

## 早期離乳子牛における採食量調節

誌名	栄養生理研究会報
ISSN	02864754
巻/号	342
掲載ページ	p. 153-170
発行年月	1990年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 早期離乳子牛における採食量調節

阿部 又 信・入 来 常 徳 (麻布大学獣医学部)

反芻動物と非反芻動物では採食量調節機構に関して少なからぬ相違のあることが指摘されている<sup>1-5)</sup>。一方、早期離乳法に基づいて育成虫の子牛の栄養は、哺乳期のいわば非反芻動物型から、離乳を境に完全な反芻動物型へと急激に変化する。したがって、早期離乳子牛における採食量調節機構の問題は大いに興味を持たれるところである。そこで、離乳前後に給与する固形資料としてはペレット濃厚資料と稲ワラを用い、この問題に関して若干の検討を試みた。

### 1. 早期離乳前後の10週間における長期採食量調節

採食量調節に関しては、長期と短期に分けて考えるのが適当とされている<sup>3)</sup>。そこで、約1週齢で導入して5週間代用乳を定量給与し、6週齢末に離乳したホルスタイン種雄子牛について哺乳期5週間と離乳後5週間、計10週間における長期採食量調節機構についてまず検討した<sup>6)</sup>。

試験は春と秋にはほぼ同様の方法で2回反復実施し(それぞれ試験1および2)、いずれも18頭ずつを供試したが、試験2では下痢等の原因により途中で4頭を除外したため14頭となった。子牛は試験期間中単飼ケージに収容し、試験1では哺乳期間中9頭に対しては市販代用乳(CP28.8%, TDN105%)を1日600g、他の9頭には300g給与した。試験2では600g区が8頭、300g区6頭となった。代用乳は半量ずつ朝(8:00)と夕(16:00)とに分け、給与量にかかわらず毎回1.8ℓの温湯に懸濁してバケツから飲ませた。また、全期を通して長さ約50mmに切断した稲ワラと径3/16inch(約4.8mm)のペレット濃厚飼料(トウモロコシ30%, 大麦47%, 大豆粕18%, 食塩2.5%, 炭酸カルシウム2%, 微量ミネラル混合物0.4%, ビタミンA・D・E剤0.1%; CP15.3%, TDN72%)をそれぞれ別の飼槽に入れて不断給与した。

体重と採食量は1週間毎に計測し、同時に全頭から頸静脈血を採取した。その際、飼料摂取後の経過時間が血中代謝産物濃度に及ぼす影響を少なくするため、採血前日の20:00に飼槽から飼料を撤去し、翌朝8:00までに採血を終了した。したがって、ここでいう1週間の採食量とは厳密には6.5日間の採食量である。なお、飲水はこの間も自由に与えた。

表1は、試験1, 2における離乳前と後の平均増体量、および1頭当りの飼料とTDNの摂取量を示す。代用乳給与量を反映して両試験とも離乳前のTDN摂取量には区間で有意の差があり、いずれも600g区の方が多かったが、離乳前の濃厚飼料摂取量は300g区の方が多い傾向を示し、試験1にお

Table 1. Body weight gains and intakes of feeds and TDN in Expts 1 and 2.

	Expt: 1				2			
	Milk replacer (g/d): 600		300		600		300	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of calves	9		9		8		6	
Body weight (kg):								
At the start (S)	44.0 ± 2.5		43.5 ± 3.3		48.1 ± 4.9		49.5 ± 6.4	
At weaning (W)	58.7 ± 6.8		54.5 ± 5.4		61.2 ± 7.3		55.6 ± 5.8	
At the end (E)	88.9 ± 5.3		84.1 ± 11.6		86.8 ± 8.6		74.6 ± 15.6	
Weight gain (kg):								
From S to W	14.7 ± 5.2		14.5 ± 3.3		13.1 ± 5.9		6.1 ± 4.6	
From W to E	30.3 ± 4.7		29.6 ± 6.5		25.6 ± 3.7		19.0 ± 9.1	
Intake (kg) of:								
Milk replacer								
From S to W	21.0		10.5		21.0		10.5	
From W to E	0		0		0		0	
Concentrate								
From S to W	10.9 ± 2.3		17.8* ± 5.2		11.0 ± 6.0		15.0 ± 6.7	
From W to E	73.8 ± 9.2		68.2 ± 6.5		71.0 ± 10.4		67.7 ± 16.3	
Rice straw								
From S to W	2.5 ± 0.9		2.8 ± 1.3		4.0 ± 1.9		5.1 ± 1.5	
From W to E	9.1 ± 2.5		8.1 ± 2.2		11.5 ± 2.8		9.3 ± 1.3	
TDN								
From S to W	30.8** ± 1.8		24.9 ± 2.5		31.5* ± 3.0		23.8 ± 3.4	
From W to E	56.6 ± 7.8		52.2 ± 10.7		55.5 ± 9.1		52.4 ± 12.3	

\* P&lt;0.05    \*\*P&lt;0.01

いては区間の差が有意であった (P<0.05)。しかし稲ワラ摂取量については差がなかった。

図1は1週間毎の体重変化と、各週における濃厚飼料および稲ワラの平均摂取量を週間平均体重当りで示したものである。濃厚飼料摂取量には、試験1においては離乳前の全週で区間に有意差が認められ、試験2においても4週目における差は有意であった (P<0.05)。しかし離乳後の濃厚飼料と離乳前・後の稲ワラの各摂取量には区間で有意の差は認められなかった。また、濃厚飼料摂取量には離乳前の4週目と、離乳直後の6・7週目との2回の急増期が認められた。しかし稲ワラについて急増期といえるのは3週目だけで、離乳後は摂取量の変動が激しく、明確に急増したとは認め難かった。

表1および図1に示した結果から、(1)代用乳の給与日量、(2)離乳、および(3)子牛自身の成長、の3条件が濃厚飼料摂取量に影響を及ぼしたと考えられる。前2者については自明であるが、離乳前の4週目における濃厚飼料摂取量の急激な増加については、その原因を子牛の成長以外に求めるのは困難である。なお、濃厚飼料およびTDNの摂取量は試験2では10週目までほぼ順調に増加したが、試験1では8週以降増加が停滞した。試験1ではその時期が夏にさしかかり、一方試験2では冬にさしかかったことから、気温との関連性も無視できないと考えられる。

図2は、1週毎の平均TDN摂取量を各週の平均メタボリックボディサイズ (W<sup>0.75</sup>) 当りで示したものである。なお、離乳前については代用乳を含めた場合と含めない場合との両方が示されている。その結果、両試験において代用乳を含めたTDN摂取量は3週目まで300g区の方が有意に少なかったが、4、5週目には特に同区において固形飼料からのTDN摂取量が有意に増加したため、区間に差はなくなった。また、離乳後の区間に差はなかったが、離乳直後の6週目は離乳直前の5週目よりTDN摂取量が低下した。この結果から、濃厚飼料摂取量に影響を及ぼした3条件に共通する要因と

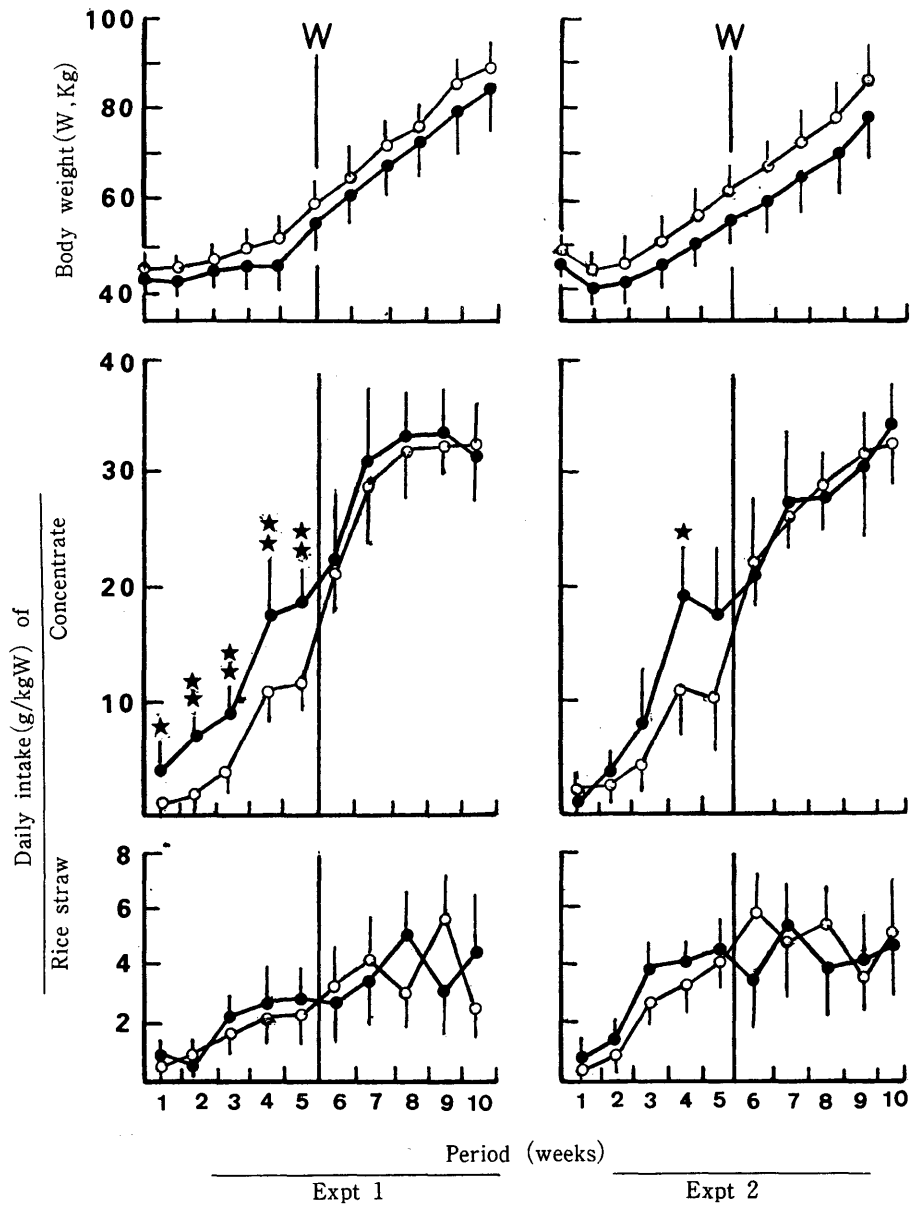


Fig.1. Changes of body weight and mean daily intakes of concentrate and rice straw per kg body weight in each week in Expts 1 and 2. Calves were given 600g/day(○) or 300g/day(●) of milk replacer for five weeks before weaning indicated by the sign(W). Vertical bars indicate SD. \*P<0.05, \*\*P<0.01.

して、子牛のエネルギー要求量と供給量との乖離に基づくエネルギー収支の悪化が考えられる。

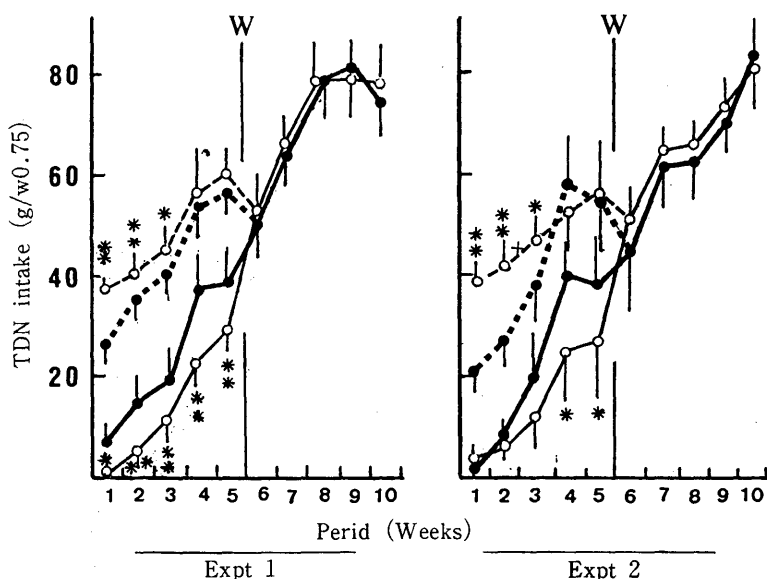


Fig.2. Changes of the mean TDN intake per  $W^{0.75}$  in each week in Expts 1 and 2. Calves were given 600g/day (○) or 300g/day (●) of milk replacer for five weeks before weaning(W). The dotted line means the occasion when TDN from milk replacer was not taken into consideration. Vertical bars indicate SD. \* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ .

図3は、血液pHと血清中のグルコース、遊離脂肪酸 (NEFA) および尿素態N (BUN)濃度の変化を示す。この場合pHは血中有機酸総量の指標とする意図から測定されたものであったが、試験1と2とはその変動パターンがかなり異なり、特に試験2においては採食量との関連性は見出されなかった。

一方、血糖値は2回の試験で変動傾向が似ており、濃厚飼料摂取量が増加し始める直前の3週末に一旦低下した。しかし試験2では離乳直前の5週末まで低水準が維持されたのに対し、試験1では4週末には元の水準に戻った。また、両試験とも血糖値は300g区の方がおおむね低く推移したが、試験1では離乳前よりも離乳後においてその傾向が顕著で、濃厚飼料の採食傾向とは一致しなかった。試験2においても、血糖値の区間差は離乳前の1、2週目で特に顕著であったが、その間の濃厚飼料摂取量には区間でほとんど差がなく、やはり血糖値自体が直接濃厚飼料の採食量に影響したとは考え難い。NEFA濃度の変動傾向にも2回の試験には共通性が認められ、共に3週末に一旦減少後、離乳をはさんで6週末まで増加し、再度7週末に一時減少した。しかしながら、NEFA濃度の変動パターンや区間差と濃厚飼料の採食パターンや区間差との間に関連性は薄かった。

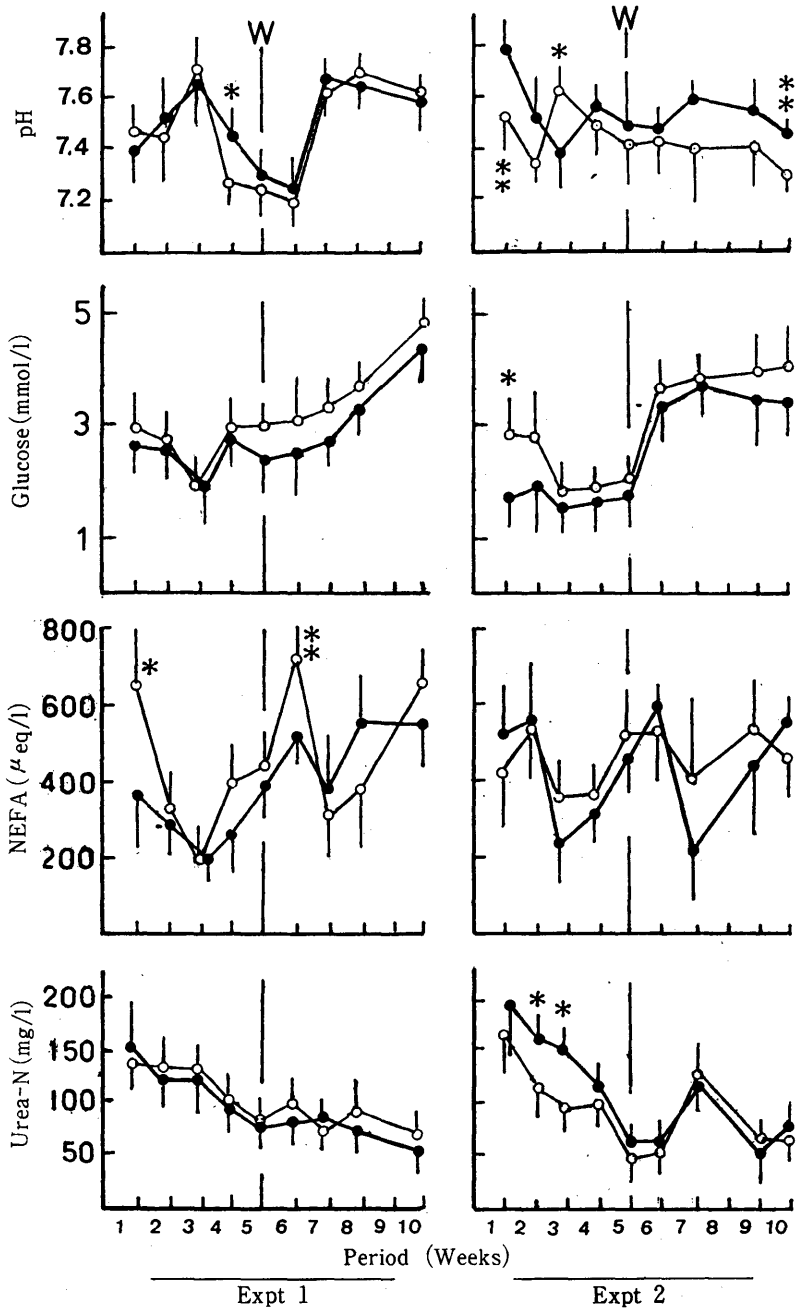


Fig.3. Changes of blood pH and serum concentrations of glucose, non-esterified fatty acids (NEFA) and urea nitrogen (N) in calves given 600g/day (O) or 300g/day (●) of milk replacer for five weeks before weaning (W) in Expts 1 and 2. Vertical bars indicate SD. \*P<0.05, \*\*P<0.01.

BUN濃度は両試験とも1週末が最高で、離乳まで減少の一途をたどったが、試験1では区間にほとんど差がなかったのに対し、試験2では300g区の方が高かった。また、離乳後は試験1では変動が少なかったのに対し、試験2では両区とも7週末に一時大きく増加した。しかし、BUN濃度の変動パターンや区間差と濃厚飼料の採食パターンや区間差との間には、やはり直接の関連性は認められなかった。

一方、絶食などでエネルギーが不足すると脂肪組織のホルモン感受性リパーゼが活性化されるため、貯蔵脂肪が動員される結果循環血中のNEFA濃度は増加することが知られている<sup>7,8)</sup>。したがって、NEFA濃度はむしろ子牛のエネルギー収支を反映して変動したと考えられる。

すなわち、導入直後にNEFA濃度が比較的高かったのはエネルギー不足のためであり、代用乳の給与を受けて3週末までにその不足が緩和された結果、NEFA濃度は低下したと考えられる。しかし成長に伴ってエネルギー要求量が増加したため、4週目から再度NEFA濃度は増加しはじめ、離乳直後にピークとなったのであろう。この間、濃厚飼料摂取量には4週目と離乳直後に2回の急増期があり、その結果7週末にはエネルギー要求量が満たされたため、NEFA濃度は一時低下した。しかしその後成長が続いたため、NEFA濃度はふたたび増加に転じたと考えられる。

子牛のエネルギー収支に関する情報はBUN濃度の変動からも得られる。すなわち、導入直後にBUN濃度が高かったのは、重度のエネルギー不足から、体脂肪に加えて体蛋白質まで動員されたためと考えられる<sup>7,8)</sup>。試験2において、3週目まで濃厚飼料摂取量には区間に差がなかったにもかかわらず、BUN濃度には有意の差があり、しかも300g区の方が高かった。このことは、この間のBUN濃度の差が代用乳や濃厚飼料の摂取量の差によるのではなく、体蛋白質分解程度の差によること、および、その原因となったエネルギー不足は300g区の方が重度であったことを示唆する。一方、試験1の2区間ではBUN濃度に差がなかったのは、試験1では導入直後から300g区の濃厚飼料摂取量が有意に多く(図1)、したがって代用乳と固形飼料とを合わせたエネルギー摂取量には試験2ほどの差が生じなかったためと考えられる(図2)。

4週以後は濃厚飼料摂取量が増加したことにより、体脂肪に加えて体蛋白質まで動員しなければならない程のエネルギー不足が解消された結果、BUN濃度は減少し続けたと考えられる。試験2においては7週末にもBUN濃度の増加が見られたが、この場合はその直前に濃厚飼料摂取量が急増した結果、外因性蛋白質の供給が一時過剰になったためではないかと考えられる。

成熟動物の長期採食量調節にエネルギー収支が関係しているらしいことは従来から指摘されているが<sup>3,4,9,10)</sup>、以上の結果は早期離乳前後の子牛においても濃厚飼料の長期採食量調節にはエネルギー収支が関与する可能性を強く示唆した。すなわち、代用乳給与量の制限や離乳はエネルギー供給量を減少させたため、また子牛の成長はエネルギー要求量を増加させたため、いずれもエネルギー収支が悪化した結果として濃厚飼料の摂取量が増加したと考えられる。

一方、稲ワラ摂取量は濃厚飼料の場合とは異なり、代用乳の給与量や離乳の影響をあまり受けなかつ

た。成長に伴う摂取量の増加は認められたが、その場合も濃厚飼料に先立って3週目から増加しはじめた(図1)。このことは、稲ワラのように粗剛な低エネルギー飼料の場合、その採食量は濃厚飼料とは異なる機構によって調節される可能性を示唆するものと考えられる。

## 2. 早期離乳前における短期採食量調節

離乳約1週間前の5週齢子牛における短期採食量調節機構につき検討した。試験はほぼ同様の方法で2回反復したが、5月上旬に実施した試験3では舍内温度が20-24℃、11月中旬に実施した試験4においては12-13℃であった。

各試験には単飼ケージに収容したホルスタイン種雄子牛8頭ずつを供試した。これらの子牛はいずれも約1週齢での導入直後から濃厚飼料と稲ワラを不断給与され、また市販代用乳(CP28%, TDN105%)を朝夕2回給与されていたが、代用乳の給与日量は4頭に対しては600g(HM区)、他の4頭に対しては200g(LM区)であった。濃厚飼料(CP16%, TDN70%)は大麦71%、大豆粕14.5%、ふすま10%、ミネラル4.1%およびビタミンA・D剤0.4%より成る3/16inchペレットで、稲ワラは平均長40mmに切断して与えた。また、代用乳は給与量にかかわらず毎回1.8ℓの温湯に懸濁してバケツから飲ませた。

試験前日の20:00に飼槽から全飼料を撤去し、試験当日の8:30にHM区に対しては代用乳300g、LM区に対しては100gをいずれも温湯1.8ℓに懸濁して飲ませ、同時に既知量の濃厚飼料と稲ワラを飼槽に投入した。その後15, 30分、1, 2, 4, 6, 8時間における採食量を測定したが、その際には予め既知量の濃厚飼料と稲ワラとを用意しておき、飼槽内の残食分と可及的速やかに交換した。この間、飲水は自由に与え、代用乳給与直前と各採食量測定時には全頭から頸静脈血を採取した。

Table 2. Intakes of solid feeds and TDN within 8h after the supply of milk replacer and solid feeds in Expts 3 and 4.

Expt:	3				4			
	HM <sup>1)</sup>		LM <sup>2)</sup>		HM <sup>1)</sup>		LM <sup>2)</sup>	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of calves	4	--	4	--	4	--	4	--
Body weight(W; kg)	66.5	± 4.4	59.3	± 8.9	64.5	± 14.3	56.3	± 9.9
W <sup>0.75</sup>	23.3	± 1.2	21.3	± 2.3	22.7	± 3.7	20.5	± 2.7
Feed intake(g/kg W):								
Concentrate	9.6	± 1.4	12.7	± 1.0	10.1	± 2.8	16.3	± 4.8
Rice straw	3.3	± 1.3	3.1	± 1.6	2.7	± 1.8	1.5	± 1.3
Total	12.9	± 2.6	15.8	± 2.2	12.8	± 3.9	17.8	± 5.5
Weight proportion of rice straw in the total(%)	25.8	± 5.9	19.0	± 8.1	21.6*	± 7.6	7.5	± 4.1
TDN intake(g/W <sup>0.75</sup> ):								
Milk replacer	13.6**	± 0.7	5.0	± 0.5	14.2**	± 2.1	5.2	± 0.6
Solid feeds	22.7	± 3.9	27.9	± 3.1	23.1	± 7.6	33.3	± 8.8
Total	36.3	± 4.1	32.9	± 3.1	37.2	± 6.2	38.5	± 8.2

<sup>1)</sup> Supplied with 300g milk replacer.

<sup>2)</sup> Supplied with 100g milk replacer.

\*P<0.05, \*\*P<0.01.



表2は試験3, 4における子牛の平均体重、体重当りの飼料摂取量、および $W^{0.75}$ 当りのTDN摂取量を示す。濃厚飼料摂取量はHM区よりLM区の方が多い傾向があり、その傾向は試験4においてより顕著であった。一方稲ワラ摂取量には、特に試験4においてその逆の傾向があったため、全摂取量に占める稲ワラの割合はHM区の方が有意に高かった ( $P < 0.05$ )。  $W^{0.75}$ 当りのTDN摂取量は、代用乳だけなら当然HM区の方が多かったが、LM区の方が濃厚飼料からのTDN摂取量が多かった分だけ全体としては区間の差が縮まり、特に試験4においてはほぼ同程度となった。

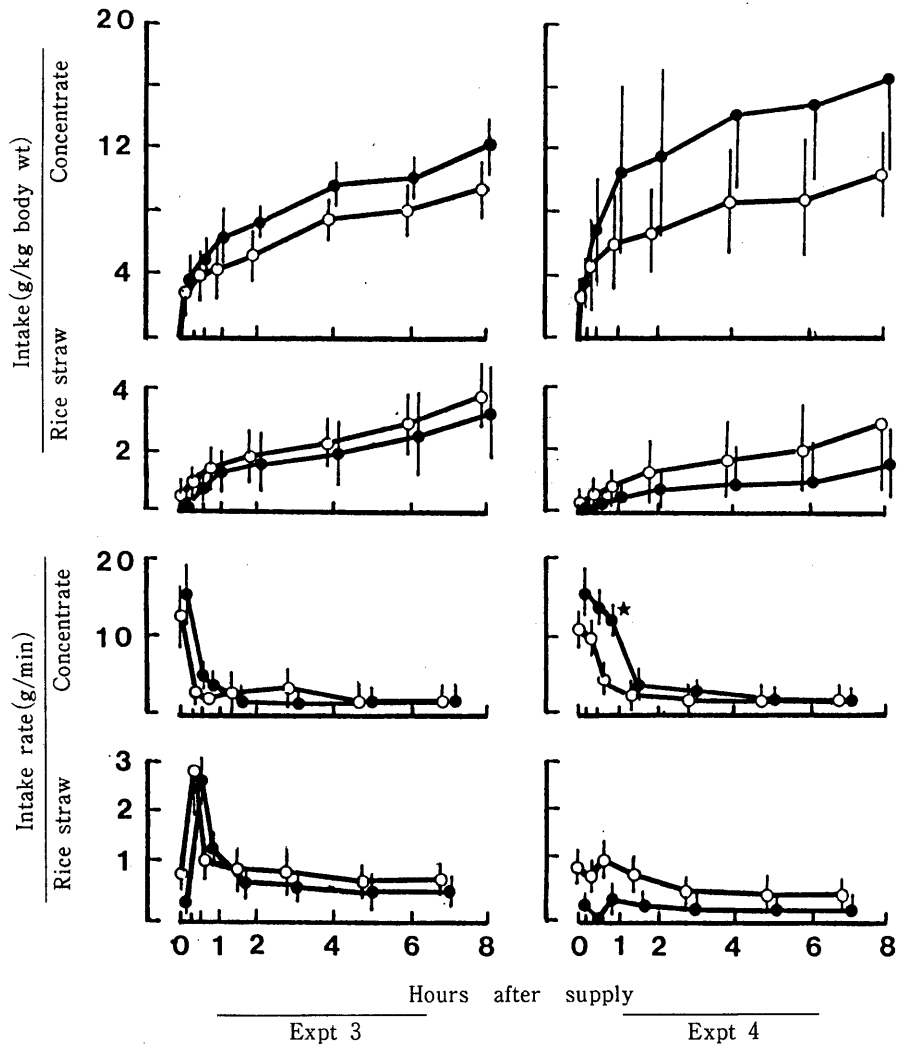


Fig. 4. Cumulative intakes of concentrate and rice straw per kg body weight, and their intake rates within 8h after the supply of 300g milk replacer to HM group (○) or 100g to LM group (●) with solid feeds in Expts 3 and 4. Vertical bars represent SD. \* $P < 0.05$ .

図4には濃厚飼料と稲ワラの採食量増加傾向、および単位時間当りの採食量（採食率）を示す。試験3と4とを比較するとき、濃厚飼料は試験4においてより熱心に採食されたことがうかがえる。すなわち、試験4では最初の30分（HM区）または1時間（LM区）における濃厚飼料の採食率が高く、その結果8時間までの濃厚飼料全摂取量のうち約2/3が1時間以内に摂取された。一方、試験3で濃厚飼料の採食率が高かったのは最初の15分間だけで、15分後から30分後にかけてはむしろ稲ワラの採食率が高かった。その結果、試験3において1時間以内に摂取された濃厚飼料は全体の約半分にすぎず、このような採食動向の相違は両試験における環境温度の差によるのではないかと考えられる。

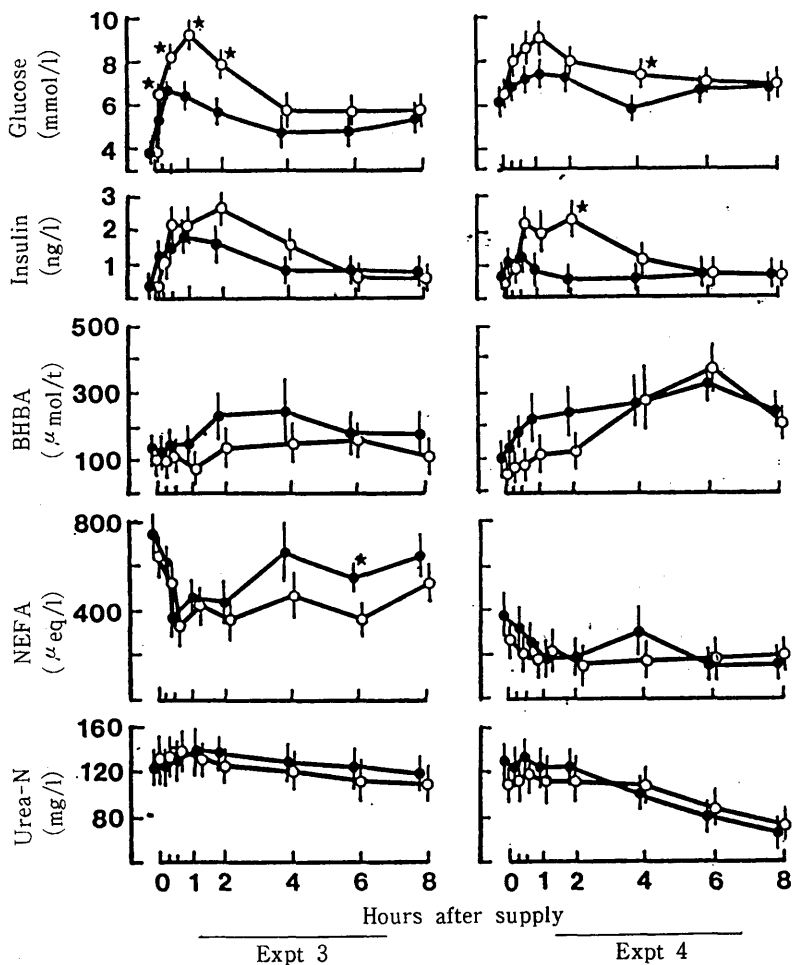


Fig.5. Changes in concentrations of immunoreactive insulin,  $\beta$ -hydroxybutyric acid (BHBA), non-esterified fatty acids (NEFA) and urea-nitrogen (N) in plasma within 8h after the supply of 300g milk replacer to HM group (O) or 100g to LM group (●) with solid feeds in Expts 3 and 4. Vertical bars indicate SD. \*P<0.05.

図5は血漿中のグルコース、インスリン、 $\beta$ -ヒドロキシ酪酸(BHBA)、NEFAおよびBUNの各濃度の経時変化を示す。血糖値とインスリン濃度の変動傾向は近似であり、これらは速やかに上昇して1-2時間以内に最高値に達した後、減少した。また、LM区よりHM区の方が高かったことは、これらの濃度の上昇が主として代用乳の給与により生じたことを示唆した。しかし、これらの濃度が1-2時間後から減少しはじめた場合でも固形飼料の採食量には影響が見られなかったため、その濃度自体が採食量調節における負のフィードバック信号となった可能性は低いと考えられる。

BHBA濃度は4-6時間で漸く最高値に達し、しかもHM区の方が高かったことから、その濃度の上昇は固形飼料、特に濃厚飼料を摂取した結果として生じたものと考えられ、その濃度自体が負のフィードバック信号ではあり得ない。同様に、NEFA濃度には試験4の2区間で差がなく、BUN濃度には両試験において区間で差がなかったことから、これらの濃度が採食量に影響したとは考え難い。

NEFA濃度やBUN濃度は、この場合にも子牛のエネルギー収支を反映して変動したと考えられる。すなわち、試験開始直後のNEFA濃度の速やかな低下は代用乳給与に伴うエネルギー収支の改善によると考えられる。試験4ではNEFA濃度はその後も低水準を維持し、区間の差もあまりなかったが、これはLM区が代償的に多量の濃厚飼料を摂取した結果、エネルギー摂取量がHM区とほぼ同程度になったためであろう。一方、試験3ではLM区のみNEFA濃度が再度増加した。これは、試験3ではLM区の濃厚飼料摂取量があまり増加しなかったため、HM区ほどエネルギー摂取量が多くならなかったことが原因と考えられる。

また、試験3では試験4と比べてNEFA濃度はあまり低下しなかったが、BUN濃度についても同様であった。10-20℃とされる子牛の熱的中性圏<sup>11)</sup>の上限、またはそれを若干上回る環境下で行なわれた試験3においては、LM区のみならずHM区でもエネルギー収支の改善が試験4ほど十分でなかったため、体脂肪に加えて蛋白質の一部もエネルギー源として消費された可能性を示唆するものと考えられる。しかしBUN濃度にはCP摂取量なども関与するため、区間には差が生じなかったのであろう。

従来、短期の採食量調節機構として化学恒常(Chemostasis)説、熱恒常(Thermostasis)説、消化管充満度や消化管運動などの物理的調節機構等、多くの仮説が提唱されてきた<sup>1-5,12-14)</sup>。加えて、化学恒常説でもフィードバック信号となる成分としてはグルコース、インスリン、NEFA、アミノ酸、さらに反芻動物においてはVFA、ケトン体、乳酸など、多様な物質が候補に擬せられてきた<sup>1-5,12,13,15)</sup>。しかしこれらの単一要因説では、どれひとつとして全ての条件下における採食量調節を説明するには十分でないところから、最近では複合要因説ともいべきエネルギー恒常説が浮上した。エネルギー恒常(Energostasis)説とは、物理的調節機構を除けばほとんど全ての単一要因説が、エネルギーの摂取または貯蔵機能がモニターされるという概念を共通の基盤としているところから導かれた仮説である。すなわち、組織または細胞レベルでモニターされたエネルギーの供給と消費に関する情報が脳下垂体に集められ、そこで総合的に判断された結果として採食量が調節されるとするもので

ある<sup>1,12,17)</sup>。近年、エンケファリン、エンドルフィン、ダイノルフィン等のオピオイドペプチドやコレシトキニン・オクタペプチド (CCK-8) が哺乳動物の中樞から見出され、羊においては前者が摂食を促進し、後者は抑制することが知られた<sup>18)</sup>。これらの物質はエネルギー収支のモニターシステムと採食量制御システムとの間で情報伝達者 (transmitter) の役割を果たしているものと考えられている<sup>16,19)</sup>。

本実験の結果は、濃厚飼料の採食量調節機構としてエネルギー恒常説を強く支持するものであり、さらには、エネルギー恒常性維持のためにモニターされる種々の生理機能<sup>12)</sup>中、体深部温の恒常性維持は特に優先度が高いのではないかと考えられる。

### 3. 早期離乳後における短期採食量調節

濃厚飼料と稲ワラのそれぞれの採食量調節に関してさらに詳細に検討するため、6週齢末に離乳した10週齢のホルスタイン種雄子牛15頭を用いて試験5を実施した。これらの子牛は離乳前から引続き単飼ケージに収容し、3/16inchペレットの市販配合飼料 (CP18%, TDN78%) と平均長40mmの稲ワラとを不断給与されていた。試験前日の20:00に飼槽から全飼料を撤去し、5頭ずつ3区に分け、試験当日の8:30にC区に対しては濃厚飼料のみ、R区には稲ワラのみ、CR区には濃厚飼料と稲ワラを給与した。給与後30分と1, 2, 3, 4, 6, 8時間後に採食量を測定したが、その方法は試験3, 4と同様であった。各測定時と開始直前とに1区5頭中2頭から頸静脈血を採取し、水は開始直前と12:00に2ℓずつ与えた。

試験5においては、採食量を重量のみならず体積によっても把握する目的で、次のような方法で濃厚飼料と稲ワラの単位重量当りの体積を測定した。はじめに一定重量の小麦粉 (薄力粉) をメスシリンダーに入れ、シリンダー底部を軽く何回も机上でタップして安定させた後、体積を測定した。数回の平均値は1.43ml/gであった。次に一定重量の濃厚飼料 (ペレット) または稲ワラをシリンダーに取り、それぞれに対してペレットや稲ワラが完全に隠れるだけの小麦粉を加え、やはり底部を机上でタップして安定させた後、全体の体積を求めた。その結果、ペレット100gに小麦粉100gを加えた場合の体積が270ml、平均長40mmの稲ワラ40gに小麦粉700gを加えた場合の体積が1,225mlであったことから、ペレットと稲ワラの「かさ」はそれぞれ1.27および5.60ml/gとなった。

表3は子牛の平均体重、重量および体積で表した場合の8時間までの飼料摂取量、および $W^{0.75}$ 当りのTDN摂取量を示す。重量で表した場合の飼料摂取量とTDN摂取量は、C区とCR区との間にはあまり差はなかったが、R区では前者がC, CR区の約1/5、後者は約1/10にすぎなかった。一方、飼料摂取量を体積に換算するとCR区とC区の間には全く差がなくなり、R区でもC, CR区の約85%に達した。

内容や成分は異なるが同サイズのペレット濃厚飼料とほぼ同じ長さの稲ワラを給与した試験3, 4についても、給与後8時間までの飼料摂取量を体積で示せば表4のようになる。すなわち濃厚飼料と

Table 3. Feed intakes by weight and by volume and TDN intake within 8h after the supply of feeds in Expt 5.

Group:	C R		C		R	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
No. of calves	5	--	5	--	5	--
Body weight (W; kg)	88.2	± 4.8	90.5	± 3.5	90.0	± 7.6
W <sup>0.75</sup>	28.8	± 1.2	29.3	± 0.9	29.2	± 1.9
Feed intake by weight (g/kg W):						
Concentrate	18.9	± 1.4	20.6	± 4.7	--	--
Rice straw	0.4	± 0.3	--	--	3.9	± 1.4
Total	19.3	± 1.5	20.6	± 4.7	3.9	± 1.4
Feed intake by volume (mℓ/kg W):						
Concentrate	23.9	± 1.8	26.1	± 6.0	--	--
Rice straw	2.3	± 1.6	--	--	22.0	± 7.8
Total	26.2	± 2.6	26.1	± 6.0	22.0	± 7.8
TDN intake (g/W <sup>0.75</sup> ):						
Concentrate	45.1	± 1.8	49.5	± 11.1	--	--
Rice straw	0.5	± 0.3	--	--	4.5	± 1.7
Total	45.6	± 4.0	49.5	± 11.1	4.5	± 1.7

稲ワラの摂取量は、重量では試験や区によってかなり異なったが（表2）、体積に換算すると同一試験の2区間ではほとんど差がなかった。これらの結果は、少なくとも濃厚飼料と稲ワラを同時に給与した場合の摂取量はルーメンの容積によって制約を受けた可能性を示唆している。図6からC区についても同様のことが言えるが、R区については稲ワラの摂取量が必ずしもルーメンの容積により制約されたとは言い切れなかった。

Table 4. Feed intake by volume (m ℓ/kg body weight) in Expts 3 and 4.

Group:	Expt: 3		4	
	HM	LM	HM	LM
Concentrate	12.2	16.1	12.8	20.7
Rice Straw	18.5	17.4	15.1	8.4
Total	30.7	33.5	27.9	29.1

図6は、重量または体積で表した場合の飼料摂取量増加傾向、および体積で表した場合の採食率の変化を示す。CR区とC区において濃厚飼料の採食傾向はよく似ており、最初の30分における採食率が著しく高く、濃厚飼料全摂取量の約2/3が30分以内に摂取された。一方、R区における稲ワラ採食率も最初の30分で最も高かったが、1分間当りに摂取した稲ワラの体積は濃厚飼料の約1/3にす

ぎず、また最初の30分における稲ワラ摂取量は全体の20%にも達しなかった。このことは、稲ワラが濃厚飼料とは異なる動機から摂取されたことを示唆している。

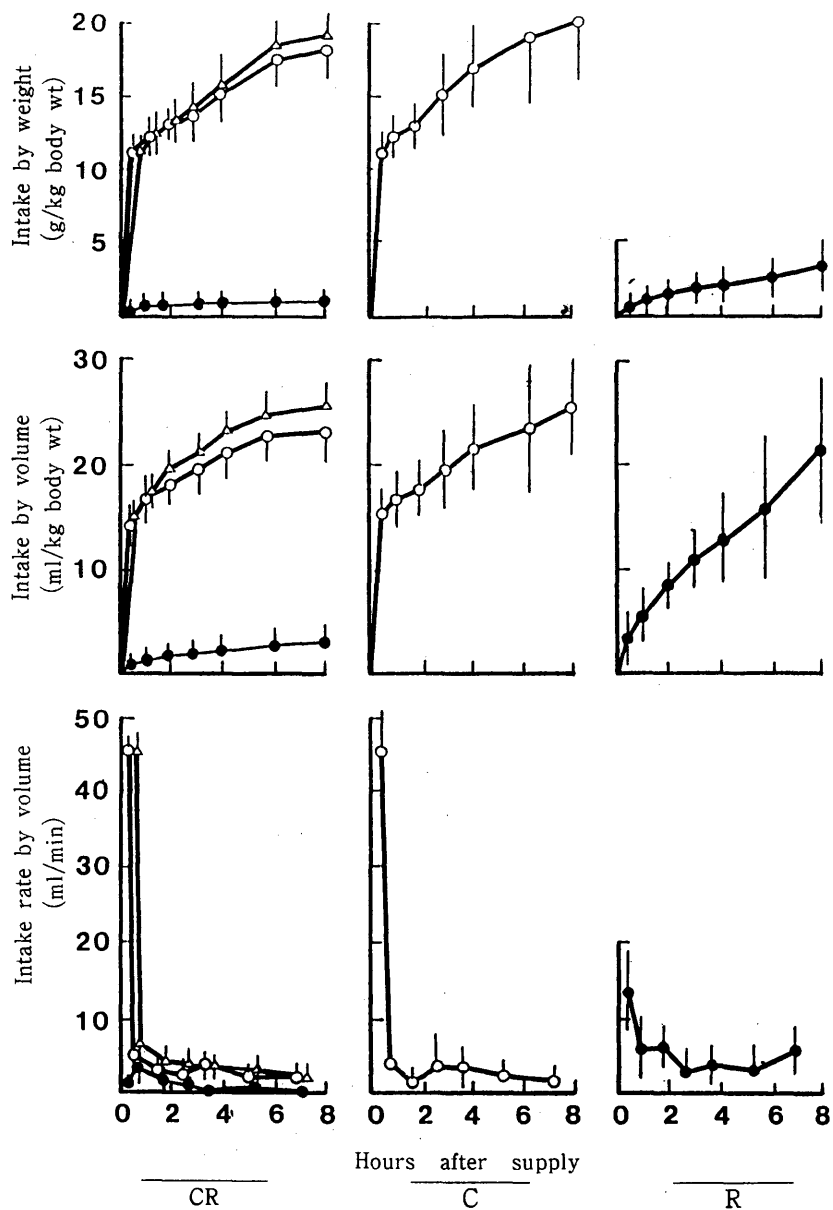


Fig.6. Cumulative intakes by weight and by volume per kg body weight as well as intake rates by volume of concentrate (O), rice straw (●) and total feeds (Δ) in the groups of CR, C and R in Expt 5. Means for five calves per group are accompanied with SD represented by vertical bars.

反芻動物において粗飼料の摂取量とその消化率との間に正の関係があることは1960年代から知られており<sup>20)</sup>、低品質粗飼料の摂取量が少ない原因はルーメンからの消失が遅いためとされている<sup>3,16)</sup>。しかしながら、R区では少なくとも最初の数時間はC、CR区に比べてルーメンの充満度が低かったと考えられるので、その間でも稲ワラの採食率が低かった原因をルーメン内容物の消失速度に求めるのは適当でない。

稲ワラの採食率が濃厚飼料と比べて著しく低かったのは、「嗜好性」が原因かもしれない。稲ワラ摂取量の低さがルーメンの充満度や消化管内通過速度によらないことは羊でも認められており<sup>21)</sup>、その原因の一つは稲ワラの嗜好性の低さに求められた<sup>21,22)</sup>。しかし家畜では、味覚・視覚・嗅覚・触覚などの感覚は人間の場合ほど大きく採食量に影響しないともされている<sup>13,14)</sup>。あるいは稲ワラの場合、かつてBlaxterら<sup>23)</sup>が示唆したように、消化率の低さよりも可消化エネルギー含量の低さこそが低採食率の原因であった可能性も考えられる。いずれにせよ、エネルギー収支が悪化した子牛はエネルギー含量の高い飼料を好んで食べるが、それが与えられない時は、空腹を癒すためにやむを得ず嗜好性の悪い低エネルギー飼料でも食べた、と考えるのが自然であろう。その場合でも、稲ワラはせいぜい空腹感が癒される程度にしか摂取されないものと考えられる。

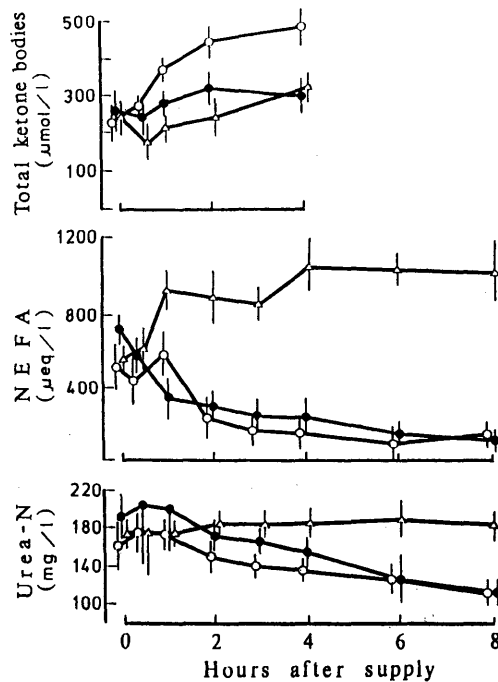


Fig.7. Changes in concentrations of total ketone bodies in plasma, non-esterified fatty acids (NEFA) in serum, and plasma urea-N in the groups CR (○), C (●) and R (△) in Expt 5. Means for two calves per group are accompanied with SD represented by vertical bars.

図7は血漿中の総ケトン体とBUN濃度、および血清NEFA濃度の経時変化を示す。CRおよびC区においてはNEFAおよびBUN濃度が時間とともに低下し、エネルギー収支の改善が示唆された。しかしR区においてはBUN濃度は低下せず、NEFA濃度はむしろ増加した。したがって、R区では空腹感を癒すために稲ワラが摂取されたが、エネルギー収支は改善されなかったため、体脂肪のみならず体蛋白質までが動員されたものと考えられる。さらに、稲ワラのみを与えたR区でBUN濃度が高かったことは、体蛋白質の異化以外にその原因を求めるのは困難であり、試験1-4においてもBUN濃度の変動がエネルギー収支をある程度反映した可能性を裏づけた。

一方、給与後4時間まで測定した総ケトン体濃度はCR区では増加したが、R区のみならずC区においてもほとんど増加しなかった。これに関連して、CR区における稲ワラ採食率は30分から1時間までが最も高かったことが注目される(図6)。なお、試験3, 4においても同様のことが観察された(図4)。ルーメンを発達させたり、唾液分泌が促進されるためにはある種の物理的な刺激が必要とされている<sup>24-26</sup>)。おそらく、C区においてはその種の刺激が不足したためルーメン発酵が正常に営まれず、総ケトン体濃度がCR区に比べてあまり増加しなかったものと考えられる。すなわちこの結果は、稲ワラの摂取が必ずしも空腹を癒すためだけでなく、少なくともCR区においては、ルーメン発酵を正常に維持するためでもあったことを示唆する。

#### 4. まとめ

本研究の結果から以下の知見を得た。

- 1) 早期離乳前と後とで、子牛の採食量調節機構に大きな変化はないと考えられた。
- 2) 長期の採食量調節は、濃厚飼料についてはエネルギー依存性の機構、稲ワラについてはエネルギー非依存性の機構によると考えられた。
- 3) 離乳前と後を問わず、短期の濃厚飼料摂取量はエネルギー恒常機構により調節されるものと考えられた。
- 4) エネルギー収支の恒常性維持のためにモニターされる種々の生理機能中、体深部温の恒常性維持は特に優先度が高いことが示唆された。
- 5) 濃厚飼料と稲ワラを共に不断給与した場合の稲ワラの摂取量は、濃厚飼料摂取量により左右されることが示唆された。
- 6) 濃厚飼料を稲ワラと共に、または単独で不断給与した場合の全摂取量は、ルーメンの容積または充満度によっても調節(制約)されることが示唆された。
- 7) 稲ワラは主として空腹感を癒すために摂取されるものと考えられたが、その摂取には他の栄養生理学的要因も関与し、それにはプラス要因とマイナス要因とがあることが示唆された。
- 8) 稲ワラのもつある種のルーメン刺激効果は、濃厚飼料と共に給与された場合にはプラスに作用すると考えられた。



9) 稲ワラを多給する上で低エネルギー／低嗜好性はマイナス要因となり、稲ワラ単独給与時におけるその摂取量はルーメンの充満度によらないことが示唆された。

10) 結局、子牛における採食量調節機構には長期と短期とで本質的な違いはなく、強いて両者を区別する必然性は乏しいと考えられた。

#### 引用文献

- 1) Jones, G. M., 1972, Chemical factors and their relation to feed intake regulation in ruminants : A review. *Can. J. Anim. Sci.*, 52 : 207-239.
- 2) 左 久, 1979, 反芻動物の採食行動と第一胃内容物の動態. *日畜会報*. 50:835-844.
- 3) McDonald, P., R. A. Edwards and J. F. D. Greenhalgh, 1988. *Animal Nutrition*, 4th ed. 357-387. Longman Science and Technical. Essex.
- 4) Forbes, J. M., 1983, Physiology of regulation of food intake, in *Nutritional Physiology of Farm Animals* (Rook, J. A. F. and P. C. Thomas, eds.) 179-202. Longman. London and New York.
- 5) Campling, R. A., 1970, Physical regulation of voluntary intake, in *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant* (Phillipson, A. T., ed.) 226-234. Oriel Press. New Castle upon tyne.
- 6) 阿部又信・阿部孝志・入来常德, 1987, 早期離乳子牛における自由採食量と血液代謝像. *日畜会報*, 58 : 946-953.
- 7) Vernon, R. G. and M. Peaker, 1983, The regulation of nutrient supply within the body, in *Nutritional Physiology of Farm Animals* (Rook, J. A. F. and P. C. Thomas, eds.) 114-174. Longman. London and New York.
- 8) Lindsay, D. B., 1983. Growth and Fattening, in *Nutritional Physiology of Farm Animals* (Rook, J. A. F. and P. C. Thomas, eds.) 261-313. Longman. London and New York.
- 9) Baile, C. A., 1975, Control of feed intake in ruminants, in *Digestion and Metabolism in the Ruminant* (McDonald, I. W. and A. C. I. Warner, eds.) 333-350. Univ. of New England Publishing Unit. Armidale.
- 10) Baumgardt, B. R., 1970, Control of feed intake in the regulation of energy balance, in *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant* (Phillipson, A. T., ed.) 235-253. Oriel Press. New Castle upon Tyne.
- 11) Bondi, R. A., 1987, *Animal Nutrition*. 349-369. John Wiley & Sons. Chichester.
- 12) Forbes, J. M., 1986, *The Voluntary Food Intake of Farm Animals*. 15-34. Butterworths. London.

- 13) 山崎淳, 1986, メンヨウの下部消化管の機能—特に胃運動及び採食量との関連. 栄養生理研究会報, 30:27-40.
- 14) Baile, C. A. and C. L. McLaurhlin, 1970, Feed intake of goats during volatile fatty acid injections into four gastric areas. *J. Dairy Sci.*, 53 : 1058-1063.
- 15) Le Magen, J., 1976, Inteaction of glucostatic and lipostatic mechanism in regulation control of feeding, in *Hunger; Basic Mechanism and Clinical Implication* (Novin, D., W. Wyrwicka and G. Bray, eds.) 89-101. Ravan Press. New York.
- 16) Ramalho Ribeiro, J. M., 1989, Intake regulation, in *Evaluation of Rice Straw in Ruminant Feeding* (Chenost, M. and P. Peiniger, eds.) 22-35. Elsevier Applied Science. London and New York.
- 17) Baile, C. A. and M. A. Della-Fera, 1981, Nature of hunger and satiety control system in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 64 : 1140-1152.
- 18) Della-Fera, M. A. and C. A. Baile, 1984, Control of feed intake in sheep. *J. Anim. Sci.*, 59 : 1362-368.
- 19) Baile, C. A. and C. C. McLaughlin, 1987, Mechanisms controlling feed intake in ruminants : A review. *J. Anim. Sci.*, 64 : 915-922.
- 20) Balch, C. C. and R. C. Campling, 1962, Regulation of voluntary food intake of ruminants. *Nutr. Abst. Rev.*, 32 : 669-686.
- 21) 山田和明・豊川好司・坪松戒三, 1978. 稲わらのメン羊消化管内通過速度および充満度. 日畜会報, 49 : 566-571.
- 22) 豊川好司・山田和明・高安一郎・坪松戒三, 1978, メン羊において, しよ糖液浸漬または磨砕稲わらの摂取量増加と消化, 反芻胃内通過速度および全消化管内充満度との関係からみた稲わら摂取量の抑制要因の検討. 日畜会報, 49 : 572-577.
- 23) Blaxter, K. L., F. W. Wainman and R. S. Wilson, 1960, The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.*, 3 : 51-56.
- 24) 佐々木康之, 1966, 唾液と唾液分泌, 牛乳の科学 (梅津元昌・編) 79-90 . 農文協. 東京.
- 25) Harrison, H. N., R. G. Warner, E. G. Sander and J. K. Loosli, 1960, Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk. *J. Dairy Sci.*, 43 : 1301-1312.
- 26) Tamate, H., A. D. McGilliard, N. L. Jakobson and R. Getty, 1962, Effects of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.*, 45 : 408-420.