

濃厚飼料の給与形態が反芻に及ぼす影響

谷口幸三・山谷洋二・大谷 勲

広島大学水畜産学部畜産学科
1978年4月28日 受理

The Effect of Different Forms of Concentrates on Rumination

Kohzoh TANIGUCHI, Yoji YAMATANI and Isao OTANI

*Department of Animal Husbandry, Faculty of Fisheries and
Animal Husbandry, Hiroshima University, Fukuyama*

(Figs. 1-3; Tables 1-4; Plate 1)

緒 論

反芻家畜を濃厚飼料多給，粗飼料不足の飼養条件下で長期間飼育すると反芻胃内環境が持続的に悪下し，そのため肉牛では第一胃不全角化症，肝膿瘍，鼓張症などの障害が生じ，また乳牛では乳脂率の低下が見られる。¹⁾⁻³⁾ これらの障害は粗飼料を適量給与することによって防止することができる。これは摂取された粗飼料が反芻胃内に物理的な刺激効果を与え，その結果家畜の胃運動や反芻機能が活発化されるために反芻胃内環境が改善されるものと考えられる。⁴⁾⁵⁾

Balck⁶⁾は粗飼料の家畜に対する物理的な評価を胃運動や反芻を測定することによって判定できると述べている。粗飼料の給与形態の違いや化学組成が反芻時間に及ぼす影響については既に数多くの報告があり¹⁾⁶⁾⁻¹¹⁾粗飼料を粉碎したり，細切して給与した場合には飼料の反芻胃内通過時間が速くなり，反芻時間も短くなること認められているが⁷⁾⁸⁾粗飼料の物理的性状（大きさ，堅さ，比重など）と反芻の詳細な関連については依然，不明な点が多い。また粗飼料と共に飼料を二分する位地にある濃厚飼料については粗飼料との給与比率の関連において反芻時間が調べられているに過ぎず¹²⁾，濃厚飼料の給与形態と反芻との関係についてはほとんど明らかにされていない。

本研究は濃厚飼料の給与形態が家畜の採食，反芻などに及ぼす影響を検討するため，配合原料が同一の配合飼料をペレット，マッシュおよび結合剤を加えて，より強固に調製したペレットの3種の形状の異なる飼料を山羊に給与し，採食時間，食塊の形状を調べるとともに，採食後経時的に第一胃内容のpH値を測定しさらに反芻行動を観察したものである。

試 験 方 法

供試動物：体重 65~70 kg のザーネン種去勢雄山羊 3 頭を代謝ケージに収容し，給与形態の異なる 3 種類の飼料について 1 期 10 日間の 3 × 3 ラテン方格法により 3 回反復し，合計 90 日間にわたる給与試験を行った。

試験飼料：供試した飼料は市販のペレット（肉牛後期肥育用配合飼料，ペレット B）およびこれを粉砕器

を用いて微粉状にしたマッシュ、さらに本試験のために調製した試験飼料（ペレット A）を用いた。ペレット A の調製は市販のペレットを粉碎したものに水溶性で無毒の酢酸ビニルエマルジョンを結合剤として 10% の割合（乾物当り）で添加してよく混合した後、小型ペレット整形器を用いて整形し、通風乾燥器で乾燥固化したものを市販ペレットと同一形態に切断した。調製したペレットの形状は長さ 1 cm 前後、直径 0.5 cm（plate 1-a）で、穀粒硬度計を用いて測定した硬度は縦軸で約 14 kg 重であったのに対し、同一サイズの市販ペレットの硬度は約 9 kg 重であった。また 50 ml 遠沈管に第一胃内容液を入れ、振盪器で毎分 60 回振盪してペレットの破壊時間を調べた結果、市販ペレットは 1 分以内に完全に形が崩れたが、調整ペレットでは 10 時間以上経過しても原形に近い形状を保った。用いた飼料の一般分析値は Table 1 の通りである。

Table 1. Chemical composition of diets

	Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	Crude ash
	%					
Pellet A*	10.5	11.1	3.2	66.5	3.8	4.9
Pellet B**	11.7	12.0	3.5	63.2	4.3	5.3
Mash						
Rice straw	10.8	4.1	1.5	39.3	29.5	14.8

* made by adding synthetic bond to mash

** commercial pellet

飼養方法：試験は濃厚飼料単餌として計画し、各山羊とも 1 日 1 頭当り 1000 g を給与して試験を開始したが、給餌開始 1 週間後に 1 頭（2 号山羊）が著しい食欲不振に陥ったために止むを得ず 3 頭ともに濃厚飼料 100 g を稲わら 100 g に代替給与して試験を行った。給餌は朝夕 2 回行ったが濃厚飼料は午前 9 時と午後 5 時、稲わらはその 30 分後に給与した。水は第一胃内容物採取日に朝の飼料給与後の 1 時間以降給与を中止した他は自由飲水させ、固形塩も第一胃内容物採取日以外は自由に舐めさせた。

調査・測定方法：採食、反芻行動の測定は試験開始後 9 日目に朝の給餌から 24 時間、1 分間隔観察法により行った。第一胃内容物の pH 値の測定は各期の最終日に朝の給餌直前および給餌 1, 2, 4, 7 時間後の 5 回、カテーテルを用いて吸引採取し、これらについて直ちにガラス電極 pH メーターにより測定した。また食塊の形状を観察するために第一胃フィステルを装着した成去勢雄山羊 1 頭に 3 種類の試験飼料を個別に給与して、飼料摂取後、噴門部から反芻胃内に嚥下する直前に食塊をフィステルを通して採取した。

試験結果

1. 採食時間：各山羊についてペレット A、ペレット B およびマッシュの一日当りの採食時間を 3 回の測定値の平均値として表わした結果は Table 2 に示す通りである。

Table 2. Mean daily eating time of diets \pm standard deviation.

Goat No.	Pellet A	Pellet B	Mash	Rice straw
1	23.7 \pm 4.7	11.7 \pm 3.1	47.3 \pm 3.8	16.9 \pm 3.4
2	23.0 \pm 10.6	8.7 \pm 2.5	63.0 \pm 9.6	13.2 \pm 2.7
3	13.7 \pm 3.8	12.7 \pm 6.0	40.3 \pm 6.7	12.1 \pm 2.6
Overall mean	20.1 \pm 7.8 ^a	11.0 \pm 4.0 ^a	50.2 \pm 11.8 ^b	14.1 \pm 3.5

a, b: Values in row with unlike superscripts are different ($p < .05$)

供試飼料の採食時間は供試山羊個体による変動が大きかったが、マッシュの約 50 分に対し、合成のりを添加して調製したペレット A で約 20 分、市販のペレット B では約 11 分であった。何れの山羊でもマッシュ

の採食時間は両ペレットに比べて長く ($p < .05$), またペレット A がペレット B に比べ短くなる傾向が認められたが統計的に有意差はなかった。

既に濃厚飼料をペレット化すると摂取量は増加することが一般に認められており, 本試験においてもペレットとマッシュの同量給与ではペレットの採食速度が著しく早くなることが観察された。

採食中の行動を観察した際にペレット B の咀嚼回数が少なく, 逆にペレット A では多くなる傾向が見られ, またマッシュを採食する時には飼料を砕めるように舌先に付着させて口中に取り込み, 嚥下から次の嚥下までの時間が長くなるように思われた。

2. 食塊形態: フィステル装着山羊から採取した嚥下食塊形状を plate 1-b に示した。ペレット B 採食時の食塊は噴門部から長さ 8~10 cm, 直径 4~6 cm の先端がやや尖った円柱状となって胃内に嚥下された。ペレット B は口腔内での咀嚼による磨砕と唾液混入により容易に崩壊するために, 食塊中のペレットはほとんど原形を留めていなかった。これに対しペレット A の食塊はペレット B に見られたような一定の形状を示さず, また採食時の咀嚼によってペレットの原形が崩れているものもあったが, 原形を保ったものが多く認められた。マッシュ食塊はペレットに比べて泥状となって嚥下されたが, これはマッシュに多量の唾液が混入して著しく湿潤化したためである。

3. 第一胃内容の pH 値: 各供試飼料給与時における第一胃内容物の pH 値を経時的に測定した結果を Fig. 1 に示した。各山羊ともに飼料給与後 pH 値は低下し, 給与 1 時間から 4 時間後に最低値となりその後時間の経過に伴って上昇傾向が認められた。

胃内容 pH の最低値を飼料ごとに全頭平均するとペレット A 5.97, ペレット B 5.91, マッシュ 5.87 で飼料間にほとんど差がなかったが胃内容 pH 値の経時変化は供試山羊により相違が認められ, 特にペレット A 給与の 1 号山羊, 2 号山羊では給与 1 時間後に最低値となったが, 3 号山羊では給与後の時間の経過とともに緩慢に低下し, 4 時間後に最低値となった。

4. 反芻開始時間: 朝, 夕の給飼後, 各濃厚飼料を摂取してから反芻開始までに要した時間の測定結果を Fig. 2 に示した。

反芻開始時間は各飼料ともかなりの変動が認められたが, ペレット A では平均して朝の給飼で 16 分後, ペレット B 149 分, マッシュで 97 分後に反芻が起き, 特にペレット A の給与では反芻開始時間が早くなった ($p < .05$)。夕方給飼の場合には飼料間に差が認められなかった。また朝に比べて夕方給飼後の反芻開始時間は各飼料, 各山羊とも遅くなる傾向を示した。

5. 反芻の日内変動: 各飼料を給与して午前 9 時から 24 時間反芻行動を観察した結果について反芻時間

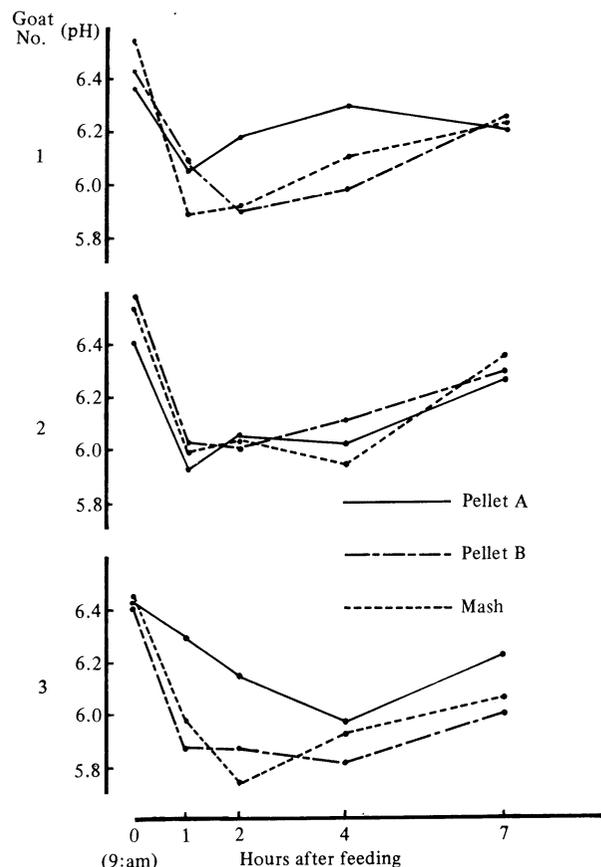


Fig. 1 The pH of the rumen liquor of goats fed three concentrates.

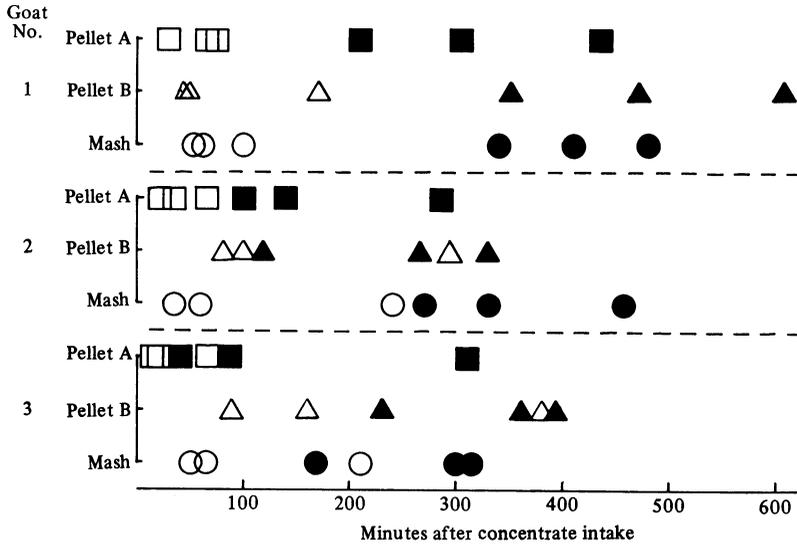


Fig. 2 Effect of the concentrates on the time when the first rumination occurred after feed intake. (□△○; day, ■▲●; night)

を3時間ごとに集計して Fig. 3 に示した。

反芻発現の日周期性は各飼料、各山羊ともほぼ一定しており、早朝3時から6時にかけて反芻行動が最も盛んとなり、日中にもそれよりも弱い反芻が盛んになる時間帯が観察された。しかし日中の反芻発現の変化についてみると、飼料および供試山羊によりずれがあり、ペレットB、マッシュ給与の各山羊およびペレットA給与の1号山羊では日中のピーク時は12～15時であったが、ペレットA給与の2号山羊、3号山羊では9～12時の間にあった。

6. 反芻時間：各飼料給与による各山羊の1日当りの平均反芻時間を集計して Table 4 に示した。

ペレットA給与における反芻時間は1号山羊232分、2号山羊206分、3号山羊257分、全頭平均232分でペレットBではそれぞれ186分、185分、211分、平均194分であり、またマッシュでは203分、215分、234分、平均218分となり、ペレットAがマッシュ、ペレットBに比べて反芻時間が長い傾向が観察されたが飼料間には有意差はなかった。いずれの飼料においても山羊の個体差が大きく、特に2号山羊、3号山羊間ではペレットA給与時に51分の反芻時間差があった。また同一飼料、同一個体に

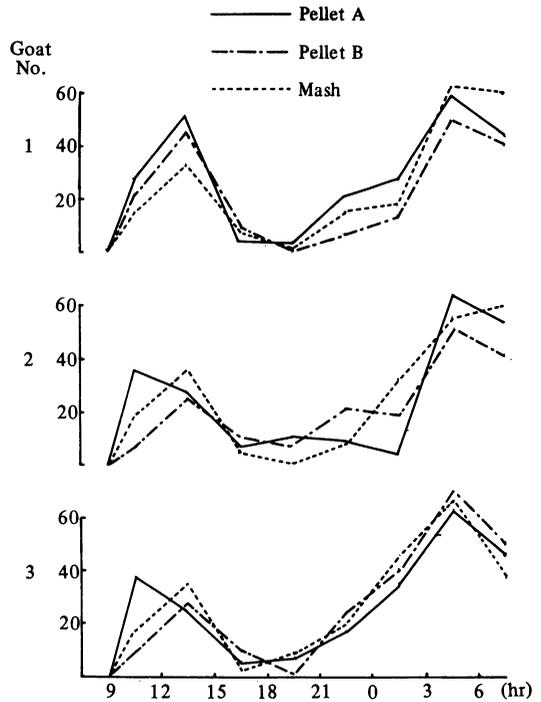


Fig. 3 Diurnal distributions of rumination times in 3-hr subperiods.

Table 3. Daily rumination times for all goats with intakes of various concentrates

Goat No.	Exp. No.	Pellet A	Pellet B	Mash
		min		
1	(1)	210	167	212
	(2)	228	194	179
	(3)	258	197	218
	mean ± S.D.	232 ± 24.2	186 ± 16.5	203 ± 21.0
2	(1)	180	152	196
	(2)	221	195	203
	(3)	216	207	248
	mean ± S.D.	206 ± 22.4	185 ± 28.9	215 ± 28.2
3	(1)	228	190	232
	(2)	270	202	223
	(3)	274	241	247
	mean ± S.D.	257 ± 25.5	211 ± 40.5	234 ± 12.1
Overall mean ± S.D.		232 ± 30.6	194 ± 24.9	218 ± 23.0

ついて3回測定を行ったが、測定日による変動も大きく、3号山羊にペレットBを給与した時に51分もの測定日による差が観察された。

7. 再咀嚼回数：第2、第3試験の反芻行動調査時に再咀嚼回数を数取り器を用いて測定し、1日の再咀嚼回数および反芻時間当りの再咀嚼回数（回数/分）を算出してTable 4に示した。

Table 4. The number and rate of remastication with intake of each concentrate

Goat No.	Exp. No.	Pellet A		Pellet B		Mash	
		R.N.*	R.R.**	R.N.	R.R.	R.N.	R.R.
1	(2)	7529	33.0	6880	35.5	8160	45.6
	(3)	8434	32.7	7009	35.6	8463	38.8
2	(2)	8725	39.5	7606	39.0	8354	41.2
	(3)	7200	33.3	8023	38.8	9049	36.5
3	(2)	11862	43.9	8160	40.4	8750	39.2
	(3)	11937	43.6	9335	38.7	8723	35.3
Mean ± S.D.		9281 ± 2104	37.7 ± 5.3	7836 ± 899	38.0 ± 2.0	8583 ± 319	39.4 ± 3.7

* remastication number

** remastication number per rumination time

再咀嚼回数はペレットA 9281回、ペレットB 7836回、マッシュ 8583回であり、ペレットAが他の飼料に比べて再咀嚼回数が増える傾向が観察された。反芻時の再咀嚼回数は反芻効果を最も直接的に表わす数値と考えられていることから¹⁴⁾、濃厚飼料に物理的性状を付与するために含成のりで固化したペレットも何らかの効果があるといえよう。一分間当りの再咀嚼速度は平均するとペレットA 37.7回、ペレットB 38.0回、マッシュ 39.4回でほとんど差が認められなかった。

考 察

本試験の結果から濃厚飼料をペレットとして給与すると食塊は噴門部を通して円柱状となり反芻胃内に圧出され、特に市販のペレットではPlate 1-bに示したような食塊となって嚥下されるのに反し、マッシュでは泥状となって嚥下されることを観察したが、食塊の形状は採食行動と密接な関連があり、さらに採食状態は

飼料の種類、性状に大きく影響されることから¹¹⁾、同一組成の濃厚飼料においても給与形態を替えることにより嚥下食塊の形状に影響を及ぼすことが確認された。すなわち同一組成のペレット B、マッシュの食塊形状からみるとペレット B は口腔内で咀嚼くと唾液の混入によって原形を失ない、定型的食塊になるが、マッシュではその採食時間は他の飼料に比べて長いことから、多量の唾液が混入して泥状となって嚥下される。一方、合成のりで固化したペレット A ではペレット B のように採食時に口腔内で簡単に磨砕されたり、唾液を吸湿しないために、定型的な食塊を形成せず、また食塊中の飼料粒度も他の 2 つに比べて粗い状態になったと判断される。しかし、同一、同量の飼料を給与した時でも採食時間の長短、咀嚼回数¹²⁾の多少が食塊の形状や、食塊を形成する飼料粒度に影響することが当然考えられる。従って Table 2 に示したように同じペレット A を給与した 1 号山羊、2 号山羊と 3 号山羊では採食時間がかなり違い、1 号山羊、2 号山羊は 3 号山羊の 2 倍を要したことからこのような山羊では食塊中のペレットの粒度は小さくなっていると推測される。

嚥下食塊は反芻胃内で胃運動による攪拌、混合や反芻などによる物理的作用を受けると同時に胃内微生物による化学的作用も受け、揮発性脂肪酸などを産出し、胃内容物の pH 値を変化させる。反芻胃内では滞留時間が同じであれば飼料の粒子が小さい程、飼料表面積が大きくなるため微生物の分解作用を受け易くなることが知られている⁸⁾。摂食後の第一胃内容の pH 値の経時的变化をみると (Fig. 1)、ペレット A を給与した 1 号山羊、2 号山羊ではペレット B、マッシュ給与時と同様に推移しており、採食後 pH 値は急激に低下したのに対し 3 号山羊では比較的緩慢に低下したことは他の山羊に比べて採食時間が短く、従って食塊は plate 1-b に示したものと同様な状態で嚥下され、微生物の分解作用が遅延したものと推察される。

反芻の日内変動について、Gordon¹³⁾ は綿羊を供試して調べたところ夜間から早朝にかけて反芻のピークがあり、逆に午後 4 時から 8 時にかけて常に反芻は低下することを報告しており、春本ら¹⁴⁾¹⁵⁾ も和牛で同様な結果を得ている。本試験の結果 (Fig. 3) も各飼料ともに類似したパターンを示したが、同時に彼らの報告では飼料給与後の反芻時間が非常に短くなっており、本試験での朝方、ペレット A を摂食した 2 号山羊、3 号山羊の結果とは異なっている。これは先に述べたようにペレット A が摂取された後も反芻胃内で比較的粗い粒子で滞留し、これが“反芻の受容器”¹⁶⁾ を刺激し、Fig. 2 に示したように反芻開始時間を早めたものと考えられる。一方、ペレット B、マッシュを採食した時に反芻開始時間が遅れたのは、これらの飼料に反芻を誘起させる作用がなかったためであり、粗飼料でも給与形態を変えると反芻開始時間に影響することが指摘されている¹¹⁾。しかし夕方の給飼後において濃厚飼料の形態の相違が明確にならなかったことは、反芻発現は飼料の給与時刻を変えても¹³⁾、また絶食させても変化しない¹⁵⁾¹⁷⁾ 程強い定型的パターンを示し、家畜特有の生理的な日周リズムと密接な関係があるためであろうし¹⁴⁾、また、本試験では濃厚飼料給与の 30 分後に与えた稲わらの影響が強かったものと推察される。

Balck⁶⁾ は牛に濃厚飼料を単独で給与すると反芻はほとんど見られないと述べており、また Sudweeks¹⁸⁾ は去勢牛に濃厚飼料と粗飼料の給与割合を変えて給与し、摂取乾物当りの採食および反芻時間を外挿法により算出したところトウモロコシ、大豆粕の反芻時間は粗飼料に比べて非常に短く、摂取乾物当り 5~8 分であると報告している。本試験では濃厚飼料の給与形態、特に結合剤を添加して強固に調整したペレットが反芻などに及ぼす影響を市販ペレット、マッシュと比較検討することを目的としたが、Table 3 に示したように反芻時間には給与形態による差が見られなかったことは、反芻のほとんどが濃厚飼料よりも稲わらの採食によって行なわれたものと考えられる。

以上のことから濃厚飼料を硬質ペレットとして給与すると、朝の給飼後の反芻開始時間は早まるが全反芻時間には影響が認められなかったものと結論づけられる。このことは試験飼料の物理的性質として硬度のみを取り上げた本試験結果に照らして、採食時に口腔内でほとんど咀嚼くせずに嚥下可能なペレットの大きさや市販ペレットの如く口腔内で容易に崩壊しない結合剤の開発などが検討課題になることを示唆しており、同時に本試験で観察された個体差から、今後この種の試験においては動物を十分に選別して供試する必要がある。

要 約

原料が同一の配合飼料を市販ペレット、マッシュおよび結合剤を加えて硬く調製したペレットの3種の物理的性状の異なる飼料を山羊に給与し、採食時間、嚥下食塊の形状、第一胃内容 pH 値の経時的変化および反芻行動を観察した。その結果、採食時間はマッシュ、調製ペレット、市販ペレットの順に長かった。嚥下食塊はマッシュと市販ペレットでは反芻胃内に入ると直ちに崩壊したが調製ペレットは粗い形状で反芻胃内に滞留した。そのために採食後の反芻胃内 pH 値の低下が他の飼料に比べて比較的緩慢であり、また採食後の反芻開始が早くなる傾向を示した。反芻に伴う再咀嚼回数は調整ペレット給与で多くなったが、山羊間に顕著な個体差が見られたため濃厚飼料の形態による違いは明確なものとならなかった。1日当りの反芻時間には飼料による差は見られなかった。

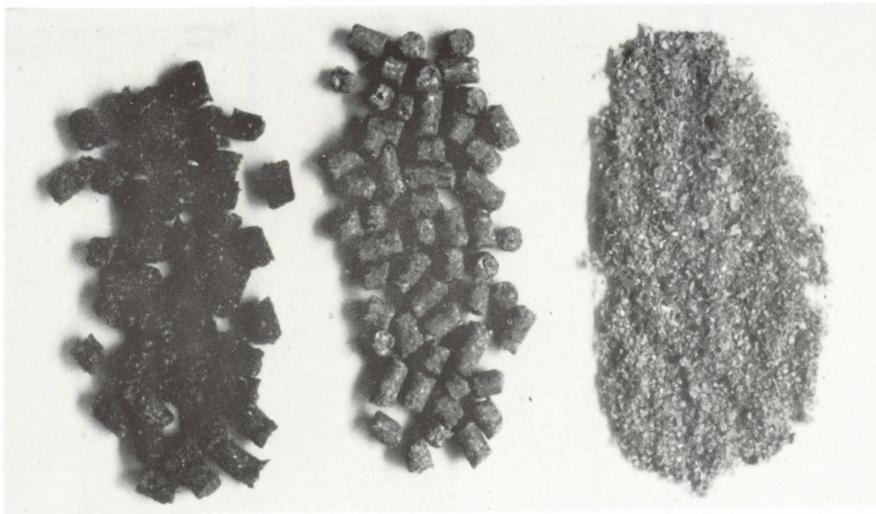
文 献

- 1) HARVEY, R. W., WISE, M. B., BLUMER, T. N., and BARRICK, E. R. : *J. Anim. Sci.*, **27**, 1438–1444 (1968).
- 2) COPPOCK, C. E. : *J. Dairy Sci.*, **57**, 926–933 (1974).
- 3) LATHAM, M. J., SUTTON, J. D., and SHARPE, M. E. : *J. Dairy Sci.*, **57**, 803–810 (1974).
- 4) 農林水産技術会議編：日本飼養標準，乳牛，1974年版，p. 29–30，中央畜産会出版，東京（1974）
- 5) 同 上 ，肉牛，1975年版，p. 49，同 上 （1975）
- 6) BALCK, C. C. : *Br. J. Nutr.*, **26**, 383–392 (1971).
- 7) WESTON, R. H. and HOGAN, J. P. : *Aust. J. agric. Res.*, **18**, 789–801 (1967).
- 8) PEARCE, G. R. and MOIR, R. J. : *Aust. J. agric. Res.*, **15**, 635–644 (1964).
- 9) GORDON, J. G. : *J. Agr. Sci.*, **51**, 78–80 (1958).
- 10) WELCK, J. G. and SMITH, A. M. : *J. Anim. Sci.*, **28**, 813–818 (1969).
- 11) 大谷 勲：広大水畜紀要，**4**，211–317（1962）
- 12) SUDWEEKS, E. M. : *J. Anim. Sci.*, **44**, 694–701 (1977).
- 13) GORDON, J. G. : *J. Agr. Sci.*, **51**, 81–83 (1958).
- 14) 春本 直・加藤正信：島大農研報，**8**，15–21（1974）
- 15) 同 上 **10**，21–26（1976）
- 16) 松本英人：乳牛の科学，第1版，梅津元昌編，p. 77–79，農文協出版，東京（1966）
- 17) WELCK, J. G. and SMITH, A. M. : *J. Anim. Sci.*, **27**, 1734–1737 (1968).
- 18) SUDWEEKS, E. M., MCCULLOUGH, M. E., SISK, L. R., and LAW, S. E. : *J. Anim. Sci.*, **41**, 219–224 (1975).
- 19) WELCK, J. G. and SMITH, A. M. : *J. Anim. Sci.*, **33**, 1118–1123 (1971).

Summary

This study was conducted in order to estimate the effects of the three types of formular concentrate different in its physical form on the rumination of goats. The used feeds were pellet and mash of commercial feed and hardened pellet by adding 10% synthetic bond to mash.

- (1) The eating time for hardened pellet was longer than for pellet and shorter than for mash. The boli of pellet became fine particles in the rumen at once.
- (2) The time spent before the first rumination was shorter in the case of hardened pellet than in the case of the other two feeds.
- (3) The daily duration for rumination was not longer in the case of hardened pellet than the otherwise significantly.



Pellet A

Pellet B

Mash

Plate 1-a. The used feeds in this experiment; pellet A is hardened pellet made by adding synthetic bond to mash, pellet B is commercial pellet and mash is grinding powder of pellet B.



Pellet A

Pellet B

Mash

Plate 1-b. Picked boli from the fistulated goat fed each concentrate.