

研究ノート

理化学処理した稲わら、小麦稈の理化学性状、*in vitro* 消化率とめん羊の自由摂取量、乾物消化率との関係

阿部 英則・山川 政明*

北海道立滝川畜産試験場, 滝川市 073-0026

*北海道立根釧農業試験場, 中標津町 086-1153

Relationship between voluntary intake, dry matter digestibility in sheep fed physico-chemical treated straws and physico-chemical characteristics, *in vitro* digestibility of straws

Hidenori ABE, Masaaki YAMAKAWA

Hokkaido Takikawa Animal Husbandry Experiment Station, Takikawa-shi 073-0026

*Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu-cho 086-1153

キーワード：乾物消化率, 自由摂取量, 理化学処理, わら類

Key words: Dry matter digestibility, Voluntary intake, Physico-chemical treatment, Straws

要 約

理化学処理（アンモニア、蒸煮およびこれらの複合処理）した稲わら6点、小麦稈7点の理化学性状、*in vitro* 消化率（Ce-DMD）とめん羊における自由摂取量、乾物消化率との間の関係について回帰分析を行った。稲わら、小麦稈の自由摂取量と中性デタージェント繊維含量間に有意な負の相関がみられた。稲わらの自由摂取量、乾物消化率と遊星ボールミルにおける粉碎速度とは有意な正の相関、遊星ボールミルにおける滞留時間とは有意な負の相関が得られたが、小麦稈では有意な相関が認められなかった。みかけのCe-DMDは小麦稈の乾物消化率を除いては有意な正の相関がみられた。真のCe-DMDについてはいずれとの間にも有意な正の相関が得られ、処理わらの自由摂取量、乾物消化率の推定に有望な指標となることが示された。乾物消化率については稲わら、小麦稈を併せて、乾物消化率 $=1.162 \times$ 真のCe-DMD $+29.950$ が得られた。

緒 言

粗飼料の輸入量は1975年の10万トンに対し、1989年では169万トンと顕著な伸びを示し（高野と大森, 1991）、粗飼料、とくに乾草の絶対量が不足していることを示している。本道においても草地基盤の脆弱な田畑地帯で肉用牛経営にアンモニア処理わらが利用されている。アンモニア処理でわら類の栄養価が改善されることはよく知られている。また、稲わら（阿部ら、

1999）あるいは小麦稈（阿部ら, 1997）を蒸煮処理すると、めん羊における自由摂取量や消化率は改善されることが知られている。

理化学処理を行って栄養価を高めたわら類の利用が今後一層増すものと予想される。飼料設計に際しては予めこれら理化学処理わら類の自由摂取量と消化率の把握が必要となるが、これらの推定に関しては報告が少ない（下條と五斗, 1990）。そこで、理化学処理した稲わらおよび小麦稈についてめん羊を用い、自由摂取量、乾物消化率と理化学性状、*in vitro* 消化率との関連について検討し、自由摂取量および乾物消化率の推定式の作成を試みた。

材料および方法

供試材料は稲わらは無処理2、蒸煮処理1、アンモニア処理と蒸煮処理を併用した複合処理3の計6点で、小麦稈は無処理2、蒸煮処理2、アンモニア処理1、複合処理2の計7点であり、その内容は表1に示す通りである。

消化試験はそれぞれの材料につき4頭のサフォーク去勢羊を用い、いずれも約10%の残飼がでるように自由摂取させた。稲わらは単一給与したが、小麦稈は消化率既知の大豆粕を体重kg当たり4g併給した。7日間の予備期ののち、本期7日間の自由摂取乾物量（VDI）を求め、また全糞を採取して乾物消化率（DMD）を測定した。小麦稈についてはDMDを算出した。

化学性状として中性デタージェント繊維（NDF）、酸性デタージェント繊維（ADF）、酸性デタージェントリグニン（ADL）をデタージェント法（阿部, 1988）で

Table 1 Physico-chemical treatment of straws

	Abbreviation
Rice straw	
Untreated	Untreated
Steam pressured at 8kg/cm ² for 5min.	8kg · 5min.
Ammoniated with 2% anhydrous ammonia in dry weight of straw after steam pressured at 8kg/cm ² for 10min.	8kg · 10min. → 2%NH ₃
8kg · 10min. after 2%NH ₃	2%NH ₃ → 8kg · 10min.
3%NH ₃ after 8kg · 10min.	8kg · 10min. → 3%NH ₃
Wheat straw	
Untreated	Untreated
Ammoniated with 3% anhydrous ammonia in dry weight of straw	3%NH ₃
Steam pressured at 12kg/cm ² for 5min.	12kg · 5min.
Steam pressured at 12kg/cm ² for 10min.	12kg · 10min.
3%NH ₃ after 12kg · 5min.	12kg · 5min. → 3%NH ₃
3%NH ₃ after 12kg · 10min.	12kg · 10min. → 3%NH ₃

測定した。物理性状として遊星ボールミルにおける粉碎率 (BMV), 滞留時間 (BMT) を Bond の仕事指数 (同志社大学粉体工学研究室, 1976) 測定により算出した。この方法は遊星ボールミルで試料の投入, 粉碎を繰り返し, 1 mm 以下の粒度ができる速度がほぼ一定となるまで行うもので, このほぼ一定な速度の平均を BMV とし, 要した試料量を BMV で除して BMT とした。in vitro 消化率はセルラーゼによる乾物分解率 (Ce-DMD) を測定した。みかけの Ce-DMD は試料 0.5 g に 0.5%セルラーゼ (ONOUKA FA: ヤクルト) を含む酢酸緩衝液 40 ml を加え, 浸漬培養器中で 40℃ に保ちながら 24 時間後の乾物量の減少率を求めた。このみかけの Ce-DMD から酢酸緩衝液の溶解率を差し引いて真の Ce-DMD とした。

VDI, DMD と理化学性状, Ce-DMD との間の相関を求め, また回帰分析した (吉田, 1978)。

結 果

稲わら, 小麦稈の VDI, DMD と理化学性状, Ce-DMD を表 2 に示した。

稲わら, 小麦稈とも理化学処理することで, VDI, DMD, BMV および Ce-DMD は高まり, BMT と NDF 含量は低下した。また, 稲わらでは処理により ADL 含量が増した。

稲わら, 小麦稈の VDI, DMD と理化学性状, Ce-DMD との相関を表 3 に示した。稲わらでは VDI は DMD と有意な正の相関が, NDF 含量とは有意な負の相関がみられた。BMV は VDI, DMD と有意な正の, BMT は VDI, DMD と有意な負の相関が得られた。また, みかけの Ce-DMD と真の Ce-DMD は VDI, DMD と有意な正の相関があった。

小麦稈では VDI と DMD の間に有意な相関はみら

Table 2 VDI, DMD and physico-chemical characteristics, Ce-DMD of straws

	VDI	DMD (%)	NDF (% of DM)	ADF	ADL	BMV	BMT (hrs)	Ce-DMD(%)	
								Apparent	True
Rice straw									
Untreated	11.9	44.7	69.6	41.5	5.8	4.60	0.97	24.6	10.2
8kg · 5min.	16.2	46.1	68.3	45.6	9.0	9.40	0.52	30.7	15.3
Untreated	5.6	36.4	73.7	46.7	5.7	5.30	1.15	21.6	7.6
8kg · 10min. → 2%NH ₃	15.9	55.3	70.7	50.9	9.0	9.17	0.45	37.3	22.5
2%NH ₃ → 8kg · 10min.	16.2	55.0	71.0	51.3	9.6	11.10	0.40	37.0	22.1
8kg · 10min → 3%NH ₃	18.2	56.6	69.3	50.0	8.6	11.98	0.36	39.9	23.9
Wheat straw									
Untreated	14.5	41.9	80.1	53.1	9.9	3.64	1.85	18.5	12.3
12kg · 5min. → 3%NH ₃	19.9	52.4	70.1	55.7	10.4	12.45	0.58	32.9	17.1
12kg · 10min. → 3%NH ₃	21.0	45.5	63.0	54.2	10.3	13.95	0.54	37.3	15.6
Untreated	13.5	41.8	84.8	54.8	9.2	2.28	2.98	15.8	9.0
3%NH ₃	15.5	54.6	83.7	58.0	10.0	2.54	2.31	25.5	17.2
12kg · 5min.	21.1	51.6	76.6	55.0	10.5	4.05	1.51	30.2	18.2
12kg · 10min.	25.3	51.0	69.4	56.8	10.9	6.46	0.91	35.0	18.6

VDI(g/kgBW/day): Voluntary dry matter intake
 BMV(g/sec × 10⁻³): Grinding velocity with planet ball mill
 Ce-DMD: Dry matter degradability with cellulase

DMD: Dry matter digestibility
 BMT: Retention time with planet ball mill

Table 3 Correlation coefficients between VDI, DMD and physico-chemical characteristics, Ce-DMD

	Rice straw		Wheat straw	
	VDI	DMD	VDI	DMD
VDI	1	0.901**	1	0.478
DMD	0.901**	1	0.478	1
NDF	-0.774*	-0.466	-0.793**	-0.148
ADF	0.462	0.688	0.245	0.816**
ADL	0.854**	0.809*	0.925***	0.622
BMV	0.845**	0.836**	0.522	0.107
BMT	-0.953***	-0.921***	-0.798**	-0.325
Apparent Ce-DMD	0.896**	0.970***	0.892***	0.555
True Ce-DMD	0.877**	0.974***	0.778**	0.872**

***,**,*: significant at 10, 5, 1% level, respectively

れなかった。NDF 含量は VDI と有意な負の相関がみられた。みかけの Ce-DMD は VDI と有意な正の相関があったが、稲わらと異なり DMD とは有意な相関はみられなかった。真の Ce-DMD は VDI, DMD と有意な正の相関がみられた。

以上より、稲わら、小麦稈の VDI, DMD いずれについても有意な相関が得られたのは真の Ce-DMD のみであった。

真の Ce-DMD を説明変数とし、VDI, DMD を従属変数とする直線回帰式を表 4 に示した。稲わら、小麦稈の VDI, DMD とも回帰式に有意性 ($P < 0.05$) が認められた。DMD については稲わら、小麦稈の回帰直線の傾き、高さに違いがみられないことより、両者を併せた回帰式、 $DMD = 1.162 \times \text{真の Ce-DMD} + 29.950$ が得られた。

考 察

稲わら、小麦稈の VDI と NDF 含量との間に有意な負の相関がみられた。NDF は総繊維を表し、NDF が多いほど、反芻胃内でかさばって粗飼料の摂取を抑制するものと考えられる。乾草の VDI と NDF 含量に負の相関がみられることはいくつかの報告 (甘利ら, 1989, 出口ら, 1996) があり、理化学処理したわらについても同様の結果が得られたといえる。

稲わらでは DMD は VDI, みかけの Ce-DMD および真の Ce-DMD との間に有意な正の相関がみられることから、VDI とみかけの Ce-DMD および真の Ce-DMD との間に有意な正の相関がみられることは容易に類推できる。これに反し、小麦稈では DMD と VDI, みかけの Ce-DMD 間に有意な相関はみられず、稲わらとは異なる挙動を示した。真の Ce-DMD は DMD, VDI と有意な正の相関があるが、VDI についてはみかけの Ce-DMD ほど高い相関を示さなかった。また、VDI と酢酸緩衝液の溶解率との間には有意 ($P < 0.05$) な正の相関が認められた。これらのことは以下のように説明されよう。小麦稈は稲わらよりも処理により微

Table 4 Relation between VDI, DMD and true Ce-DMD

	VDI	DMD
Rice straw	$Y = 0.581X + 4.166$	$Y = 1.120X + 30.050$
Wheat straw	$Y = 0.947X + 4.068$	$Y = 1.297X + 28.386$
Total		$Y = 1.162X + 29.950$

X: true Ce-DMD

細化され易くなって、酢酸緩衝液の溶解率、ひいては VDI を増加させる一方で、微細化粒子は反芻胃をすみやかに通過するため消化されにくく、DMD と VDI およびみかけの Ce-DMD との間に有意な相関がなかったものと考えられる。

稲わらは小麦稈と比べて、ADL 含量に大きな違いはないが、ケイ酸含量は高い (阿部と藤田, 1985)。リグニンとともにケイ酸は消化を阻害する要因として知られており (SMITH *et al.*, 1971)、稲わらは小麦稈よりも物理的破砕に対して抵抗性が高いものと推測される。稲わらは小麦稈よりも理化学処理によって微細化されにくいために、VDI, DMD と BMV, BMT の物理性状間の有意な相関が示されたものと考えられる。しかし、小麦稈では VDI, DMD と BMV, BMT との間には明らかな相関性は認められなかった。

稲わらおよび小麦稈について、VDI, DMD と真の Ce-DMD 間に有意な相関が得られたことから、真の Ce-DMD は処理わらの VDI および DMD 推定の簡易な指標になるものと考えられた。VDI については小麦稈の回帰直線の高さが稲わらのそれよりも有意 ($P < 0.05$) に高かったことから、回帰式を 1 つにして表示することができなかった。この理由として、小麦稈では大豆粕併給の影響が考えられ、大豆粕が VDI が増加の原因となった可能性が考えられる。

謝 辞

遊星ボールミルにおける粉砕速度、滞留時間の測定にご協力いただいた道立林産試験場 遠藤 展氏に感

謝します。

文 献

- 阿部 亮 (1988) 炭水化物成分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. 畜産試験場研究資料, 2: 16-29.
- 阿部英則・藤田 保 (1985) アンモニア処理による稲わら, 小麦稈, スイートバーナルグラスの細胞壁物質の変化について. 滝畜研報, 22: 1-8.
- 阿部英則・山川政明・遠藤 展 (1997) 蒸煮処理した小麦稈のめん羊における全消化管内充満度および滞留時間. 北草研報, 31: 71.
- 阿部英則・山川政明・岡本全弘 (1999) 蒸煮, アンモニア処理およびこれらを複合処理した稲わらの自由摂取量と消化率. 日草誌, 44: 378-380.
- 甘利雅弘・森 登・新宮博行・榎木茂彦・阿部 亮 (1989) 近赤外分析法による粗飼料の成分分析と栄養価の推定法. 日草誌, 44: 248-254.
- 出口健三郎・佐藤尚親・澤田嘉昭 (1996) チモシーおよびマメ科牧草の成分含量とめん羊による自由採食量の関係. 日草誌, 42 別号: 310-311.
- 同志社大学粉体工学研究室 (1976) Bond の粉砕仕事指数の測定. 粉体と工業, 8: 49-63.
- 下條雅敬・五斗一郎 (1990) 暖地型イネ科牧草の物理・化学処理による栄養価値改善 1. 蒸煮処理が化学成分及び乾物消化率に及ぼす影響. 日草誌, 36: 184-190.
- SMITH, G.S., A.B. NELSON and E.J.A. BOGGINO (1972) Digestibility of forages *in vitro* as affected by content silica. J. Anim. Sci., 33: 466-471.
- 高野信雄・大森昭一朗 (1991) 輸入粗飼料のすべて. 2. 酪農総合研究所. 札幌.
- 吉田 実 (1978) 畜産を中心とする実験計画法. 163-185. 養賢堂. 東京.