

採食前後のルーメン内容物の全量交換がめん羊の採食行動および乾草自由採食量に及ぼす影響

泉 賢一¹・長田 沙織・中村 淳子・岡本 全弘

¹酪農学園大学附属農場, 江別市, 069-8501

酪農学園大学酪農学科, 江別市, 069-8501

Effect of rumen fill on eating behavior and voluntary intake in sheep offered hay by a rumen digesta exchange method

Kenichi IZUMI¹, Saori NAGATA, Jyunko NAKAMURA and Masahiro OKAMOTO

¹Research farm, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, 069-8501

Faculty of dairy science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, 069-8501

キーワード : ルーメン内充満度, first meal, 自由採食量, 採食行動, めん羊

Key words : rumen fill, first meal, voluntary intake, eating behavior, sheep

Abstract

In order to test the influence of rumen fill on eating behavior and voluntary intake in sheep offered hay, the rumen digesta from sheep at two hours after feeding (the group fed at 8:30) was exchanged with that from the sheep immediately before feeding (the group fed at 10:30). Four rumen-cannulated sheep were fed with grass hay *ad libitum*. Two pairs were made consisting of one sheep in the group fed at 8:30 and the other sheep in the 10:30 group. The rumen digesta of the two sheep within a pair were exchanged at 10:30. Dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) weight of rumen digesta was greater in the sheep fed at 8:30 than in those fed 10:30 ($P < 0.10$). Large particle content in rumen digesta fed at 8:30 was higher than the group fed at 10:30 ($P < 0.01$). Small particle content was lower in the 8:30 sheep than in the 10:30 sheep ($P < 0.05$). The daily eating time on the day rumen digesta were exchanged was significantly longer for the sheep fed at 8:30 than for those fed at 10:30 ($P < 0.05$), but the daily rumination time was not affected by the digesta exchange. The duration of the first meal on the exchange day was similar between the two groups, and the meal length immediately after the second distribution for the 8:30 group was 130.8min. Intake of DM and NDF on the day of digesta exchange was significantly greater for sheep fed at 8:30 than for those fed at 10:30 ($P < 0.01$). When daily intake on the exchange day was compared to the adaptation period, there was a tendency of increase in the group fed at 8:30, while the 10:30 group was not affected. It was concluded that the decrease of rumen fill caused the large meal. It is suggested from the result of the group fed at 10:30 that there will be some factors to start eat as well as rumen fill.

要 約

ルーメン内充満度がめん羊の採食行動や自由採食量に及ぼす影響を調査するために、給与後2時間経過しためん羊(8:30給与区)と給与直前のめん羊(10:30給与区)との間でルーメン内容物を全量交換した。4

頭のルーメンカニューレ装着めん羊にチモシー主体イネ科乾草を自由採食させた。給与時間をずらした2処理にそれぞれ2頭ずつを配置した。10:30に処理間で組を作り採食前と採食後のルーメン内容物を全量交換した。ルーメン内乾物(DM)および中性デタージェント繊維(NDF)重量は8:30給与区の方が10:30給与区よりも高くなる傾向を示した($P < 0.10$)。ルーメン内容物中の大飼料片割合は8:30給与区の方が高く

($P < 0.01$), 小飼料片割合は 10:30 給与区の方が高かった ($P < 0.05$). ルーメン内容物の交換当日において採食時間は 8:30 給与区の方が 10:30 給与区よりも長かったが ($P < 0.05$), 反芻時間は処理による差は認められなかった. ルーメン内容物交換当日の飼料給与後最初の採食期 (first meal) は 8:30 給与区と 10:30 給与区で同程度であった. 8:30 給与区で内容物交換後に再給与したところ 130.8 分の採食期が出現した. ルーメン内容物交換当日の DM および NDF 採食量は 8:30 給与区の方が 10:30 給与区よりも多かった ($P < 0.01$). 採食量を予備期と比較すると 8:30 給与区では増加傾向を示したが, 10:30 給与区に変化はなかった. 以上から, 8:30 給与区ではルーメン内充満度が低減した結果, 再度長時間の meal が出現したと考えられた. 一方 10:30 給与区の結果から, ルーメン内の物理性以外にも採食を開始させる要因が存在すると考えられた.

緒 言

反芻動物の自由採食量を向上させるためには, その制御機構を明らかにしなくてはならない. 反芻動物の自由採食量は様々な要因によって影響を受けることが知られている. これまで, ルーメン内容積によって採食量が規定されるとする物理的要因とルーメン内発酵産物である VFA 等によって調節される化学的要因について多くの研究がなされてきた. 反芻動物は飼料を 1 日に何回にも分けて採食するが, 連続して採食を続ける 1 回の「食事」を meal と称し (METZ, 1975), 1 日の採食量は日内に出現した個別の meal 採食量の総和で表されることになる. 飼料給与直後に出現する meal (first meal) は採食量が多く, 日採食量を決定する上で重要な meal であることから, first meal の採食量を調節する要因について検討が重ねられている (EGAN, 1970; FISHER and BAUMONT, 1994; BAUMONT *et al.*, 2000). FISHER and BAUMONT (1994) は, イネ科乾草のようなルーメン内での発酵速度の遅いものについては, first meal の終了に対して化学的な要因よりもルーメンの拡張による物理的なフィードバックが強く影響すると述べている. したがって, first meal の継続時間や採食量を解析するためにはルーメン内の充満状態といった物理的要因との関連を検討する必要がある.

そこで本研究では, ルーメン内の充満状態の変化が採食行動や採食量に及ぼす影響について検討するために, 採食直前と採食開始から 2 時間が経過しためん羊間でルーメン内容物を全量交換し, 充満状態を強制的に変化させて採食量および採食行動を調査した.

材料および方法

供試動物として酪農学園大学附属農場で飼養しているルーメンカニューレを装着したサフォーク種去勢めん羊 4 頭を用いた (平均体重 48.8 ± 9.5 kg). めん羊は代謝檻で飼養し, チモシー主体イネ科乾草を 1 日 1 回自由採食させた. 給与量は残飼が出るように前日の採食量の 120% とし, 水および固形塩は自由摂取とした.

first meal を給与開始後 10 分以上の採食中断が見られるまでの期間と定義した. 飼料給与直前と first meal 終了以降のそれぞれのルーメン内容物を全量交換するために, 給与時刻を 8:30 と 10:30 の 2 通りとし, 各給与時刻にめん羊を 2 頭ずつ配置した. 試験は 1 期 18 日間で, 予備期 10 日間, 内容物交換当日 (11 日目), 回復期 3 日間, 内容物交換当日 (15 日目), 回復期 3 日間とした. 1 期終了後, 給与時刻を入れ替えて同様の日程を反復した. ルーメン内容物交換当日は給与時刻の異なる 2 頭ずつの組を作り, 8:30 給与区が採食開始後 2 時間, 10:30 給与区では給与直前となるように 10:30 に内容物を取り出し, めん羊間で全量交換した. 交換時に内容物の総重量を計量した後, 化学分析および飼料片粒度分布測定用のサンプルを 400 g 程度採取した.

採食量は全期間を通して毎日計測した. 給与乾草, 残飼およびルーメン内容物の化学成分は乾物 (DM), 有機物 (OM), 粗タンパク質 (CP) については AOAC (1999) により, 中性デタージェント繊維 (NDF) および酸性デタージェント繊維 (ADF) は GOERING and VAN SOEST (1970) に従って分析した. 供試乾草の化学成分は DM 含量が 88.0% で, OM, CP, NDF および ADF の乾物中含量はそれぞれ 92.6%, 8.8%, 66.5% および 39.0% であった. ルーメン内容物の飼料片を分類するために目開き 2.36, 1.18, 0.60, 0.30 および 0.15 mm の篩を用いて湿式篩別した. 1.18 mm 以上の篩に残留した飼料片を大飼料片, それ以下の篩に残留した飼料片を小飼料片とした. また, ふるい分けに用いたサンプル総重量から大飼料片および小飼料片重量を差し引いたものを可溶性分画とした.

試験期間中, めん羊にひずみ計付き頭絡を装着し, 採食行動および反芻活動を観察した. ひずみ計のリード線を記録計 (RECTI-HORIZ-8K, San-ei, Tokyo) に接続し, 紙送り速度を 5 mm/min に設定したチャート用紙に波形を記録した. 描かれた波形に基づき行動型を採食と反芻に分類した.

処理間の有意差を検定するために t-検定を実施した.

結 果

ルーメン内容物の性状

交換したルーメン内容物の化学成分含量、成分別重量および飼料片粒度分布を表1に示した。DM, OM および NDF 含量は飼料給与時刻による影響は認められなかった。CP 含量は飼料給与2時間後であった8:30 給与区の方が、給与直前にサンプリングした10:30 給与区よりも高い値となった(P<0.05)。また、ADF 含量は10:30 給与区の方が高くなる傾向を示した(P<0.10)。

ルーメン内容物の総重量は原物では差が認められなかったが、DM および NDF 重量は8:30 給与区で増加する傾向を示した(P<0.10)。

ルーメン内容物を粒度別に分画した結果、両区とも小飼料片の割合が最も高い値となった。処理間で比較すると、大飼料片割合は8:30 給与区の方が有意に高

い値となり(P<0.01)、小飼料片割合は10:30 給与区の方が高かった(P<0.05)。可溶性分画は両区とも同程度であった。

採食行動および反芻活動

表2に1日あたりの採食時間および反芻時間を掲載した。採食時間はルーメン内容物交換当日で8:30 給与区の方が10:30 給与区よりも有意に長い値となった(P<0.05)。この傾向は予備期間中にも認められた(P<0.10)。一方、反芻時間については予備期およびルーメン内容物交換当日ともに処理による差は認められなかった。予備期とルーメン内容物交換当日との比較では、8:30 給与区では採食時間が増加し、反芻時間は減少する傾向を示したのに対し、10:30 給与区では採食時間には大差なく、反芻時間は若干延長する傾向を示した。

表3にルーメン内容物交換当日における飼料給与後

Table 1. Chemical composition, weight and particle size distribution of rumen digesta in both groups

	Feeding at 8:30 ¹⁾	Feeding at 10:30 ²⁾
Chemical composition		
Dry matter, %	11.2± 0.63	10.4± 0.16
	% DM ³⁾	
Organic matter	89.3± 0.43	88.9± 0.47
Crude protein	12.3± 0.54*	11.6± 0.35
Neutral detergent fiber	72.1± 0.82	73.3± 1.01
Acid detergent fiber	40.6± 0.59	42.6± 1.07 [†]
Weight		
Fresh matter, kg	12.68± 2.22	10.94± 1.66
Dry matter, g	1424.9±304.5 [†]	1133.5±169.3
Neutral detergent fiber, g	1025.1±211.3 [†]	831.8±131.6
Particle size distribution, % of total digesta DM		
Large particle ⁴⁾	31.2± 6.92**	20.9± 4.80
Small particle ⁵⁾	44.9± 4.24	55.9± 5.39*
Soluble fraction ⁶⁾	24.0± 5.68	23.2± 1.18

¹⁾ This group has eaten for 2 hours at exchange of rumen digesta.

²⁾ This group does not eat yet at exchange of rumen digesta.

³⁾ Dry matter

⁴⁾ >1,180μm

⁵⁾ <1,180μm, >150μm

⁶⁾ <150μm

** : P<0.01, * : P<0.05, † : P<0.10

Table 2. The time spent eating and rumination in both groups

	Feeding at 8:30 ¹⁾	Feeding at 10:30 ²⁾
Eating time, min/d		
Adaptation period	401.8±48.4 [†]	374.8± 39.1
The day of rumen digesta exchange ³⁾	434.1±82.3*	352.6±108.1
Rumination time, min/d		
Adaptation period	583.3±27.2	528.8± 74.8
The day of rumen digesta exchange ³⁾	514.6±26.9	564.2± 69.8

^{1), 2)} See the footnote of table 1

³⁾ The time of exchange was at 10:30.

* : P<0.05, † : P<0.10

Table 3. The duration of first meal in both groups on the day of rumen digesta exchange (min)

	Feeding at 8:30 ¹⁾	Feeding at 10:30 ²⁾
First meal before exchanging rumen digesta	81.4±65.3	—
The meal immediately after exchanging rumen digesta ³⁾	130.8±76.0**	80.6±32.9

^{1), 2)} See the footnote of table 1

³⁾ At 10:30.

** : P < 0.01

最初の採食期 (first meal) とルーメン内容物交換直後に出現した meal について取りまとめた。通常の飼料給与直後に出現する first meal は 81.4 分となった (8:30 給与区)。ルーメン内容物交換直後では、再給与した 8:30 給与区が 130.8 分であったのに対し、当日最初の飼料給与 (first meal) であった 10:30 給与区では 80.6 分であった (P < 0.01)。

図 1 に採食時間と反芻時間の日内分布を 2 時間ごとにとりまとめ、予備期と内容物交換当日について比較した。8:30 給与区の採食では、給与後 0~2 時間において予備期の方が交換当日よりも長くなる傾向を示したが、ルーメン内容物の交換後である給与後 2~4 時間 (P < 0.10) と 4~6 時間 (P < 0.05) には交換当日の方が長くなった。反芻時間は、給与後 2~4 時間と 4~6 時間において交換当日の方が有意に短くなり (P < 0.05)、10~12 時間にも短縮する傾向を示した (P < 0.10)。10:30 給与区においては、採食時間は予備期と比べて交換当日の 8~10 時間で有意に短縮し (P < 0.05)、0~2 時間と 22~24 時間で短くなる傾向を示した (P < 0.10)。反芻時間は、予備期と比べ交換当日の 16~18 時間と 20~22 時間で有意に長くなり (P < 0.05)、8~10 時間で長くなる傾向を示した (P < 0.10)。22~24 時間では予備期の方が長い値を示した (P < 0.05)。

自由採食量

DM および NDF の各採食量を予備期、内容物交換当日およびその後の回復期について表 4 にまとめた。DM 採食量はルーメン内容物交換当日において 8:30 給与区の方が 10:30 給与区よりも多い値となった (P < 0.01)。また、8:30 給与区では内容物交換前 2 時間の DM 採食量は 525.1 g となり、予備期間中の DM 日採食量の 37%、ルーメン内容物交換当日の DM 日採食量に対しては 28% に相当した。1 日の採食量を予備期とルーメン内容物交換当日で比較すると、8:30 給与区では 31% 増量したが、10:30 給与区では変化なかった。回復期 2 日目および 3 日目においては 8:30 給与区よりも 10:30 給与区の方が多くなる傾向を示した (P < 0.10)。NDF 採食量についても DM 採食量と同様の傾向を示し、ルーメン内容物交換当日では 8:30 給与区の方が 10:30 給与区よりも有意に多い

値となった (P < 0.01)。回復期では、10:30 給与区の方が 8:30 給与区よりも 2 日目 (P < 0.10) および 3 日目 (P < 0.05) で多い値を示した。

考 察

first meal の持続時間は本試験では 80 分程度であった。反芻動物にとって主要なエネルギー源は VFA であるが、摂取された飼料がルーメン内で発酵し血液中に吸収されるまでの時間を考えると、first meal の終了にはルーメン内容物の量や飼料片粒度といった物理的性状が強く関係していると推察される。とりわけ、本研究ではルーメン内分解速度がそれほど速くないと考えられるイネ科乾草を用いており、その傾向は強まっていたであろう。表 1 より給与後 2 時間を経過した時点のルーメン内容物量 (8:30 給与区) は、給与直前 (10:30 給与区) と比べて DM で 291 g、原物では約 2 kg もの差がみられた。また 8:30 給与区では単にルーメン内容物の重量が増えたのみならず、大飼料片の割合も高まっており単位重量あたりの容積も増大していたと考えられる。GRANT (1997) は泌乳牛のルーメン内に放置したおもりが上昇する距離や時間からルーメンマットの粘度を測定しているが、粘度は給与後 2 時間から 6 時間にかけて急激に上昇した。同様に、WELCH (1982) は給与直前よりも給与後 2 時間のルーメン内容物粘度が高く、特にイネ科乾草ではコーンサイレージやアルファルファミールと比べて程度が大きいことを確認した。これらのことから、8:30 給与区のルーメン内容物の容積や粘度は高く、その内容物を移植された 10:30 給与区では飼料を給与される前にルーメン内の充満状態が大幅に上昇したと考えられた。

表 2 から、ルーメン内容物交換当日の日採食時間を比較すると 8:30 給与区は 10:30 給与区と比べ 81.5 分長かった。これには 8:30 給与区において内容物交換直後に 130.8 分という非常に長い meal が出現したことが関係していた (表 3)。10:30 給与区では通常と変わらない長さの first meal が出現したこともあり、1 日の総採食時間は予備期と比べ大差ない値となった (表 2)。また、図 1 から内容物の交換によって採食行動の日内分布に変化が現れたのは、両区ともに採食行

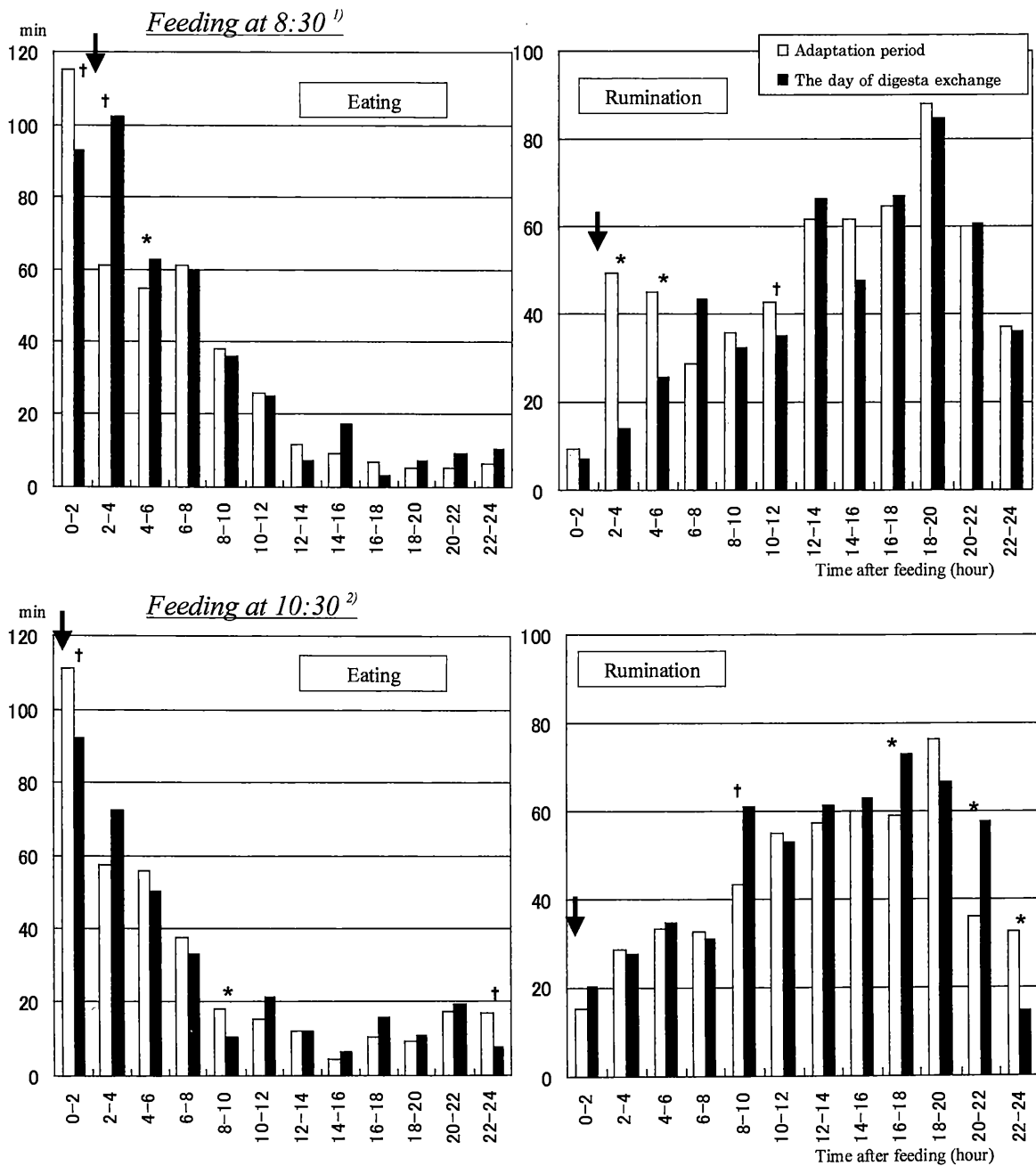


Figure 1. Daily pattern of eating time and rumination time in both groups.

^{1), 2)} See the footnote of table 1. *: P<0.05, †: P<0.10

↓: The time of rumen digesta exchange.

動が活発な交換後数時間のみに限定されていた。一方、交換当日における 10:30 給与区の反芻時間は予備期と比べ給与後 8 時間以降で増加するパターンを示した。ルーメン内の充満状態が高まると反芻時間は増加すると考えられるので(大城, 1985), 内容物の交換によってもたらされたルーメン内充満度の高さは終日にわたって持続していたと推測された。これらのことから、採食行動は 8:30 給与区のようにルーメン内充満度が減少する場合には敏感に反応するが、その反応は first meal を含む給与直後に限定されることが示された。なお、8:30 給与区において交換当日の給与後 0

~ 2 時間の採食時間が予備期と比べ短くなる傾向を示したが(図 1), 採食行動や採食量の安定化といった意味で予備期をさらに長く設定する必要があったのかもしれない。

8:30 給与区では採食時間の延長に伴い採食量が増加したと考えられるが、飼料給与直前にルーメン内容物量や飼料片粒度が大きく増加した 10:30 給与区において採食時間や採食量に変化が認められなかった点については解釈が難しい。10:30 給与区では飼料給与直前に 1133.5 gDM であったルーメン内容物が飼料摂取を伴わずに 1424.9 gDM に増加したにも関わら

Table 4. Voluntary intake in both groups

	Feeding at 8:30 ¹⁾	Feeding at 10:30 ²⁾
Dry matter intake		
Adaptation period, g/d	1412.7±183.9	1366.9±241.6
The day of rumen digesta exchange ³⁾ , g/d	1855.8±519.4**	1396.4±484.2
Intake of first 2hours before exchanging rumen digesta ³⁾ , g/2h	525.1±144.3	—
Recovery period d1, g/d	1542.9±475.0	1466.5±397.9
d2, g/d	1449.5±318.3	1499.2±329.9 [†]
d3, g/d	1421.0±289.2	1476.0±271.3 [†]
Neutral detergent fiber intake		
Adaptation period, g/d	908.7±121.3	882.2±155.8
The day of rumen digesta exchange ³⁾ , g/d	1219.0±342.3**	925.1±311.8
Intake of first 2hours before exchanging rumen digesta ³⁾ , g/2h	344.3± 95.5	—
Recovery period d1, g/d	1012.4±310.9	967.1±265.0
d2, g/d	954.9±210.3	991.7±219.2 [†]
d3, g/d	937.8±193.1	975.7±182.6*

^{1), 2)}See the footnote of table 1

³⁾The time of exchange was at 10:30.

**: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$, †: $P < 0.10$

ず(表1), その後の飼料給与に応じて通常と遜色のない80.6分というfirst mealが出現した(表3)。これは試験実施前の想定と異なるものであった。泉ら(2001)は, めん羊のルーメン内にテニスボールを挿入しルーメン壁を人為的に拡張すると, 給与後6時間までの採食期出現回数は半減することを確認している。このことから, 当初, めん羊は大幅に上昇したルーメン内充満度によって採食行動よりも反芻活動を優先するのではないかと予測したが, 10:30給与区では採食量および総採食時間は予備期と比べ変化することはない。わずかに反芻活動の日内分布が変化したのみである(図1)。単純にルーメン内充満度が採食を調節するといった想定では説明の付かない今回の事象について, BAUMONT *et al.* (1990) はひとつの示唆を提供してくれる。彼らは乾草自由採食下のめん羊を用いて, first mealが終了した時点で残飼を除去し, 再度乾草を給与するといった試験を実施した。その結果, 1度目のfirst meal終了時にrumen fillが最大に達していたと推察されたにもかかわらず, 再給与によって再び大きな採食期が出現することが明らかとなった。彼らは飼料を給与するといった知覚に訴える刺激はルーメン内容物による物理的な膨満感を凌駕する可能性があると結論している。10:30給与区では飼料給与前にルーメン内の充満状態を高めたが, めん羊の採食への欲求が物理的な採食抑制の信号を上回った可能性がある。採食の欲求を満たすためには, 飼料を喫食, 咀嚼そして嚥下するといった口腔の運動や食塊が喉を通過する際の触感もたらす感覚的な信号が必要となるのかもしれない(FORBES, 1995)。

以上の結果から, ルーメン内の充満状態を解消するとfirst mealのような大きな採食期が出現することが

明らかとなった。一方で, ルーメン内の充満状態を増加させた場合であっても飼料給与に伴い大きな採食期が出現したことから, ルーメン内の物理性以外にもfirst mealを開始させる要因が存在したと考えられた。このようにルーメン内の物理性と採食の開始や終了との関係は, 充満状態が増加する方向と減少する方向で反応機序が異なることが示された。今後, この違いを検討することが反芻家畜の採食調節機構を解明するための重要な糸口になるだろう。

文 献

- A.O.A.C. (1999) Official methods of analysis of AOAC international (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Maryland.
- BAUMONT, R., N. SEGUIER and J. P. DULPHY (1990) Rumen fill, forage palatability and alimentary behaviour in sheep. *J. Agric. Sci., Camb.*, **115**: 277-284.
- BAUMONT, R., S. PRACHE, M. MEURET and P. MORAND-FEHR (2000) How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: A review. *Livest. Prod. Sci.*, **64**: 15-28.
- EGAN, A. R. (1970) Nutritional status and intake regulation in sheep VI. Evidence for variation in setting of an intake regulatory mechanism relating to the digesta content of the reticulorumen. *Aust. J. agric. Res.*, **21**: 735-746.
- FISHER, D. S. and R. BAUMONT (1994) Modeling the rate and quantity of forage intake by ruminants during meals. *Agric. Sys.*, **45**: 43-53.

- FORBES, J. M. (1995) Feedback signals. In Voluntary food intake and diet selection in farm animals. 38-57. CAB international. Wallingford, UK.
- GOERING, H. K. and P. J. VAN SOEST, (1970) Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications) in Agriculture handbook. (USDA ed.). 2-9. Washington, D. C.
- GRANT, R. J. (1997) Interactions among forages and nonforage fiber sources. J. Dairy Sci., **80**: 1438-1446.
- 泉 賢一・山口克也・有坂美香・岡本全弘 (2001) ルーメン壁の物理的拡張と VFA の注入がめん羊の乾草採食量および採食パターンに及ぼす影響. 日緬研会誌, **38**: 25-33.
- METZ, J. H. M. (1975) Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen, **75**: 1-66.
- 大城政一 (1985) ヤギの第一胃内への強制給餌が種々の生理反応に及ぼす影響, 特に反芻行動を中心として. 日畜会報, **56**: 312-317.
- WELCH, J. G. (1982) Rumination, particle size and passage from the rumen. J. Anim. Sci., **54**: 885-894.

