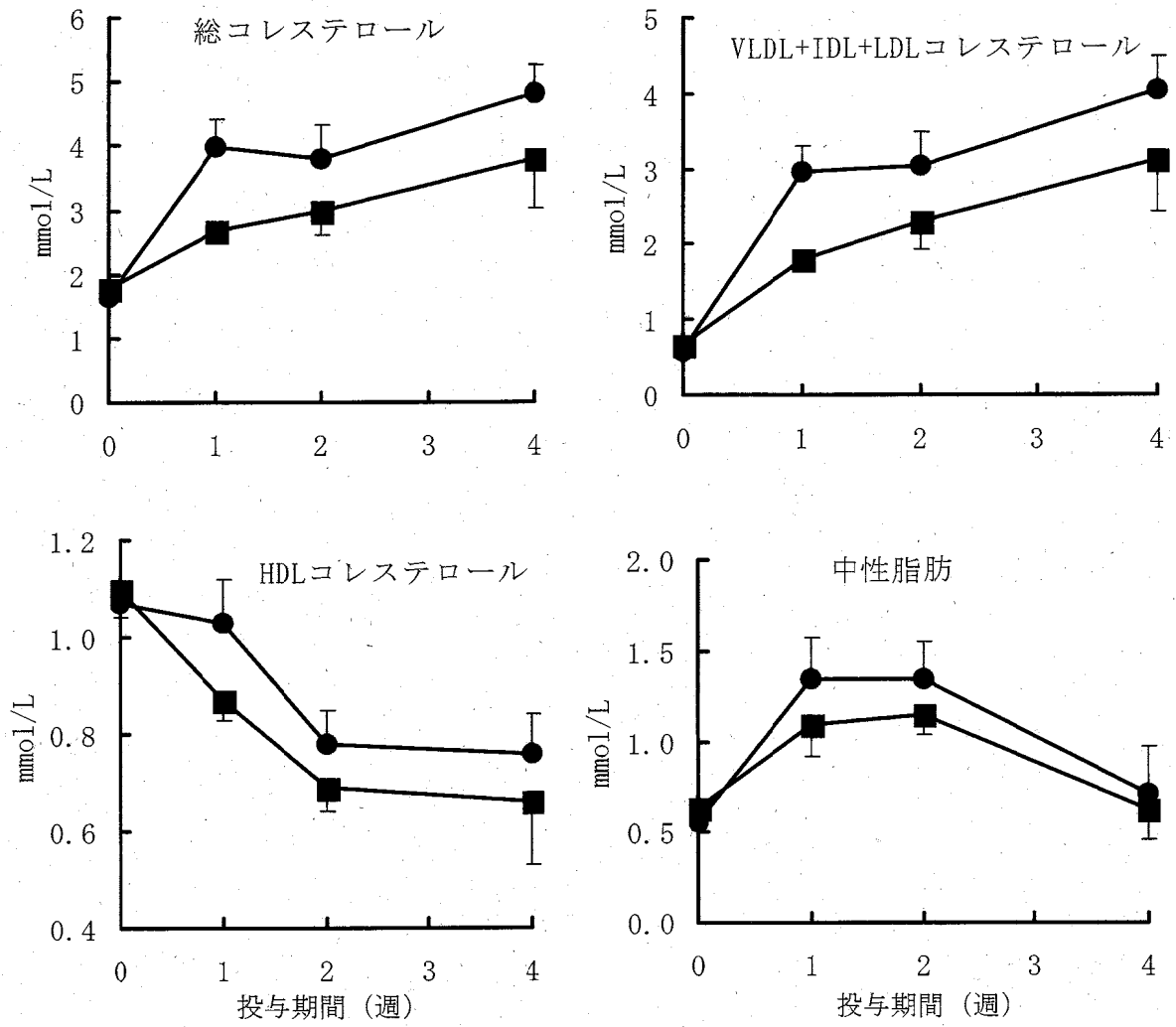


図6. *Amyromyces rouxii* 菌体投与がラットの血清脂質成分に及ぼす影響
 ●, 対照区; ■, AD。a,b:異なる肩文字間に有意差有り (P<0.05); c,d:
 異なる肩文字間に有意差有り (P<0.01)

表25. *Amyromyces rouxii* 菌体投与がラットの肝臓における全脂質および
 コレステロール濃度、盲腸内短鎖脂肪酸濃度に及ぼす影響

		対照区	AD区
肝臓 ¹⁾	全脂質(mg/g)	109.5±10.5	115.2±8.9
	コレステロール(μmol/g)	16.0±4.1	17.7±1.9
盲腸内 ²⁾	pH	7.00±0.16 ^b	6.67±0.16 ^a
	酢酸(μmol/g)	24.1±4.1 ^b	40.1±5.4 ^a
	プロピオン酸(μmol/g)	2.8±0.7 ^b	5.4±0.9 ^a
	酪酸(μmol/g)	1.5±0.4	2.2±0.7
	総SCFA ³⁾ (μmol/g)	28.3±4.8 ^b	47.7±6.3 ^a

平均値±標準偏差で示した。a,b:異なる肩文字間に有意差有り (P<0.05)。
¹⁾全脂質およびコレステロール濃度は肝臓湿重量 1g あたりの濃度で示した。
²⁾短鎖脂肪酸濃度は、盲腸湿重量 1g あたりの濃度で示した。
³⁾総 SCFA: 総短鎖脂肪酸濃度

表26. *Amyromyces rouxii* 菌体投与がラットの糞中胆汁酸濃度に及ぼす影響

	対照区	AD区
コール酸 ($\mu\text{mol}/\text{頭}\cdot\text{日}$)	0.53 \pm 0.51	1.10 \pm 0.74
ケトキシコール酸 ($\mu\text{mol}/\text{頭}\cdot\text{日}$)	1.35 \pm 1.08	2.99 \pm 2.00
デオキシコール酸 ($\mu\text{mol}/\text{頭}\cdot\text{日}$)	1.07 \pm 0.38	1.37 \pm 1.03
リトコール酸 ($\mu\text{mol}/\text{頭}\cdot\text{日}$)	1.39 \pm 0.64	1.76 \pm 0.65
総胆汁酸 ($\mu\text{mol}/\text{頭}\cdot\text{日}$)	4.33 \pm 2.45	7.21 \pm 3.46

図7に *Amyromyces rouxii* 菌体投与がラットの肝臓中のコレステロール代謝に関わる mRNA 発現量に及ぼす影響を示した。コレステロールの合成および代謝の律速酵素である HMG-CoA reductase および cholesterol 7 α -hydroxylase の mRNA レベルは、AD区が対照区より有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。また、コレステロールを血液中から肝臓に取り込む LDL receptor mRNA の発現量も AD区が対照区より有意に高かった ($P < 0.05$)。

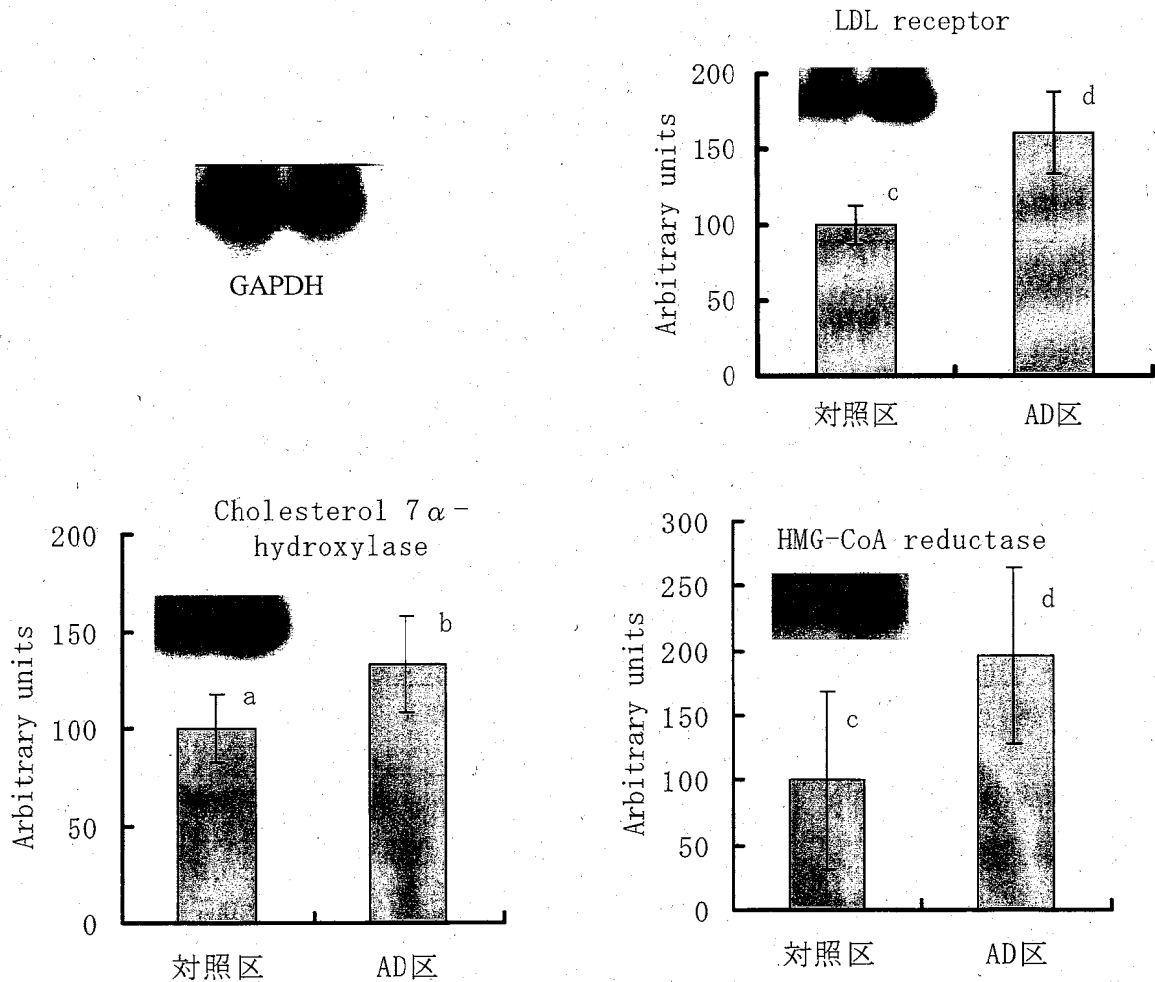


図7. *Amyromyces rouxii* 菌体投与によるラットでの mRNA 発現量
a, b: 異なる肩文字間に有意差有り ($P < 0.05$), c, d: 異なる肩文字間に有意差有り ($P < 0.01$)

図8に *Amyromyces rouxii* 菌体投与によるラットでの各パラメーターの相関関係を示した。血清 VLDL+IDL+LDL コレステロール濃度と LDL receptor 及び短鎖脂肪酸との間にそれぞれ高い負の相関がみられた($r = -0.869, p < 0.01$; $r = -0.693, p < 0.05$)。また、LDL receptor と短鎖脂肪酸との間には高い正の相関がみられた($r = 0.923, p < 0.001$)。

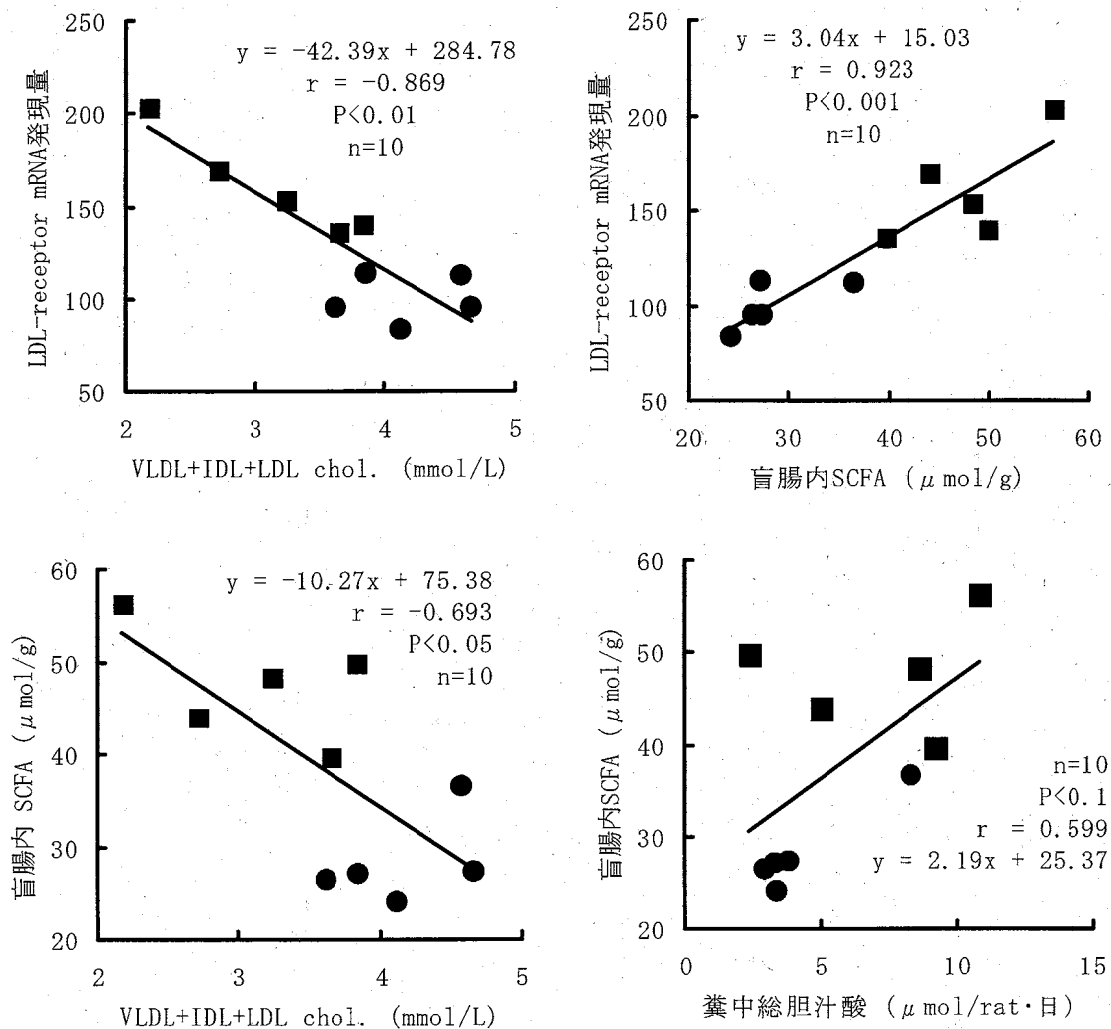


図8. *Amyromyces rouxii* 菌体投与によるラットでの各パラメーターの相関関係
LDL-receptor mRNA 発現量は、対照区の平均値を100としたときの比率。

本試験では、クモノスカビ属の一つである糸状菌 *A. rouxii* 菌体をラットに投与することによる生体内でのコレステロール低下作用について検討した。*A. rouxii* は東南アジアでは発酵食品に広く用いられている糸状菌であり、健康機能性としての利用性が注目されている。*A. rouxii* 菌体をラットに投与しても摂取量や体重増加量に有意な差は認められず、嗜好性に問題がないこと、成長阻害を起こさないことが確認された。本試験で *A. rouxii* 菌体を3%添加した理由として、以前より我々はプロバイオティクスの研究で正菌体3%投与が適していることを明らかにしてきた^{7,8)}。その結果、*A. rouxii* 菌体の場合も血清のコレステロール濃度を有意に下げることが明らかとなった。その低下機構についてはプロバイオティクスが腸管でコレステロールと結合することによりミセル形成が阻害され吸収されないことと、盲腸内で発酵することにより生成された短鎖脂肪酸がコレステロール排

泄の促進を促すこと、吸収後に肝臓のコレステロール合成酵素を阻害することなどが報告されている^{7,8)}。しかしながら、本試験では糞中への中性ステロールの排泄には差は認められなかった。また、肝臓におけるコレステロール合成の律速酵素である HMG-CoA reductase mRNA 発現の増加に伴って、コレステロールから胆汁酸への代謝律速酵素である cholesterol 7 α -hydroxylase の mRNA 発現も増加することが明らかとなった。

さらに、本試験で LDL receptor mRNA 発現が AD 区で対照区と比べ有意に増加することが明らかとなった。この結果は今まで報告されているプロバイオティクスのコレステロール低下作用機構と異なっていた。これは本試験で投与した *A. rouxii* 菌体が盲腸内での短鎖脂肪酸の増加を顕著に促しており、その結果として LDL receptor mRNA 発現を増加させた可能性が高く、試験管レベルでの発酵試験で短鎖脂肪酸が増加する結果と一致していた。また *A. rouxii* 菌体を投与したときのコレステロール低下機構はキノコ繊維を投与したラットでのコレステロール低下作用と非常に類似していた⁹⁾。すなわち、短鎖脂肪酸濃度と LDL receptor mRNA に正の相関が認められ、同時に LDL receptor mRNA と VLDL+IDL+LDL コレステロール濃度との間に負の相関が認められることからこのことが示唆された。さらにコレステロール低下作用が観察されるとき、VLDL+IDL+LDL コレステロール濃度の低下と同時に HDL コレステロールも低下することが報告されている¹⁰⁾。しかし本試験では、投与4週目での HDL コレステロール濃度は、対照区と AD 区で差がなく、HDL コレステロール濃度の有意な低下は認められなかった。したがって、*A. rouxii* 菌体投与は、各組織から過剰のコレステロールを引き抜き肝臓に戻して排泄させる HDL コレステロールの機能を損なわないで血清コレステロールを低下させている可能性が高く、非常に興味深い結果であった。

以上のことから、乳酸生成糸状菌 *A. rouxii* の菌体をラットに投与することにより、盲腸内の短鎖脂肪酸が顕著に増加し、その結果 LDL receptor mRNA 発現が増加して血液中の VLDL+IDL+LDL コレステロール濃度を低下させることが確認できた。このことより *A. rouxii* 菌体はプレバイオティクスとしての有効利用が可能であると考えられた。

4-(5)リゾプス添加ポテトパルプサイレージを給与した肉牛の糞尿堆肥化試験

①堆肥化過程における糞尿の変化

堆肥化の原料となる各試験区の糞尿について、試験開始時の形状や臭気などに大きな違いは認められなかった。糞尿の水分含量は対照区で77%、RPS 区で79%、CPS 区で78%であった。堆肥1週間後および2週間後には、RPS 区およびCPS 区の糞尿表面に白い糸状菌の菌糸が確認された(写真5、6)。いずれの区もアンモニア臭が激しく、有機物の分解と窒素の無機化が進行していると考えられた。堆肥化4週間後には、いずれの区も糞尿が全体的に褐変し、腐植化の進行が伺えた(写真7)。堆肥化6週間後には、いずれの区も堆肥化が進行していたが、アンモニア臭および糞尿臭が依然として感じられた。6週間後における水分含量は対照区で73%、RPS 区で76%、CPS 区で77%であった(写真8)。堆肥化8週目以降は、試験区間で形状および臭気等に差異は見られなかった。堆肥化15週目の終了時には、いずれの区も重量が大幅に減少し、臭気も減少した。攪拌後の状態に大きな違いは認められなかった(写真9~12)。堆肥化終了時における水分含量は対照区で66%、RPS 区で69%、CPS 区で73%であった。

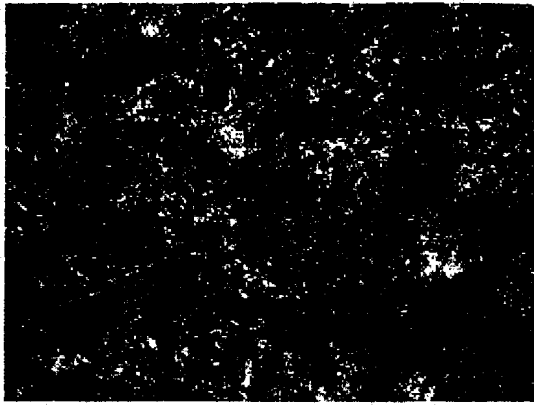


写真5. 堆肥化1週間後 (RPS区)



写真6. 堆肥化2週間後 (CPS区)



写真7. 堆肥化4週間後 (RPS区)

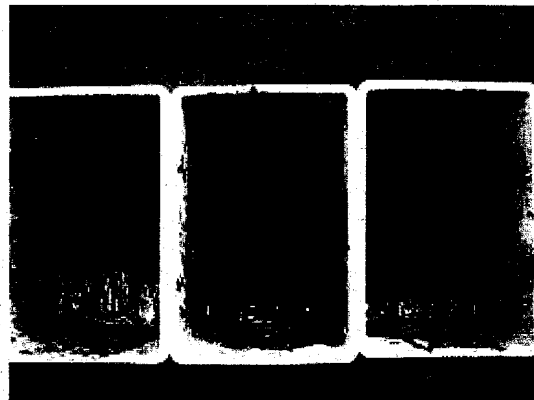


写真8. 堆肥化6週間後 (攪拌後)

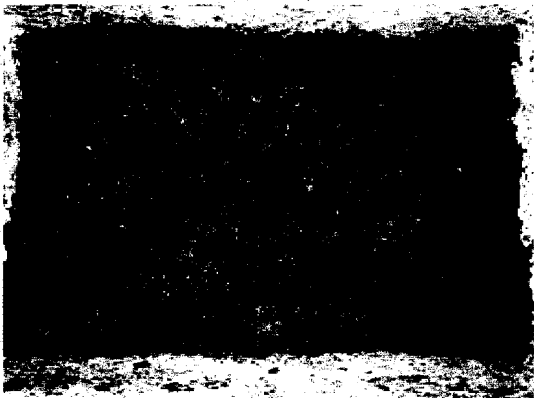


写真9. 对照区



写真10. CPS区



写真11. RPS区

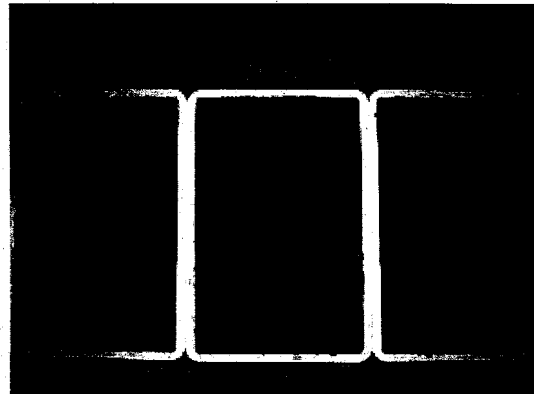


写真12. 堆肥化終了後 (攪拌後)

堆肥化過程における各試験区の重量減少量を図9に示した。いずれの試験区も2週間目から8週間目に減少量が大きくなっており、この時期に微生物分解による無機化と腐植化が活発に進行したと考えられた。最終的には、RPS区で減少量が最も大きかったが、顕著な差ではなかった。減少量の約83~87%は水分の減少に由来し、残りが有機物分解やアンモニア揮散によるものであると推定された。

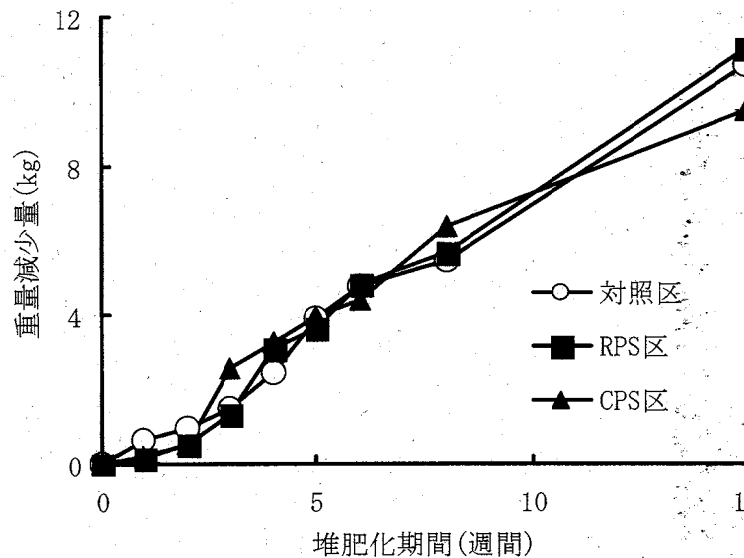


図9. 各試験区における堆肥化期間中の重量減少量

②堆肥化過程における成分の変化

表27に各試験区における堆肥化期間中のpHおよび電気伝導度(EC)の変化を示した。サイレージを給与した区の糞尿は初期のpHが6以下と低く、堆肥化の進行とともに8以上へと増加した。対照区の糞尿の堆肥化に伴うpH変化は比較的少なかった。ECは、いずれの試験区も堆肥化の進行に伴って増加した。堆肥化の進行に伴って有機態窒素の無機化によってアンモニア態窒素が増加しpHが上昇するとともに、その一部が硝酸化成作用によって硝酸態窒素へと変換されるにつれてpHは下降する。これと同時に、無機化の進行によりECは増加する。一方、糞尿に含まれていた乳酸や酢酸などの揮発性脂肪酸が堆肥化の進行に伴って分解ないし揮散することによりpHは上昇する。つまり、以上の変化は、無機態窒素の増減、あるいは揮発性脂肪酸の増減を反映していると考えられる。これらの変化においてRPS区とCPS区との間には大きな差はみられなかった。

表27. 各試験区における堆肥化期間中のpHおよび電気伝導度(EC)の変化

		対照区	RPS区	CPS区
pH	0週目	7.32	5.81	5.98
	6週目	7.02	6.80	6.90
	15週目	7.62	8.20	8.26
EC (mS/cm)	0週目	9.4	8.4	8.7
	6週目	9.3	8.9	9.5
	15週目	10.4	9.8	10.5

表28に各試験区における堆肥化期間中の全炭素量と全窒素量の変化を示した。図9に示した堆肥化期間中の重量変化、試料採取時に測定した水分含量、分析により求めた乾物中の全炭素・窒素含有率から、各時期における糞尿残存物中の全炭素および全窒素の絶対含有量として算出した。その結果、いずれの試験区も堆肥化の進行に伴って全炭素量は減少しており、糞尿中に含まれていた有機物の分解と二酸化炭素としての損失を反映した。一方、全窒素量は0週目から6週目にかけて大きく減少したものの、6週目から15週目にかけては変化が少なく、堆肥化前半にアンモニア揮散に起因する窒素の損失が多かったことが示唆された。全炭素量および全窒素量ともに対照区がやや高い傾向にあったが、RPS区とCPS区との間に差はみられなかった。

表28. 各試験区における堆肥化期間中の全炭素量および全窒素量の変化

		対照区	RPS区	CPS区
全炭素量 (kg)	0週目	1.92	1.78	1.83
	6週目	1.65	1.45	1.32
	15週目	1.25	1.03	1.06
全窒素量 (kg)	0週目	0.096	0.094	0.096
	6週目	0.064	0.069	0.067
	15週目	0.067	0.060	0.058

糞尿を原料とする堆肥の最終的な品質を評価する指標の1つとして“腐熟化”という概念がある。これは、糞尿が十分に発酵することにより、糞尿に含まれる易分解性有機物が減少すると同時に、腐植物質（黒色の高分子化合物）が生成し、堆肥中の有機物が安定化することを意味する。これにより、土壤に堆肥を還元した場合に、土壤微生物の急激な増殖による立枯病などの被害を抑えたり、土壤中の窒素が消費されることによる窒素飢餓などの障害を抑制したりすることが可能となる。つまり、堆肥化の概念は土壤に対してインパクトを最低限に抑えるという“リスクの最小化”を意味する。その指標として、炭素/窒素比（C/N比）と腐植化度を図10に示した。

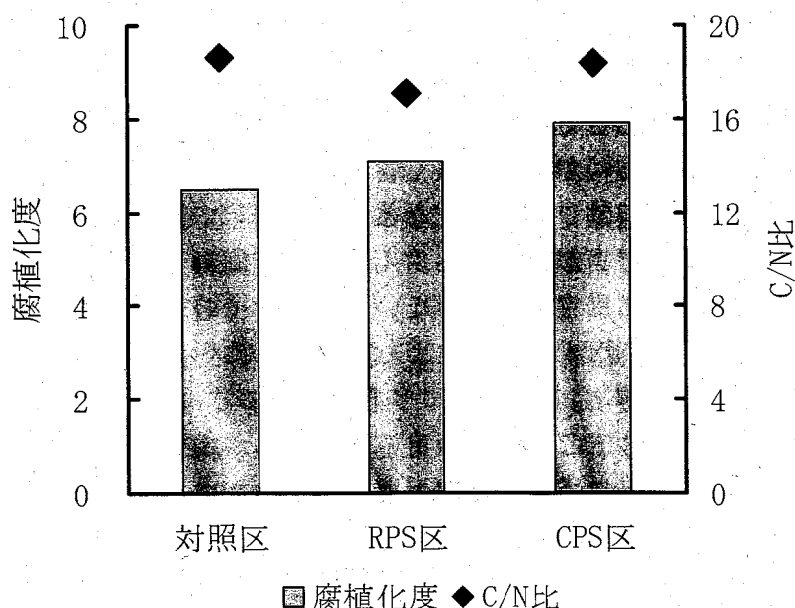


図10. 各試験区における堆肥化終了時の腐植化度とC/N比

堆肥が十分に腐熟した場合、副資材の種類にもよるが、概ね15~20程度になることが求められる。いずれの試験区も最終的にはC/N比が17~19となっており、問題はなかったと言える。一方、腐植化度は副資材としてエコカールマットを添加したために全体的に低い傾向がみられるが、実際の大規模な堆肥化試験ではエコカールマットを加えた牛糞尿が十分に発酵した場合に6~9となる結果が得られており、本試験の結果も良好であったと思われる。C/N比および腐植化度ともに各試験区間でやや違いが見られるが、顕著な差ではないと考えられた。

以上のことから、配合飼料主体で飼養された肉用育成牛（対照区）、リゾプス添加ポテトパルプサイレージを給与した肉用育成牛（RPS区）および無添加調製ポテトパルプサイレージを給与した肉用育成牛（CPS区）から排出された糞尿のいずれについても、堆肥化過程における性状と発酵状態、堆肥化に伴う成分変化と腐熟度に大きな差異は認められなかった。とくに、RPS区とCPS区との間には明瞭な差は認められず、給与した飼料の影響は糞尿とその堆肥化にまでは及ばないと考えられた。しかし、近年は敷料の使用量が減少し、かつ規模拡大による多頭飼育などにより排出される糞尿の水分含量が増加する傾向にあり、堆積による自然発酵が起きにくい現状もみられるようになってきている。本試験では60℃の恒温器内で擬似発酵を行ない、発酵が起こることを前提に試験を進めたが、むしろ糞尿を堆肥盤に堆積した状態で発酵が起こるか否か、すなわち発酵過程で温度が上がるか否かが重要となる。そのような場合には、糞尿中に添加した微生物の影響が残存することにより何らかの変化がみられる可能性も否定できないが、堆肥化温度上昇の決定要因は通気性の確保にあると考えられる。

4-(6)十勝地域におけるでんぷん粕生産の動向と酪農経営における利用

(6)-1 はじめに

でんぷん生産の原料として作付けされているばれいしょは、冷害に頻繁に見舞われる北海道農業の中で農家経営の安定に資する作物であり、かつ高付加価値化を実現するものとして多くの畑作農家によって作付けされてきた。しかしその一方で工場排水による河川の汚染や周辺地域における悪臭発生の問題、さらには副産物として生産されるでんぷん粕（この章ではポテトパルプでなくでんぷん粕を表記）の処理など、いくつかの深刻な環境問題を引き起こしている。

でんぷん粕は、家畜飼料としては高カロリーであるにもかかわらず、その利用は十分とはいえない。これはでんぷん粕が水分を多く含むため重量があり運搬が難しいこと、さらに腐敗しやすいため貯蔵が困難であることなどが理由として指摘されている。このため、輸入家畜飼料の低下もあって、かつてでんぷん粕を家畜飼料として利用していたが現在はこれを中止しているという酪農家も少なくない。しかし、のちに事例的に示すように、でんぷん粕を家畜飼料として利用することによって飛躍的に生産費低下を実現している酪農家が存在することも事実である。

ここで農産物生産費を引き下げる努力の重要性について繰り返すまでもないが、ミクロ経済的には、もちろん農業経営の採算性向上に資することになる。また、比較優位の原則からするならば、交易の中で、他の地域に比較して低生産費の作目部門に特化することが高い利益をもたらすことを意味している。

しかし農産物貿易自由化が進む中で、わが国の農産物生産費を他国のそれと比較するな

らば、土地条件や労賃水準という要素賦存の問題から、競争力ある水準にまで引き下げることはおそらく困難であり、比較優位の面から農産物生産費引き下げを説得的に展開することは難しいといわざるをえない。

他方、農産物保護政策を進めるための国民的合意を取り付けるため、生産費低減のための努力は常に継続させる必要がある。政府に対して一方的に農業保護を求めるのでは、一般の国民からは十分な理解は得にくいと考えられ、農業経営として必要な努力は実施しているが、それでもなお生産費の格差は埋めることが困難であるから、一定の農業保護は必要であると訴える方が、国民的理解は得られやすいであろうと考えられるのである。

さらに近年は、環境への付加をおさえた持続可能な農業への取り組みや、循環型社会への移行が模索される中で、農業生産加工活動における未利用資源の有効活用が注目されている。かつて環境との調和の中で行われてきた農業生産ではあるが、近年は環境へあたえる負荷の大きさ、もしくは環境破壊の側面が注目されるようになってきている。たとえば家畜糞尿の問題、化学肥料多投による地下水・河川汚染の問題などはその最たるものであるといえよう。

先にも述べたようにでん原いもによるでんぷん生産は、悪臭問題やでんぷん粕処理の問題など、環境問題を引き起こしている。でんぷん粕の家畜飼料としての利用は、環境への負荷を低減させる側面からも注目されるといえる。

でんぷん粕は、磨砕されたばれいしょを脱汁機によってでんぷん等の固形物と脱汁に分け、この固形物から遠心篩によってでんぷんが分離された残さのばれいしょ繊維・皮のことである。通常は脱水機によって水分含有量を約80%に調整したのち、ポテトパルプなどと呼ばれて畜産農家の家畜飼料、堆肥原料等に利用されている。日本標準飼料成分表によると、ばれいしょでんぷん粕の乾物中組成では、粗タンパクが5.5%、粗繊維が13%あまりであるが、粗繊維に物理性は期待できないとされている。またTDNが非常に高いため、濃厚飼料の代替飼料としての利用が可能である。このような栄養特性を活用し、家畜飼料としての利用によって、環境への負荷を軽減させるとともに畜産物の生産コスト削減も可能になると考えられるのである。

しかしそのためには解決しなければならない課題も多い。第一には、でんぷん粕の物理的特性の改善であり、腐敗しやすいために保存性に問題があるという性質をいかにして変えていくかということである。第二には、でんぷん粕を有効利用した地域農業のシステム作り、言い換えるならばでんぷん粕の循環を内部化した地域農業システムの構築である。

このうち第一の課題については自然科学的研究手法からの課題解決が求められるが、本稿は主に第二の課題について、検討を加える。具体的には、第一に、十勝地域における副産物としてのでんぷん粕生産の現状を明らかにすることである。ガットによるばれいしょでんぷん割当制度のクロ裁定に端を発する、でんぷん工場再編整備計画によって、北海道内のでんぷん工場は閉鎖と統合が相次いだ。十勝地域でもいくつかの工場が閉鎖されでんぷん粕生産量は変化したが、その背景にはでんぷん原料需要から加工用需要の変化という、ばれいしょ需要の変化があることも見逃せない。でんぷん粕の有効利用を考える場合、その生産動向がいかなる状況にあるのかをふまえておくことがまず重要である。

第二には、畜産農家におけるでんぷん粕利用の現状を明らかにすることである。かつては広く家畜飼料として広く利用されていたでんぷん粕であるが、保存性の困難さと輸入飼料の価格低下によって、家畜飼料としてのでんぷん粕利用は相当程度減少してきた。しかしその反面、従来の購入濃厚飼料多給による高泌乳牛追求の動きに対する反省の意味も

あって、集約放牧を取り入れた飼養体系の中ででんぷん粕を有効に利用している酪農家が散見されるようになった。これら経営の経営成果を通して酪農家におけるでんぷん粕利用拡大の可能性とその課題を明らかにする。

最後に第三に、以上の点をふまえて、今後でんぷん粕の家畜飼料としての利用拡大のための課題を、地域農業システムの再編という視点から考察する。

(6) 十勝地域におけるでんぷん工場再編の概要

① 澱原ばれいしょ作付け拡大と合理化でんぷん工場の操業

北海道における澱原ばれいしょ作付け面積は長期的には増加傾向にあった。これをもたらした要因としては、1) 大戦等による澱原ばれいしょ産地の供給力低下による国際でんぷん価格の高騰、2) 豆作の過作が冷害によって被害を受け、冷害につよい根菜類へ期待が高まったこと、などがあげられる。

戦中は甘味料原料として統制下にあったでんぷん生産であるが、戦後は統制が解かれてでんぷん工場が増加した。1950年には全道で約2,500の工場が操業していたとされている。しかしその製造方法は旧来の人力依存のものであり、製造に長時間を要するとともにでんぷんにタンパク分を含むなど品質も現在に比較して低いものであった。

これにたいして1955年に士幌農協が約1億2,000万円を投じて大規模連続式合理化工場を建設し、ついで1959年ホクレンも中斜里に独自の合理化工場を建設した。このようなでんぷん工場の大規模か合理化の影響で、北海道におけるでんぷん工場は、1975年には農協系統工場が19、商系工場11にまで集約されていった。

十勝では、豆、ビート、ばれいしょの輪作確立、ばれいしょ生産の拡大に伴って、高付加価値下のための合理化でんぷん工場建設の要望が高まった。これらの動きを受けて1961年にはホクレン芽室澱粉工場、68年には中札内、更別、忠類、大樹、広尾を運営主体とする南十勝合理化澱粉工場が操業し、翌69年には帯広大正農協も加わり南十勝農産加工農業組合連合会（南工連）が創設された。

また1969年には、ホクレン東部十勝澱粉工場が、札内、池田、幕別、利別、高島、浦幌、本別、足寄、陸別の9農協を出荷団体として操業を開始した。しかし1970年の万博開催による食用いも需要の高まりから澱原ばれいしょを確保できず、工場は操業休止を余儀なくされ、若干の出荷分は他工場に振り分けざるを得なくなった。このため出荷農協からは創業の安定化のために工場を独自に運営すべきであるとの考えが広まり、ホクレンに工場場とを要請する。ホクレンはこれを受け入れ、1971年に東部十勝農産加工農業協同組合連合会が発足し、同工場の運営をになうようになる。

以上のような、十勝地域における合理化工場設立に伴い、1961年に創業したホクレン芽室澱粉工場への出荷農協は帯広市、川西、芽室、清水町、新得町の5農協となり、同時に十勝管内で創業する澱粉工場は、平成7年時点で系統5、商系2の合計7工場となった。

② ガットウルグアイラウンド交渉の締結と合理化でんぷん工場の再編

ばれいしょでんぷんの主な用途は人工甘味料を製造するための異性化糖生産を主なものとするが、現在国内市場では需要の伸びが一段落し、でんぷん自体は供給過剰基調にある。これにくわえ近年は、より低価格のコーンスターチやタピオカを原料とするでんぷんの輸入が拡大し、国内ばれいしょでんぷんの販売は苦戦を強いられている。1968年以降、日米合意に基づき、いわゆる抱き合わせ販売が実施されているが、その比率は1981年にばれいしょでんぷん1:コーン・スターチ5.2だったものが、1994年には1:11.0にまで低下して

きている。

1988年ガット理事会はわが国のでんぷん輸入割当制度にたいしてクォータをおこなった。さらに1994年にガットウルグアイラウンド合意がなされ、政府はウルグアイラウンド対策として、1995年から「国産いもでん粉需要拡大対策」と「いもでん粉工場再編整備対策」を開始した。道も同年「でんぷん工場再編整備実施計画」を策定し、既存工場数を半減させることを目標として掲げた。

こうした中でまず上川地域では既存の系統4工場のうち3工場を廃業し、剣淵農協の工場に集約することとし、網走・根釧地域でも6工場のうち3工場を廃業することとした。

一方十勝地域では、当初、廃業計画を道に提出したのは商系の北村合理化澱粉工場(浦幌町)のみであり、その後、火災を起こした豊頃町農協合理化でんぷん工場の東工連への再編について議論されたものの、このほかについては、「十勝は集約済み」との認識がよかつた。

当時、十勝地域で操業していた系統のでんぷん工場は5工場であったが、このうちホクレン芽室澱粉工場は、政府買い入れ価格の引き下げによる生産者の澱原ばれいしょ作付け意欲の減退にくわえ、芽室町内にばれいしょ加工メーカーが進出してきたことがあって、澱原ばれいしょを一定量確保することが徐々に困難になっていた。これはそのまま加工コストにもとづく委託加工料に反映され、その水準が他工場を上回るようになった。さらに周辺の住宅化が進むにつれ近隣の住民や事業所などから悪臭の改善を求められるようになった。

このうち委託コストが高いのは、ホクレン芽室工場自体が他の工場に比較して早期に操業を開始した合理化工場であるがゆえに、機械の老朽化ゆえの宿命ともいえた。これを改善するには工場設備を近代化するか、大規模な補修工事をするかが必要であったが、いずれにしても加工委託コストの上昇をさけるのは困難な状況にあった。これは士幌農協でも同じではあったが、士幌の場合は補助を受けられなくとも自前で工場を近代化させ、単独でも存続させるとの意思を表明した。こうした中、ホクレン芽室工場の2000年閉場がホクレン理事会で決定した(註1)。

こうして、現在十勝地域における澱粉工場は、系統工場が3、商系が1の4工場体制となっている。このうち系統は合理化向上としての機能を備えているが、商系は在来型の製法によるでんぷん生産を継続している。

でんぷん生産は常に輸入品との価格競争にさらされていると同時に、廃液・でんぷん粕処理問題など、環境への負荷をいかに解消するかといった点も問題視されている。価格競争としては、輸入でんぷんと同列に扱うことは困難で、単純に輸入品と同水準にまで価格を引き下げられるよう努力するのは現実的ではない。しかしながらその解決を単純に政府等の補助金に求めることは国民的合意を得にくい。農業部門も常にコスト引き下げ、生産の効率化に努めるのは当然であり、その延長に農業保護のための国民的合意が得られるものと考えられる。

その一つの方策が、でんぷん粕の有効利用であろう。副産物であるでんぷん粕が畜産農家等に有料で引き取られることになれば、でんぷん生産コストの若干の低下も可能になると考えられる。また畜産そのものにとっても生産費の引き下げに寄与することになる。さらに環境への負荷軽減という点でもメリットがある。環境に負荷をかけない、持続的な農業生産が求められる中、これらの点について検討することがますます重要になってきているといえる。

註

1) ホクレン芽室工場の廃業については、他の系統工場が単数もしくは複数の農協による運営であったため、自前の工場を守ろうとする動きが強かったのに対して、芽室工場のみがホクレンの運営であり、廃業の対象として考えやすかったのではないかと、という意見もある。

(6)－3 でんぷん粕生産及び利用の実態

でんぷん製造に伴って必然的に生産されるでんぷん粕は、北海道におけるでんぷん工場操業当初からその取引先（処分方法）が問題となっていた。当初、堆肥化を想定して出荷畑作農家への引き取り割り当てを実施したが、引き取った農家が河川に投棄したり土中に埋めたりするなど環境問題を引き起こすことがあった。また、一時は畜産農家が飼料として引き取っていた時期もあり、肉質改善への期待などから、十勝地域のみならず函館等からも引き合いがあった。しかしいずれも一時的な動きであって、輸入飼料の価格低下によって引き取り手を失うこととなった。

ここでは十勝地域におけるでんぷん粕生産と利用の現状を整理する。でんぷん粕の有効利用の方策を模索するといった場合、まず対象とするでんぷん粕がどれだけ供給されていてその水準がどのような動向にあるのかを把握しておくことが重要であると考えられるからである。

図11は、十勝地域におけるでんぷん工場の一泊あたり澱原ばれいしょ処理能力の推移を示したものである。工場数は系統と商系の合計であるが、1998年に6カ所にあったでんぷん工場が、1999年には豊頃町農協でんぷん工場、2000年にはホクレン芽室でんぷん工場が操業を終止し、現在の十勝では4工場体制となっている。これに伴って十勝全体の澱原ばれいしょ処理能力も低下してきた。1999年までは一日あたり約5,800トンの水準にあったが工場の閉鎖に伴い2000年には4,680トン、翌2001年には4,370トンと最低水準を記録した。翌2002年は南工連工場が能力を200トン拡大させたため、処理能力合計は若干増加している。現在最大の処理能力を持つのは南工連でんぷん工場（1,800トン/日）であり、最低は商系の神野でんぷん工場（70トン/日）である。

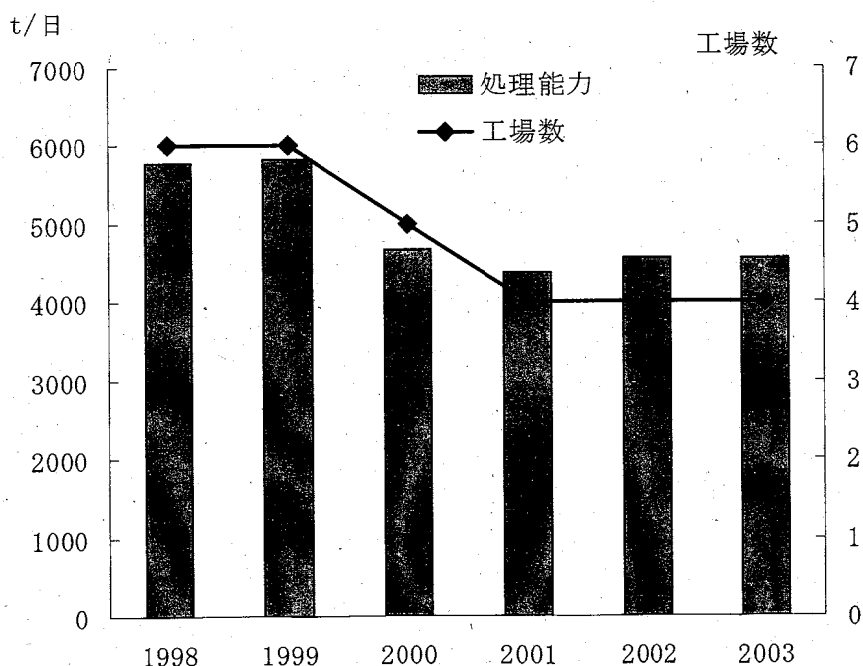


図11. 一日あたり原料処理能力合計とでんぷん工場数

ホクレン茅室でんぷん工場の閉鎖に伴い、それまで同工場に澱原ばれいしょを出荷していた農協は他の工場に出荷することになった。その変更先は地理的な関係から南工連でんぷん工場が最も多い。これに対応するため南工連工場における処理能力を拡大させたものである。

でんぷん工場には春操業と秋操業がある。でんぷん工場は巨大なプラントでありいったん操業を開始した場合は24時間、処理する原料ばれいしょが無くなるまで操業が継続される。操業はばれいしょ収穫が始まる8月下旬に開始されおおよそ12月初旬まで続けられ、ここでいったん操業は中止される。しかしその後も食用や加工用出荷で保管していたが出荷できずに澱原用として出荷しなければならなくなったばれいしょがでんぷん工場に集められるようになり、このばれいしょを処理するためにおおむね3月の末から春操業が開始される。

ただし春操業は出荷できなかったばれいしょ処理的な性格が強いためそれほど量は多くなく、すべての工場が操業を行うわけではない。平成14年産の春操業（平成15年度春）は士幌農協のでんぷん工場と神野でんぷんが実施したのみである。またこの2工場についても、士幌工場は4月上旬から中旬にかけて12日間操業したにすぎないが神野でんぷんは6月まで72日間操業している。秋操業にたいする春操業の原料受入量の比率をみると、士幌では1割程度にすぎないが、神野でんぷんでは約5割にも上る。最終的なばれいしょ処理の役割を小規模な神野でんぷんが担っている構造が浮かび上がってくる。

図12によって近年の原料ばれいしょ処理量の推移をみると、まず春操業の処理量は秋操業の処理量の1割にも満たない。また、2001年、02年は十勝地域における農業粗生産額が過去最高水準であったことを反映してでんぷん工場で処理された澱原ばれいしょも増加していた。しかし秋操業では2003年処理量は前年を下回っている。また先にも述べたように、春操業は食用・加工用として確保したが出荷できなかったばれいしょの処理的な意味合いが強いが、すでに2002年に処理量が前年を下回っている。食用・加工用ばれいしょの歩留まりが高かったことを示すが、ここからもばれいしょの需要がでんぷん生産から食用、加工用にシフトしていることが推察されるのである。

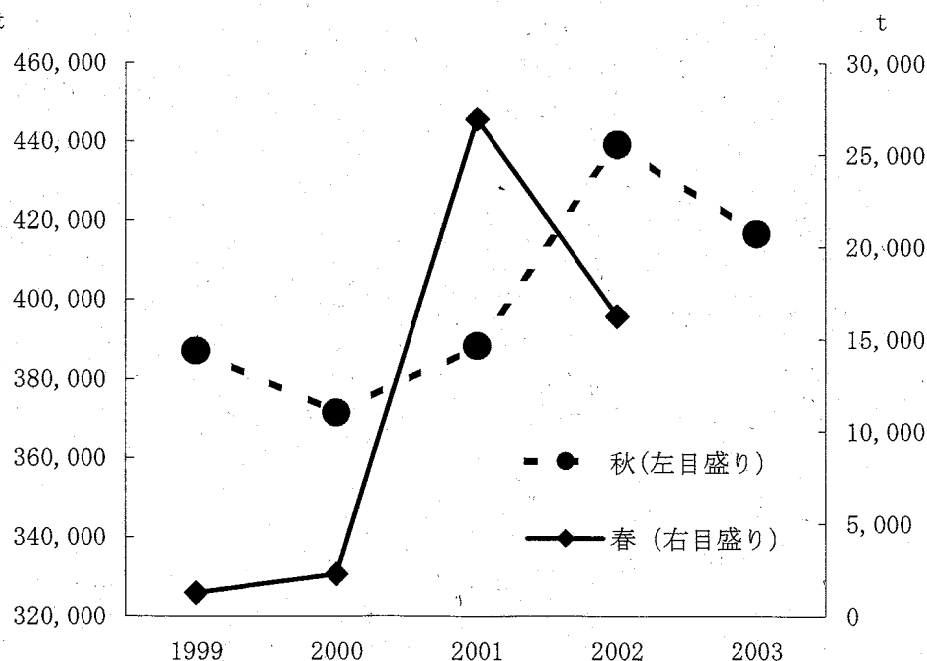


図12. 原料処理量の推移（各工場合計）

図13はでんぷん生産量の推移を示したものであるが、これは原料ばれいしょ処理量の推移に対応している。

さらに図14は秋操業におけるでんぷん粕処理量の推移を処理方法別に示したものである。処理方法として従来は家畜飼料としての利用と堆肥化に限られていたが、士幌町農協は2001年にでんぷん工場を改築し、でんぷん工場で生産されるでんぷん粕を燃焼させることによって得られる熱をでんぷん生産に用いるというプラントを導入した。このため2002年から処理方法に焼却が加わっている。

これをみると家畜飼料としての利用および堆肥化のいずれも減少傾向にあることがわかる。図12で確認したように、原料ばれいしょの処理量自体は2002年度まで増加し2003年に減少に転ずる。これと図14のでんぷん粕処理の推移を対応させると、2001年の増加は堆肥化された量の増加に対応しているとみてよい。また2002年の原料処理量増加は焼却量として吸収されたといえる。さらにこの間に家畜飼料として利用されたでんぷん粕の量は一貫して減少傾向にある。

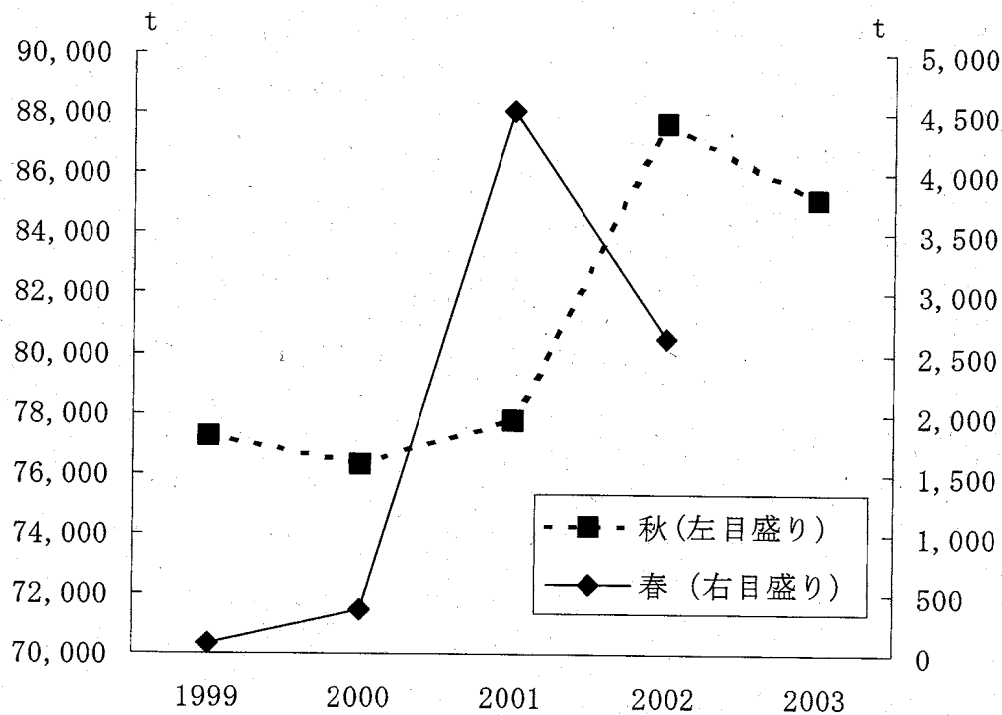


図13. でんぷん生産量の推移（各年度合計）（資料十勝支庁）

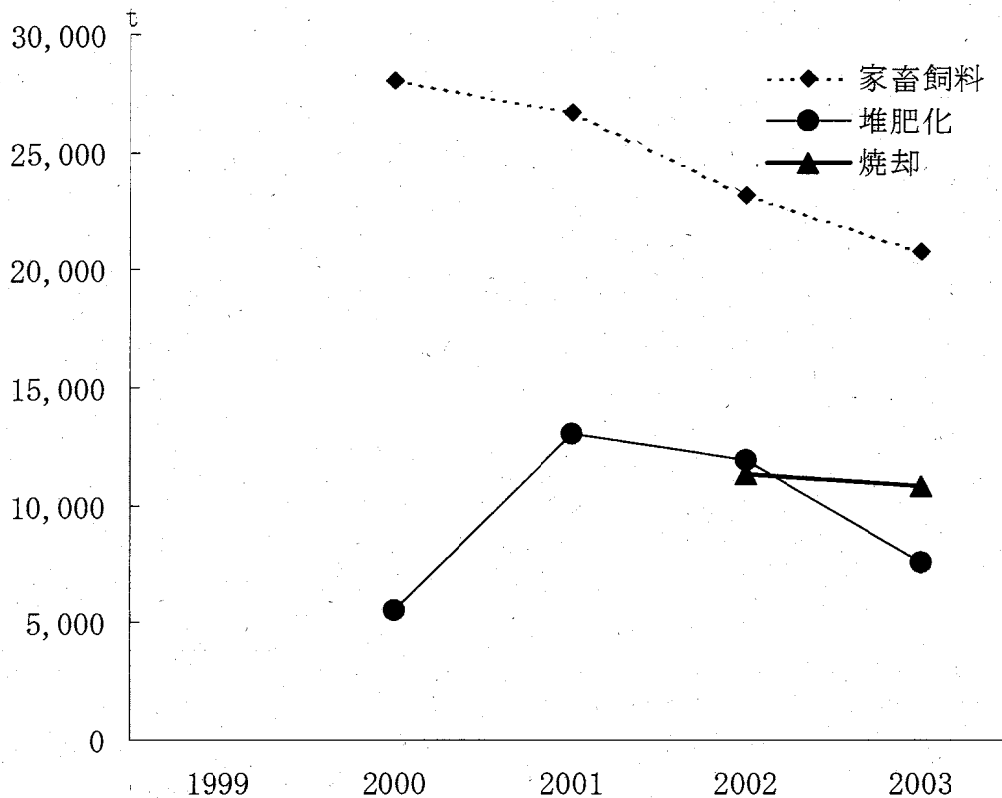


図14. でんぷん粕処理量の推移 (各年度合計) (資料 十勝支庁)

でんぷん粕を堆肥化し利用しているのは南工連でんぷん工場と神野でんぷん工場である。しかし南工連によると、十勝支庁に報告しているデータはあくまで引き取り手である農協もしくは農場が、主に家畜飼料として利用するのか、それとも主に堆肥化して利用するのかを集計したものであり、厳密な数値ではないということであった。

このほか注目すべき点としては、南工連及びホクレン芽室工場は、でんぷん粕を有料で販売していたということである。その金額は、南工連が100円/トン、ホクレン芽室工場が200円/トンであった。金額の決定については、無料配布では問題があるかもしれないという程度の理由からであった。このほか、運賃は実費での支払いになるが、農協では実際に家畜飼料として利用する農家の運賃に補助を出すなどしている場合がある。

この図14で見るように、近年のでんぷん粕の家畜飼料としての利用は減少傾向にある。その背景にはでんぷん粕の輸送問題（重量、水分含有量など）の問題があるが、根本的には家畜飼料としてのでんぷん粕の位置づけが不明確で、単に濃厚飼料の代替材的な位置づけでしかとらえられていないことがあげられる。近年は購入飼料価格が低下傾向にあるが、このためでんぷん粕を利用していた畜産農家も購入飼料依存度を高めているとみられる。

でんぷん粕の畑作・畜産での利用は近年減少傾向にある。これは現状では農家によってでんぷん粕を家畜飼料もしくは堆肥化して使用する場合のメリットが高くないことを示している。

家畜飼料としての利用を想定するならば、畜産農家が、でんぷん粕の栄養成分のみに注目し、単なる安価な飼料であるとの認識しかなければ、これと競合する購入濃厚飼料価格の低下によってでんぷん粕の利用は縮小してゆくであろう。しかしでんぷん粕を家畜飼料体系の中に有機的に組み入れた場合、つまり他の飼料や使用方法と密接な関連を持つ飼料

体系である場合は、たんに相対価格の高低から他の競合する飼料に代替することは考えにくい。つまりたんにでんぷん粕のみに注目することには限界があるのであって、これをもちいた畜産経営における家畜飼養方法を検討しなければならない。

(6)－4 酪農経営におけるでんぷん粕利用

本節ではでんぷん粕を有効に利用している酪農経営に注目し、その経営成果を明らかにする。

①でんぷん粕給餌を組み込んだ集約放牧経営

はじめに注目する酪農経営は、清水町の山間部に位置するA経営である。1977年に清水町の離農跡地を購入し入植した。2001年における家族労働力は経営主夫婦と長男の3人である。所有地は標高が220メートルとたかく傾斜地が多いため、土地条件では恵まれているとは言えない。面積は放牧地が20ha、採草地37ha、兼用地は5haで合計62haである。同年の経産牛は68頭、未經産牛は68頭である。アブレスト型のミルクキングパーラー（8ユニット）を導入しており、1頭あたり出荷量は2001年の実績で8,100kg、経営合計550トンである。この経営は通年放牧を実施しているため牛舎を持たない。このため糞尿処理、敷き料交換・牛舎清掃などの作業は必要がない。朝の搾乳は午前6時、夕方は午後5時の2回である。他の施設としては給餌施設、グラスサイレージ、でんぷん粕、ビートパルプを貯蔵するためのバンカーサイロが11本、D型倉庫、車庫などである。

この経営は、「家畜のエサは本来、人間の食料と競合するものではない、人間が摂取することができない飼料を乳牛に給餌し、食料を生産しなければならない」との哲学を持ち、入植当初から集約放牧＋でんぷん粕給餌の体系で乳牛を飼養していた。

飼養管理の特徴的な点は、4月から11月まで、18牧区で集約放牧（輪換放牧）していることである。このほかグラスサイレージは10月から4月まで、ビートパルプとでんぷん粕は通年で給餌する。経産牛のエサとしてのでんぷん粕は7kg/日程度与えるが、でんぷん粕はカロリーは高い一方で繊維質、たんぱく質等は含まない。このため繊維質を与えるためにビートパルプやサイレージ、道産乾草を与える一方、たんぱく質を補給するために、集約放牧によって出穂前の牧草を収穫しサイレージにするとともに、放牧によって乳牛に与えている。これは出穂後の牧草よりも蛋白含有率が高いためである。このため1番草の刈り取りを5月末から開始する。

飼養管理で特徴的なことは、季節分娩を採用していることである。2月からは乾乳時期とし4月下旬から出産時期を迎える。つまり牧草のステージに繁殖のステージが対応するような分娩計画を採用しているのである。

このように、集約放牧を実施するなかで、タンパクを摂取するための出穂前牧草給餌、カロリーを摂取するためのでんぷん粕給餌、繊維質を給餌するためのサイレージ、ビートパルプという飼料給与体系が確立している。また、放牧主体であるために牧草のステージに分娩のステージを一致させるため、季節分娩を実施している。そしてその結果牛舎管理作業が必要なくなり、労働時間の削減を可能としている。また同時に放牧主体であることから乳業の健康状態も良い。

以上のようにでんぷん粕利用が経営の家畜飼養体系の中に組み込まれているので、でんぷん粕利用を中止する可能性は低い。でんぷん粕の安定的な利用者といえるであろう。

②でんぷん粕を利用した低コスト高収益酪農経営

次に注目するのは帯広市の酪農家のB経営である。平成6年に現在の土地に入植した。労働力は経営主夫婦2人、2001年から搾乳牛は30頭規模に到達し、育成牛は12頭である。経営耕地面積は17ha、このうち5haは借入地である。土地利用としては12haを放牧地、5haを兼用地としている。2001年における1頭あたり乳量は7,500kg、乳脂率は3.6%程度である。

この経営も季節繁殖を導入しており、放牧も乳牛飼養のステージに合わせた方式をとっている。つまり放牧地は20牧区に区切られ、4月から12月までは朝晩の搾乳後に新しい牧区に乳牛を入れる。これに対して乾乳時期になる1月から3月は1日1牧区である。冬季のエサは不足がちになるので、近隣の農家からラップサイレージを購入している。

搾乳は離農した農家が使用していたパイプラインミルクカーのうち3ユニットを使用し、搾乳するときだけ乳牛を牛舎に入れる方式をとっている。通年放牧のため牛舎は使用していない。このほかの設備としては、分娩房、カウハッチ、乳牛の風よけのビニールハウス程度である。

この経営は経営目標として農業所得率を上げることが掲げている。1999年と2000年に、冬季のみでんぷん粕を1頭あたり10kg給餌していたが、所得率は25%程度にしかならなかった。しかしその後、通年ででんぷん粕を給餌するようになると農業粗収益はおおよそ1,900万円（うち生乳販売1,600万円）、農業所得は500万円弱から約1千万円に上昇し所得率は約50%にまで上昇した。

これを北海道平均と比較すると、北海道における酪農経営20～30頭規模では、農業経営全体の農業粗収入が2,400万円、農業所得は600万円であるから、農業所得率は25%である。また30～50頭規模では、農業粗収益が3,300万円、農業所得890万円であり所得率は27%である（北海道農林水産統計年報、平成13～14年）。この経営のように農業経営費が1千万円水準というのは、北海道では10～20頭規模の経営以下である（この規模では1,300万円）。事例経営における生産費が非常に低いことが高い農業所得、農業所得率をもたらしていることが理解できる。

このB経営は先のA経営や、別海町で酪農を営むM氏を経営の目標としている。彼らは放牧を基盤とし、乳量をおさえて健康な乳牛を育て、生産費を抑えることで高所得率を実現している。

しかしB経営はさきのA経営ほどは飼料給与方法、家畜飼養方式が確立しているわけではない。入植後の経験がまだ不十分であることは経営主も認識しており、改善の余地がまだあるということであった。問題点としては粗飼料基盤が不十分であることがあげられ、近隣の農家から大量の粗飼料を購入している。さらには、今後設備投資が必要になってくることが考えられる。現在は離農農家が残したパイプラインミルクカーを使用しているが、老朽化が激しく近い将来に新たな搾乳設備を整備する必要が発生するものと思われる。現在の高所得による自己資本蓄積によって、将来の土地投資、施設投資に備えることが、現在重要な戦略となっているといえる。

(6)－5 でんぷん粕利用拡大の課題

以上の分析から言えることは、ばれいしょでんぷん生産の副産物であるでんぷん粕は、価格が非常に安価であることから、これを家畜飼料として利用した場合には生産費を低く

抑えることが可能である。これによって畜産経営の高い所得率、高い経営所得を獲得することが可能である。

しかしたんに安い飼料としかとらえられていなければ、扱いにくさと、更に、競合する購入飼料の価格低下によって、でんぷん粕が購入飼料に取って代わられることは十分考えられる。今までのでんぷん粕の家畜飼料としての利用減少はまさにそのことを示していると言える。

ここで重要なのは、たんにどのようなエサを給餌するかという飼料給与方法だけを問題にするのではなく、どのような家畜を育てるのか、どのような経営方針を持って畜産経営に取り組むのかということを確認にし、その中ででんぷん粕利用を位置づけていくということである。分析の事例として注目したA経営では、人間の食料として競合しないエサを給餌し、健康な牛を育てることを経営の目標としていた。その中で集約放牧、でんぷん粕を導入していた。でんぷん粕の安定的な需要者となる経営は、でんぷん粕を家畜飼養体系の中に有機的に位置づける必要がある。

これに加え、でんぷん粕を家畜飼料として給餌する場合の扱い易さも今後求められてくるであろう。そのためのでんぷん粕加工技術の開発は、でんぷん粕利用の拡大を容易にするであろう。土幌町農協によるでんぷん粕焼却処分は、でんぷん粕の家畜飼料としての利用や堆肥化が進まない現状のひとつの打開策である。今後他のでんぷん工場も土幌同様の路線を採択するとなると、でんぷん粕の確保が困難になることが考えられる。早急な技術開発が望まれていると言えよう。

5. 参考文献

- 1) 山崎信 (2000) 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック, 飼養試験からみた家畜への食品製造副産物・都市厨芥の給与法, 阿部 亮, 吉田宣夫, 今井明夫, 山本英雄編, 309-311, 株式会社サイエンスフォーラム, 東京.
- 2) 農業技術研究機構 (2001) 日本標準飼料成分表 (2001年版), 中央畜産会, 東京.
- 3) 農林水産技術会議事務局 (2000) 日本飼養標準肉用牛 (2000年版), 中央畜産会, 東京.
- 4) 日高智, 左 久 (1991) 肉用牛の血中脂質成分の肥育過程における変化と体脂肪の成長, 栄養生理研究会報, 35(2), 133-154.
- 5) 北見管内乳質改善協会 (2000) MUN で牛のシグナルを読み取ろう—乳中尿素窒素の活用法, 1-12.
- 6) 岡田啓司 (2001) 代謝プロファイルテストを基本とした栄養管理, 全国家畜畜産物衛生指導協会企画, 生産獣医医療システム乳牛編 3, 7-65, 農山漁村文化協会, 東京.
- 7) M. Fukushima and M. Nakano (1995) *Brit. J. Nutr.* 73, 701-710.
- 8) M. Fukushima and M. Nakano (1996) *Brit. J. Nutr.* 76, 857-867.
- 9) M. Fukushima, M. Nakano, Y. Morii, T. Ohashi, Y. Fujiwara and K. Sonoyama (2000) *J. Nutr.* 130, 2151-2156.
- 10) K. Sonoyama, H. Nishiwaka, S. Kiriwaka and R. Niki (1995) *J. Nutr.* 125, 13-19
- 11) 「ホクレン芽室澱粉工場閉場記念誌」2001年12月、ホクレン芽室澱粉工場閉場記念誌編纂委員会 (ホクレンでん粉課内)
- 12) 三友盛行「マイペース酪農」農文協、2000年

6. 研究発表

1) 国内学会

- ① 福島道広、種市弥枝、飯島勢津子、韓圭鎬、櫛泰典、岡本明治、関川三男、斎藤勝一、小田有二、知地英征：*Amylomyces rouxii* 投与によるラットのコレステロール代謝への影響，第33回日本栄養・食糧学会北海道支部会，平成15年11月10日、弘前大学
- ② 種市弥枝、飯島勢津子、韓圭鎬、島田謙一郎、岡本明治、関川三男、斎藤勝一、小田有二、知地英征、橋本直人、福島道広：*Amylomyces rouxii* 投与によるラットのコレステロール代謝への影響について，2004年度日本農芸化学会大会，平成16年3月28-31日、広島大学