

肥育牛におけるルーメン液性状の違いが牛用飼料のインビトロ消化率に及ぼす影響

棟加登きみ子・今村弘子・深江義忠¹⁾

(畜産研究所)

加熱圧ペントウモロコシ、皮付き圧ペン大麦、専管フスマ、一般フスマ、乾燥ビール粕、アルファルファヘイキューブ及び稲ワラのインビトロ消化率 (IVDMD) をブンゼン・バルブ法 (B-IVDMD) と酵素法 (E-IVDMD) により分析した。

ブンゼン・バルブ法には肥育前期、中期及び後期のルーメン液を用いた。酵素法にはアミラーゼ、アクチナーゼ及びセルラーゼを用いた。

- ① 肉用牛が成長すると、ルーメン液中の酢酸濃度は減少、プロピオン酸濃度は増加した。各肥育ステージ間に、ルーメン液のpHと総揮発性有機酸 (T-VFA) 濃度の差 ($Z > 0.05$) が認められた。
- ② 肥育前期と中期は、ほぼ同様のB-IVDMDであった。しかし、肥育後期に消化率は低下し、後期のB-IVDMDは前期の0.87～0.96であった。
- ③ 穀類、ヌカ類及び製造副産物のB-IVDMD/E-IVDMDは0.81～0.98であった。粗飼料のB-IVDMD/E-IVDMDは1.02～1.19であった。

[キーワード：肉用牛、ルーメン液、飼料、インビトロ消化率]

In Vitro Dry Matter Digestibility of Beef Cattle Feed of the Bunsen-Valve Method and Enzymatic Method. MUNEKADO Kimiko, Hiroko IMAMURA and Yoshitada FUKAE (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 17:171-174 (1998)

Corn, barley, wheat bran with flour, wheat bran, dry brewer's grain, alfalfa hay cubes and rice straw were analyzed in vitro dry matter digestibility (IVDMD) by the Bunsen-valve method (B-IVDMD) and the enzymatic method (E-IVDMD). In the Bunsen-valve method, each type of feed was treated with rumen juice of beef cattle's early, middle and last fattening stages. In the enzymatic method, each type of feed was treated with α -amylase, actinase and cellulase. (1) When the beef cattle grew up, the acetic acid concentration was in the rumen juice decreased. But the propionic acid concentration increase. The pH level and total volatile fatty acid concentration (T-VFA) were different ($z < 0.05$) in the rumen juice at each fattening stage. (2) B-IVDMD values were almost the same at the middle and last fattening stages. But the B-IVDMD values decreased in the last fattening stage. The last fattening stage's B-IVDMD values were 0.87～0.96 at the early fattening stage. (3) B-IVDMD/E-IVDMD were 0.81～0.98 in grains, brans and food processing by-product. B-IVDMD/E-IVDMD were 1.02～1.19 in forages

[Key words : beef cattle, rumen juice, feed, in vitro dry matter digestibility]

結 言

肉用牛の肥育では肥育期間を前期、中期及び後期の3ステージに分け、各肥育ステージに応じた飼料給与が行われている。この肥育の進行に伴う牛体の維持や増体に要するエネルギー要求量の増加に対応するため、各肥育ステージにおけるTDNの利用効率は一定であることを前提にして¹⁰⁾、給与飼料中の可消化養分総量 (TDN含量) は肥育前期が約70%、中期は約77%及び後期は80%以上となるように設計するのが一般的となっている⁴⁾。一方、乳牛における給与飼料のTDN含量は約70～74%で、産乳に伴うTDN要求量の増加には、飼料摂取量を増やすことで対応している。乳牛に給与する飼料の体維持と産乳に要するTDNの利用効率は一定であり⁶⁾、給与飼料の摂取量の増加に伴って消化率は低下することが知られている¹²⁾。そのため、泌乳牛に給与する飼料中TDN含

量の評価には、酵素法に基づく乾物消化率 (E-IVDMD) を用いる方法が確立されつつある¹⁴⁾。しかし、肥育牛では泌乳牛と異なり、肥育ステージに応じてTDN含量を高めていく栄養水準パターンでは、肥育前期に比べて後期はデンプン含量の多いトウモロコシ等を多給するため、ルーメン内の微生物叢やその代謝反応が変化し、体脂肪の蓄積の変化や消化率の低下が生じるといわれている^{3,8)}、その程度は明らかにされていない。そこで、本試験では乳用種去勢牛の栄養水準パターンにおけるルーメン液性状の違いが、肥育用飼料に用いられている主要な混合飼料原料の乾物消化率に及ぼす影響を検討した。

材料及び方法

1 消化率測定に供試した飼料原料

消化率測定には濃厚飼料として加熱圧ペントウモロコシ、皮付き圧ペン大麦、一般フスマ、専管フスマ及び乾

1) 前畜産研究所

第1表 給与飼料の飼料構成

	現物重比 (%)						栄養価 (DM%)						
	加熱圧ベン トウモロコシ	皮付圧 ベン大麦	一般 フスマ	専管 フスマ	乾燥 ビール粕	稲ワラ	アルファルファ ハイキューブ	炭酸 カルシウム	TDN	CP	CF	OCW	NCWFE
肥育前期	19.0	5.5	37.3	4.1	10.0	11.0	11.0	2.1	70.4	14.3	11.0	35.8	39.1
肥育中期	34.0	24.0	9.1	5.5	10.0	11.0	5.0	1.4	77.4	12.4	7.6	25.8	53.0
肥育後期	47.2	23.6	0.0	7.9	10.0	8.0	2.0	1.3	81.8	11.7	5.4	20.2	60.3

乾燥ビール粕、粗飼料として稲ワラ及びアルファルファハイキューブの計7種類を用いた。

2 乾物消化率 (IVDMD) の測定法

(1) プンゼン・バルブ法 (B-IVDMD)

ア 測定に用いたルーメン液 ルーメン液の採取に用いた乳用種去勢牛16頭の混合飼料の栄養水準パターンは、TDN水準で前期(8.0~11.7ヶ月齢)は70.4%、中期(15.3~21.3ヶ月齢)は77.4%、後期(15.3~21.3ヶ月齢)は81.8%とし、消化率測定に用いる7種類の混合飼料原料を第1表の割合で混合した同一飼料を全頭に不断給餌した。B-IVDMD測定用のルーメン液は前期10.8ヶ月齢時、中期13.1ヶ月齢時、後期19.3ヶ月齢時に、16頭の中から無作為に6~16頭を選択して採取した。また、採取時刻は朝の給餌から5時間後とし、経口採取した。

イ B-IVDMDの測定法 各混合飼料原料0.5gに人工唾液40mlとルーメン液10mlを加え、嫌気状態で38℃、48時間培養後、残渣をペプシンによる加水分解を行い測定した⁹⁾。なお、後期における一般フスマと専管フスマのB-IVDMDが欠測した原因は、培養プラスチック内に急激に発泡して開栓したためである。

(2) 酵素法 (E-IVDMD)

α-アミラーゼ、アクチナーゼ及びセルラーゼの連続処理により¹⁾ E-IVDMDを測定した。

3 ルーメン液性状の測定

pHと揮発性低級脂肪酸(VFA)を測定した。測定方法はpHはpHメーター、VFAはガスクロマトグラフ法¹¹⁾を用いた。VFAは酢酸、プロピオン酸、酪酸を定量し、酪酸は炭素数4から6までの脂肪酸の含量として定量した。

4 飼料成分組成の測定

一般成分は常法⁹⁾、総繊維(OCW)は酵素法¹⁾、酸性デタージェント繊維(ADF)はGOERINGらの方法⁵⁾を一部改変した方法⁷⁾に基づき定量し、糖・デンプン・有機酸画分の総量(NCWFE)は阿部らの方法²⁾により算出した。

結 果

1 ルーメン液の性状

各肥育ステージ別のルーメン液性状を第2表に示した。pHは6.5~7.1で中期、前期、後期の順に値は高くなり、各肥育ステージ間に有意差(Z<0.01)が認められた。VFAの総量(T-VFA)は5.4~10.3mM/dlで中期、前期、後期の順に値は低くなり、各肥育ステージ間に有意差(Z<0.05)が認められた。酢酸/プロピオン酸(A/P)比は2.3~2.8で肥育ステージの進行に伴い値は低下した。VFAに占める酢酸のモル比率は前期及び中期ではそれぞれ60%及び61%とほぼ同じ値を示したが、後期では56%に低下した。一方、プロピオン酸のモル比率は前期、中期及び後期はそれぞれ22%、23%及び24%となり、肥育ステージが進むにつれて、わずかに増加する傾向を示した。以上より肥育ステージの進行に伴いA/P比の低下した主な要因は、中期はプロピオン酸のモル比率の増加、後期は酢酸のモル比率の低下によるものであった。

2 混合飼料原料の乾物消化率

前期、中期、後期のルーメン液を用いたB-IVDMD及びE-IVDMDを第3表に示した。

(1) プンゼン・バルブ法 (B-IVDMD) B-IVDMDを肥育ステージ別に比較すると、前期と中期の間に大きな差はなかったが、後期には低下する傾向が認められた。

飼料原料別のB-IVDMDは、各ステージのルーメン液とも加熱圧ベントウモロコシ、皮付き圧べん大麦及び専管フスマで82.3%以上の高い消化率を示したのに対し、一般フスマ、乾燥ビール粕及びアルファルファハイキューブは56.1~68.6%の中程度の消化率、稲ワラは42.7%以下の低い消化率であった。

このため、前期のB-IVDMDを1とした場合の各肥育ステージの値で比較すると、各飼料原料とも中期では0.91~1.01、後期では0.87~0.96であった。特に後期における供試飼料のB-IVDMDの低下は稲ワラで顕著に認められ、前期の0.87を示した。また、加熱圧ベントウモロコシ等の高デンプン飼料においても後期のB-IVDMD

第2表 供試牛のルーメン液性状

	pH	NH ₃ -N	T-VFA	酢酸	プロピオン酸	酪酸	A/P	酢酸	プロピオン酸	酪酸
		%	mM/dl	mM/dl	mM/dl	mM/dl		モル比率(%)	モル比率(%)	モル比率(%)
肥育前期	6.8A	8.6A	8.3a	5.0A	1.8a	1.4	2.8	60a	22	18
肥育中期	6.5B	5.3B	10.3b	6.3C	2.4b	1.6	2.7	61a	23	16A
肥育後期	7.1C	7.1	5.4c	3.0B	1.3a	1.1	2.3	56b	24	20B

注) ①酪酸はカプロン酸と古草酸を含む

②縦列異符号間に有意差:小文字Z<0.05,大文字Z<0.01

第3表 プンゼン・バルブ法, 酵素法による混合飼料原料の乾物消化率(DM%)

	加熱圧ペン トウモロコシ	皮付圧 ペン大麦	一 般 フスマ	専 管 フスマ	乾 燥 ビール粕	稲 ワ ラ	アルファルファ ヘイキューブ
ブンゼン・バルブ法							
肥 育 前 期	90.8	85.7	67.7	84.0	62.1	42.7	60.3
肥 育 中 期	88.3	85.0	68.6	84.2	61.1	42.1	59.4
肥 育 後 期	82.6	82.3	—	—	58.4	37.1	56.1
酵 素 法	94.1	89.7	70.9	88.9	72.3	35.5	58.2

は前期の0.91～0.96であった。

(2) 酵素法 (E-IVDMD) 各飼料原料別E-IVDMDは加熱圧ペントウモロコシ, 皮付き圧ペン大麦及び専管フスマは88.9%以上の高い消化率, 一般フスマ, 乾燥ビール粕及びアルファルファヘイキューブは58.2～72.3%の中程度の消化率, 稲ワラは35.5%の低い消化率を示し, B-IVDMDと同様の傾向を示した。

E-IVDMDと前期, 中期及び後期のB-IVDMDを比較すると, 加熱圧ペントウモロコシ, 皮付き圧ペン大麦, 一般フスマ, 専管フスマ及び乾燥ビール粕ではE-IVDMDを1とした場合のB-IVDMDの値は0.81～0.98と低くなっており, E-IVDMDとB-IVDMDの差は乾燥ビール粕において顕著に認められた。逆に, 稲ワラとアルファルファヘイキューブでは, アルファルファヘイキューブの後期を除き, B-IVDMDはE-IVDMDの1.02～1.20と高くなっており, プンゼン・バルブ法の方が酵素法に比べて高い乾物消化率を示す傾向が認められ, この傾向は稲ワラにおいて顕著であった。

3 混合飼料原料の飼料成分含量

混合飼料原料の各飼料成分含量を第4表に示した。加熱圧ペントウモロコシ, 皮付き圧ペン大麦及び専管フスマのCP含量は8.8～16.9%, NCWFE含量は65.9～76.6%で, 供試飼料の中ではCP含量は中程度NCWFE含量は高い飼料であった。一般フスマ, 乾燥ビール粕及びアルファルファヘイキューブのCP含量は15.8～28.0%, NCWFE含量は17.4～34.7%で, 供試飼料の中ではCP含量が高く, NCWFE含量は中程度の飼料であった。稲ワラはCP含量が4.9%, NCWFE含量は9.6%で, 供試飼料の中では他に比べてCP及びNCWFE含量とも著しく低い飼料であった。

考 察

反芻家畜では給与飼料構成の違いにより, 摂取する栄

養のバランスや量が変化し, ルーメン液性状は影響を受けるといわれている。一般に, 給与飼料中のデンプン割合が増加するとルーメン内の微生物叢は変化し, ルーメン液のpHや酢酸/プロピオン酸 (A/P) 比は低下する^{3,8)}。このルーメン微生物の活動には窒素化合物, 炭水化物や脂質等の栄養素が必要である¹³⁾。飼料の炭水化物は糖・デンプンと繊維に大別され, 微生物のエネルギー源としては繊維と分子の結合様式が異なる糖・デンプンの方が利用効率はよい。本試験の結果では, T-VFAの濃度は前期から中期にかけて増加したが, 後期は前期・中期に比べ低下している。また, T-VFAを構成する各種揮発性脂肪酸のモル比率も変化し, 混合飼料中のNCWFE含量の増加に伴い, 酢酸のモル比率は著しく低下した。一方, プロピオン酸のモル比率は微増し, A/P比は低下している。このように給与混合飼料中のTDN含量及びNCWFE含量が前期70.4%及び39.1%, 中期77.4%及び53.0%, 後期81.8%及び60.3%と高くなる飼料給与パターンでは, 微生物の活動は影響を受けて, T-VFA濃度などのルーメン液性状が変化したと思われる。

それぞれの肥育ステージのルーメン液で各混合飼料原料のB-IVDMDを測定した結果, 飼料の種類に関係なく前期と中期の間に大きな差はないものの, 後期では飼料成分組成の異なる全ての混合飼料原料においてB-IVDMDの低下が認められた。特に, 稲ワラのB-IVDMDが著しく低下し, 後期は前期の0.87である。しかし, 後期におけるアルファルファヘイキューブのB-IVDMDは前期の0.93であることから, 同じ粗飼料でも種類によりB-IVDMD低下の程度は異なった。このことから, 後期飼料に用いた給与飼料のTDN含量80%以上, NCWFE含量60%以上の高TDN, 高NCWFEの条件下では, ルーメン液性状の変化だけでなく, 給与飼料の消化率も低下するものと考えられる。

E-IVDMDとB-IVDMDを比較すると, 穀類, スカ類及

第4表 混合飼料原料の飼料成分含量(DM%)

	加熱圧ペン トウモロコシ	皮付圧 ペン大麦	一 般 フスマ	専 管 フスマ	乾 燥 ビール粕	稲 ワ ラ	アルファルファ ヘイキューブ
DM	88.6	87.1	86.7	85.7	93.2	88.4	98.5
CP	8.8	12.7	16.9	13.0	28.0	4.9	15.8
EE	4.1	1.9	5.2	3.2	7.8	1.5	1.9
CF	1.5	2.8	9.2	3.3	9.3	28.8	26.5
OM	98.0	81.5	94.5	97.1	89.3	77.7	88.7
OCW	10.0	16.2	41.4	18.1	41.4	63.4	51.9
ADF	2.4	5.2	13.2	5.1	17.5	40.1	33.1
NCWFE	76.6	68.0	34.7	65.9	17.4	9.6	21.6

び製造粕類のB-IVDMD/E-IVDMDは、0.81～0.98であることからE-IVDMDの方がB-IVDMDより高い値を示す。これらの飼料におけるE-IVDMDとB-IVDMDの差は、後期にB-IVDMDが低下するので、前期より後期の方が大きくなる。一方、粗飼料ではアルファルファヘイキューブの後期を除き、B-IVDMDはE-IVDMDの1.02～1.20であることから、E-IVDMDの方がB-IVDMDより低い値を示す傾向が見られる。稲ワラにおける肥育前期のB-IVDMD/E-IVDMDは1.20、後期は1.05であることから、前期と後期ではB-IVDMD/E-IVDMDに0.15ポイントの差が認められ、E-IVDMDとB-IVDMDの差は前期の方が後期より大きい。アルファルファヘイキューブのB-IVDMD/E-IVDMDは前期1.04、後期0.96、前期と後期のB-IVDMD/E-IVDMD差は0.08ポイントと、稲ワラよりE-IVDMDとB-IVDMDの差は小さい。このように、E-IVDMDとB-IVDMDとの関係は飼料の種類や肥育ステージにより異なる。E-IVDMDとB-IVDMDの差異は各肥育ステージにおけるルーメン液性状や各混合飼料原料の飼料成分組成が影響していると推察される。

最後に、前期、中期及び後期においても、混合飼料原料の消化性に変化がなく、ブンゼン・バルブ法と酵素法の乾物消化率が同じ、または両法の値が一定の傾向で変動するならば、乳牛で行われている酵素法を用いた栄養価評価が肉用牛でも可能となる。しかし、本試験の結果を見ると後期では前期に比べて消化率は低下している。また、飼料原料のB-IVDMDとE-IVDMDを比較すると、飼料の種類やルーメン液性状により差異が認められる。今後、肉用牛での栄養価評価法を確立するために、肥育後期における消化率低下の程度や飼料の種類毎の消化特性を明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) A.ABE,S.HORII and K.KAMEOKA. (1979): Application of Enzymatic Analysis with Glucoamylase,Pronase and Cellulase to Various Feed for Cattle,J.Anim. Sci.**48**.1483～1490.
- 2) 阿部 亮 (1988) :炭水化物を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜試研資料, **2**. 12～14
- 3) デーリィ・ジャパン社編 (1984) :ザ・ルーメンー第1胃の機能-. デーリィ・ジャパン社. 東京. **29**,3,p.61～67.
- 4) 福岡県農政部編 (1995) :美味しい県産銘柄牛「福岡牛」の飼い方. 普及資料No.573号.
- 5) GOERING, H.K. and P.J.VAN SOEST (1970): Forage Fiber Analysis. Agric. handbook no.379, USDA, Washington D.C., p.1～12.
- 6) 橋爪徳三 (1964) :乳牛の飼養標準に関する研究. II. 乳牛の維持養分量に関する研究. 畜試特研報, 7～77.
- 7) 堀井 聡, 阿部 亮 (1972) :粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究Ⅲ. Acid Detergentの粗飼料に及ぼす影響について. 畜試研報**25**, 63～68.
- 8) 梶川 博 (1987) :乳牛における摂取飼料, 反芻胃内発酵および乳脂率の相関関係.畜試研報**46**,45～54.
- 9) 森本 宏編 (1971) :動物栄養試験法. 養賢堂. 東京. p.280～297,p.448～450
- 10) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1987) :日本飼養標準・肉用牛. 中央畜産会. 東京. P47～50,P105
- 11) 農山漁村文化協会編 (1949) :牛の臨床検査法. 農山漁村文化協会, 東京, p.6～39～42
- 12) Van Es, A.J.H.(1975): Feed evaluation for dairy cows. Livest. Prod. Sci.,**2**,95～107.
- 13) 脇田正彰 (1991) :飼料成分とくにN成分とセルロース分解菌の挙動. 第2回ルーメン研究会報, **2**,1,11～17.
- 14) 自給飼料品質評価研究会編(1994) :粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地協会. 東京. P56～62.