

## 反芻胃の栄養生理学的研究

大 谷 勲

広島大学水畜産学部畜産学科

### Nutritional Physiological Studies on the Reticulo- Rumen of Ruminants

Isao OTANI

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

(Plates 1-7 ; Text-figs. 1-15 ; Tables 1-90)

緒 論	211
実験方法並びにその検討	212
反芻胃の発達並びにその機能に関する考察	216
反芻胃における消化吸収に関する考察	256
飼養法が反芻胃消化に及ぼす影響	281
総 括	298
Summary in English	304
参 考 文 献	309

#### 緒 論

牛、緬山羊の如き反芻家畜の消化器の構造は、他の家畜に比べてすこぶる複雑であるため、栄養生理学的に種々の問題を提示している。すなわち胃嚢は第1胃、第2胃、第3胃および第4胃の4つの部分から成り、第1胃から第3胃までを通常前胃と称し、形態的には著しく異っているが、何れも食道の拡張したもので胃液の分泌は行われず、胃本来の消化機能は第4胃のみが有している。

前胃は反芻動物のもつ特殊な胃であるので反芻胃と称する場合もあるが、機能的には第1胃、第2胃の2つが反芻作用と密接な関係を有し、胃内容は互に関連性をもった強力な収縮運動により移動し合い、混合され、成分的には差を見出し得ないので、飼養学上第1胃、第2胃を反芻胃と呼んでいる。前胃は食道に続き消化管の最前端に位置し、この中第1胃は膨大な容積を有する胃嚢で、縦溝によって背部、腹部嚢に分かれ、更に冠状溝により第1胃の後端に背部および腹部盲嚢を形成し、前部は第2胃と連続している。

第2胃は胃嚢中最も小さく、小孔により第3胃に接続し、更に第4胃に連絡して、食道からの食物の経路となる。

第1胃は消化管の前端に存在するため、摂食した飼料が滞留し、体温によって温められ、また多量の水分で浸漬され、更に多量の唾液が流入し、胃の収縮運動により攪拌混合されるので、微生物の発育に好適条件となっている。このため胃内では無数の微生物が増殖して醗酵が行われている。従って摂食した飼料は、第4胃において消化を受ける前に強力な醗酵作用を受けるため、第1胃は醗酵槽とみなされている。反芻家畜が多量に摂取する植物質飼料の消化に胃内微生物が果たす役割は大きく、とくに動物自身の消化液では消化利用出来ない繊維質の消化は、胃内滞留中の食糜に微生物が長時間に互り作用して行い、宿主動物が利用し得る栄養源に変換するほか、植物質飼料中に比較的多量に存在する蛋白質の形態を有しないアミノ酸、アンモニウム塩、硝酸塩等、あるいは飼料として用いられている尿素等の非蛋

白態窒素化合物の利用に微生物が関与し、微生物態蛋白質の合成を行い、宿主の蛋白源として役立つことは今日では疑う余地のない事実である。また微生物はビタミンB複合体等の各種のビタミンの合成を行うことが確認されている。

以上述べたように反芻胃内において、微生物が消化に重要な役割を有するとともに、反芻という他の動物では見られない特殊な生理的現象が認められる。すなわち摂食した飼料は、第1胃、第2胃に嚥下された後、相当長時間に亘って滞留し、この間胃内容を口腔内に吐出して再咀嚼を行うことにより、繊維質の多い消化困難な飼料を十分に圧潰し、微生物の作用を一層受け易くし、これによって繊維質に包まれて存する植物細胞内容をほぐし出し、消化液の作用を容易にし、消化作用は助長せられる。従って給与の飼料は、繊維質含量の多い粗飼料でも反芻胃内微生物の作用と相俟ってよく消化利用されるので、濃厚飼料に依存する割合は低くなっている。

反芻家畜が他の家畜に比べて経済的家畜として飼養される所以は、一に消化器の特殊性に基づくものである。故に反芻家畜飼育の要諦は消化器の特殊構造に基づく消化機構の実態を把握することであり、これによって合理的な飼料の給与がなされると、飼養管理技術の進展を招来するものと考え、かかる目的によって反芻胃の消化問題、とくに實際的に飼養と関連する反芻胃内における消化生理学上の諸問題について実験を行った結果を取りまとめて報告する次第である。

本研究結果を報告するに当り、終始御指導御鞭撻と御校閲を賜った恩師北海道大学三田村健太郎博士並びに広瀬可恒博士に満腔の謝意を表すると共に、実験に協力された広島大学松井英太郎学士の絶大な労に対し、深甚の謝意を表するものである。

## 実験方法並びにその検討

### I. 緒 言

反芻胃の消化に関する諸問題を探究するため、生理学的、微生物学的あるいは解剖学的方法により、今日まで多数の研究が行われている。すなわち反芻胃内における化学的、機械的变化を研究するためには、採取した胃内容物について各種の検索を行い、また胃囊の解剖学的研究については、それぞれの目的に適合した実験方法により行われているが、これらの実験方法を大別してみると、(1)瘻管法（消化に関する各種研究、胃運動の研究等）、(2)カテーテル法（消化に関する各種研究）、(3)屠殺法（消化に関する各種研究、解剖組織学的研究）、(4)X線観察法（胃囊運動の研究等）等である。とくに反芻胃の消化機構の解明に必要な胃内容物の採取法は瘻管法、カテーテル法により行われており、本研究も主として供試胃内容採取並びに胃内への供試々料の投与を上法により実施するため、試験にさき立ってこれ等試験法の検討を行った。

### II. 第1胃瘻管装着手術法の検討

第1胃瘻管法により反芻胃の消化生理学上の諸問題を究明した試験は枚挙にいとまなく<sup>132,163)</sup>、また家畜臨床外科上鼓腸症の治療に第1胃瘻管手術が行われている。

第1胃瘻管手術<sup>78,113,119,134)</sup>は比較的容易に行うことが出来、供試動物に危険を伴うことは少ない。しかし乍ら手術後の時間の経過とともに、胃は次第に強力な収縮運動を開始し、装着したカニューレが絶えず手術創口を圧迫するため、創口は次第に拡張し、カニューレの脱落、胃内容の漏出を見ることが多い。これがため長期間の供試に困難を伴うので、長期間の供試に耐える第1胃瘻管手術方法およびカニューレ装着方法を検討するため本実験を行った。

(1) 手術方法 供試動物は広島大学水畜産学部家畜飼養学研究室で繋養中のザーネン種山羊を用い手術を実施し、その後の経過を調べた。

供試山羊は手術前1昼夜絶食した後、左側を上にして横転し保定を行い、手術部位を剃毛し2%石炭

酸水で局部を消毒し、更にヨード丁機を用いて切開部位を消毒した後、塩酸プロカイン溶液で局所麻酔を行い手術を実施した。

各供試山羊の切開は次の4つの部位について行った。

第1法 左臍部の略中央最後肋骨より約5～6cmの部位を縦に切開を行った。

第2法 第1法と切開部位は同様であるが、横に切開を行った。

第3法 左臍部上部でカニューレ外筒の銜部が肋骨並びに腰椎に接触しない程度に最後肋骨および腰椎に近接して、カニューレの長さに応じ横に切開を行った。

第4法 第3法の切開部位と同様であるが、腰椎下部から最後肋骨に沿い、縦に切開を実施した。

以上の各々の切開部位について手術後の経過を観察するとともに、各法何れも手術時にカニューレを直ちに装着する方法と、皮膚、腹筋、腹膜および胃壁が癒着した後、胃壁を切開しカニューレを装着する方法、都合8法について観察を行った。

手術は先ず皮膚、腹筋および腹膜を切開し、腹膜、腹筋、皮膚をそれぞれゆるく縫合した後、露出する第1胃壁を上記三者に緊密に縫合する。縫合後直ちにカニューレ装着を行う場合は、胃壁を切開した後外筒、内筒の順に切開孔に装着し手術を終了した。縫合部の癒着後カニューレの装着方法は、手術部が癒着し、縫合部の胃壁が僅かに壊死状態を呈する手術後4～5日目に胃壁の切開を行いカニューレの装着を行った。なお装着したカニューレは、本実験のため特別に考案試作したPl. 1, Fig. 1に示す如き外筒および内筒より成り、外筒は内径の大きさにより2～4ヶに分割出来る構造の木製、内筒は金属製のものである。

カニューレの使用法は外筒中央凹部に合致するゴム輪をはめた後、外筒を分解し第1胃切開口に挿入して組立て、更に内筒を外筒中に挿入するものである。

(2) 手術結果並びに考察 手術結果は何れの方法によっても手術中の偶発、手術後の化膿等は殆んど認められず、Pl. 1, Fig. 2に示す如く好結果があったが、しかし時間の経過と共に各手術方法により相違が認められた。すなわちカニューレを手術時に装着したものは、傷面癒着後に挿入したものに比べ比較的短時に胃内容物の漏出が起り、とくに第1法によるものに多かった。また横に切開したものと縦に切開したものでは、各法とも胃内容物の漏出は多くの場合、前者が後者に比べて少なく経過は良好であった。とくに切開部位による内容物の漏出状態に及ぼす影響は極めて大きかった。

第1法および第2法は、切開部位が左臍部の中央部よりやや上方であり、瘻管は第1胃背部囊の下部に装着されているため、胃内容物とくに水様性物質が漏出し易く、同時に胃運動により創口がカニューレとの接触部において刺戟を受け易く、次第に創口が拡張する傾向が見られた。

第3法および第4法は、第1法、第2法に比べて結果は良好であり、就中第3法により手術を行い、傷面癒着後にカニューレを装着したものが最も長期間胃内容物の漏出は認められず、極めて好結果が観察された。

瘻管法により長期間の試験を実施する場合には、手術後出来る限り早く試験開始が可能なこと、および相当長期間胃内容物の漏出がないこと等が望ましく、これがためには第3法により手術を実施し、試験を行うことが最も適切な術式と判断されたので、本研究に用いた第1胃瘻管はすべて本法によることとした。

### III. カテーテル挿入による胃内到達部位についての考察並びにカテーテル法による胃内容採取法の検討

胃カテーテルを用いて口腔より反芻胃内へ挿入し、胃内容物の採取あるいは胃内に供試々料の投与等を行い各種試験を行う方法は、瘻管法に比べて手術を行う必要もなく、また供試動物は自然の状態での試験を行い得る利点が認められる。

胃内容物の採取は挿入したカテーテルを圧濾瓶の如き容器に接続し、吸引する方法により行われている<sup>98)</sup>。しかし乍ら多量の内容物の採取が困難であり、またカテーテル先端が反芻胃のどの部位に到達し

たか、あるいは膨大な容積を有する第1胃のどの部位に挿入されたかを確認することが出来ない。

胃カテーテルの利用は外科臨床上しばしば行われているが、その挿入される胃内部位の研究は少ない。BROCKMANN<sup>16)</sup>は、12頭の牛に第1胃瘻管を装着し各種の食道カテーテルを挿入した後、カテーテルの種類および挿入時の動物の姿勢による胃内のカテーテルの行方を観察した結果、カテーテルの種類、姿勢に関係なく140回の挿入のうち、第1胃空胞内に46回、背部囊35回、腹部囊42回、前庭部14回、第2胃3回となっており、その%が食糜内に到達すると報じている。

カテーテル法により胃内容採取あるいは胃内投与の際問題になることは、口腔より挿入したカテーテル先端の胃内到達部位の相違により、爾後の試験結果に影響を及ぼすものと考えられる。そこで各種カテーテルの胃内到達部位をX線透視観察並びに間接撮影を行って調べるとともに、カテーテル挿入法および胃内容採取法について検討した。

(1) 実験方法 供試動物は何れも生後6ヶ月を経過した去勢牡山羊5頭を用い、X線透過を容易にするため試験前日は絶食し、次に示す外径の異なる4種のカテーテルの挿入試験を行った。

第1号カテーテルは外径12mmのガス用ゴム管、第2号カテーテルは外径10mmの人間胃カテーテル、第3号カテーテルは外径6mmの人間栄養カテーテル、第4号カテーテルは外径5mmの人間導尿管を用いた。

本試験において実施したカテーテル用法の要領は次の通りである。

- 1) 保 定 供試山羊の頸部を術者の両腿間に挟み保定を行う。
- 2) 挿 入 法 術者の左手拇指と人示指を供試動物の下顎の下部より口腔中に挿入し、両指の先端が接触する程度に強く握り締めながら掌を右側方に回転し、右手を用いてカテーテルの先端から口腔内に挿入した。

挿入したカテーテルの胃内到達部位の観察はX線装置(島津製作所製、Y A S E型)を用いて行った。なおカテーテルのX線透視の下でその確認を明確にするため、カテーテル内に硫酸バリウム濃粉液を封入した。

X線観察は供試山羊をX線装置に左腹部が蛍光板に密着するように起立せしめ、前後肢を十分に保定した後、X線透視を行った。X線透視観察は体重15kgまでの山羊については、明瞭にカテーテルの行方を確認し得たが体重の大きい山羊では、X線の腹部透過が不十分になり、透視観察が困難であったので、間接撮影を行い、写真判定により確認した。

カテーテルの種類による胃内到達部位の確認を行った後、胃内容の採取方法につき検討した。すなわち挿入したカテーテルを圧濾瓶に接続し、更に水流ポンプに接続した後吸引採取する方法とカテーテルに500ml容の安全球を接続した後、口で吸引して採取する方法とを行って胃内容採取の難易について調べた。

(2) 実験結果並びに考察 カテーテル挿入時の代表的なX線映像をPl. 1, Figs. 3, 4に示した。Fig. 3では口腔より挿入されたカテーテルが、食道より噴門部更に背部盲嚢部に直進し、カテーテルの先端は第1胃空胞内乃至第1胃内容水準面の上下に到達することが多くの観察結果から確認され、とくに第1号カテーテル挿入時に然りであった。

Fig. 4では噴門部より第1胃前庭部を通過したカテーテルは、腹部嚢内に達しており、かかる映像は第2号、第3号および第4号カテーテル挿入の場合しばしば観察された。また透視観察の結果、食道溝を通過したカテーテルが第2胃内に到達し、更に挿入を続けると、第2胃先端に達した後再び上方へ進行する例も観察される。第2胃内へのカテーテルの到達は第3号、第4号カテーテルにおいて往々観察されたが、第1号、第2号カテーテルでは認められなかった。以上の結果を一括して示すとTable 1の通りである。

第1号カテーテルは、口径が太くかつ肉厚であったため、口腔より挿入した場合、噴門より第1胃前庭に沿って通過し、その儘屈折することなく進入するため、胃内容水準面の上下に到達するものと考え

Table 1. The way of catheter in the stomach of goat<sup>1)</sup>.

Catheter No <sup>2)</sup> .	Rumen			Reticulum	Total
	Fluid level	Dorsal sac	Ventral sac		
1	17	6	2	0	25
2	4	7	14	0	25
3	0	5	6	14	25
4	0	2	5	18	25
Total	21	20	27	32	100

Remarks. 1) : 5 goats, 5 times observations per each catheter.

2) : No. 1 12 mm. in outside diameter.

No. 2 10 mm. //

No. 3 6 mm. //

No. 4 5 mm. //

られ、腹部囊には僅かに2回到達したに過ぎない。

第2号カテーテルは第1号に比べ、外径2mmの違いに過ぎないが、胃内到達部位の異なる原因として、第1号より肉薄で屈曲性に富んでいたため、カテーテルの先端が第1胃前庭より腹壁側に下向き、腹部囊内へ到達するものと考えられる。第2号では胃内容水準面の近くへは25回の挿入中、4回であり、第1胃内容採取可能と認められたものは21回であった。従って第2号を用いて胃内容採取の際、不適當と思われる挿入部位は約2割と推定される。

第3号、第4号カテーテルでは何れも胃内容水準面附近への到達が全く観察されず、第2胃内への進入が多く認められたことは、カテーテルが何れも細かつ柔軟であるため、噴門部より食道溝に沿って下降し、第2胃内へ到達したものと考えられる。

以上の結果から、カテーテルの種類により胃内到達部位が著しく相違することを確認し、また第1胃内容採取の場合は、第2号、第3号および第4号カテーテルを用いると、唾液の混入がない均一な内容物の採取が可能であると判断される。

胃内容の吸引採取方法を検討した結果、水流ポンプにカテーテルを接続して行う方法は、水流の調節が困難であり、とくに最初より強く吸引するときは、カテーテル先端に飼料片が強く吸引されて閉塞し、採取が困難であった。またカテーテル先端に付着した飼料片により濾過された状態の水様状内容物が採取される場合も往々認められ、水流ポンプで吸引して行う胃内容採取は望ましくないものと判断される。

安全球をカテーテルに付け、口で吸引する方法は極めて好結果であった。すなわち胃内にカテーテル挿入後カテーテルに空気を送れば、空気圧入の感じおよび胃内で空気の洩れる状態等がカテーテルを通して知ることが出来、カテーテル先端の到達部位を判定し得るとともに、胃内容状態に応じて吸引を自由に調節することが出来る。とくに濃厚な状態の胃内容では、水流ポンプを用いて吸引しても採取に困難を伴うが、口で静かに吸引すれば、採取が容易であった。なお多量の胃内容物の採取には、第3号、第4号カテーテルの如き内径の細いものは不向である。

以上の結果より、カテーテルを用いて胃内容採取の場合には、機械的に吸引する方法より、口で吸引する方法が最も適當であると判断された。

#### IV. 結 論

1) 第1胃瘻管手術は、左脇部の最後肋骨後端より腰椎に沿って切開し、露出する第1胃壁に腹筋と皮膚とを縫合し、傷面の癒着後、胃壁を切開し、カニューレを装着する方法によると、胃内容物の漏出が少なく、長期の供試に耐えることを確めた。

2) カテーテルの挿入による胃内の到達部位は、外径が太く肉厚のものは第1胃内容水準面附近に、細く肉薄のものでは第2胃に達し、カテーテルの外径および厚みにより相違が認められた。

山羊では、外径10mm内外の柔軟性のあるカテーテルを用いると、殆んど第1胃腹部囊内に達することを認め、胃内容の採取に最も適した。また第1胃内容の採取方法は、機械的に吸引するよりも、口で吸引する場合の方が多量の採取が出来、胃内容物の状態に変化の少ないことを認めた。

## 反芻胃の発達並びにその機能に関する考察

### I. 緒 言

反芻動物の前胃は初生時には形態的にも機能的にも未発達で、年令の増加に伴って次第に発達し、反芻動物固有の消化作用を営む様になるが、とくに成畜に見られる如き膨大な容積を有して消化上に重要な役割を演ずる第1胃は、出生時では未分化で消化機能は全く休止状態である。

各年令時の各胃の形態的關係を *SISSON*<sup>138)</sup> は初生犢では第1胃、第2胃を合せても第4胃の約 $\frac{1}{2}$ であるが、10~12週令では第4胃の約2倍、4ヶ月令では約4倍となり、完熟時では全胃容積に対し、第1胃80%、第2胃5%、第3胃7~8%および第4胃8~7%と報じている。また *MANGOLD*<sup>99)</sup> は第1胃と第4胃との大きさの比率は、初生時1:3、生後3週間1:2、6週間2:3、8週間3:2、10~12週間2:1と述べている。

前胃の発達が、牛乳のみを継続して与えると阻止されることは以前から指摘され<sup>90, 94, 99, 130)</sup>、反芻胃の発達に及ぼす飼料の影響および発達要因について多くの報告がある。

*TRAUTMANN*<sup>148)</sup> は長期間の牛乳単飼は前胃の発達を阻害するが、飼料の影響だけが胃組織発達の要因でないとし唆している。*McCANDLISH*<sup>106)</sup>、*HERMANN*<sup>60)</sup> 等は粗剛な飼料が第1胃の発達に必要な欠くべからざるものとの見解を取り、*BLAXTER*等<sup>13)</sup>が実験的にそれを証明した。同氏等は牛乳単飼と、牛乳と粗飼料の給与の場合では、胃組織重量は変化がないが、容積に著しい差異があることを確め、飼料のかき張った性質が胃囊拡張に役立つと報じ、*WARNER*等<sup>156, 157)</sup>も同様な実験から、飼料の物理的性質が胃囊発達の要因としている。

これに対し、*BROWNLEE*<sup>15)</sup> は第1胃の組織の発達には繊維質自体が発達の要因ではなく、飼料のエネルギー価または消化性によるとし、前胃の発達は年令に支配されるものでなく、飼料の性質が影響すると報じている。また *FLATT*等<sup>45, 46)</sup> は前胃組織の発達、とくに乳頭突起の発達には飼料の物理的性質よりも、化学的刺戟恐らく胃内醗酵産物による影響を示唆し、更に同氏等<sup>47)</sup>は合成飼料を用い、実験的に証明し、酪酸、プロピオン酸の影響が大きいと報じている<sup>131)</sup>。

反芻胃の発達は生後の飼養条件により影響されることは疑のないことである。

*KESLER*等<sup>87)</sup> は生後第4~6週令の犢において、第1胃組織量、内容量に急速な変化を認め、また第6週令の内容状態は成牛に類似したと報じている。*SWANSON*等<sup>143)</sup> は犢牛について、生後2週間で大半のものに反芻作用の発現を観察している。反芻胃は生後短期間に急速な発達を遂げ、消化体制が整うものと解せられる。

乳養期の反芻家畜においては、体構成要素の増大による成長と相俟って、将来栄養生理上に重要な前胃の発達時期に当るため、この時期の飼養管理は、単胃家畜よりとくに慎重に行う必要があるものと思考される。

著者は乳養期の飼養に関連する反芻胃の問題を究明するため、次の試験を行い、反芻胃の発達並びに消化機能について考察した。

### II. 反芻胃の標準発達に関する試験

反芻胃の発達に関する従来の研究は、各種の年令時に屠殺を行い、胃囊形態、胃内容等から発達の様相を探究した結果が多い。*CZEPA*等<sup>28, 29)</sup>がX線を用いて反芻胃の観察を行って以来、X線観察による

試験が行われる様になったが<sup>121,158)</sup>、生体における反芻胃の発達についての研究は殆んど行われていない。

生後の各種年齢時に屠殺試験を行うときは、反芻胃の発達に関する諸問題を究明し得ても反芻胃発達の遅速、とくに乳養期における胃囊の発達状態が消化機構に及ぼす影響、あるいは胃囊の発達状態がその動物の生理上に及ぼす影響等の家畜飼養学上の諸問題を探究することは頗る困難である。従って生体のまま外部的に反芻胃の発達状態を同一供試動物について確認する研究方法によらなければならない。

著者は生時より週令の経過に伴う反芻胃の発達過程を生体で観察するため、正常飼養を行った山羊について、X線透視並びに間接撮影法により調べた。

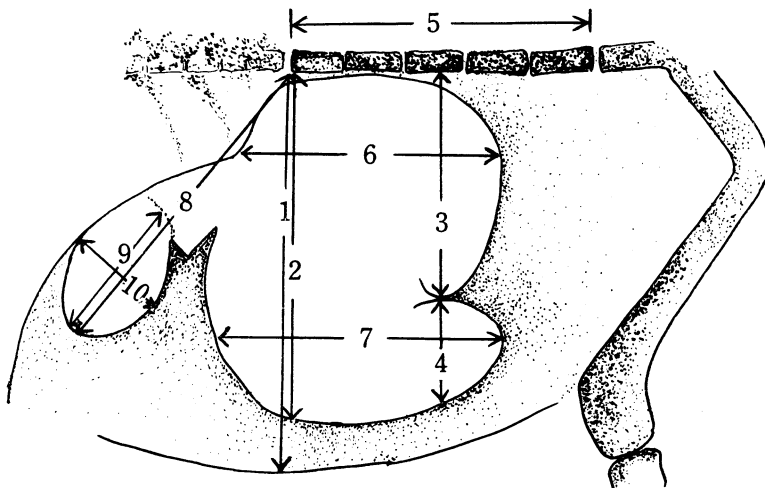
(1) 実験方法 供試動物は広島大学飼養学研究室で生産した双生のザーネン種山羊2頭〔第11号(牝)、第12号(牡)、昭和29年4月24日生〕および出生後直ちに購入した仔山羊3頭〔第15号(牝)、5月8日生)、第18号(牝)、7月3日生)、第19号(牡)、7月6日生)を用いた。

第11号および第12号山羊は、試験期間中親山羊につけ自然哺乳により育成した。すなわち分娩後1週間は親につけて舎飼を行い、その後昼間は親子ともに白クローバー自生地放牧し、2週令以降からは朝夕2回配合飼料を給与した。他の供試山羊は乳首を付けた哺乳瓶を用いて牛乳の人工哺乳を行った。なお哺乳量および哺乳回数は1週令時まで600mlを1日7回、2週令時まで800ml6回、3週令時まで1,200ml5回、4週令時まで1,500ml4回、5週令時まで1,800ml3回である。人工哺乳山羊は生後1週間目まで舎飼を行ったが、それ以後は放牧を行った。配合飼料は実験動物舎の一隅に飼槽を置き不断に充たして置いた。

供試山羊の健康状態は何れも良好であり、また発育は順調であった。

反芻胃の発達状態のX線観察<sup>114,145)</sup>における造影剤は、硫酸バリウム30gと澱粉10gを山羊乳100mlに加えて加熱し、バリウム粥を作り、第1胃内へ注射筒にカテーテルを連結してX線透視下で、反芻胃が明確に識別し得る量まで送入した。なお出生時および1週令時では、造影剤の投与により第1胃、第2胃は膨張したので造影前後の胃囊を撮影するとともに、造影剤を少量(5~10ml)注入し、透視観察により、反芻胃が原形に復するのを待って写真撮影を行った。2週令時以降では造影直後に撮影した。また第15号山羊は出生時における反芻胃の状態を観察するため、第1胃内に空気をカテーテルを用い注射器で送入し、反芻胃の輪廓を鮮明にして撮影する方法、いわゆる陰性造影法を併せ行った。

試験は出生時より5週令時に至る間、1週間毎に朝の飼付前、X線透視による観察並びに35mmフィ



Text-fig. 1 Parts measured by X ray phtography.

ルムを用い3秒間隔に間接撮影を行って、各週令時の胃囊形態の変化、運動機構、胃内状態等について観察を行うとともに Text-fig. 1 に示す胃囊の10部を写真上で測定し、発達過程を検討した。

測定部位は次の通りである。

- 〔1〕 第1腰椎前下端より腹壁まで。
- 〔2〕 第1腰椎前下端より第1胃腹部囊最下端まで。
- 〔3〕 腰椎下端より背部盲囊最下端まで。
- 〔4〕 腹部盲囊最上端より腰椎と直角に下した腹部盲囊下端まで。
- 〔5〕 第1腰椎前下端より最後腰椎後端まで。
- 〔6〕 背部盲囊最後端より腰椎に平行に延ばした第1胃前端まで。
- 〔7〕 腹部盲囊最後端より腰椎に平行に延ばした第1胃前端まで。
- 〔8〕 腰椎前下端より第2胃先端まで。
- 〔9〕 第2胃起始部より第2胃先端まで。
- 〔10〕 第2胃膨大部を〔9〕の線に直角に測定。

(2) 実験結果並びに考察 反芻胃のX線観察により胃囊の発達を検討した結果は次の通りである。

A) 出生時における反芻胃 出生時の前胃は、Pl. 1, Fig. 5 に示した如く極めて小さく、第1～第3腰椎の下部、腹腔の上半部に位置している。各胃の識別は困難であり、球形乃至楕円形にちぢまっており、背部、腹部囊も判別し難い。とくに第1胃内に認められる空胞を確認することが出来ないことから胃囊は収縮して内容物の存在は全くないものと判定され、全く機能休止の状態にあるものと断定された。この様な状態にある胃囊に造影剤(5ml)を投与した結果を Pl. 1, Figs. 6, 7 に示した。Fig. 5 と比較すると造影剤の投与により第1胃、第2胃の胃囊は著しく膨大することが観察される。造影剤無投与の場合に全く休止の状態で認められた胃囊は少量の造影剤が胃内へ注入されることにより、投与量以上に拡張している。造影剤は第1胃前庭部、腹部囊および第2胃の下部に僅かに留まったに過ぎないので、胃囊自体が造影剤注入の刺激によって膨張したものと思われる。膨張した胃囊形態は、既に成長が進んだ山羊の反芻胃に見られる如き形態を呈し、連続撮影の結果を詳細に検討すると、Fig. 6 では第1胃前庭部が収縮し、腹部盲囊部は明らかに弛緩状態を示している。Fig. 7 では第1胃前庭部および背部囊が弛緩し、腹部盲囊部は収縮状態を呈し、とくに盲囊部には収縮により空胞が明らかに観察された。従って出生時においても第1胃および第2胃は、胃内に刺戟物の注入により胃運動の開始が確認された。更に出生時における胃運動機構を調べるため、造影剤を追加(5ml)注入した後直ちに連続撮影を行った結果の一部を Pl. 2, Fig. 8 に示した。

第1胃内に投与した造影剤の胃内浸透状態、造影形態並びに各胃囊の形態等から明らかに第1胃および第2胃の運動像が観察される。すなわち第1胃は前庭部の収縮運動(6, 7)、背部囊および背部盲囊における運動(6, 7, 8)、腹部囊および腹部盲囊の運動、とくに盲囊における収縮弛緩運動(3, 4, 6, 7)が確認される。第2胃では胃内の造影剤の状態および胃内容水準面の変化(1, 6)等から微弱運動が起ることが確認されるが、第2胃の弛緩期(1～5)および収縮期(6～10)の運動に伴う胃囊の形態の変化は殆んど認められない。なお撮影開始時と終了時の胃内容水準面は上昇することが認められた。本現象は第1胃内への唾液の流入による結果と推定される。

胃内に造影剤等の異物の注入により膨大した胃囊が、機能的に活動を始めることは興味ある問題である。

出生時の第1胃および第2胃壁の性状を検討するため、胃内に空気10mlを送入し、陰性造影法により胃囊を観察した結果は Pl. 2, Figs. 9, 10 の通りである。胃内送気による映像は、硫酸バリウムの注入時(Figs. 6, 7)に比べて、第1胃は著しく膨満の状態が観察される。更に胃囊映像を内臓器官から分離し確認するために、5mlの造影剤を胃底に注入した際の代表的X線像を Pl. 2, Fig. 11 に示した。

胃内の空気は胃壁の各部に伸縮が起るためか、前後に移動することが認められ、この際胃壁の伸縮は、



とくに腹部囊において顕著であり、空気が胃壁に著しく影響を及ぼすことが観察された。乳幼児では哺乳の際空気を乳とともに飲み込むことは衆知の事実であり、家畜においても哺乳の際に空気の嚥下が起るものと判断される。嚥下された空気が第1胃内に入り胃囊を拡張するため、第1胃の発達に影響を及ぼすことが推測される。

以上の結果より出生時の反芻胃は第1～第3腰椎の下部に球形乃至楕円形に収縮状態で存在し、機能は休止状態にあるが、胃内への造影剤投与により胃囊は拡張し、収縮、弛緩運動を開始することを確認した。また造影の際に硫酸バリウムよりも、送気が胃囊に及ぼす影響が大きかった。生時の反芻胃壁は極めて伸縮性に富み、あたかもゴム風船の如き状態にあり、かつ刺戟に対して直接反応し易い状態にあるものと断定した。また生後哺乳等の生理的条件下で、第1胃内に空気を飲み込むことがあり得るので、嚥下した空気が胃囊の発達に関与するものと推定される。

B) X線観察による成長に伴う反芻胃の発達、胃囊の状態並びに考察 1) 第1週合 第1週合時の代表的X線写真をPl. 2, Fig. 12に示した。各山羊の胃は何れも生時に比べて著しく大きくなり、背部囊には明らかに空胞の出現が観察される。胃空胞の出現は出生時に収縮状態の胃内腔が次第に拡張し、空洞状態を呈するものと判断される。

第1胃の発達は、とくに第1胃の腰椎下部より腹腔内への胃囊縦軸の発達が、横隔膜後端より骨盤腔への胃囊横軸の発達に比べ顕著であった。すなわち前者は胃囊発達の良い山羊では、腹腔の%程度まで下降するが、何れも腹腔のおよそ半ばを占めている。造影剤無投与の観察の際、胃内容によって生ずる水準面は、各山羊とも全く観察し得なかった。従って胃内に食物の嚥下は全く行われなことを示し、胃の機能は休止の状態にあるものと判定された。また生時において、造影剤投与による胃囊に及ぼす影響は大きかったが、第1週合時では殆んど認められない。生時に比べて胃壁は相当強靱になることが推測される。

吸飲した乳汁の嚥下状態を観察した結果をPl. 2, Fig. 13に示した。嚥下した乳汁の経路は、食道から直接食道溝を通過して第4胃に達することが明らかに観察され、第1胃内への嚥下は全く認められず、BENZIE等<sup>9)</sup>のX線観察結果とよく一致した。

山羊が吸飲を行わなくなるまで哺乳を継続するとFig. 14の如く、乳汁は第4胃を充たし、第4胃の空胞は胃水準面上昇により殆んど消失した。この場合第1胃内に乳汁が流入するかどうかを検討すると、第1胃に乳汁が流入すれば、当然第1胃水準面上昇が起り、空胞は縮小するものと考えられる。Fig. 14では第4胃の膨満により第1胃が圧迫されるため、第1胃が縮小した映像と判定される。従って多量の乳汁の吸飲を行い、第4胃が乳汁で充満しても、第1胃内への流入は起らないものと思われ。

2) 第2週合 第2週合時の胃囊の発達状態をPl. 3, Fig. 15に示した。第1胃、第2胃はともに第1週合時よりなお一層の発達を示したが、第1胃腹部囊および第2胃内に極少量の胃内容物が観察されたに過ぎない。従って胃機能は未活動の状態に止まっているものと判定した。

胃囊の発達状態は第1胃、第2胃ともに縦軸の発達が顕著であり、とくに第1胃腹部囊の下底は腹壁まで下降することが観察された。胃囊縦軸の発達はこの時期において完了し、爾後は体の発育とともに腹腔の拡張に伴って発達するものと判定される。

胃囊の横軸の発達を見ると、第1胃盲囊後端は第3腰椎の下部まで伸長し、胃囊は略腹腔の半ばを占めるに至る。またX線透視および連続撮影写真より胃運動状態を観察すると、第1胃囊の形態の変化は極めて少ないが、微弱な運動を認めた。

3) 第3週合 代表的な胃囊映像をPl. 3, Figs. 16, 17に示した。造影剤無投与によるX線観察の結果は、何れの山羊でも第1胃、第2胃に内容物の存在を確認したが、その量は前週より更に増加し、第1胃の腹部囊は胃内容で完全に充たされており、背部囊部にまで内容の増加が認められた。すなわち生後3週間を経過した山羊の胃囊X線像より判定すれば、摂食飼料あるいは唾液の一部が第1胃内に嚥下され、その結果胃内容の増量を示したものと考えられる。

生後2週令以降になると山羊は固形飼料を採食し始めるので、前胃は急速に発達し、消化開始体制への準備が略この時期になされるものと判断される。Figs. 16, 17に見られる如く、胃囊形態は各図の間に可成りの相違が認められ、胃運動は前週より更に強く起きていることが観察されたが、成山羊に見られる様な強力かつ活発な収縮運動はまだ行われていない。

第1胃囊の発達は、とくに横軸への拡張が顕著であった。

4) 第4週令 供試各山羊とも本週令時の胃囊は活発な収縮運動が観察された。そのX線連続撮影写真をPl. 3, Fig. 18に示した。胃囊運動状態は第1胃、第2胃が互に関連して起る強力な収縮弛緩を行っている。すなわち第2胃は完全収縮を起し(6, 7)、第2胃の内容を第1胃内へ圧出し、次いで第2胃の弛緩により第1胃背部盲囊は収縮し、第1胃腹部盲囊膨張(1, 8)、第1胃背部盲囊が弛緩を始めると第1胃腹部盲囊部は収縮を行う(3)等の運動が確認される。この様な運動は成山羊に見られる定型的な胃収縮運動と一致する。反芻胃の運動形態等より考察すると、山羊においては反芻胃の機能的発達は、凡そ生後4週令時頃になって略完了することが確認された。とくに胃収縮運動は3週令時と比較すると、X線映像に顕著な変化が認められることから、摂食した飼料が第1胃、第2胃に嚥下される様になると、胃囊は急速に活動を開始し、極めて短時日の間にその機能が発達し、固形飼料の摂取体制が整うものと考えられる。

5) 第5週令 本週令時の胃囊映像をPl. 3, Fig. 19に示した。第4週令時に比べて著しい変化は認められないが、体の発育に伴って胃囊は発達し、骨盤腔内にまで伸長することが観察された。すなわち第1胃は腹腔の殆んどを占有し、膨大な容積に発達することが確認された。BENZIE等<sup>9)</sup>は山羊を用いて生時よりX線写真撮影を行い多数の観察結果を発表しているが、硫酸バリウムを混ぜた牛乳を哺乳し造影を行っているので、前胃は殆んど造影されず、反芻胃の発達過程を詳細に観察していない。著者の胃囊X線観察の結果は、TAMATE<sup>14)</sup>が生時より種々の日令時で剖検した結果と略一致したが、第1胃の腹腔内位置に差が認められたことは、自然状態における胃囊と屠殺後のそれとでは、後者に何等かの変化が起るためと推定される。腹腔内位置はX線観察結果が妥当であろう。

第1胃の発達、胃組織の発達が飼料によって著しく影響されることは既に指摘されている通りであり<sup>15, 45, 46, 131, 156, 157)</sup>、牛乳よりも固形飼料の採食により胃内状態に変化を来し、胃囊発達が助長されるとの見解は、X線観察からも外部的に確認せられた。MARSHALL等<sup>10)</sup>は第1胃の組織量、内容量は7～30日の間に第4胃より増加すると報じ、第1胃は生後短時日に発達を遂げることが認められている。反芻胃の著しい拡張が固形飼料を摂食し始める頃より起り、同時に胃機能は略この時期に発現することが胃運動映像から認定せられた。

C) X線写真の測尺による反芻胃の発達並びに考察 X線間接撮影の写真を用いて、Text-fig. 1に示した胃囊各部を測定し、各週令時における反芻胃の発達について検討して見よう。なお測定は連続撮影を行った写真の中より、第1胃および第2胃の休止期の代表的な映像について測尺を行った。出生時より第5週令時までの胃囊各部の測尺結果を一括して示すとTable 2の通りである。

また出生時における造影剤並びに送気による胃囊各部を測定した結果はTable 3の通りである。

本試験期における各供試山羊の体重を測定した結果はTable 4の通りである。

Table 3から出生時の胃囊各部位を100として硫酸バリウム並びに空気の第1胃内注入によるその拡張割合をTable 5に示した。

造影剤の投与により胃囊各部位は著しく膨張し、とくに第1胃は空気送入の場合が、同量の硫酸バリウム投与に比べて拡張割合は大きい。硫酸バリウム投与では、投与量による影響が大きく、とくに背部盲囊縦軸は出生時の1.8～2.2倍、腹部盲囊で1.4～1.7倍となったが、空気の送入では腹部盲囊は、縦軸、横軸ともに2～4倍大を示した。硫酸バリウム投与の場合は滞留した部位が拡張するに反し、空気では胃内腔を一様に圧迫して拡張するものと考えられる。

送気後に造影剤を投与した場合、造影剤は腹部盲囊に滞留し、第1胃を下降せしめるため、胃は縦に長

Table 2. Development of rumen and reticulum on normal feeding from birth to 5 weeks of age (cm).

Age in weeks	Goat No.	Measured parts									
		[1]	[2]	[3] <sup>1)</sup>	[4] <sup>1)</sup>	[5]	[6]	[7] <sup>1)</sup>	[8]	[9]	[10]
Birth	11	10.4	3.2	—	—	7.5	4.0	—	6.8	3.4	1.3
	12	10.9	3.9	—	—	7.9	4.8	—	6.7	3.3	1.2
	15	9.8	3.9	—	—	8.4	4.5	—	5.3	2.4	1.3
	18	8.5	3.3	—	—	7.1	4.0	—	6.1	1.9	1.0
	19	8.6	3.3	—	—	8.1	3.8	—	5.7	2.8	1.2
1	11	11.7	9.2	4.8	2.6	8.4	4.1	6.5	8.7	4.4	1.4
	12	11.4	8.9	5.3	2.3	8.8	5.3	6.4	9.2	3.6	1.5
	18	11.2	5.9	3.0	2.1	8.3	4.0	6.3	8.8	3.0	1.2
	19	10.0	7.9	5.2	2.5	8.7	5.2	5.8	7.8	3.6	1.3
2	11	11.9	10.9	5.7	4.7	9.4	5.8	7.3	11.6	5.2	2.0
	12	13.4	11.1	6.6	4.4	9.7	5.7	6.9	9.8	3.9	1.5
	18	11.2	11.1	5.5	4.5	9.1	5.8	6.7	9.3	3.1	1.3
	19	10.7	9.8	5.1	3.9	9.6	6.5	6.6	9.2	4.4	1.8
3	11	12.4	11.8	6.5	5.4	10.2	7.5	9.4	12.5	5.4	2.2
	12	13.9	13.2	7.2	4.8	10.1	8.8	9.7	14.0	6.4	1.9
	18	12.2	12.1	6.2	4.9	9.7	7.3	9.4	12.2	4.2	1.5
	19	11.6	11.2	6.8	4.1	10.5	7.8	7.9	11.0	6.0	2.4
4	11	14.2	14.0	9.8	5.9	11.1	9.1	11.4	15.5	5.9	3.8
	12	14.0	13.9	9.4	6.9	10.8	11.4	14.4	15.6	6.6	2.8
	18	13.4	13.1	8.9	5.3	10.5	8.9	11.0	12.9	5.3	1.7
	19	12.8	12.5	9.3	5.2	11.1	9.2	10.6	13.6	7.2	3.0
5	11	15.1	15.0	9.2	6.1	11.9	10.4	15.3	16.3	7.6	6.1
	12	17.4	17.1	12.0	5.7	11.2	12.3	15.0	16.2	7.5	5.7
	18	14.4	14.3	9.7	5.2	11.1	10.1	13.4	14.2	6.0	5.1

Remark. 1): at birth, parts [3], [4] and [7] were unable to distinguish.

Table 3. The dilation of rumen and reticulum under the administration of contrast medium (cm).

Goat No.	Rumen					Reticulum			Remarks
	[2]	[3]	[4]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	
15	3.9	2.3	2.3	4.5	4.5	5.3	2.4	1.3	Before administration
	6.9	4.2	3.2	5.1	6.2	9.5	4.8	3.3	BaSO <sub>4</sub> 10 ml
	8.1	5.1	3.7	5.5	5.7	8.9	4.3	2.7	// 20 ml
	8.5	5.0	4.0	5.7	6.3	9.7	4.7	2.9	// 30 ml
18	3.3	2.0	1.0	4.0	2.5	6.1	1.9	1.0	Before administration
	8.1	2.7	4.6	6.3	5.0	9.4	2.5	1.4	Air 10 ml
	5.6	2.5	3.2	4.8	7.1	7.5	2.7	1.9	// +BaSO <sub>4</sub> 10 ml
	7.7	4.3	2.5	4.6	8.4	7.7	3.5	1.5	// + // 20 ml
19	3.3	—	1.2	2.8	3.0	4.5	2.0	0.7	Before administration
	5.2	—	2.7	—	—	5.6	2.4	0.8	BaSO <sub>4</sub> 10 ml

Table 4. Body weight on normal feeding (kg).

Goat No.	Age in weeks	Birth	1	2	3	4	5
11		2.97	4.05	5.40	6.50	7.90	8.80
12		3.90	4.80	5.70	6.80	7.70	8.80
18		3.55	4.70	5.80	6.90	8.00	9.10
19		3.05	4.20	5.50	6.60	7.80	—

Table 5. Rate figures of the dilation of rumen and reticulum under the administration of contrast medium.

Goat No.	Rumen					Reticulum			Remarks
	[2]	[3]	[4]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	
15	178	183	139	113	134	179	200	254	BaSO <sub>4</sub> 10 ml
	208	223	161	122	127	168	179	208	// 20 ml
	218	217	174	127	140	183	196	223	// 30 ml
18	245	135	460	158	200	154	132	140	Air 10 ml
	170	125	320	120	284	123	142	190	// + BaSO <sub>4</sub> 10 ml
	233	215	250	115	336	128	184	150	// + // 20 ml
19	155	—	—	179	150	123	—	—	BaSO <sub>4</sub> 10 ml

くなり、腹部囊が膨大したものと判定され、胃内に食塊の嚥下が行われる様になると、胃壁は食塊の重みにより降下し、胃囊の発達を促進することが推定せられる。

第2胃の造影剤投与による影響は、投与量が多い程伸長割合が大となったことから、第1胃壁の性状とは異なるものと考えられる。

反芻胃の発達経過は体の発育と関連してなされるものと推定され、正常飼養で体の発育が順調に経過すれば、反芻胃もそれに応じた発達をなすものと考えられる。

反芻胃の発達を論ずるに先立って本試験に用いた山羊の発育状態を考察するため、Table 4 より各週令時毎の体重増加量を算出して示すと Table 6 の如く、何れも順調な発育が認められ、各週毎約1~1.3kgの増体を示している。とくに第11号が第12号等に比べて増体が著しかったのは、出生時の体重が少なかったためである。

Table 6. Growth in body weight at weekly intervals (kg).

Goat No.	11	12	18	19
Age in weeks				
1	1.08	0.90	1.15	1.15
2	2.43	1.80	2.25	2.45
3	3.53	2.90	3.35	3.55
4	4.93	3.80	4.45	4.75
5	6.83	4.90	5.55	—

本供試山羊の試験終了時体重は、何れも9kg内外となり各々正常な発育を行ったものと言えよう。

出生後の週令の増加に伴う第1胃囊の発達について検討するために、測定部〔1〕に対する測定部〔2〕の割合から、第1胃囊が腹壁まで発達する経過を Table 3 より算出して Table 7 に示した。

Table 7. Development of the spindle<sup>1)</sup> of rumen (%).

Goat No.	Age in weeks					
	Birth	1	2	3	4	5
11	30.77	78.63	91.60	95.16	98.59	99.34
12	35.78	78.07	82.84	94.96	99.29	98.28
15	39.80	—	—	—	—	—
18	38.82	52.68	99.11	99.18	97.76	99.31
19	38.37	79.00	91.59	96.55	97.66	—

Remark. 1) :  $\frac{[2]}{[1]} \times 100$

出生時において、第1胃底部は各山羊ともに腹腔上部の略 $\frac{1}{2}$ を占めているが、第1週令時では第18号が腹腔の略 $\frac{1}{2}$ までの発達に止まった外は、略 $\frac{1}{2}$ まで下降することが認められる。

第2週令時では第1週令時で発達の劣った第18号は腹壁まで完全に下降し、また第12号は前週より僅かな伸長に止まったが、他の山羊では胃底部は腹壁まで、約1割を余すところの位置まで下降した。

第3週令時は腹腔の95~99%を占め、胃底部は殆んど腹壁まで達し、胃囊縦軸の発達は略完了することを確認した。なお爾後週令の増加に伴う変化のないことは、腹壁まで下降した胃囊は既に縦軸の発達を終えたことを意味している。

第3週令時以降の第1胃縦軸は、成長に伴う腹腔の拡張により発達を遂げるものと判断される。

出生時より各週令時毎の胃囊縦軸の発達指数を Table 2 より算出して Table 8 に示した。

Table 8. Development rate figures of the spindle of rumen.

Age in weeks Goat No.	Birth	1	2	3	4	5
11	100	288	330	369	438	469
12	100	228	284	338	356	438
18	100	179	336	367	421	433
19	100	239	297	339	379	—

第1胃縦軸の発達状態は、第1週令時では出生時の1.8~2.9倍の発達を示し、第2週令時では各山羊ともに2.8~3.4倍となった。第3週令時3.4~3.7倍、第4週令時3.6~4.4倍となり、X線映像の観察結果とよく一致した。

第1胃の背部囊と腹部囊について、縦軸の発達状態を、測定部〔2〕に対する測定部〔3〕および測定部〔4〕の割合から算出すると Table 9 の通りである。

Table 9. Development of the spindle of dorsal and ventral sac (%).

Age in weeks Parts Goat No.	1		2		3		4		5	
	[3] <sup>2)</sup>	[4] <sup>2)</sup>	[3]	[4]	[3]	[4]	[3]	[4]	[3]	[4]
11	52.17	28.26	52.29	43.12	55.08	45.76	70.00	42.14	61.33	40.67
12	59.55	25.84	59.45	39.64	54.54	36.36	67.63	49.64	70.18	33.33
18	50.85	35.59	49.55	40.54	51.24	40.50	67.94	40.46	67.83	36.36
19	65.82	40.99	52.04	39.80	60.71	36.61	74.40	41.60	—	—

Remarks. 1) :  $\frac{[3]}{[2]} \times 100$ , 2) :  $\frac{[4]}{[2]} \times 100$

全試験期間を通じて各供試山羊は何れも背部囊が大きく、第1～3週令時では背部囊が50～60%、腹部囊が30～40%となり、第4週令以降では更に背部囊60～70%、腹部囊30～40%となっている。

第1胃囊の横軸の発達、すなわち腹腔から骨盤腔への発達を測定部〔5〕に対する測定部〔6〕および測定部〔7〕の割合を Table 3 から算出して Table 10 に示した。

Table 10. Development of the transversal axis of rumen (%).

Age in weeks Parts Goat No.	0		1		2		3		4		5	
	[6,7]	[6] <sup>1)</sup>	[7] <sup>2)</sup>	[6]	[7]	[6]	[7]	[6]	[7]	[6]	[7]	
11	53.33	48.80	77.39	61.70	77.66	73.53	92.16	81.98	102.70	87.39	128.57	
12	60.76	37.50	72.73	58.76	71.13	87.12	96.04	105.56	133.33	109.82	133.93	
15	53.57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
18	56.34	48.19	75.91	63.74	73.63	75.26	96.91	84.76	104.76	90.99	120.72	
19	46.91	59.77	66.67	67.71	68.75	74.29	75.24	82.88	95.50	—	—	

Remarks. 1) :  $\frac{[6]}{[5]} \times 100$ , 2) :  $\frac{[7]}{[5]} \times 100$

横軸は出生時では、何れも腰椎の約 $\frac{1}{2}$ の長さであったが、第3週令時には多くの山羊において、背部囊は74～75%となり腹部囊では92～97%となっている。第4週令時は第12号が両囊とも顕著な発達を示し、106%、133%であり、他の山羊では82～85%、96～105%となり、腹部囊は腰椎の長さに略等しくなった。背部囊は第5週令時では殆んど変化が認められないが、腹部囊では前週で発達の遅い第11号、第18号の発達が著しく、第12号と略等しい発達を示した。

以上の結果より各山羊ともに、横軸の発達は腹部囊が背部囊より大きく、縦軸の発達と全く逆の結果が確認されたことは、腹部囊は背部囊の下降により腹壁に圧迫され、腹腔更に骨盤腔内へ押し出されるために発達が著しかったものと断定される。

胃囊横軸の発達経過を、出生時に対する発達指数として算定した。その方法は出生時の測定部〔6〕を100として、第1週令時以降では、 $\frac{\text{測定部〔6〕} + \text{測定部〔7〕}}{2}$ として算定して Table 11 に示した。

Table 11. Development rate figures of the transversal axis of rumen.

Goat No.	Age in weeks					
	Birth <sup>1)</sup>	1 <sup>2)</sup>	2 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>	5 <sup>2)</sup>
11	100	133	164	211	256	321
12	100	122	131	193	266	284
18	100	130	156	209	248	309
19	100	145	171	207	261	—

Remarks. 1) : [6] = 100, 2) : [6] (at birth) :  $\frac{[6] + [7]}{2}$

第1週令時では第19号が1.5倍、他の山羊は1.2～1.3倍で爾後週令の増加に伴って次第に発達し、第3週令時では何れも出生時の2倍、第4週令時2.5～2.7倍、第5週令時3倍内外の発達を示した。

横軸の発達が第3週令以降に顕著であったことは、X線観察結果から胃内容の増量が確認された如く、胃内に嚥下された食塊が胃囊の拡張に役立つためと判断される。

第2胃の発達について Table 3 より、生時を100として発達指数を算定すれば Table 12 の通りである。

Table 12. Development rate figures of reticulum.

Age in weeks	Goat No.	Measured parts		
		[8]	[9]	[10]
1	11	128	129	108
	12	137	109	121
	18	144	158	120
	19	137	129	108
2	11	171	153	153
	12	146	118	121
	18	152	163	130
	19	161	157	150
3	11	184	159	169
	12	209	194	158
	18	200	221	150
	19	193	214	200
4	11	228	174	292
	12	233	200	233
	18	211	278	170
	19	239	257	250
5	11	240	224	469
	12	242	227	475
	18	233	316	510
	19	—	—	—

第2胃の発達を測定部〔8〕により第2胃先端の伸長状態で見ると、第1週令時1.3~1.4倍、第2週令時1.5~1.7倍、第3週令時1.8~2.1倍、第4週令時2.1~2.4倍、第5週令時2.3~2.4倍となった。

第2胃の長径は第1週令時に第18号が1.6倍となったが、他の山羊では1.1~1.3倍に過ぎず殆んど変化は認められない。多くの山羊では第2週令時に1.5~1.6倍、第3週令時約2倍、第4週令時以降には2~3倍となった。

第2胃短径の発達は、長径と同様に第1週令時では殆んど認められないが、第2週令時1.2~1.5倍、第3週令時1.5~2.0倍、第4週令時2.0~3.0倍、第5週令時約5倍に達した。

第2胃の発達は長径、短径ともに第1週令時では殆んど認められないが、第2週令時以降では何れも同様な経過により発達を行い、更に週令の増加に伴って短径が顕著な発達をなすことを確認した。第2胃は第1胃と同様に胃内容物が滞留し、胃運動を開始する頃より発達が著しくなり、とくに胃内容物の増加は第2胃の短径を押し拡げるに役立つものと判断される。

以上の如く、X線写真の測定により出生時の胃囊状態および正常発育を行った山羊の反芻胃囊の発達過程を確認した。

乳養期における反芻胃のX線観察は、屠殺を行わなくとも同一供試山羊について、生体でその発達状態を確認することが出来るので、反芻胃に関する栄養生理学上の諸問題、とくに反芻胃発達に関連する問題の究明等に適した方法と判断した。

### III. 反芻胃の早期拡張に関する試験

反芻胃の早期発達が消化に及ぼす影響については未解決の問題が少なくない。とくに早期の胃囊拡張

がその動物に及ぼす影響について全く知られていない。

著者はⅡの試験において、生体で胃囊発達の経過をX線観察により確認したが、本試験に供試する目的で購入した山羊の中で、他の供試山羊に比べ、生後まもなく著しく胃囊が拡張した特殊な山羊を発見した。

乳養期における顕著な反芻胃囊拡張が、爾後の発育、消化に及ぼす影響を調べるとともに、窒素代謝についても検討した。

(1) 実験方法 供試動物は分娩前に分譲を予約し、昭和29年5月1日出生の双生の牝山羊の中の1頭(第13号)で、出生後自然哺乳することを依頼し、生後10日目に購入したものである。

購入後の飼養管理は前報の試験と同様に人工哺乳を行った。

第2週令時の反芻胃のX線観察の結果は、他の山羊に比べて著しい拡張が認められたので、爾後の各週令時にX線観察を行うとともに、体重並びに体尺測定を第9週令時までに行った。

反芻胃の早期拡張が消化に及ぼす影響を調べるため、生後5週令時より前報の試験に用いた同腹の山羊第11号、第12号を対照として消化試験を行うとともに、窒素出納試験を行った。

試験期を2期とし、第Ⅰ試験期は第5週令時より牛乳および配合飼料を給与し、本試験期を第6週令とし、第Ⅱ試験期は第7週令時より配合飼料およびビートパルプを給与し、本試験期を第8週令として消化試験を行った。

供試山羊は何れも二重金網の床を有する消化試験用檻に収容し、飼料は朝夕2回給与したが、哺乳は哺乳瓶で、また配合飼料は箱に入れて自由に採食させ、翌朝の飼付時に残食量を測定し、摂食日量を算出した。

糞の採取は朝夕2回、全量を集め稀塩酸を滴下した後乾燥器内で乾燥し、更に室温に放置して風乾状態とし、粉碎して分析に供した。また尿は朝夕2回採尿瓶中のものを採集したが、午前8時より翌日の同時刻までの尿を1日量とした。

試験飼料は小麦粃80%、魚粉16%、炭酸石灰3%、食塩1%である。粗飼料は生後日が浅く摂食量が少ないので、摂食飼料成分による誤差を少なくするために、乾草の給与を行わずにビートパルプを給与した。

本試験期間中における摂食飼料に由来する糞の限界の決定は第Ⅰ期試験では、配合飼料の摂食量が少なく、かつ摂食日量は略一定していたので、糞の採取を本試験第2日目より開始し、7日間行った。第Ⅱ試験ではLENKEIT等<sup>95)</sup>の方法により酸性フクシンを用いて、ビートパルプを染色し、本試験開始時および終了時に給与し、糞中に出現する着色飼料片の状態により決定した。

(2) 実験結果 第13号の第2週令時における反芻胃のX線観察結果をPl. 4, Figs. 20, 21に示した。

Fig. 20は造影剤投与前の胃映像を示したもので、既に第1胃、第2胃内には多量の内容物の滞留が観察され、また胃収縮運動が認められた。Fig. 21は造影剤投与後の映像で標準発達の山羊(Pl. 3, Fig. 15)に比べて著しい胃囊拡張状態が観察される。とくに第1胃底部は腹壁まで下降し、背部盲囊後端は第5腰椎の下部までのび、既に腹腔の大部分が第1胃により占められている。かかる胃囊拡張状況は前報の観察結果では、何れも第4週令以降の胃囊に匹敵し、第13号の胃は早期に拡張したものと断定した。

第3週令時のX線写真をPl. 4, Figs. 22, 23に示した。X線透視並びに連続写真撮影による観察の結果から、第2週令時より活発な胃運動を確認したが、とくに標準発達を行った同週令の山羊(Pl. 3, Figs. 16, 17)に比べ、胃囊形態に著しい差異が認められる。すなわちFigs. 22, 23に示した如く、第2胃が球形乃至胡桃状の前後に詰った形態を呈し、また第1胃前庭部の拡張が顕著である。腹部囊は背部囊の発達に比べて著しく劣り、更に第2胃運動の収縮期(Fig. 23)に標準発達の山羊に比べ著しい形態的差異が観察される。

第4週令時および第5週令時では、腹部は胃囊で充たされることが観察された。第5週令時のX線写



真を Pl. 4, Fig. 24 に示した。反芻胃は第3週令時の形態と比較しても、週令の増加に伴う形態の変化は殆んど見出し得ない。

標準発達の胃囊は生後第3週令時より急速に発達し、第4週令時以降に顕著な発達並びに活発な胃運動を開始することを前報で確認したが、第13号では第2週令時以降の胃囊形態に変化が認められない。第13号の反芻胃囊が前後に圧迫されて上下に膨張した如き特異形態は、胃囊の拡張が体の発育に伴わずに起るために、横隔膜、骨盤および腰椎により圧迫され、下腹部に押し出されたものと推定される (Fig. 24)。X線写真から第1胃の各部についての測尺値を一括して表示すれば、Table 13の通りである。各供試山羊の体重、体尺測定結果は Table 14の通りである。

Table 13. Sizes of normally and abnormally developed rumen from 2 to 5 weeks of age (cm).

Age in weeks	Goat No.	Measured parts				
		[1]	[2]	[5]	[6]	[7]
2	11 <sup>1)</sup>	11.9	10.9	9.4	5.8	7.3
	12 <sup>1)</sup>	13.4	11.1	9.7	5.7	6.9
	13 <sup>2)</sup>	11.4	11.2	8.4	11.0	9.6
3	11	12.4	11.8	10.2	7.5	9.4
	12	13.9	13.2	10.1	8.8	9.7
	13	13.3	13.0	9.2	13.4	11.3
4	11	14.2	14.0	11.1	9.1	11.4
	12	14.0	13.9	10.8	11.4	14.4
	13	13.7	13.5	9.8	12.9	12.6
5	11	15.1	15.0	11.9	10.4	15.3
	12	17.4	17.1	11.2	12.3	15.0
	13	16.2	16.2	10.1	14.7	14.2

Remarks. 1) : with normally developed stomach.

2) : with stomach dilation.

Table 14. Growth in body weight, withers height, body length and chest girth.

Goat No.		Age in weeks									
		Birth	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	Body weight (kg)	2.97	4.05	5.40	6.50	7.90	8.80	10.00	11.10	11.90	12.60
	Withers height (cm)	32.8	35.3	37.7	40.6	43.6	45.8	47.5	48.0	49.8	51.0
	Body length (cm)	31.0	36.4	37.8	43.0	45.0	47.5	49.8	51.5	52.3	53.5
	Chest girth (cm)	35.0	36.3	38.0	41.0	43.8	45.1	47.3	49.1	51.5	52.8
12	Body weight (kg)	3.90	4.80	5.70	6.80	7.70	8.80	9.90	10.70	11.50	12.10
	Withers height (cm)	35.9	38.5	40.0	42.5	43.7	44.0	45.3	46.1	48.0	50.0
	Body length (cm)	34.3	35.9	38.5	42.3	45.4	47.3	48.8	49.5	51.5	52.6
	Chest girth (cm)	35.0	36.8	38.1	41.0	42.0	43.0	46.5	48.0	49.5	51.5
13	Body weight (kg)	(3.50)	—	3.90	4.40	4.80	5.40	6.00	6.40	6.70	7.00
	Withers height (cm)	—	—	36.5	37.0	37.2	37.5	38.0	40.1	40.6	41.2
	Body length (cm)	—	—	35.8	38.0	40.2	41.2	42.1	42.8	43.0	44.0
	Chest girth (cm)	—	—	34.8	35.0	35.4	38.0	39.8	41.5	42.0	43.5

Table 15. Amount of feed intake, feces and nitrogen excretion in urine (g).

Goat No.	Period	Intake			Air dried feces	Nitrogen in urine
		Cow's milk	Mixed feed	Beet pulp		
11	I <sup>1)</sup>	7,200	665	—	218.2	16.35
	II <sup>2)</sup>	—	1,586	1,850	922.5	17.67
12	I	7,200	612	—	204.8	15.83
	II	—	1,551	1,764	886.2	17.12
13	I	7,200	574	—	195.5	34.64
	II	—	1,449	1,825	929.4	37.47

Remarks. 1) : in 6 weeks of age, 2) : in 8 weeks of age.

Table 16. Composition of feeds and feces (%).

		Mois- ture	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash	Nitrogen	
Cow's milk		87.63	12.37	11.61	3.57	3.30	4.74	—	0.76	0.56	
Wheat bran		11.32	88.68	83.81	13.94	4.55	57.18	8.14	4.87	2.23	
Fish meal		15.16	84.84	60.90	39.13	21.32	0.45	—	23.94	6.26	
Mixed feed <sup>1)</sup>		11.49	88.51	76.79	17.41	7.05	45.82	6.51	11.72	2.78	
Beet pulp		14.22	85.78	83.20	7.94	0.99	56.94	17.33	2.58	1.27	
Period I.	Feces	No. 11	12.43	87.57	75.19	17.94	7.23	43.29	6.73	12.38	2.87
		No. 12	12.28	87.72	75.21	17.06	7.59	44.11	6.45	12.51	2.73
		No. 13	12.65	87.35	75.11	18.44	8.38	42.25	6.04	12.24	2.95
Period II.	Feces	No. 11	12.73	87.27	73.97	13.00	5.33	39.69	15.95	13.30	2.08
		No. 12	13.59	86.41	72.76	12.75	5.64	37.84	16.53	13.65	2.04
		No. 13	13.54	86.46	71.33	12.63	5.47	36.89	16.34	15.13	2.02

Remark. 1) : wheat bran 80%, fish meal 16%, mineral 4%.

Table 17. Digestibility of feeds in period I and II (%).

Exp. period	Feeds	Goat No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber
I	Cow's milk	11	87.08	87.82	89.50	94.45	86.16	66.09
		12	87.46	88.20	90.39	94.46	85.47	66.84
		13	87.79	88.50	89.90	94.11	86.33	68.40
	Mixed feed	11	72.08	72.78	77.28	76.46	71.24	66.09
		12	71.77	72.56	79.27	74.99	70.22	66.84
		13	71.65	72.38	76.78	71.26	71.19	68.40
II	Mixed feed	11	73.08	75.28	71.65	62.21	79.43	65.28
		12	73.47	75.75	72.45	60.59	80.45	63.98
		13	71.79	74.80	70.45	57.71	79.87	63.02
	Beet pulp	11	73.97	77.21	61.05	—	85.08	65.03
		12	75.00	78.33	59.33	—	87.68	63.03
		13	71.90	76.58	59.42	—	85.41	61.41

第Ⅰ期および第Ⅱ期間中の摂食量，風乾糞量および尿中排泄窒素量を算定した結果を一括して Table 15 に示した。

本試験期間中に給与した飼料および各試験期の風乾糞を分析した結果は Table 16 の通りである。

第Ⅰ期牛乳および配合飼料給与期における消化率を Table 15, 16 より算出し，また第Ⅰ期試験に給与した飼料のうち，牛乳の消化は極めてよいので本試験の消化率の概要を判定し得るものと考えられるが，MORRISON<sup>(118)</sup>の飼料表より牛乳の消化率，粗蛋白質 95%，粗脂肪 98%，可溶性無窒素物 98%を用い，有機物は飼料表より97%を算出し，また乾物は有機物と同じに見積って配合飼料の消化率を算定した。第Ⅱ期の消化率は Tables 15, 16 から算出し，またビートパルプの消化率は配合飼料の消化率を用いて算定し，一括して Table 17 に示した。

試験期間中の摂食窒素量，排泄窒素量および窒素出納を Tables 15, 16 から各試験期別に集計すると Table 18 の通りである。

Table 18. Results of nitrogen balance experiment (g).

Exp. period	Goat No.	Feed intake			Excretion			Nitrogen balance
		Mixed feed	Cow's milk Beet pulp	Total	Feces	Urine	Total	
I	11	18.49	40.32	58.81	6.26	16.35	22.61	36.20
	12	17.01	40.32	57.33	5.59	15.83	21.42	35.91
	13	15.96	40.32	56.28	5.77	34.64	40.41	15.87
II	11	44.09	23.50	67.59	19.19	17.67	36.86	30.73
	12	43.12	22.40	65.52	18.08	17.12	35.20	30.32
	13	40.28	23.18	63.46	18.77	37.47	56.24	7.22

(3) 考 察 X線観察結果より対照山羊および第13号の各週令時の胃囊状態を数値的に検討するため，Table 13 より第Ⅰ胃縦軸，横軸の発達割合を算出すると Table 19 の通りである。

Table 19. Development rate of the spindle and the transversal axis of rumen (%).

Age in weeks	Goat No.	Measured parts		
		[2] <sup>1)</sup>	[6] <sup>2)</sup>	[7] <sup>3)</sup>
2	11	91.60	61.70	77.66
	12	82.84	58.76	71.13
	13	98.25	130.95	114.29
3	11	95.16	73.53	92.16
	12	94.96	87.13	96.04
	13	97.74	145.65	122.83
4	11	98.59	81.98	102.70
	12	99.29	105.56	133.33
	13	98.54	131.63	128.57
5	11	99.34	87.39	128.57
	12	98.28	109.82	133.93
	13	100.00	145.54	140.59

Remarks. 1) :  $\frac{[2]}{[1]} \times 100$ , 2) :  $\frac{[6]}{[5]} \times 100$ , 3) :  $\frac{[7]}{[5]} \times 100$

また Table 19 から第11号および第12号に対する第13号の胃囊拡張割合を算出し、Table 20 に示した。

Table 20. Development rate figures of the abnormal rumen to normal ones.

Age in weeks	Goat No.	Measured parts		
		[2]	[6]	[7]
2	11	107	212	147
	12	119	223	161
3	11	103	198	133
	12	103	167	128
4	11	—	161	125
	12	—	125	103
5	11	—	167	109
	12	—	133	105

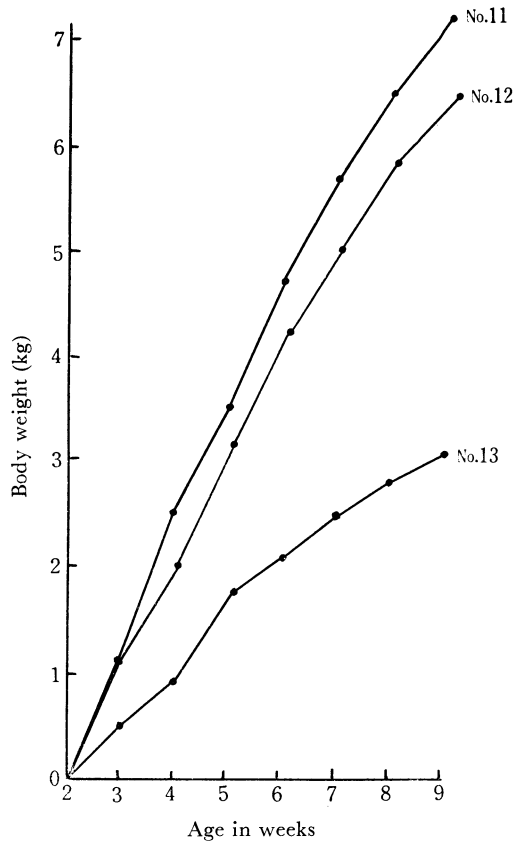
対照山羊では第1胃底が腹壁まで達するのは、生後3週令時であるが、第13号では第2週令時で既に腹壁まで降下し、また第1胃横軸は、各囊ともに腰椎の長さの1.1~1.3倍となっている。第13号は第2週令時で対照山羊の背部囊で約2倍、腹部囊では1.5~1.6倍大きく、第3週令以降では対照山羊の中、第1胃の発達のように第12号に比べて、背部囊は第3週令時1.7倍、第4~5週令時で1.3倍大となり、第11号に対しては、第3週令時以降においてもなお1.6~1.7倍であることが確認された。腹部囊では第3週令時1.3倍、第4週令時以降で顕著な差異が認められないことは、対照山羊の胃囊が発達してくるとともに、第13号の胃囊が早期に骨盤腔内まで拡大したため、既に胃囊が拡張する余地がなくなるためと判断される。

各供試山羊の発育状況を、Table 14 より各週令時毎の体重、体尺の増加量を取りまとめて示すと Table 21 の通りである。

Table 21. Increase in body weight, withers height, body length and chest girth.

Goat No.		Age in weeks						
		3	4	5	6	7	8	9
11	Body weight (kg)	1.1	2.5	3.4	4.6	5.7	6.5	7.2
	Withers height (cm)	2.9	5.9	8.1	9.8	10.3	12.1	13.3
	Body length (cm)	5.2	7.2	9.2	12.0	13.7	14.5	15.7
	Chest girth (cm)	3.0	5.8	7.1	9.3	11.1	13.5	15.8
12	Body weight (kg)	1.1	2.0	3.1	4.2	5.0	5.8	6.4
	Withers height (cm)	2.5	3.7	4.0	5.3	6.1	8.0	10.0
	Body length (cm)	3.8	6.9	8.8	10.3	11.0	13.0	14.1
	Chest girth (cm)	2.9	3.9	4.9	8.4	9.9	11.4	13.0
13	Body weight (kg)	0.5	0.9	1.5	2.1	2.5	2.8	3.1
	Withers height (cm)	0.5	0.7	1.0	1.5	3.6	4.1	4.7
	Body length (cm)	2.2	4.4	5.4	6.3	7.0	7.2	8.2
	Chest girth (cm)	0.2	0.6	3.2	5.0	6.7	7.2	8.7

また各供試山羊の第2週令時より各週令時における体重増加の状態を Text-fig. 2 に示した。



Text-fig. 2. Growth curves of the goats with normally developed rumen and stomach dilation.

対照山羊は何れも順調な体重増加が認められるが、第13号は著しく劣り試験終了時の増加量は、対照山羊の約 $\frac{1}{2}$ 量に過ぎない。また体の各部の発育も劣り、体高、体長および胸囲の発達は対照山羊に比べ、約 $\frac{1}{2}$ の増加に止まった。

第13号は牝山羊のためと、購入時に発育不良の徴候を示していたので、第4週末まで哺乳量は2割の増給を行った。人工哺乳の山羊の発育が順調であったので、哺乳量不足は考えられず、また同一飼養法により飼育を行ったので、飼養管理の失宜によるものとは考えられない。

第13号の外貌所見は被毛長かつ光沢に乏しく、腹部は著しく膨満状態を呈し、従って体型は正方形の如き様相を示し、発育不全の状態が観察された。

胃囊X線観察結果および体尺測定結果から反芻胃の拡張は体の各部の発育に何等かの関係のあることが予測される。

早期の胃囊拡張が消化に及ぼす影響を考察するために Table 17 より対照山羊に対する第13号の消化率の相違を Table 22 に示した。

各試験期における各飼料の消化率について見ると、第I期の牛乳および配合飼料の消化率は各成分とも殆んど差を見出し得ない。多少の差異が認められた粗繊維においても、第13号は対照山羊に比べ、約2%高かったに過ぎない。また配合飼料の消化率は第13号の粗脂肪、粗蛋白質が僅かに低い傾向を示したが、何れも殆んど差異を認め得ない。

第II期試験のビートパルプの消化率は、第13号が対照山羊に比べ粗繊維、乾物で約3%、有機物、可

Table 22. Effect of the stomach dilation in the suckling period on digestibility of feeds (%).

Exp. period	Feeds	Goat No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber
I	Cow's milk Mixed feed	Control	87.27	88.01	89.95	94.46	85.82	66.47
		No. 13	87.79	88.50	89.90	94.11	86.33	68.40
		Difference	0.52	0.49	-0.05	-0.35	0.51	1.93
	Mixed feed	Control	71.93	72.67	78.28	75.73	70.73	66.47
		No. 13	71.65	72.38	76.78	71.26	71.19	68.40
		Difference	-0.28	-0.29	-1.50	-4.47	0.46	1.93
II	Beet pulp	Control	74.49	77.77	60.19	—	86.38	64.03
		No. 13	71.90	76.58	59.42	—	85.41	61.41
		Difference	-2.59	-1.19	-0.77	—	-0.97	-2.62

溶性無窒素物で約1%の低率を示した。対照山羊の胃が年令の増加に伴って発達し、消化機能は第13号を凌駕したことが指摘されるが、消化率は僅か数%の差に過ぎず、差異は殆んどないものと言えよう。

以上の消化試験結果より、反芻胃の早期拡張の山羊と対照山羊では飼料の消化率には殆んど差を認め得ないところから、生後短時日の間に反芻胃囊が顕著な拡大を行っても、消化上に何等の影響がないものと断定される。

摂食量について考察するため、各供試山羊の摂食乾物量を Table 15 より算出して Table 23 に示した。

Table 23. Effect of the stomach dilation on the amount of dry matter intake (g).

Goat No.	Exp. period I		Exp. period II	
	Daily amount of intake	Intake per 100 kg. body weight	Daily amount of intake	Intake per 100 kg. body weight
11	211.32	2,003	427.24	3,488
12	204.62	1,987	412.79	3,498
13	199.81	3,223	406.86	5,940

第I期の体重当りの摂食乾物日量は対照山羊に比べて第13号は約60%多く、また第II期では同じく約70%高い摂食量を示している。

早期の胃囊拡張は単位体重当りの乾物摂食量に顕著な増加を招来した。摂食量の増加は同週令の対照山羊に比べて体重が著しく劣るためおよび体に比して胃囊が著しく拡張しているためと判定される。このことは外貌所見において、腹部は下垂し膨満状態を呈することから見て承される。

早期胃囊拡張山羊と対照山羊の窒素代謝を考察するため、Table 18 より各供試山羊の窒素代謝の推移を Table 24 に示した。

対照山羊の摂食窒素量に対する体内蓄積窒素量の割合は、第I期では第13号は対照山羊の約 $\frac{1}{2}$ に過ぎない。また第II期では対照山羊の約 $\frac{1}{4}$ 量の蓄積に止まり、週令の増加に伴って顕著な蓄積率の低下を示した。蓄積日量は第I期では対照山羊に対し、第13号は約 $\frac{1}{2}$ 量に止まり、また第II期では、第I期より更に激減し、約 $\frac{1}{4}$ 量に過ぎない。

摂食窒素の消化率は各山羊とも殆んど差異がなかったが、消化窒素の体内蓄積割合には大きな相違が認められる。すなわち第13号は対照山羊に対し第I期約 $\frac{1}{3}$ 、第II期約 $\frac{1}{4}$ の蓄積に過ぎず、週令の増加に伴って著しく減少の傾向が観察される。

尿排泄窒素量を見ると、第13号は対照山羊に対し、第I期約3.6倍、第II期約3.8倍量の排泄を行って

Table 24. Effect of the stomach dilation on nitrogen metabolism.

Exp. period	Goat No.	Nitrogen digestibility	Nitrogen balance	Nitrogen retention	Digestible nitrogen retention	Average daily amount of retention	Nitrogen in urine per 100kg. body weight
I	11	89.36%	36.26 <sup>g</sup>	61.66%	69.00%	5.18 <sup>g</sup>	221 <sup>g</sup>
	12	90.25	35.91	62.64	69.41	5.13	220
	13	89.75	15.87	28.20	31.42	2.27	798
II	11	71.61	30.73	45.47	63.49	4.39	206
	12	72.41	30.32	46.28	63.91	4.33	207
	13	70.42	7.22	11.38	16.16	1.03	782

いる。しかし尿排泄窒素量の推移は、自然条件の下では年令とともに増加するから、第13号は窒素代謝の上からは相当年令の進んだ山羊に見られる如き経過をとることが認められた。

尿排泄窒素量の増加は、腎臓失患その他体の機能障害により起ることが想像される。すなわち反芻胃が早期に拡張するために、腹腔内臓器を強く圧迫する結果、内臓器官に変調を来し、機能障害を招来することが推測される。従って窒素の排泄が高まり、窒素代謝が異常に亢進し、体が發育不良となるものと推察される。

反芻胃は自然の環境の下では、年令とともに次第に発達することは、前報の試験においても明らかである。しかし乍ら自然発達の過程を越えた反芻胃の早期の拡張は、その動物に悪影響を及ぼすことが確認された。

牛、緬山羊において俗に「こじれ」、「こぶれ」と称している發育不良の家畜の外見所見は、何れも体の發育は悪く、腹部膨満の様相を呈し、一見して鑑別し得るが、本試験に用いた第13号の外見所見はそれに酷似していた。従ってかかる發育不良の家畜では反芻胃が早期に拡張したものと推定されるが、早期に胃囊の拡張を伴う要因については本試験では解明されなかった。

#### IV. 反芻胃の拡張促進に関する試験

反芻胃の発達を図り、その機能を促進させる様な飼養を行うことは、粗繊維の消化の助長およびアミノ酸、蛋白質の合成<sup>35,97)</sup>、ビタミンB群の合成<sup>25,86,160)</sup>等に役立つばかりでなく、将来多量の粗飼料を摂食し、消化機能の旺盛な胃囊の形成に役立つものと思われる。

反芻胃の発達は乳養期の進行に伴う自然的条件と飼養条件により影響されることが種々の研究により明らかである。前報の如き反芻胃囊自体が早期に顕著な拡張を遂げる原因として、先天的に発生した特異体質か、出生後に偶発的に起ったものか、あるいは飼養上の失宜等によるものと推定される。

胃囊の早期拡張が乳養期とくに出生後間もない時期における飼養上の失宜により起るものとすれば、その要因の探究は乳養期の飼養管理技術の改善に役立つであろう。

かかる見地より胃囊拡張の要因、反芻胃囊拡張促進の可否を検討するため、各種の飼養法を行い、実験的に胃囊拡張を誘起せしめ、早期の胃囊拡張がその動物の發育、消化および窒素代謝に及ぼす影響を調べた。

(1) 実験方法 供試動物は昭和30年4月20日より6月27日の間に出生した山羊16頭である。

実験は早期に反芻胃囊の拡張を来たす山羊を実験的に作るため、4群に分ち次の飼養法を行った。

第1群：反芻胃の早期の拡張が乳養期、とくに生後短期間の飼養上の失宜により起るものと仮定して、生後2～3日間、完全絶食を行った後、普通飼養を行った(第21, 23, 31, 34号)。

第2群：第1群と同じ仮定により極く少量に制限哺乳する試験群とし、朝夕2回正常哺乳群(第4群)の哺乳量の $\frac{1}{6}$ ～ $\frac{1}{10}$ 量を与え、10日間飼育し、その後は普通飼養を行った(第22, 24, 35, 38号)。

第3群：先の試験で出生時の反芻胃囊は著しく伸長性に富むことを確認したので、出生時より哺乳量

の20~50%をカテーテルを用い、第1胃内へ注射筒により送り込み、反芻胃の拡張を図った(第33, 44, 46号)。

第4群: 正常飼養を行う試験群で、哺乳瓶を用いて人工哺乳を行い、対照試験群とした(第32, 36, 37, 43, 45号)。

なお第21~24号および第33号は、飼養の失宜により反芻胃の早期拡張を招来するかを試験するため予備観察に供試した。

供試山羊は生年月日の同じくするものを多数集め得なかったので、生長期の季節的影響を考慮せずに試験を実施した。

反芻胃の拡張状態の観察は、1週間毎にX線透視または間接撮影により行った。また体重、体尺の測定を第9週令時まで行った。

予備観察を行った各山羊は、胃囊が著しく拡張し、反芻開始も早いことを観察したので、早期の胃囊拡張がその動物の栄養生理上に及ぼす影響を調べるため、第43号、第44号、第45号および第46号の4頭を生時より消化試験用檻に収容し、第2週令時より第6週令時まで隔週毎に消化試験、窒素出納試験を行った。また第34号、第35号、第36号および第37号については、第6週令および第8週令に同じく試験を行った。

各試験期に給与した飼料は第2, 4週令、粉乳、第6週令粉乳および小麦麩、第8週令小麦麩および乾草である。

哺乳は出生月日が異なり長期間の試験に亘ったので、各山羊とも同一成分のものを与えるため、脱脂粉乳を用いた。給与量は先の試験の哺乳量より算出した乾物量の約2~3割を増給し、生後6日まで100g、20日まで130g、34日まで130~150g、35日以降130gである。なお粉乳は微温湯に溶解し局方強力肝油0.5mlを加えて哺乳した。

濃厚飼料は第5週令時より小麦麩を、第7週令時より更にクローバー乾草を自由に摂食させた。なお消化試験檻に収容しなかった山羊の飼養管理は、第1試験と同じに行った。

(2) 実験結果 A) 胃囊拡張経過 反芻胃のX線観察の結果は各試験群により形態、胃内状態等に可成りの相違が認められ、また反芻開始の時期に差があった。

第1群: 本群の胃囊は何れも大きく拡張しており、第1週令時で胃底部は腹壁近くまで降下し、腹部盲囊端は腹腔の略中央部まで伸長し、第1胃内には内容物の存在が確認された。第2週令時には胃内内容物は増量し、胃囊の半ば以上に達し、また胃収縮運動が観察された。とくに第2週令時以降では頻繁に反芻が起り、胃収縮運動も活発であるところから、胃囊拡張とともに機能的に促進された状態が認められた。胃囊の拡張は第2胃、第1胃前庭部が顕著で、第13号に認められたと同様の異常形態が観察された(Pl. 4, Figs. 22, 23)。第4週令時のX線観察結果をPl. 4, Fig. 25に示した如く、第2胃が胡桃状となり更に第1胃全体が前後に押し詰った状態を呈した。

第2群: 第1群の胃囊拡張経過と殆んど同様であった。第4週令時の胃囊映像をPl. 4, Fig. 26に示した如く、第1胃は体の発育に比べて著しく大きかった。また外貌所見は第1群と同様に次第に被毛が長くなり腹部は膨満し、体型が前後に短縮した様相を呈し、発育は不良であった。

第3群: 第4群に比べて胃囊は著しく拡張し、とくに哺乳量の50%を胃内に送入した第46号では、生後15日目に粉乳単飼にも拘らず、胃内内容物を口腔内に吐出し、数回咀嚼を行った後再嚥下することが観察され、更に17日以降では成山羊に見られる定型的な反芻を開始した。また20%送乳の第44号は、生後21日目より反芻の出現をみた。

各週令時の胃囊観察結果は、出生時では何れもPl. 1, Fig. 5に示した映像に略一致し、先天的に胃囊が拡張した山羊は全く認められなかった。第1週令時における反芻胃囊は可成りの拡張を遂げ、胃収縮運動が観察された。第2週令時(Pl. 4, Fig. 27)では前週より更に胃囊は拡張し、胃内に多量の内容物が認められた。第3週令時以降では、第2週令時に比べ胃囊形態に顕著な変化は認められない。本群は乳汁の胃内投与により早期に胃囊が拡張したものと判定された。



第4群：他群に比べ反芻胃の発達が遅れることが観察されたが、第1週令時より第3週令時までの胃囊形態は、先の試験に観察した Pl. 2, Fig. 12, Pl. 3, Figs. 15, 16 と殆んど差異が認められない。第3週令以降では発達が遅延する傾向にあった。第4週令時のX線観察結果を Pl. 5, Fig. 28 に示したが、同週令時の Figs. 25, 26, また第2週令時の Fig. 27 に比べても発達が劣り、とくに第1胃横軸の発達が遅れている。胃収縮運動は何れも活発であった。各群の山羊のX線写真について第1胃各部を測尺した結果は Table 25 の通りである。

Table 25. Sizes of the rumen of which dilation was promoted experimentally (cm).

Age in weeks	Group No.	Goat No.	Measured parts						
			[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
Birth	4 <sup>1)</sup>	43	11.0	5.3	2.5	2.5	9.9	3.0	4.9
		45	10.2	6.4	3.3	2.4	8.3	3.0	3.8
	3 <sup>2)</sup>	44	9.4	5.2	2.4	2.4	8.3	3.3	4.1
		46	9.6	4.2	2.1	2.0	8.5	3.1	3.9
1	4	43	12.6	9.3	5.2	3.4	10.5	6.4	6.5
		45	10.7	8.3	3.9	3.4	9.7	4.5	6.0
	3	44	9.9	7.9	4.6	4.5	9.2	7.0	7.4
		46	10.3	9.0	5.9	3.9	9.9	7.9	8.4
2	4	43	13.5	10.4	5.5	4.5	10.9	6.7	7.3
		45	11.6	10.1	5.0	4.3	10.4	7.1	7.4
	3	44	10.5	10.3	7.5	4.4	9.4	8.5	10.9
		46	11.0	10.9	6.5	4.1	10.2	9.5	9.9
3	4	43	14.5	14.3	5.7	4.8	11.8	7.6	10.2
		45	12.5	11.3	7.1	4.5	11.6	7.9	9.1
	3	44	11.7	11.6	7.5	4.9	10.5	9.9	12.0
		46	13.5	13.2	7.2	5.5	10.8	13.6	14.3
4	4	43	14.6	14.5	6.6	4.9	12.6	8.2	10.5
		45	12.8	12.6	7.2	4.7	11.9	8.1	10.5
		36	13.4	13.2	7.6	5.1	11.5	8.2	11.1
		37	14.4	14.2	8.0	4.6	12.2	8.1	11.0
	3	44	12.6	12.5	8.1	5.0	11.2	10.5	12.3
		46	14.1	14.0	7.9	5.6	11.3	13.5	15.2
	1 <sup>3)</sup>	34	14.2	14.1	9.9	4.8	11.0	13.5	14.5
		2 <sup>4)</sup>	35	13.6	13.5	7.2	5.8	10.4	12.3

Remarks. 1) : the control group.

2) : the group, in which the goats were administered a certain amount of milk through a catheter.

3) : the fasting group.

4) : the underfeeding group.

B) 体重並びに体尺測定結果 各供試山羊の体重、体尺を測定した結果は Table 26 の通りである。

C) 消化試験並びに窒素出納試験結果 各週令の摂食量、風乾糞量および尿窒素量を算定して Table 27 に示した。

供試飼料並びに風乾糞の分析結果は Table 28 の通りである。

Table 26. Growth in body weight, body length, withers height and chest girth.

Group No.	Goat No.	Age in weeks	Body weight	Body length	Withers height	Chest girth	
1	31	Birth	4.2kg	36.5cm	37.5cm	34.0cm	
		2	4.9	40.0	39.2	36.5	
		4	5.8	42.2	40.5	38.5	
		6	6.6	44.0	42.0	41.5	
		8	7.3	46.0	43.0	42.5	
	9	7.6	46.5	43.5	44.5		
	34	Birth	3.6	35.0	36.0	32.0	
		2	4.4	39.0	38.5	35.5	
		4	5.2	40.9	41.0	39.0	
		6	5.8	44.0	43.0	42.0	
8		6.5	45.5	44.5	45.0		
9	6.8	46.3	45.0	46.0			
2	35	Birth	3.3	32.0	35.4	31.5	
		2	4.1	34.5	37.8	35.8	
		4	4.9	39.5	38.8	36.5	
		6	5.9	42.3	40.7	40.0	
		8	6.8	43.0	44.0	42.0	
	9	7.1	43.5	44.5	44.2		
	38	Birth	3.1	34.0	35.5	32.0	
		2	3.6	36.8	37.0	34.0	
		4	4.3	40.0	40.0	36.0	
		6	5.2	42.5	41.0	40.5	
8		5.9	45.5	45.0	43.0		
9	6.4	46.0	45.5	45.5			
3	33	Birth	4.1	38.0	36.0	37.0	
		2	5.6	42.5	40.5	40.0	
		3	6.0	44.5	42.5	43.5	
	discontinued						
	44	Birth	2.3	32.5	30.0	30.0	
		2	3.6	37.0	34.6	34.5	
		4	5.0	39.5	38.0	38.5	
	discontinued						
	46	Birth	3.1	36.0	34.0	32.5	
		2	4.7	41.0	38.5	36.0	
4		6.2	44.0	42.5	40.5		
discontinued							
4	32	Birth	3.0	34.5	34.0	32.0	
		2	5.3	39.0	39.0	39.0	
		4	7.4	44.0	43.0	43.0	
		6	8.9	48.0	45.8	46.5	
		8	10.2	51.5	47.5	49.0	
	9	10.5	53.0	49.0	51.5		
	36	Birth	2.9	33.0	35.0	34.0	
		2	5.1	38.5	39.5	39.5	
		4	6.8	42.5	43.8	43.0	
		6	8.8	45.0	46.5	46.0	
		8	10.0	50.0	48.5	50.0	
	9	10.4	51.5	50.5	51.5		
	37	Birth	3.6	35.0	36.5	31.5	
		2	5.4	40.5	40.5	37.0	
		4	7.4	45.0	43.5	42.0	
		6	8.8	50.0	46.2	47.0	
		8	10.1	52.0	49.0	50.5	
	9	10.6	52.5	49.5	52.0		
	43	Birth	4.1	35.5	35.0	32.5	
		2	5.3	41.0	39.5	39.0	
4		7.1	47.0	45.0	45.0		
6		8.5	49.0	47.0	47.5		
8		9.8	52.5	48.5	49.5		
9	10.3	53.0	49.0	51.0			
45	Birth	2.8	32.5	32.5	31.0		
	2	4.3	37.5	37.5	36.5		
	4	5.9	41.5	40.5	42.0		
	6	7.5	46.5	43.7	45.5		
	8	9.2	50.5	46.5	48.5		
9	9.6	51.2	47.5	49.0			

Table 27. Amount of feed intake, feces and nitrogen excretion in urine (g).

Age in weeks	Group No.	Goat No.	Feed intake			Air dried feces	Nitrogen in urine
			Powdered milk	Wheat bran	Hay <sup>1)</sup>		
2	3	44	910	—	—	26.7	16.836
		46	910	—	—	34.3	13.753
	4	43	910	—	—	27.3	15.456
		45	910	—	—	38.5	16.298
4	3	44 <sup>2)</sup>	750	—	—	27.8	13.678
		46 <sup>3)</sup>	600	—	—	29.3	7.124
	4	43	1,050	—	—	38.9	21.959
		45	1,050	—	—	50.9	22.555
6	1	34	910	963	—	231.0	41.755
	2	35	910	1,048	—	260.5	43.329
	4	36	910	892	—	228.8	25.697
		37	910	641	—	171.8	24.682
		43	910	650	—	141.9	23.887
		45	910	775	—	179.5	25.514
8	1	34	—	1,530	1,511	755.0	43.786
	2	35	—	1,497	1,824	864.0	45.409
	4	36	—	1,317	1,356	662.5	25.926
		37	—	1,220	1,742	766.0	26.143

Remarks. 1): white clover, 2): for 5 days, 3): for 4 days

Table 28. Composition of feeds and feces (%).

	Moisture	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash	Nitrogen
Powdered milk	4.12	95.88	87.77	33.06	0.98	53.73	—	8.11	5.29
Wheat bran	11.66	88.34	81.69	14.69	4.46	54.57	7.97	6.65	2.35
Hay	14.13	85.87	76.53	15.44	4.52	39.12	17.45	9.34	2.47
Period. 1. Feces									
No. 43	12.14	87.86	64.21	37.38	7.62	19.21	—	23.65	5.98
No. 44	14.26	85.74	72.87	46.56	8.54	17.77	—	12.87	7.45
No. 45	12.51	87.49	62.62	40.13	6.01	16.48	—	24.87	6.42
No. 46	7.75	92.25	59.58	37.13	6.70	15.75	—	32.67	5.94
Period. 2. Feces									
No. 43	6.27	93.73	44.09	24.19	6.55	13.35	—	49.64	3.87
No. 44	6.01	93.99	56.07	27.06	6.44	22.57	—	37.92	4.33
No. 45	6.87	93.13	49.82	25.75	5.07	19.00	—	43.31	4.12
No. 46	6.44	93.56	44.19	20.50	4.83	18.86	—	49.37	3.28
Period. 3. Feces									
No. 34	8.99	91.01	81.39	16.25	5.62	45.73	13.79	9.62	2.60
No. 35	12.56	87.44	76.46	14.69	5.39	42.93	13.45	10.98	2.35
No. 36	12.50	87.50	74.86	15.44	5.43	40.67	13.32	12.64	2.47
No. 37	12.66	87.34	74.36	16.69	5.76	39.25	12.66	12.98	2.67
No. 43	6.12	93.88	78.66	18.94	6.71	37.88	15.13	15.22	3.03
No. 45	6.34	93.66	80.72	17.25	5.97	42.79	14.71	12.94	2.76
Period. 4. Feces									
No. 34	9.26	90.74	81.56	17.44	6.61	37.88	19.63	9.18	2.79
No. 35	9.35	90.65	78.60	17.13	6.63	35.37	19.47	12.05	2.74
No. 36	8.48	91.52	79.78	17.31	6.65	36.11	19.71	11.74	2.77
No. 37	8.76	91.24	78.53	18.25	6.97	32.53	20.78	12.71	2.92

Table 29. Digestibility of feeds in various weeks (%).

Age in weeks	Feeds	Group No.	Goat No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber
2	Powdered milk	3	44	97.38	97.53	95.87	74.44	99.03	—
			46	96.37	97.44	95.77	74.22	98.90	—
		4	43	96.93	97.81	96.61	76.68	98.93	—
			45	96.14	96.98	94.86	74.10	98.70	—
4	Powdered milk	3	44	96.37	97.63	96.97	75.65	98.44	—
			46	95.24	97.54	96.97	75.85	98.28	—
		4	43	96.38	98.14	97.29	75.22	99.08	—
			45	95.29	97.25	96.22	74.93	98.29	—
6	Wheat bran	1	34	79.12	78.60	82.29	74.95	81.10	58.50
			2	35	78.92	78.91	82.33	74.71	81.55
		4	36	78.73	79.19	81.49	74.36	82.18	57.12
			37	79.26	79.35	81.31	73.14	82.53	57.43
			43	81.87	82.02	81.46	74.58	86.21	58.52
			45	80.90	80.75	84.59	75.56	83.57	57.26
8	Hay	1	34	68.95	69.88	60.62	51.95	78.31	62.98
			2	35	67.79	69.83	61.25	51.01	78.29
		4	36	69.18	70.64	62.33	52.68	79.04	63.84
			37	68.22	70.32	60.48	50.78	80.50	61.25

Table 30. Results of nitrogen balance experiment (g).

Age in weeks	Group No.	Goat No.	Intake			Excretion			Nitrogen balance
			Powdered milk	Wheat bran	Total	Feces	Urine	Total	
2	3	44	48.139	—	48.139	1.989	16.836	18.825	29.314
		46	48.139	—	48.139	2.037	13.753	15.790	32.349
	4	43	48.139	—	48.139	1.633	15.456	17.089	31.050
		45	48.139	—	48.139	2.472	16.298	18.770	29.369
4	3	44 <sup>1)</sup>	39.675	—	39.675	1.204	13.678	14.882	24.793
		46 <sup>2)</sup>	31.740	—	31.740	0.961	7.124	8.085	23.655
	4	43	55.545	—	55.545	1.505	21.959	23.464	32.081
		45	55.545	—	55.545	2.097	22.555	24.652	30.893
6	1	34	48.139	21.631	69.770	6.006	41.755	47.761	22.009
		2	35	48.139	24.628	72.767	6.122	43.329	49.451
	4	36	48.139	20.962	69.101	5.651	25.697	31.348	37.753
		37	48.139	15.064	63.203	4.587	24.682	29.269	33.934
		43	48.139	15.275	63.414	4.300	23.887	28.187	35.227
		45	48.139	18.213	66.352	4.954	25.514	30.468	35.884
8	1	34	37.322	35.955	73.277	21.065	43.786	64.851	8.346
		2	35	45.053	35.180	80.233	23.674	45.409	69.083
	4	36	33.493	30.950	64.443	18.351	25.926	44.277	20.166
		37	43.027	28.670	71.697	22.367	26.143	48.510	23.187

Remarks. 1): for 5 days, 2): for 4 days

Tables 27, 28 より第2, 4週令の粉乳, 第6週令の小麦麩および第8週令の乾草消化率を算定して Table 29 に示した。なお第6週令の小麦麩消化率は第43, 45号は第2, 4週令の粉乳平均消化率, 他の山羊では第2, 4週令の全供試山羊の平均消化率を用い, 第8週令の乾草消化率は第6週令の小麦麩消化率を用いて算出した。

本試験期間中における各山羊の窒素出納試験の結果を, 各週別に集計して Table 30 に示した。

(3) 考 察 出生直後より各種の飼養を行って反芻胃の拡張状態を調べ, 乳養期の初期における胃囊状態が爾後の發育, 消化生理機構に及ぼす影響を本試験の結果より考察すれば次の如くである。

A) 反芻胃の拡張経過およびその機能 反芻胃のX線観察結果を Figs. 25~28 に示した如く, 胃囊状態は各群別により著しい相違が認められた。第1群は生後2~3日間の完全絶食, 第2群では生後10日間に亘る哺乳量の過少摂取であり, 何れも好ましくない飼養状態に置かれた群が早期に胃囊拡張を誘起した。

胃囊拡張の要因は第1群では第4胃が全く空のため, 第2群では第4胃に乳の流入量が少なく, また1日2回の哺乳であり, 従って第4胃は殆んど空の状態にあるために, 第4胃が縮小し第1胃を上を押し上げる容積がないので, 相対的に第1胃が降下するものと推定される。

正常な状態では生後動物は本能的に空腹時に乳の吸飲を行っており, また人工哺乳の際では成長の初期ほど哺乳回数を多くしている。第1群, 第2群では乳の吸飲がなく, または吸飲量が過少のため, 各胃の位置関係に異常を来し, とくに反芻胃に影響を及ぼすものと判断される。

生後間もない未発達な胃囊が拡張することは, 更に胃内に食塊の嚥下を誘発し, その結果胃囊はなお一層の拡張経過をとり, また食塊の第1胃内嚥下によって, 反芻開始の時期を早めたものと考えられる。

第3群は哺乳量の20~50%を哺乳の度毎に第1胃内に継続的に投与したもので, 第4群に比べ各週令時の胃囊は大きく, とくに50%投与の第46号が乳汁単飼にも拘らず, 生後15日目に反芻の開始をみたことは, 反芻胃機能が促進された証拠ともなるものと思われる。MARSHALL 等<sup>10)</sup>が牛乳単飼では, 反芻が起きないと報じているが, 第3群が送乳により反芻の開始をみたことは, 第1胃内容量が正常量以上に胃内を満たすため, 反芻を誘起したと言えよう。

第1胃内へ送乳を継続した結果, 第33号は生後2週令頃より下痢を起し, 24日後に乳の吸飲を中止した。第44号は31日後急性下痢を起し, また第46号では34日後に突然斃死した。剖検結果は第1胃内の乳汁がカードになり, 酸敗し(pH 4.5)強度の酸臭を発生していた。第1胃壁は穿孔し胃内容物の一部が腹腔内に漏出していた。第1胃前庭部および腹部盲嚢部に強度の炎症を起し, 粘膜の剝離が顕著であった。このように第1胃内への送乳は胃囊拡張並びに機能促進を助長したが, 一方では障害が認められた。

第4群は他の群に比べ胃囊は小さかったが, 週令の経過とともに次第に発達し, 胃機能が第3週令時以降に現われることを胃内状態および胃収縮運動状態等より判定した。本群の胃囊の発達が遅れたことは, 第4週令末まで粉乳の単飼を行った結果と判断される。また本群は前報の反芻胃標準発達試験に比べ, 週令の進行とともに次第に胃囊の発達が遅延する傾向にあったことは, 先の試験では日中は放牧し, また濃厚飼料の自由採食を行わしめたため, 乳養期の半ばより本群山羊に比べ発達が著しかったものと判定される。BLAXTER 等<sup>13)</sup>, WARNER 等<sup>156, 157)</sup>が固形飼料の給与により胃容積の増大を指摘しており, TAMATE<sup>14)</sup>は離乳の時期により胃形態に変化をもたらすと述べ, 飼料の影響を剖検結果より確認している。本試験において各週令時のX線観察結果からも, 固形飼料の採食による胃囊の発達に及ぼす影響が確認され, 従来の研究を生体で立証した。

X線観察による胃囊の拡張を数値的に考察するため, Table 25 に示した第1胃各部の測定結果より, 第1胃縦軸の拡張を測定部〔1〕に対する測定部〔2〕の割合および出生時を100とした各週令時の拡張指数を算出し, 一括して表示すれば Table 31 の通りである。

また第1胃背部嚢および腹部嚢の横軸の拡張を, 測定部〔5〕に対する測定部〔6〕および〔7〕の割合から算出して Table 32 に示した。

Table 31. Dilation rate of the spindle of rumen<sup>1)</sup> (%).

Group No.	Goat No.	Age in weeks				
		Birth	1	2	3	4
4	43	48.18 100	73.81 175	77.04 196	98.62 270	99.31 274
	45	62.75 100	77.57 130	87.07 158	90.40 177	98.44 197
	36 37	— —	— —	— —	— —	98.51 98.61
3	44	55.32 100	79.80 152	98.10 198	99.15 223	99.21 240
	46	43.75 100	87.38 214	99.09 260	97.78 314	99.29 333
2	35	—	—	—	—	99.26
1	34	—	—	—	—	99.30

Remark. 1):  $\frac{[2]}{[1]} \times 100$

Table 32. Dilation rate of the transversal axis of rumen (%).

Group No.	Goat No.	Age in weeks									
		Birth		1		2		3		4	
		[6] <sup>1)</sup>	[7] <sup>2)</sup>	[6]	[7]	[6]	[7]	[6]	[7]	[6]	[7]
4	43	30.30	49.50	57.17	61.90	61.47	66.97	64.41	86.44	65.08	83.33
	45	36.14	45.78	46.39	61.86	68.27	71.15	68.10	78.45	68.07	88.24
	36	—	—	—	—	—	—	—	—	71.30	96.52
	37	—	—	—	—	—	—	—	—	66.39	90.16
3	44	39.76	49.40	76.09	80.43	90.43	115.96	92.29	114.29	93.75	109.82
	46	36.47	45.88	79.80	84.89	93.14	97.06	125.93	132.41	119.47	134.51
2	35	—	—	—	—	—	—	—	—	118.27	126.92
1	34	—	—	—	—	—	—	—	—	122.73	131.82

Remarks. 1):  $\frac{[6]}{[5]} \times 100$ , 2):  $\frac{[7]}{[5]} \times 100$

第1胃背部囊および腹部囊の週令の経過に伴う横軸の拡張を考察するため、出生時を  $\frac{[6] + [7]}{2}$  = 100 として各週令時の拡張指数を算定すれば Table 33 の通りである。

Table 33. Dilation rate figures of the transversal axis of rumen<sup>1)</sup>.

Group No.	Goat No.	Age in weeks				
		Birth	1	2	3	4
4	43	100	163	177	225	237
	45	100	154	213	250	274
3	44	100	195	262	296	308
	46	100	233	277	399	410

Remark. 1):  $\frac{[6] + [7]}{2}$

Tables 31, 32, 33 について、乳養期における飼養管理の適否による胃囊早期拡張に及ぼす影響を検討すると、胃囊縦軸は Table 31 に示した如く、第3群が第4群に比べて著しく早く、とくに50%胃内投与の第46号は第1週令時で腹腔の87%を占め、また20%投与の第44号では80%となっている。更に第2週令時に98~99%となり腹壁に達したが、第4群では第3週令時に90~99%となり、腹壁まで下降しており、1週間の遅れが認められる。

胃囊縦軸の拡張指数は第43号が第2週令時で生時の2倍、第4週令時で2.7倍となったが、第45号では第4週令時に2倍の大きさになった。第44号は第2週令時に2倍、第4週令時に2.4倍大となり、とくに第46号では第4週令時に3.3倍となった。なお第43号の拡張が大きかったことは、生時に体の割合に胃囊が小さいこと、腹部の深さが大きいためと判定される。第1胃囊の横軸の拡張を Table 32 について見ると、第3群は顕著に大きい。すなわち第2週令時に背部囊は腰椎の約9割の長さに拡張するが、第4群では6~7割に過ぎない。また第3週令時以降では、第3群は腰椎と略同長乃至1.2倍以上になったが、第4群は第4週令時に至っても腰椎の7割の長さに止まった。腹部囊では第4群の第4週令時と第3群の第1週令時と拡張状態は略一致し、何れも腰椎の8~9割の長さに拡大し、第3群に著しい早期胃囊膨張が認められた。第1群、第2群では第3週令時までのX線透視観察の結果は何れも第3群の胃囊状態に類似しており、また第4週令時の測尺結果からも、胃囊は何れも腰椎長の1.2~1.3倍となり、第46号と略等しい拡張を示した。

横軸拡張指数を見ると、第4群は第1週令時1.5~1.6倍、第2週令時約2倍、第3週令時2.3~2.5倍、第4週令時2.4~2.7倍になったが、第3群では第1週令時2.0~2.3倍、第2週令時2.6~2.8倍、第3週令時以降では3~4倍となり、著しく拡張し第1胃内への送乳による胃囊に及ぼす影響が認められる。

以上の測定結果はX線透視観察結果と何れも一致した。

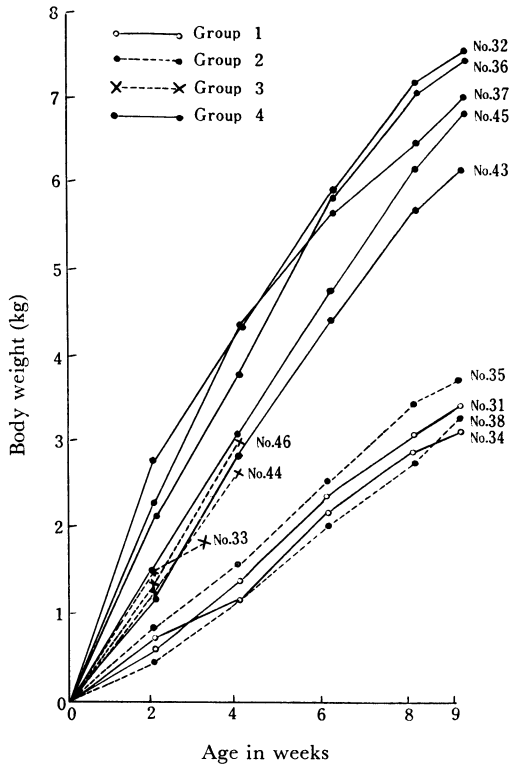
B) 反芻胃囊状態が發育に及ぼす影響 本試験期間中における各供試山羊の發育を考察するため、Table 26 より試験終了時の体重並びに体尺増加数を算出し Table 34 に示し、また増体曲線を描けば Text-fig. 3 の通りである。

Table 34. Increase in body weight, body length, withers height and chest girth at the final week of experimental period to those at birth.

Group No.	Goat No.	Body weight	Body length	Withers height	Chest girth
1	31	3.4 <sup>kg</sup>	10.0 <sup>cm</sup>	6.0 <sup>cm</sup>	10.5 <sup>cm</sup>
	34	3.2	11.3	9.0	14.0
2	35	3.8	11.5	9.1	12.7
	38	3.3	12.0	10.0	13.5
3	33	1.9	6.5	6.5	6.5
	44	2.7	7.0	8.0	8.5
	46	3.1	8.0	8.5	8.0
4	32	7.5	18.5	15.0	19.5
	36	7.5	18.5	15.5	16.5
	37	7.0	17.5	13.0	20.5
	43	6.2	17.5	14.0	18.5
	45	6.9	18.7	15.0	18.0

供試山羊の發育状況は、各飼養法による増体量並びに体尺増加量の相違が認められる。

増体量については第1群、第2群山羊は、第4群山羊に比べ著しく劣った。すなわち第1群、第2群の試験終了時の増体量は、第4群平均増体量に対し第31号48%、第34号46%、第35号53%および第38号47%であり、第4群の約1/2量に過ぎない。第1群は出生後3~4日目より、また第2群は11日以降では第4群と全く同一の飼養管理を行ったので、絶食および哺乳量不足の期間における増体量が劣ることは



Text-fig. 3. Growth curves of group 1~4

当然考えられることであるが、試験全期間を通じて第4群に比べて顕著な相違が認められた。第3群の増体は第4群と略同様に推移したが、乳汁の第1胃内滞留による影響が推測される。すなわち第46号が生後32日目に斃死した際の反芻胃内容重量は2.25kg、死亡時体重6.4kgであったので、体重の約1/3が胃内容により占められていた。本山羊の胃囊X線観察の結果は既述の通り極めて大きく、今胃容積を第4群より3割程度多いと仮定しても、凡そ第4週合時の増体量は2.35kgとなるので、第32号の約1/2量、また第43号に対しては約1/3量の増体に過ぎないと推定される。なお第3群は試験中に斃死、健康状態不良のため試験から除外したが、もし実験を継続した場合、発育は不良になることであろう。

Table 35. Growth rate figures of body weight, body length, withers height and chest girth at the final week of experimental period.

Group No.	Goat No.	Body weight	Body length	Withers height	Chest girth
1	31	181	127	116	131
	34	189	132	125	144
2	35	215	136	126	140
	38	206	135	128	142
4	32	350	154	144	158
	36	359	156	144	151
	37	294	150	136	165
	43	251	149	140	157
	45	343	158	146	158



体重並びに体尺全般の発育について、試験終了時の実数より出生時に対する増加指数を求めて Table 35 に示した。

体重の増加を見ると、第4群では殆どどの山羊が出生時の3~3.6倍となったが、第1群、第2群では何れも2倍内外に止まり著しく劣った。また体尺は第1群、第2群が体高で1.2~1.3倍、体長、胸囲では1.3~1.4倍の増加に過ぎないが、第4群では体長、胸囲1.5~1.6倍、体高で1.4~1.5倍となり、何れも順調な発育を示している。

第1群、第2群の体尺増加の割合が、第4群に比べて劣ったことは、外貌所見によっても明らかであった。

第3群は消化障害、斃死等のため、第33号は第3週合、第44号、第46号では第4週合で試験を中止したが、体重および体尺の増加量をそれぞれの週合時の第4群に対する増加割合を Table 26 より算出して Table 36 に示した。

Table 36. Growth rate of the goats in group 3 to group 4 (%).

Goat No.	Body weight	Body length	Withers height	Chest girth	Age
33	70.90	74.71	96.73	80.85	at 3 weeks
44	74.18	70.71	93.46	80.19	at 4 weeks
46	85.16	80.81	99.30	75.47	at 4 weeks

第3群は第4群に対して体重、体長および胸囲の増加は著しく劣っている。すなわち20%胃内送乳の第33号、第44号が1ヶ月足らずの短期間に体重、体長ともに25~30%、胸囲20%の発育低下を示した。また50%送乳の第46号では体重15%、体長19%、胸囲24%劣っている。第3群は第4群と同量の乳汁が消化管内に入ったにも拘らず、体重並びに体尺の増加が第4群に比べ劣ったことは、乳汁の胃内投与によって起る影響と考えられる。

以上の結果より第1群は生後3~4日後、第2群は11日後より、第4群と全く同じ飼養を行ったにも拘らず、第4群の発育に比べて著しく劣り、その発育状態は極めて緩慢であることが確認された。発育不良の原因は出生後1~3日間の完全絶食および哺乳量不足等の好ましくない飼養により、仔山羊が憔悴状態になり、その影響は単に消化器に止まらず、体全般に大きく作用し、その後の発育に悪影響を及ぼすものと推定される。

第3群は乳汁の第1胃内投与により、胃内に滞留した牛乳が消化器に障害を与えると同時に、胃嚢が拡張するため、内臓諸臓器に障害を与える結果、発育が不良になったものと判断される。

C) 消化に及ぼす影響 反芻胃嚢状態と消化との関係を考察するため、各週合時における消化試験の結果より、各試験群の平均消化率を Table 29 から算出し、第4群と比較すれば Table 37 の通りである。

第2週合および第4週合の試験に給与した粉乳の消化率は、何れも高率で各群別の差異は全く認められない。粉乳消化率は各週ともに、乾物、有機物96~97%、粗蛋白質95~96%、可溶性無窒素物99%の高率を示したが、粗脂肪では74~76%で、他の成分に比べ低率であった。

各週および各群の粉乳消化率に差異がないことは、粉乳は極めて消化性に富むため、反芻胃嚢の拡張状態による影響がないものと判断された。

第6週合の小麦黴消化率を見ると、第43号は可溶性無窒素物、また第45号では粗蛋白質が僅かに高い値を示した。第1、2群は第4群に比べ、乾物、有機物および可溶性無窒素物の消化率が僅かに低くなる傾向があるが、著しい差異を認め難い。また粗繊維は、各群ともに58%内外で差がない。

第8週合のクローバー乾草消化率では、小麦黴の場合と同じく何れも実験誤差の範囲をいわず、各群ともに一致した値を示した。

Table 37. Relation between the stomach dilation and digestibility of feeds (%).

	Feed	Group No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber
2	Powdered milk	4	96.54	97.40	95.74	75.39	98.82	—
		3	96.88	97.49	95.82	74.33	98.97	—
		Difference	0.34	0.09	0.08	-1.06	0.15	—
4	Powdered milk	4	95.84	97.70	96.76	75.08	98.69	—
		3	95.81	97.59	96.97	75.75	98.36	—
		Difference	-0.03	-0.11	0.21	0.67	-0.33	—
6	Wheat bran	4	80.19	80.33	82.21	74.41	83.62	57.58
		1, 2	79.02	78.76	82.31	74.83	81.33	58.29
		Difference	-1.17	-1.57	0.10	0.42	-2.29	0.71
8	Hay	4	68.70	70.48	61.41	51.73	79.77	62.55
		1, 2	68.37	69.86	60.94	51.48	78.30	62.90
		Difference	-0.33	-0.62	-0.47	-0.25	-1.47	0.35

以上の結果により、乳養期の初期における胃囊の拡張は、爾後の消化機能に何等の影響がないものと断定した。

反芻胃の消化機能は胃内微生物と密接な関係があり、また乳養期の微生物の発育には飼養状態<sup>94)</sup>、食塊の胃内接種<sup>17, 18)</sup>、粗飼料の早期投与<sup>26, 61)</sup>等により影響されることが指摘せられている。第1群、第2群は乳養期の初期の外は、同一飼養条件の下で飼育し、固形飼料の消化試験を第6週令および第8週令に行ったので、各山羊は胃囊の早期拡張の有無に拘らず、固形飼料の摂食に対応する反芻胃の消化体制が整うため、消化に影響がないものと判断した。

早期に胃囊拡張した山羊の発育不良の原因は、消化力の低下によるものでないことが判明した。

早期の胃囊拡張が摂食量に及ぼす影響を検討するため、Tables 26, 27 より各週令の摂食乾物量を算定して Table 38 に示した。

Table 38. Effect of the stomach dilation on the amount of dry matter intake (g).

Group No.	Goat No.	6 weeks		8 weeks	
		Daily amount of intake	Intake per 100kg body weight	Daily amount of intake	Intake per 100kg body weight
1	34	246	4,134	378	5,684
2	35	257	4,179	413	5,942
4	36	237	2,590	332	3,250
	37	205	2,240	368	3,556
	43	207	2,339	—	—
	45	222	2,792	—	—

第4群の乾物摂食量は第6週令試験では体重100kg当り2.2~2.8kgで、また第34号は4.1kg、第35号では4.2kgであり、第4群中最少の摂食量であった第37号の1.9倍量に相当している。第8週令試験において、第4群は3.3~3.6kgを摂食したが、第34号は5.7kg、第35号では5.9kgであり、第1群、第2群は第4群に比して約1.7倍の摂食を行った。

早期に胃囊拡張の山羊が同週令の山羊に比べて、単位体重当りの摂食量が多かったことは、同週令の山羊より著しく体重が少ないことおよび胃囊の膨大による結果と判断され、前報の試験結果と一致した。

D) 窒素代謝に及ぼす影響 早期の胃囊拡張が窒素代謝に及ぼす影響を考察するため、Table 30 より各週令時における窒素蓄積率、蓄積量を算出して Table 39 に示した。

Table 39. Effect of the stomach dilation on nitrogen metabolism.

Age in weeks	Group No.	Goat No.	Nitrogen intake	Nitrogen in urine	Nitrogen excretion	Nitrogen retention	Nitrogen retention	Daily nitrogen retention
2	3	44	48.139 <sup>g</sup>	16.836 <sup>g</sup>	18.825 <sup>g</sup>	29.314 <sup>g</sup>	60.89%	4.188 <sup>g</sup>
		46	48.139	13.753	15.790	32.349	67.20	4.621
	4	43	48.139	15.456	17.089	31.050	64.50	4.436
		45	48.139	16.298	18.770	29.369	61.01	4.196
4	3	44	39.675	13.687	14.882	24.793	62.49	4.959
		46	31.740	7.124	8.085	23.655	74.53	5.914
	4	43	55.545	21.959	23.464	32.081	57.76	4.583
		45	55.545	22.555	24.652	30.893	55.62	4.413
6	1	34	69.770	41.755	47.761	22.009	31.55	3.144
		35	72.767	43.329	49.451	23.316	37.15	3.331
	4	36	69.101	25.697	31.348	37.753	54.63	5.393
		37	63.203	24.682	29.269	33.934	53.69	4.848
	4	43	63.414	23.887	28.187	35.227	55.55	5.032
		45	66.352	25.514	30.468	35.884	54.08	5.126
8	1	34	73.277	43.786	64.851	8.346	11.39	1.194
		35	80.233	45.409	69.083	11.150	13.90	1.593
	4	36	64.443	25.926	44.277	20.166	31.29	2.881
		37	71.697	26.143	48.510	23.187	32.34	3.312

摂食窒素の体内蓄積率は粉乳給与の第2週令および第4週令試験では各群山羊は何れも高率であったが、第4群は漸次遞減する傾向を示したのに反し、第3群では逆に漸増の経過を取っている。とくに50%胃内に送乳した第46号が蓄積率の顕著な増加を示したことは、第1胃内に滞留した乳汁の窒素が、蓄積量中に包含された結果の誤差に基くものと推定される。なお胃囊拡張による乳汁の胃内滞留は可成りの量と考えられるので、実際の窒素蓄積率は第4群に比べ低いことが推定される。第6週令において第1群、第2群の早期に胃囊拡張を行った山羊を供試し、第4群と比較試験を行った結果は、第4群の蓄積率に対し、第1群は約4割、第2群では約3割の低下を示した。第8週令試験では、第1群、第2群は、第4群の約1/2量の蓄積に止まり、第6週令より更に蓄積率が劣ることを確認した。

各群、各週令の代謝窒素量について見ると、本試験では脱脂粉乳を供試したので、熱量不足を考慮して2~3割哺乳量を増加したため、給与の窒素量は過給となっている。広瀬等<sup>64)</sup>が乳養期の仔山羊に、第2週令31.86g、第4週令35.31g、第6週令約54gを給与し、正常な窒素代謝の推移を見ているが、上記試験に対し第2週令約1.5倍、第4週令約1.6倍、第6週令1.2~1.3倍の窒素給与量になっている。従って吸収した窒素量は、体内保有の限度を越えるため、体内に蓄積されずに排泄される結果、相当高い尿窒素排泄水準を示した。

尿窒素排泄量は第2週令、第4週令では第3群、第4群の差異が殆んど認められない。

第6週令では、第4群に比べ第1群は1.67倍、第2群では1.74倍の過量を排出した。また第8週令では第4群に対し第1群1.68倍、第2群1.74倍の窒素排泄量を示し、第6週令試験と同様に排泄量は著しく増加した。第1群、第2群は尿窒素排泄量から見ると、窒素代謝が異常に亢進した状態であると断定された。

体内窒素蓄積量は第6週令では第1群, 第2群は, 第4群の約6割に過ぎない。また第8週令では第4群に対し, 第1群約3割, 第2群5割の蓄積量に止まり, 窒素蓄積量においても著しく少ないことが確認された。

第3群は窒素蓄積率, 蓄積量ともに第2週令では, 第4群に比べ殆んど差を認め難い。第4週令では第4群を上回った数値を示し, とくに第46号が大巾な高値を示したことは, 前述の如く胃内に乳汁滞留の結果と推定される。

以上の結果から反芻家畜に見られる発育不良, 俗に発育がこじれたものは乳養期, とくに初期における飼養管理の失宜により早期に反芻胃囊の拡張を伴ない, それが体全般に悪影響を及ぼすために起るものと断定せられる。

#### V. 年令および給与方法による食塊の胃内嚥下部位に関する試験

幼ない反芻動物では前胃が未発達のため, 吸飲した乳汁等は第3胃を経て直接第4胃に嚥下するが, 生長とともに第1胃, 第2胃に嚥下する様になる。各胃への食塊の経路は, 食道溝の閉鎖状態により決定され, その閉鎖機能は年令とともに低下することが確認されており<sup>28, 150, 169</sup>, また食道溝の閉鎖に及ぼす薬物の影響<sup>127, 128, 159</sup>, 神経支配<sup>24</sup>)等に関する研究が報告されている, しかし乍ら生後に乳汁のみ摂取した幼動物は, 乳養期の進行に伴って, 固形飼料を摂食する様になるが, 乳汁単飼期より固形飼料への移行時期に反芻胃内へ食塊が何時どの様にして最初の嚥下が行われるか等については詳らかでない。

著者は以上の問題の究明および消化機能発達を探究するため, 生後の各種週令時に流動物および固形物の胃内嚥下部位を調べるとともに, 流動物の給与方法の相違による胃内流入部位を調べ, 乳養期の哺乳法について検討した。

(1) 第1試験 乳養期において濃厚飼料, 乾草等の固形飼料を摂食した際, 反芻胃内に嚥下される時期を検討するため, 週令による嚥下部位の相違を調べた。

A) 実験方法 供試動物は出生後2週令以上を経過した山羊8頭を用いたが, 何れも前報の試験に供試したものである。第11号, 第12号, 第18号および第19号は第2週令時より, また第43号, 第44号, 第45号および第46号は第3週令時より供試した。

乳養期において固形飼料を摂取した際, 反芻胃内に嚥下される時期を調べるため, 第2週令時より第4週令時に至る間1週間毎に試験を行った。

固形飼料の胃内嚥下部位の判定には, 硫酸バリウムを充填したカプセル (6.5mm×20mm) を嚥下せしめた後, X線間接写真撮影を行い, 写真判定により, カプセルが4つの胃のどの部分に嚥下されるかを認定するとともに, カプセル投与直後, 2分後および5分後の3回にわたり写真撮影を行って, 胃内におけるカプセルの移動状況をも併せ観察した。

カプセル投与法は左掌を下顎の下に置き, 拇指および人示指を口裂中に挿入して口腔を開張し, 右手の人示指を口腔内に挿入し, カプセルを舌上に乗せ咽頭の方向に押し込み, 自然の嚥下運動の起るのを待って嚥下せしめた。なお毎週1頭につき5ケのカプセルを, 約30秒間隔で投与した。

B) 実験結果並びに考察 X線観察による投与カプセルの胃内嚥下の状況を示すと Pl. 5, Fig. 29 の通りである。すなわち第1胃前庭部に3ケ, 第2胃内に1ケ, 第4胃内に1ケが嚥下された映像を示している。この映像は時間の経過により, カプセルは胃内で移動することが確認された。また Fig. 30 に示した如く第2胃内に1ケ, 第4胃内に4ケが観察され, 嚥下部位から判定して投与したカプセルは, 殆んどが食道溝を通過したことが確認される。第3胃に止まったカプセルは, 短時間に第4胃内へ移行することが, 第3週令時第46号, 第4週令時第12号および第18号で観察された。第3胃内への嚥下の確認は, 連続写真を検討してカプセルの滞留部位に移動のない場合のみ第3胃嚥下とした。

各供試山羊にカプセル投与を行い, 嚥下部位をX線写真より観察した結果を一括して Table 40 に示した。またこの結果より各供試山羊について各胃の嚥下数および嚥下割合を算定すると Table 41 の通りである。

Table 40. X ray observation of the capsules<sup>1)</sup> swallowed down into stomach from 2 to 4 weeks of age.

Age in weeks	Goat No.	Rumen	Reticulum	Omasum	Abomasum	Remarks
2	11	3	1	1	—	Oesophagus 5
	12	—	—	2	3	
	18	—	—	—	—	
	19	—	—	1	4	
3	11	4	1	—	—	from omasum to abomasum
	12	—	1	—	4	
	18	—	—	—	5	
	19	—	—	2	3	
	43	1	—	—	4	
	44	—	—	—	5	
	45	—	5	—	—	
46	—	1	4	—		
4	11	3	1	—	1	from omasum to abomasum "
	12	1	—	4	—	
	18	—	—	5	—	
	19	—	—	3	2	
	43	3	2	—	—	
	44	—	—	1	4	
	45	4	1	—	—	
46	—	—	5	—		
Total		19	13	28	35	Sum total 95

Remark. 1) : 6.5 mm. in diameter, 20 mm. in length

Table 41. The place of deposition of the swallowed capsules during the suckling period.

	Portion of stomach	Goat No.								Total
		11	12	18	19	43	44	45	46	
Numbers of swallowed capsules	Rumen	10	1	0	0	4	0	4	0	19
	Reticulum	3	1	0	0	2	0	6	1	13
	Omasum	1	6	5	6	0	1	0	9	28
	Abomasum	1	7	5	9	4	9	0	0	35
	Total	15	15	10	15	10	10	10	10	95
Rate of swallowed capsules (%)	Rumen	66.67	6.67	—	—	40.00	—	40.00	—	20.00
	Reticulum	20.00	6.67	—	—	20.00	—	60.00	10.00	13.68
	Omasum	6.67	40.00	50.00	40.00	—	10.00	—	90.00	29.47
	Abomasum	6.67	46.67	50.00	60.00	40.00	90.00	—	—	36.84

乳養期におけるカプセルの嚥下部位を見ると、第11号は第2週令時、第45号では第3週令時よりその殆んどを第1胃、第2胃に嚥下し、また第43号は週令の増加に伴って、第1胃、第2胃に嚥下数が増加した。各週令別では第2週令時4頭中1頭、第3週令時8頭中2頭、第4週令時8頭中3頭が主として

第1胃, 第2胃へ嚥下した。

第1胃, 第2胃内に第18号, 第19号および第44号は全く嚥下しないが, 第12号, 第46号では数ヶ嚥下しており, 反芻胃内嚥下は個体により可成りの相違が認められた。

投与カプセルの各胃に対する嚥下割合を見ると, 第1胃20%, 第2胃14%, 第3胃29%および第4胃37%となり, 反芻胃内には34%に過ぎない。

乳養期の第2~4週令時の仔山羊では, 摂取した固形物の多くは第3胃に止まり, 短時間後に第4胃内へ移行するか, または第3胃に止まることなく第4胃内へ嚥下されることが確認された。

各週令時における各胃のカプセル数並びに全投与数に対する割合を Table 40 より算出すると Table 42 の通りである。

Table 42. Relation between the age and the place where the capsules were swallowed during the suckling period.

	Age in weeks	Rumen	Reticulum	Omasum	Abomasum	Total
Numbers of swallowing capsules	2	3	1	4	7	15
	3	5	8	6	21	40
	4	11	4	18	7	40
Rate of swallowing capsules (%)	2	20.00	6.67	26.67	46.67	100
	3	12.50	20.00	15.00	52.50	100
	4	27.50	10.00	45.00	17.50	100

第1胃, 第2胃への嚥下は第2週令時27%, 第3週令時33%, 第4週令時38%であり, 週令とともに嚥下割合は次第に増加する傾向が認められる。しかし乍ら第3胃, 第4胃への嚥下は第2週令時73%, 第3週令時68%, 第4週令時63%と過半数以上を占め, 乳養期では固形物は食道溝を通過して第3胃, 第4胃内へ嚥下の傾向が多いことを示している。

WESTER<sup>163)</sup>は食道溝の閉鎖は固形飼料では起らず, 第1胃, 第2胃に嚥下すると述べ, また HEGLAND 等<sup>58)</sup>は, 20~36日令の犢でカプセルを流動物とともに嚥下させた場合は第3胃へ, カプセルのみ嚥下させた場合では, その大きさに関係なく総て第2胃に入ると報じている。第2~4週令時に第3胃, 第4胃に多く嚥下されたことは, 投与したカプセル形態が 6.5mm×20mm であり, 食道溝の通過が容易であるためと考えられる。従って乳養期において固形飼料の摂食開始時に少量ずつ採食した場合は, 山羊の個体にもよるが, 反芻胃への嚥下は少ないと判断される。また乳養期の進行に伴って第1胃, 第2胃への嚥下が多くなる傾向が認められ, 反芻胃の発達が示唆された。

(2) 第 2 試験 乳養期の進行に伴って次第に固形飼料の摂取量が増加するに従い, 嚥下食塊は重量, 形態ともに増大してくるものと思われるので, 摂食量の多少による嚥下状況を, 投与する固形物の形態を変えて嚥下せしめ, 胃内滞留部位を調べるとともに, 離乳により固形飼料の嚥下部位に及ぼす影響について試験を行った。

A) 実験方法 1) 固形物投与試験 仔山羊5頭(第38, 39, 40, 41, 42号)を供試したが, 何れも人工哺乳中のもので, 生後1週間目より日中は白クローバーの自生する運動場に放牧したが, 発育状態, 健康状態は良好であった。投与した固形物は Table 43 に示した大きさのカプセルおよび小麦粉製の団子を用いた。

なお投与物 No. 6~No. 9 は小麦粉に硫酸バリウム 30%を混合し, 水を加えて練り合わせ, 下記直径の紐状にし, 蒸し器で加熱した後一定の長さに切断して供試した。その形態は No. 1, No. 2 は太く短く, No. 4~No. 8 は細長く, また No. 9 は球状の団子である。

試験は乳養期の山羊が各々1ヶ月令に達した日に, No. 1, 5ヶ, No. 7, 5ヶ, No. 9, 1ヶを嚥下

Table 43. Sizes of capsules and dumplings (mm).

	Capsule and dumpling No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Diameter	5	7	7	7	7	10	10	10	20
Length	5	5	7	10	15	15	20	25	—

せしめ、投与の都度X線透視を行って観察するとともに、投与終了後間接撮影を行った写真より嚥下部位の判定を行った。試験終了後直ちに離乳を行い、配合飼料および青刈クローバーを自由に摂食せしめた。各供試山羊は離乳5日後に哺乳期と同様に投与試験を行った。

2) 濃厚飼料給与試験 同週令の山羊で哺乳を継続しているものと、離乳を行ったものが濃厚飼料を摂取した場合、その嚥下部位を観察するため、第26号、第28号について試験を行った。すなわち第26号は生後1ヶ月目に離乳を行い、濃厚飼料および青刈クローバーを給与し、第28号では1日量120gの脱脂粉乳を1lの温湯に溶解し、乳首を用いて1日3回吸飲せしめるとともに、濃厚飼料を自由に摂食せしめた。

試験は第7週令時および第13週令時の2回、硫酸バリウムを加えた濃厚飼料を朝の飼付時に給与し、摂食後直ちにX線観察を行い、嚥下部位を調べた。なお硫酸バリウムを添加した濃厚飼料の給与量は、第7週令時50g、第13週令時100gである。

B) 実験結果並びに考察 1) 投与試験 哺乳期における投与物の嚥下部位を観察した結果の一部を

Table 44. Observation of the capsules swallowed down into stomach at 1 month of age during the suckling period.

Portion of stomach	Capsule and dumpling No.	Goat No.						Total
		38	39	40	41	42		
Rumen	1	—	—	—	—	2	3	
	7	—	—	—	—	—	0	
	9	1	—	—	1	1	2	
	Total	1	0	0	1	3	5	
Reticulum	1	—	—	—	—	—	0	
	7	—	—	—	—	—	0	
	9	—	1	1	—	—	0	
	Total	0	1	1	0	0	2	
Omasum	1	—	—	—	—	—	0	
	7	—	1	—	—	—	1	
	9	—	—	—	—	—	0	
	Total	0	1	0	0	0	1	
Abomasum	1	5	5	5	5	3	23	
	7	5	4	5	5	5	24	
	9	—	—	—	—	—	0	
	Total	10	9	10	10	8	45	
Sum total		11	11	11	11	11	55	

Pl. 5, Figs. 31, 32 に示した。

Fig. 31 (供試第39号) は投与物 No. 9 および No. 7, 1ヶは第1胃前庭部に止まり, 他の投与物は総て第4胃内に認められる。なお第1胃前庭部に留まった No. 9 は, 更に第2胃内に落下することが観察された。また Fig. 32 (供試第40号) は No. 9 が第2胃, 他の投与物は総て第4胃内に嚥下している。

各供試山羊の X線透視および X線写真により, 各投与物の嚥下部位を一括表示すれば Table 44 の通りである。

また離乳後5日目に行った投与試験の X線観察結果のうち, その代表的な X線映像を Pl. 5, Figs. 33, 34 に示した。

Fig. 33 (供試第39号) の如く第1胃, 第2胃内に総て嚥下している。しかし乍ら投与2分後ではカプセルおよび団子が第1胃, 第2胃の各部に移動する状態が観察されたが, 第3胃, 第4胃への移行は認められなかった。Fig. 34 (供試第41号) は第2胃収縮時の映像で, 第2胃内に No. 3 および No. 4, 1ヶ,

Table 45. Observation of the capsules swallowed down into stomach on the 5th day after weaning<sup>1)</sup>.

Portion of stomach.	Goat No.	Capsule and dampling No.									Sum total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Rumen	38	5	2	1	—	—	4	—	5	4	21
	39	5	—	5	—	—	4	4	5	4	27
	40	—	2	5	3	3	5	5	5	4	32
	41	5	—	—	4	5	5	—	—	—	19
	42	4	5	4	—	—	5	—	5	5	28
	Total	19	9	15	7	8	23	9	20	17	127
Reticulum	38	—	3	4	—	—	1	—	—	1	9
	39	—	—	—	—	—	1	1	—	1	3
	40	—	2	—	2	2	—	—	—	1	7
	41	—	—	1	1	—	—	—	—	—	2
	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	Total	0	5	5	3	2	2	1	0	3	21
Omasum	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	40	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	42	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	Total	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Abomasum	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	Total	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum total		20	15	20	10	10	25	10	20	20	150

Remark. 1) : weaned at 1 month of age



前庭部に No. 1, 1ヶ, 他は第1胃内に滞留が観察される。なお第1胃, 第2胃に嚥下しても, 短時間で投与物は互に移動するので, 両胃を区別することは無意味であろう。

離乳後における嚥下部位の観察結果は Table 45 の通りである。

哺乳期における投与物の各胃への嚥下数は Table 44 に示した如く, 投与物 No. 9 は総て第1胃, 第2胃に嚥下した。また No. 1 では第42号が2ヶ第1胃に, また No. 7 は第39号が1ヶ, 第3胃であったが, その他の山羊では総て第4胃に嚥下した。No. 1 は全投与数の8%が反芻胃内, また No. 7 では4%が第3胃に嚥下されたに過ぎない。No. 9 の形態は直径20mmの球形, No. 1 は5mm×5mmの円筒形, No. 7 は20mm×10mmの細長い形態である。従って細長い形態のものは食道溝の通過が極めて容易であるが, No. 9 の如きものは食道溝部を通過しにくく, 反芻胃内に落下したものと判断される。

以上の結果から乳養期において固形飼料を摂食し, 嚥下量が多く, 食塊形態が大きくなると, 反芻胃への嚥下が行われるが, 濃厚飼料または粗飼料を少量ずつ摂食している場合には, 食道溝を通過して直接第4胃に嚥下するものと断定される。

離乳後における嚥下部位は Table 45 に示した如く150ヶ投与のうち, 第42号が No. 1, 1ヶ, 第40号は No. 2, 1ヶ計2ヶのみが第3胃に認められた外は総て反芻胃内に留まっている。各胃の嚥下割合は第1胃85%, 第2胃14%および第3胃1%となり, 反芻胃内には99%を嚥下している。離乳後においては, 投与物の形態に関係なく第1胃, 第2胃内へ嚥下することを確認した。

食道溝の閉鎖機能は離乳により急速に消失することが推定され, 哺乳の有無が嚥下部位に顕著な影響を及ぼすものと結論される。従って離乳は反芻家畜にとって, 摂食した固形飼料の消化機構に一大転換期となるものと思われ, とくに離乳期の飼養管理に細心の注意を払う必要があることは, 投与試験の結果からも明らかなことである。

2) 濃厚飼料給与試験 第7週令時における第28号のX線観察結果を Pl. 5, Fig. 35 また第26号を Pl. 6, Fig. 36 に示した。

両山羊の胃囊状況より濃厚飼料の嚥下部位を検討すると, Fig. 35 は腹腔の前側中央部に認められる第4胃空胞直下の胃底部に造影剤が確認されるので, 濃厚飼料は第4胃に嚥下したと断定した。とくに胃底部に造影剤が局限して存在することは, 摂食の度毎に第4胃内へ嚥下することを示唆するものである。Fig. 36 を見ると, 造影剤を確認することは困難であるが, 僅かに腹部囊の第2胃側にバリウムの沈澱が認められる。また第1胃前庭部, 腹部囊前半部および第2胃はX線透過が不良であるので, この部分に嚥下したものと判定された。

第13週令時における給与試験の結果は, 各山羊とも Fig. 36 の観察結果に略一致し, 造影剤は第1胃, 第2胃内に存在することが認められ, 第13週令時では哺乳の有無に拘らず, 摂食した飼料は反芻胃内へ嚥下することを確認した。週令の進行によって多量の固形飼料を摂食するようになり, 嚥下食塊量が多くなる結果, 反芻胃に嚥下を行なうものと断定した。

以上の試験において第7週令時では, カプセル等の投与試験と同様な結果が観察された。年令の相当進んだ山羊でも, 哺乳を継続し, 粗飼料を全く給与しない飼養では, 正常飼養の山羊に比べ食道溝の閉鎖機能は長期間存続することが確認された。広瀬等<sup>65)</sup>は3~4ヶ月令の山羊で乳首哺乳の場合第3胃, 第4胃への流入経路を観察している。供試山羊は乳首哺乳を継続することにより, 哺乳の度毎に食道溝を閉鎖して第3胃, 第4胃に嚥下するため, 閉鎖機能が存続したものと断定した。また年令の進行に伴って固形飼料の摂食嚥下量の増加により, 飼養法の如何に拘らず総て第1胃, 第2胃に嚥下することを確認した。

**(3) 第3試験** 牛乳等の流動物の摂取の際に吸飲方法あるいは哺乳方法, 年令等の相違による嚥下部位を調べるとともに, 乳養期の哺乳法について検討した。

A) 実験方法 生後2週令時より7ヶ月までの山羊を供試し, 硫酸バリウムまたは沃化ソーダを混じた牛乳を, 次に示す方法により吸飲せしめた後, X線透視並びに間接撮影を行い, 嚥下部位を観察した。

第I法: 哺乳瓶に乳首を付けて, 硫酸バリウムを添加した牛乳を育児の際の哺乳法と同じ方法で吸飲

させた。

第Ⅱ法：バケツを用いて、人工哺乳の際に行われている普通の哺乳法により吸飲させた。（造影剤硫酸バリウム）

第Ⅲ法：造影剤添加乳を作る場合に、牛乳に30%の割合に澱粉を加え、重湯状として第Ⅱ法の要領で吸飲させた。

第Ⅳ法：本試験のため試作した哺乳器（Pl. 6, Fig. 37）より吸飲させた。本哺乳器（図左側）は円盤中央部に直径2.5cm、高さ4cmの突起を設け、この内部に直径6mmの孔をあけ、更に円盤下部にまで貫通し、突起の上部に乳首を付けたものである。哺乳器は牛乳を吸い上げる様に考案したが、その使用法は牛乳を満した容器内に哺乳器を浮べ（図右側）、乳首より吸飲させるもので、山羊は2～3回吸飲要領を指導すると容易に吸飲を行った。（造影剤沃化ソーダ）

第Ⅴ法：10%の割合に沃化ソーダを混じた牛乳をバケツに入れ、山羊が一度に多量の乳を吸飲出来ない様に牛乳中に掌を上に向けて手を入れ、更に指を折り曲げ牛乳の少量が指根部に溜る程度にして、掌の上の乳を少量ずつ吸飲させた。

成長の進んだ山羊では、水、乳汁等の流動物は反芻胃内に流入することは明らかであるので、第Ⅲ法、第Ⅳ法および第Ⅴ法は生後4ヶ月以降の山羊についてのみ試験を行った。

なお第Ⅰ法（供試山羊第10, 15, 16号）、第Ⅱ法（第14, 17, 20号）は第2, 4週令および2ヶ月令時の3回、第Ⅲ法（第11, 12号）は4ヶ月令時、第Ⅳ法（第10, 15号）は7ヶ月令時、第Ⅴ法（第15, 18号）は6ヶ月令時に試験を行った。また胃の滞留部位と嚥下量との関係を調べるため、造影剤添加牛乳500mlを完全に飲み終るに要する時間および嚥下回数を調べた。

B) 実験結果並びに考察 各々の吸飲法により各種年令の山羊について、牛乳の吸飲試験を行った結果は次の通りである。

第Ⅰ法では各試験時に何れも第4胃内に流入することが観察された。観察結果の一部をPl. 6, Fig. 38に示したが、第4胃内に多量の造影剤の存在が認められ、一部は十二指腸部にまで達している。

第Ⅱ法による第2週令時の観察結果をFig. 39に示したが、一部が第4胃底部に留る外、第1胃腹部囊および第2胃の下部にも造影剤が認められる。従って第1胃、第2胃および第4胃への嚥下を確認した。第4週令時および2ヶ月令時の試験では、第1胃、第2胃に造影剤を認め、吸飲した牛乳は反芻胃に嚥下されると断定した。

第Ⅲ法による生後4ヶ月令の山羊の観察結果をFig. 40に示したが、第4胃水準面の下部より胃底部にかけて造影剤を認め、とくに牛乳が濃厚であったため嚥下経路にバリウムが付着し、牛乳の通過の状況が観察された。

第Ⅳ法による生後7ヶ月令の観察結果をFig. 41に示した。胃囊は著しく発達を遂げているためX線透過が不十分で、第2胃と第4胃が重なり合った映像を示している。しかし乍ら第4胃空腔、胃水準面の状態等から造影剤の滞留部位は第2胃でなく、牛乳が第4胃噴門より胃底部にかけて、ほぼ垂直に嚥下した映像と判定した。

第Ⅴ法によって吸飲を行った結果はFig. 42に示した通り、第4胃に造影剤の多量が認められる。本供試山羊は多量の牛乳を吸飲させたのでFig. 41と異なり、第4胃は著しく拡張した映像が観察された。

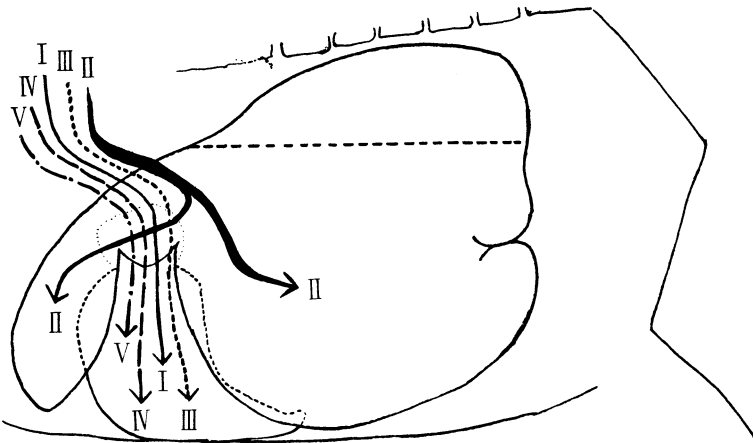
以上の観察結果を一括して、吸飲方法と滞留部位との関係を図示すればText-fig. 4の通りである。

第Ⅰ法、第Ⅲ法、第Ⅳ法および第Ⅴ法により吸飲した流動物は、総て第4胃内に嚥下することを示している。

自然哺乳の際の吸飲方法と略同様な第Ⅰ法、乳を下から吸い上げる状態で吸飲した第Ⅳ法、第Ⅴ法は何れも第4胃内に流入することが認められる。

第Ⅲ法は第Ⅱ法と同一哺乳法によったが、澱粉添加量の多い牛乳を吸飲させたため、また第Ⅴ法は牛乳の自由吸飲を制限し少量ずつ吸飲させたため、第4胃に嚥下したものと断定された。

第Ⅱ法は週令により牛乳の嚥下部位が異なるが、第4週令時では第1胃、第2胃に嚥下することが確



Text-fig. 4. The course of ingested milk.

- Course I. Sucking milk through a nipple
- Course II. Drinking milk from a bucket
- Course III. Drinking gruel milk containing a large amount of starch from a bucket
- Course IV. Sucking milk by means of a suckling pail
- Course V. Drinking milk with hands which served to limit the swill

認された。

TRAUTMANN 等<sup>150)</sup> は仔山羊で哺乳期間と固形飼料を摂食し始める時期では、流動物の嚥下部位が異なることと報じ、また WESTER<sup>163)</sup> も犢で観察しており、第II法の給与法において同様な結果が観察される。第II法の如き普通哺乳の要領で牛乳を吸飲した場合、また飲水の際でも第1胃、第2胃に嚥下するものと断定される。

第I法は第4胃に流入し、第II法では第1胃、第2胃に流入し、その嚥下部位に差異が認められたが、SCHALK 等<sup>182)</sup> WEISE 等<sup>161, 162)</sup> は犢で、広瀬等<sup>65)</sup> も仔山羊で同様な観察結果を報告しており、哺乳法に

Table 46. Time and numbers of deglutition for feeding 500 ml. of milk.

Feeding method	Goat No.	Age	Time of deglutition	Numbers of deglutition	Portion of stomach
I	10	at 2 weeks	2 <sup>min.</sup> —54 <sup>sec.</sup>	593	Abomasum
	15	4 weeks	1 —36	244	Abomasum
	16	2 months	1 —18	221	Abomasum
II	14	2 weeks	1 —15	132	Rumen, reticulum and abomasum
	17	4 weeks	—48	64	Rumen, reticulum
	20	2 months	—27	56	Rumen, reticulum
III	11	4 months	2 —11	183	Abomasum
	12	4 months	2 —35	205	Abomasum
IV	15	7 months	2 —08	357	Abomasum
	10	7 months	2 —20	324	Abomasum
V	15	6 months	1 —25	215	Abomasum
	18	6 months	1 —30	228	Abomasum

より嚥下部位は著しく影響されることは明らかである。HEGLAND 等<sup>58)</sup>によると、犢は第6週合までは給与方法による差がなく、其後乳首哺乳は第13週合まで食道溝の閉鎖を行ったと報じているが、本試験の山羊では第4週合時より給与方法による嚥下部位の差異が認められた。

各試験時において牛乳 500ml を吸飲するに要する時間並びに嚥下数を測定した結果を示すと Table 46 の通りである。

各吸飲法別に吸飲時間を見ると、第Ⅲ法、第Ⅳ法、第Ⅰ法、第Ⅴ法および第Ⅱ法の順に時間は短くなっている。第Ⅲ法は重湯状のため少量ずつの啜り込みにより、また第Ⅳ法では乳を吸い上げるため、長時間を要したものと判断される。第Ⅰ法の第2週合時試験で吸飲に長時間を要したことは、幼いため吸飲が少量ずつ行われたためと考えられる。第Ⅱ法は同年令の山羊に比べ、吸飲時間は $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に短縮した。従って吸飲時間の長短は乳の吸飲の難易により決定されるものと断定される。

嚥下回数については、吸飲時間の長いものは一般に回数が増える傾向が認められるが、第Ⅲ法では吸飲に長時間を要したにも拘らず、第Ⅳ法に比べて少なかった。

各吸飲法による胃内嚥下部位と嚥下量との関係を考察するため、Table 45 より1嚥下量を算定して Table 47 に示した。

Table 47. Relation between the deglutition amount and the course of ingested milk into the stomach

Portion of stomach	Amount of a deglutition	Age	Feeding method	Goat No.
Rumen, reticulum	8.93 <sup>ml.</sup>	at 2 months	Ⅱ	20
	7.81	4 weeks	Ⅱ	17
Rumen, reticulum, abomasum	3.79	2 weeks	Ⅱ	14
Abomasum	2.73	4 months	Ⅲ	11
	2.44	4 months	Ⅲ	12
	2.42	7 months	Ⅳ	10
	2.33	6 months	Ⅴ	15
	2.26	2 months	Ⅰ	16
	2.19	6 months	Ⅴ	18
	2.05	4 weeks	Ⅰ	15
	1.40	7 months	Ⅳ	15
	0.84	2 weeks	Ⅰ	10

嚥下量と流入部位の関係を見ると、1嚥下量が7.8~8.9mlの場合は第1胃、第2胃に流入し、3.8mlでは第1胃、第2胃および第4胃に、また2.7ml以下の場合では年令および吸飲法の如何に拘らず、第4胃に嚥下することを確認した。すなわち嚥下回数が多い場合は吸飲に比較的時間を要し、1回の嚥下量が少なくなり、従って嚥下した乳汁は食道溝を通過して第4胃に流入する。吸飲時間が短く一度に多量を嚥下する場合には、食道溝より乳汁が溢れて第1胃あるいは第2胃内に流入するものと判定される。

嚥下量により胃内流入部位が異なることを既に FLOURENCE<sup>48)</sup> が指摘し、STÅLFORS<sup>140)</sup> も同様な見解をとり、哺乳法による嚥下部位の差異は、主としてこの見解に立って解釈されている。WATSON<sup>159)</sup> によると、流動物の第4胃への通過は吸飲する動作の速度によると報じている。本試験の結果は既報の結果と殆んど一致したが、第Ⅲ、第Ⅳ法および第Ⅴ法の如き哺乳法による場合の嚥下部位については全く報告されていない。本試験の結果から第2週合~7ヶ月令の山羊ではどのような方法で吸飲させても、嚥下量を制限して哺乳をすると、第4胃に直接嚥下することが確認され、嚥下部位の差異は吸飲の方法よ

りも、嚥下量の多寡により決定されるものと断定した。

人工哺乳を行う場合、バケツ等で行う通常の哺乳法よりも、自然哺乳の条件に近い方法が望ましい。自然哺乳の際は第4胃に流入することが、本試験の結果から判定されるので、吸飲した乳汁を第4胃に嚥下せしめる様な方法を講ずる必要があると思考される。これがためには嚥下量を制限し吸飲せしめる方法、例えば乳首哺乳、著者考案の哺乳器等を用い、もしくは大飲み出来ない様にして哺乳を行えばよいと判断した。

## V. 結 論

(1) 反芻胃の標準発達に関する試験 (1) 正常飼養を行った山羊の反芻胃の発達を屠殺試験によらずにX線観察により、生後の各週令時における胃囊発達状態、胃内状態から胃機能発達経過を生体のままで確認した。

(2) 生時の胃囊は小さく縮まり、機能が休止しているが、胃内への投与物により著しく拡張して運動を開始し、胃壁は伸縮性に富むことを確認した。また空気の送入により胃囊は大きく拡張し、嚥下した空気が胃囊発達に役立つものと推測される。多量の哺乳を行っても、第1胃流入は認められない。

(3) 第1胃の発達は胃囊縦軸が横軸に比較して早く、第2週令時に腹腔まで殆んど下降するが、横軸では第2週令時に腹腔の略半ばまでの発達であり、第4週令時に腹腔の殆んどを占める。とくに固形飼料の摂食を開始する時期より第1胃囊は著しく拡張することが認められた。

(4) 第1胃内腔は週令とともに漸次拡がり、内容量は増加の傾向を示した。胃運動は第2週令時に微弱な収縮を起すことを認め、第4週令時に定型的な収縮運動を観察し、消化機構が完成することが確認される。

(5) 第1胃縦軸は生時に対し第2週令時約3倍、第4週令時約4倍になり、背部囊の発達が腹部囊に比べて大きい。横軸では第3週令時約2倍、第5週令時約3倍になり、腹部囊が背部囊より顕著な発達が認められた。

(6) 第2胃の発達は第2週令時より起り、胃内容物の増加、収縮運動の開始により著しく拡張した。

(2) 反芻胃の早期拡張に関する試験 (1) 生後2週令時に対照山羊の胃囊に比べ、第1胃横軸が背部囊約2倍、腹部囊約1.5倍に拡張し、また胃運動、反芻が観察された山羊の爾後の発育は著しく不良であった。

(2) 第6週令および第8週令の消化試験の結果、消化率には差異が殆んど認められない。早期の胃囊拡張は、単に単位体重当りの乾物摂食量の増加に止まった。胃囊拡張山羊の発育不良の原因は、飼料の消化不良によるものでないと断定された。

(3) 窒素出納試験において、早期の胃囊拡張山羊は摂食窒素の吸収量には差が認められず、窒素の蓄積は対照山羊の約 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ 量に止まり、体内保有量は極めて低く、尿中に過剰な窒素の排泄が認められた。

早期の胃囊拡張は消化器の位置に異常を来とし、腹腔内諸臓器を強く圧迫するため、腎臓等の内臓諸器官に変調を来とし、機能障害を招来することが推測される。

(3) 反芻胃の拡張促進に関する試験 (1) 生後2~3日間の完全絶食、生後10日間に亘って哺乳量の制限等の好ましくない飼養条件の下では、反芻胃囊が顕著な拡張を起すことを実験的に証明した。また生時より胃内に乳汁の投与により胃囊拡張が認められた。反芻開始も対照山羊に比べ早く開始した。

胃囊の早期拡張は絶食、哺乳量の制限等により第4胃が空虚の状態になるため、第1胃を押し上げる容積がないので、相対的に第1胃が降下し、拡張したものと考えられる。また胃内に乳汁の投与により胃囊が拡張されたものと判断した。

(2) 早期に胃囊が拡張した山羊の発育は極めて不良であった。好ましくない飼養により仔山羊が憔悴状態になり、その影響は単に消化器のみならず、体全般に作用し、その後の発育に影響を及ぼすものと判断される。

(3) 早期の胃囊拡張はその後における消化には、何等の影響がないことが認められた。

(4) 窒素の吸収量には殆んど変化がないが、窒素の蓄積量は著しく少なく、尿中へ窒素の排泄が高ま

り、窒素代謝が異常に亢進していることを確認し、前報の試験と一致した。

(4) 年令および給与法による食塊の嚥下部位に関する試験 (1) 週令の増加とともに、固形物は第1胃、第2胃に嚥下される傾向を示したが、第4週令時において37.5%の嚥下に過ぎない。哺乳期では第1胃、第2胃に嚥下することは比較的少ない。

(2) 哺乳期と離乳後では、固形物の嚥下部位が著しく異なることを確認した。哺乳を継続すると、第7週令時で濃厚飼料が第4胃に嚥下されることを確認した。食道溝の閉鎖機能は離乳により急速に消失することを確認した。

(3) 流動物の嚥下部位は吸飲法および年令に関係なく、嚥下量の多少により決定される。

## 反芻胃における消化吸収に関する考察

### I. 緒 言

反芻胃が発達した後においては、採食した飼料は反芻胃に嚥下され、食塊は胃内滞留中に胃収縮運動および反芻咀嚼等による機械的作用と、胃内微生物による化学的作用とにより消化が行われる。とくに胃内微生物は飼料中の炭水化物、就中繊維質の消化および非蛋白態窒素化合物を利用する上に重要な役割を果たしている。すなわち炭水化物は微生物により醗酵をうけ、最終産物として醋酸、プロピオン酸、酪酸等の揮発性脂肪酸が生成され、とくに醋酸は胃内で最も多く生産されることが指摘されており<sup>3, 27, 39, 40, 41, 42, 52, 53, 82, 107</sup>、これ等の脂肪酸は反芻動物では重要なエネルギー源となっている。

胃内微生物の増殖並びに活動には、胃内容物中に常に一定量の窒素源を必要とし、蛋白質不足の飼養条件下では微生物の活動が不活発になるため、繊維質の消化が減退するばかりでなく、飼料中の各成分の消化率が低下する。HOF LUND等<sup>70</sup>は飼料中の蛋白質量は繊維質の消化に影響があると結論し、BURROUGHS等<sup>19, 20</sup>、GALLUP等<sup>50</sup>は低蛋白質の粗飼料に蛋白質を補給すると消化率が向上すると報じ、またBURROUGHS等<sup>21</sup>、MOIR等<sup>115, 116</sup>によれば、胃内細菌数は蛋白質摂取量に関係があることを指摘している。

胃内微生物が非蛋白態窒素化合物を利用することは、ZUNTZ<sup>164</sup>、HAGEMANN<sup>56</sup>等がバクテリア蛋白質説を発表して以来多くの研究がなされ、とくに尿素については多数の報告が行われている<sup>50, 66, 67, 68, 109, 117</sup>。LOOSLI等<sup>97</sup>は、胃内で微生物が非蛋白態窒素化合物よりアミノ酸を合成すると報じ、またDUNCAN等<sup>36</sup>、BLACK等<sup>12</sup>も同様な見解をとっている。AGRAWARA等<sup>1</sup>は、第1胃で非蛋白態窒素の90%が摂食後6時間以内に消失することを観察し、微生物により蛋白質の合成が行われたと報じ、またGRAY等<sup>54</sup>は、植物態窒素の50%が微生物態窒素に変換されると結論している。従って胃内微生物は非蛋白態窒素化合物を栄養源として増殖し、栄養価の乏しい非蛋白態窒素化合物を栄養価の高い微生物蛋白質に変換し、反芻動物の蛋白源となす重要な意義を有している。とくに第1胃に細菌とともに多数に棲息する繊毛虫類は、細菌体窒素化合物を繊毛虫類の栄養源として増殖することが確認され<sup>79, 83, 94</sup>、またMcNAUGHT等<sup>111</sup>は、原虫体蛋白質は細菌体蛋白質に比べ生物価に余り差異はないが、消化率では著しく高いことを指摘し、細菌類が合成した蛋白質をより消化し易い原虫体蛋白質に変換すると結論している<sup>110, 125</sup>。

胃内繊毛虫類の栄養生理上の役割については、細菌類と同様に直接消化に関与するとの見解<sup>82, 37, 136</sup>よりも、消化には影響が少なく<sup>7, 135</sup>、蛋白質の変換者として重要な役割を有するものと考えられる。

PHILLIPSON等<sup>122</sup>により、第4胃の揮発性脂肪酸含量は第1胃の含量に比べて少ないことが指摘され、BARCROFT等<sup>5</sup>が第1胃より吸収されることを最初に指摘して以来多くの研究が行われ、とくに醋酸の吸収が良いと報ぜられている<sup>89, 103, 152</sup>。

第1胃は重層扁平上皮による粘膜炎で覆われているが、胃壁より各種物質の吸収が認められている。吸収される物質は低級脂肪酸の外に各種の薬物<sup>91, 120, 139, 149</sup>、グルコース<sup>8, 33, 124, 133</sup>等である。この中脂肪酸の吸収は栄養生理上重要である。単胃動物では、炭水化物は消化酵素により単糖類に分解されて吸

収されるが、反芻動物では胃内微生物の作用により分解され、有機酸として吸収が行われている。従って反芻動物の血糖は他の動物に比べ低いことが指摘されている<sup>108, 126)</sup>。

反芻動物では採食した飼料は消化管通過に長時間を要し<sup>38)</sup>、BALCH<sup>4)</sup>は、牛では採食後12~24時間で10%の排泄に過ぎず、70~90時間後に80%を排泄すると報じ、亀高等<sup>74)</sup>は、綿羊では28時間後、山羊では24~36時間後に最も多く排泄し、なお7日後においても認められると報じている。LENKEIT<sup>96)</sup>は、粉碎燕麦は粒状燕麦に比べ早く排泄が始まり、また第1胃内よりの消失が早いことを観察し、消化管通過時間は粉碎の程度により影響されることを指摘した。畜産試験場<sup>146)</sup>において、山羊に各種飼料にピース玉を混じて与えた結果、飼料により排泄状況並びに消化管内の残留状態が異なると報じ、飼料の給与方法について研究の必要があることを示唆している。BLAXTER等<sup>14)</sup>は綿羊で、またCASTLE<sup>23)</sup>は山羊で、飼料の粉碎度および摂食量の増加により消化管通過が早くなることを観察し、飼料の物理的性質が消化管通過に影響を及ぼすと結論している。またKING等<sup>90)</sup>は各種の大きさのプラスチック粒を飼料に混じて与えた結果、消化管通過時間は粒の比重に関係があると報じている。

飼料の消化管通過の状況は給与する飼料の形態により影響され、従って反芻胃内の滞留時間が異なり、胃内で受ける各種の消化作用が異なるものと思考される。

本章では反芻胃の発達完了後における第1胃の消化に関する諸問題、とくに反芻家畜の飼養に関連する問題について試験を行い考察した。

## II. 第1胃における食塊の滞留、移行および機械的消化に関する試験

第1胃に嚥下した食塊の滞留時間および胃内の食糜の移行状況を検討するため、染色飼料を給与し、摂食後の各種時間に第1胃内容物を採取し、胃内容物中に出現する飼料片の状態を調べるとともに、飼料片の磨砕状態により食塊の受ける機械的消化作用を考究した。また給与する飼料の形態が胃内滞留に及ぼす影響を検討するため、染色した各種形態の飼料を給与し、経時的に第1胃および第4胃内容物を同時に採取し、食糜の第1胃より第4胃への移行状況を調べるとともに、両胃内容物中の飼料片の磨砕状況を調べた。

(1) 第1試験 山羊に酸性フクシンで染色した燕麦を給与し、摂食後の一定時間に第1胃内容物を採取して、その中に出現する着色飼料片の状態により、食塊の第1胃内滞留時間並びに機械的消化について調べた。

A) 実験方法 供試山羊は生後1ヶ年以上を経過した去勢牡山羊で、濃厚飼料および青草を給与した正常飼養中のものである。食塊の第1胃内滞留時間並びに胃内における磨砕状態を判定する指標として、LENKEIT等<sup>95)</sup>の方法により酸性フクシンで染色した燕麦を供試した。

試験は朝の飼付時に染色燕麦100gを濃厚飼料に混合して与え、摂食10分後に第1回の胃内容物の採取を行い、更に第1回採取後2時間、4時間、6時間、24時間、48時間(2昼夜)、72時間(3昼夜)、96時間(4昼夜)、120時間(5昼夜)、144時間(6昼夜)、168時間(7昼夜)後の総計10回採取を行った。胃内容物はカテーテル法により、毎回約50~60gを採取した。

採取した胃内容物は正確に秤量し、1lのビーカー中に採り、水を加えてよく攪拌混合した後上澄を捨て、更に同様な操作を上澄液が透明になるまで繰返し行い、最後に水分を完全に除去した後秤量瓶に採り、残渣の乾物量を定量した。定量後残渣をガラス板上に薄く広げ、着色燕麦片をピンセットで他の飼料片と選別した後、10目篩~50目篩のタイラー標準篩で篩分けし、その各々について乾物量を定量した。なお着色燕麦片と他の飼料片との識別は容易であった。

B) 実験結果並びに考察 染色燕麦給与後の各時間に採取した第1胃内容物中の飼料片の乾物量、着色燕麦片量を測定した結果はTable 48の通りである。

Table 48の結果より第1胃内の着色燕麦屑片の滞留割合を算出してTable 49に示し、また時間的経過による消失の推移をText-fig. 5に示した。

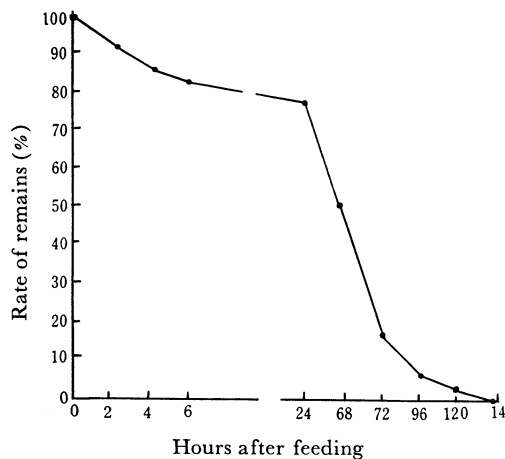
着色燕麦屑片の第1胃内の消失状態は、摂食後の時間の経過とともに減少の傾向が認められるが、摂

Table 48. Amount of dry matter and stained oat particles in the rumen contents (g/100g rumen contents).

Hours after feeding	Dry matter	Stained oat particles	10mesh and over	20mesh and over	30mesh and over	40mesh and over	50mesh and over	Less than 50mesh
(Before)	10.43	1.6600	1.4370	0.1837	0.0221	0.0173	—	—
2	10.39	1.5268	1.2827	0.1512	0.0802	0.0127	—	—
4	7.08	0.9730	0.6747	0.2733	0.0206	0.0044	—	—
6	8.85	1.1725	0.5455	0.5437	0.0821	0.0012	—	—
24	9.91	1.2212	0.2351	0.4557	0.3297	0.0930	0.0734	0.0343
48	10.77	0.8199	—	0.2444	0.3879	0.0804	0.0213	0.0859
72	10.57	0.2816	—	0.0400	0.1461	0.0286	0.0524	0.0145
96	9.10	0.1064	—	—	0.0496	0.0192	0.0252	0.0124
120	10.23	0.0342	—	—	—	—	—	—
144	7.14	Trace	—	—	—	—	—	—
168	9.22	Negative	—	—	—	—	—	—

Table 49. Percentage of stained oats to total dry matter in the rumen contents.

Hours after feeding	1/6	2	4	6	24	48	72	96	120
Stained oat	15.92	14.69	13.74	13.25	12.32	7.61	2.66	1.17	0.42
(Rate of remains)	(100.00)	(92.27)	(86.31)	(83.23)	(77.39)	(47.80)	(16.71)	(7.35)	(2.64)



Text-fig. 5. Rate of remains of stained oats.

食24時間後になお77.39%の滞留を示し、胃内からの消失は約2割となり未だ顕著な減少が認められない。48時間後になると約1/2が消失し、更に72時間後では2昼夜の約1/3となり、時間の経過とともに第1胃内から1/2~1/3量ずつが流れ去ることを示している。着色燕麦は6昼夜後に痕跡程度の滞留を認め、第1胃から完全に消失するには長時間を要することが確認された。胃内に嚥下した食塊は24時間以後、毎日約1/2量ずつが第1胃から流出するものと判断される。すなわち新たに嚥下した食塊は既存の胃内容物とよく混合攪拌された後、磨砕作用を受け、その一部ずつが第1胃より第3胃、第4胃に流出する過程を毎日繰返した後、胃内より消失するものと考えられる。



McANALLY 等<sup>105)</sup>は牛に染色燕麦に与えて調べた結果、胃内から2日間に50%が消失したが、なお少量は7日間に亘り滞留したと報じ、本試験と同様な結果を得ているから、牛と山羊では食糜の胃内からの消失経過は殆んど差異がないと判断される。亀高<sup>75)</sup>は山羊について、第1胃からの食糜の移動量は、摂食後22時間で採食時の約30%、固形物として約50%と見做しており、移動量が本試験より多いのは、摂食後翌日まで飼料の給与を行っていないためと推定される。

摂食した染色燕麦は胃内滞留中に強力な胃収縮運動による磨砕作用および反芻による機械的作用を受けるが、着色燕麦稈の経時的磨砕度を考察するため、Table 48 より燕麦給与後の各時間における全燕麦稈量に対する割合を算定し Table 50 に示した。

Table 50. The crushing degree of oat chaffs in the rumen after stained oat feeding (%).

Hours after feeding	10 mesh and over	20 mesh and over	30 mesh and over	40 mesh and over	50 mesh and over	Less than 50 mesh
(Before)	86.56	11.07	1.33	1.04	—	—
2	84.02	9.90	5.25	0.83	—	—
4	69.34	28.09	2.12	0.45	—	—
6	46.52	46.37	7.00	0.10	—	—
24	19.25	37.32	27.00	7.62	6.01	2.81
48	—	29.81	47.31	9.81	2.60	10.48
72	—	14.20	51.88	10.16	18.61	5.15
96	—	—	46.62	18.05	23.68	11.65
120	—	—	—	—	—	—

染色燕麦の採食時における咀嚼は粗雑であり、摂食10分後では10目篩を通らぬものが殆んどを占めていたが、時間の経過とともに次第に10目篩以上の燕麦稈は減少するのに反し、20目篩、30目篩と細かく磨砕されて行く推移が明らかに認められる。摂食24時間後には20目篩以上のあらい繊維片は56.56%であったが、48時間後29.81%になり、24時間後の約 $\frac{1}{2}$ 量に減少するのに反し、30目篩以上のものが47.31%を占め、24時間後の約2倍量に増加した。同様に72時間後は前日に比べ30目篩以上のものが約 $\frac{1}{2}$ 量を占めたが、50目篩前後の小片は約2倍量となっている。96時間後では全て20目篩を通る小片に磨砕され、30目篩以下のものが約 $\frac{1}{2}$ 量となった。

第1胃食糜中の飼料片が経時的に、あらいものから微細のものに漸次移行することが確認され、その経過は極めて規則的に行われるものと判断される。また胃内滞留経過および磨砕状態から、あらい飼料片は胃収縮運動による磨砕作用と相まって反芻を受けた後、再嚥下により第1胃に戻され、微細になった飼料片が第1胃から流出する経過を反復して行うため、燕麦の粗剛な稈があたかも粉砕機により細粉された如き微粉になるものと推察される。

以上の結果により、第1胃に嚥下された食塊は、摂食後24時間以降に急速に消失し、その経過は毎日 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 量ずつが流出することを確認した。また食塊は胃内滞留中に時間の経過とともに強力な機械的作用を受け磨砕されることが確認された。

(2) 第2試験 飼料の給与形態が第1胃内滞留に及ぼす影響を検討するため、染色燕麦および粉末ビートパルプを給与した後、第1胃より流出および第4胃へ流入する状態を、第1胃および第4胃の内容物を同時に採取し、胃内容物中の着色飼料片で調べるとともに、両胃食糜の時間の経過に伴う磨砕状態を調べた。

A) 実験方法並びに結果 供試動物は生後6ヶ月以上を経過した去勢牡山羊2頭である(第36号、第50号)。

第1胃内容物はカテーテル法により採取した。また第4胃内容物は直接第4胃にカテーテルを挿入し

て採取した。すなわち 外径 5～6 mm のカテーテルの先端約 5～6 cm をゆるく彎曲させたものを口腔より挿入し、その都度 X 線観察を行い、Pl. 6, Fig. 43 に示した如くカテーテルの第 4 胃への到達部位を確めた後採取を行った。

飼料は乳牛用配合飼料および乾草を給与し、飲水は自由に行わしめた。

1) 粒状飼料の反芻胃より第 4 胃への移行試験 摂食した粒状飼料が第 1 胃より第 4 胃へ移行する時間を調べるため、第 1 試験に供試したと同様に、酸性フクシンで染色した燕麦 50g を第 36 号に給与し、摂食後 30 分、1 時間、1 時間 30 分、2 時間、3 時間、6 時間後の 6 回、第 1 胃および第 4 胃の内容物を採取し、両胃内容物中に出現する着色片を観察した。すなわち両胃内容物各々 20g を採り、第 1 試験と同じ方法により着色燕麦片を取り出し乾燥後、タイラー標準篩で篩分けした。

時間の経過に伴う両胃内容物中の飼料片を算えた結果を Table 51 に示した。

Table 51. Numbers of chaffs in the rumen and abomasum contents after stained oat feeding.

Hours after feeding	Rumen contents (20g)			Abomasum contents (20g)		
	10 mesh and over	20 mesh and over	30 mesh and over	20 mesh and over	30 mesh and over	Less than 30 mesh
½	5	2	—	—	—	—
1	3	3	2	—	—	—
1½	2	2	5	—	—	2
2	1	2	3	—	—	5
3	2	3	5	—	—	13
6	1	1	7	—	—	11

2) 粉状飼料の反芻胃より第 4 胃への移行試験 米糠、大麦糠等の粉状の濃厚飼料を給与した場合、第 1 胃に嚙下した後第 4 胃へ移行する状況を観察するため粉末飼料を用いた。

供試飼料はビートパルプを酸性フクシンで染色した後粉碎し、50 目篩の篩を通過したものを更に 60 目篩で篩分け、60 目篩以下の微粉末を除去し、50 目篩より 60 目篩までの大きさの粉末を用いた。

試験は朝の飼付を行い、摂食後直ちにビートパルプ粉 50g をカテーテルを用い、第 50 号の第 1 胃腹部囊中に投与した。投与後 30 分、1 時間、1 時間 30 分、2 時間、3 時間、6 時間後の 6 回、第 1 胃および第 4 胃内容物を採取して調べた。

染色ビートパルプ粉末は胃内で吸水して膨脹するため、観察には好都合であったが着色片多数のため他の飼料片から分離し得ず、数量的に計測し得なかった。胃内容物中のビートパルプの出現状況を肉眼的観察により次の 5 段階に分け判定した。

— : 全く着色粉末が認められない。

± : 注意して観察すると僅かに着色粉末を認める。

Table 52. Observation on the passage of stained beet pulp<sup>1)</sup> from the rumen to the abomasum.

	Hours after feeding					
	½	1	1 ½	2	3	6
Rumen contents	++	++	+	+	+	+
Abomasum contents	+++	++	++	+	+	+

Remarks. 1) : comminuted to 50~60 mesh.

2) +++ : exceedingly large amount

++ : large amount

+ : a small amount

+: 簡単に着色粉末を認める.

++: 着色粉末多数を認める.

+++: 着色粉末多数を認め、内容物が微赤色を呈したのもの.

着色ビートパルプ粉末の第1胃より第4胃への移行状態を観察した結果を Table 52 に示した.

3) 第1胃内容物と第4胃内容物の飼料片の磨砕度の比較 摂食後の時間の経過に伴う第1胃内容物の磨砕状態および胃内より流出して第3胃を通り、第4胃に移行した飼料片の形態を調べるため、第36号を用い、朝の飼付時に濃厚飼料 300g, 乾草 400g を給与し、摂食後30分, 1時間, 2時間, 3時間, 6時間, 24時間の6回, 第1胃および第4胃内容物を採取し、内容物中の全飼料片を集め乾燥後、各胃の飼料片を標準篩で篩分けし、その重量を測定した. その結果を Table 53 に示した.

Table 53. Weight of feed particles in the rumen and abomasum contents after feeding (g/100g contents).

	Hours of feeding	Dry matter	10mesh and over	20mesh and over	30mesh and over	40mesh and over	50mesh and over	Less than 50mesh
Rumen contents	1/2	6.103	2.735	1.148	0.549	0.587	0.307	0.777
	1	5.835	2.219	1.175	0.835	0.626	0.243	0.737
	2	4.958	1.963	0.945	0.634	0.594	0.301	0.521
	3	4.875	1.775	1.025	0.589	0.558	0.312	0.616
	6	4.440	1.367	0.924	0.570	0.620	0.246	0.713
	24	3.935	1.102	0.835	0.462	0.616	0.294	0.626
Abomasum contents	1/2	2.713	—	0.225	0.293	0.814	0.177	1.204
	1	3.074	—	0.179	0.303	0.833	0.364	1.395
	2	2.960	—	0.098	0.310	0.775	0.477	1.300
	3	3.571	—	0.198	0.372	1.025	0.433	1.543
	6	3.325	—	0.284	0.298	0.906	0.373	1.464
	24	2.786	—	0.119	0.319	0.708	0.294	1.346

B) 考 察 濃厚飼料の給与の形態の相違による第1胃内容物の第4胃への移行状態を Tables 51, 52 より考察すると、燕麦給与の場合は第4胃に摂食後1時間30分に30目篩以下の小片数ヶ出現するのを観察するに止まった. 一方ビートパルプ粉末では、第1胃内投与後30分に第4胃内容物が微赤色を呈する程多量に着色粉末の出現が観察された.

燕麦摂食後30分の第1胃内容物中の着色燕麦は、粒状のままか、若しくは1/2~1/3程度に圧潰された形態であったが、滞留時間の経過につれて粒状のものが次第に細くなり、微細な燕麦片が多くなる傾向が観察された. また第4胃内容物では、燕麦は総て碎片になり、30目篩以下の小片状で認められ、その量は漸次増加することが観察された. 従って燕麦粒は第1胃滞留中に反芻、胃運動による磨砕作用を受けた後、第1胃から第4胃へ移行するものと判断される.

ビートパルプ粉末給与では、第4胃内容物中の着色片の出現状態は燕麦給与の場合と異なり、投与後30分が最も多く観察されたが次第に減少し、2時間後では第1胃、第4胃ともに殆んど差異が認められない. ビートパルプは50~60目篩の微粉にして投与したため、第1胃より急速に移行の経過をとり、第4胃に流入したものと推察した.

第1胃より液体が速に移行することを CZEPA 等<sup>28)</sup>は X線観察により確認し、また広瀬等<sup>65)</sup>も X線観察により、流動態の硫酸バリウム液は比較的短時間に第1胃より第3胃、第4胃へ移行することを確認している. 従って粉状の飼料では第1胃内容物の液状の食糜とともに第3胃、第4胃に移行したものと思考される. LENKEIT 等<sup>96)</sup>は、第1胃からの移動状態は粉碎の程度によるとの見解をとっており、本

試験結果からも肯定された。

第1胃より第4胃に移行する食糜は、第3胃の機能を受けることが当然考えられるが、ビートパルプ粉末は短時間に第4胃内に多量の出現を見たことから、粉末飼料では第3胃において受ける作用は少ないことが推定された。

時間の経過に伴う第1胃および第4胃内容物の磨砕状態を考察するため、両胃内容乾物量に対する各種の篩を通過した飼料片の割合を Table 53 より算出して Table 54 に示した。

Table 54. Comparison of feed particles in the rumen and abomasum contents with the time after feeding proceeding (%).

	Hours after feeding	10 mesh and over	20 mesh and over	30 mesh and over	40 mesh and over	50 mesh and over	Less than 50 mesh
Rumen contents	1/2	44.81	18.81	9.00	9.62	5.03	12.73
	1	38.03	20.14	14.31	10.73	4.16	12.63
	2	39.59	19.06	12.79	11.98	6.07	10.51
	3	36.41	21.03	12.08	11.45	6.40	12.64
	6	30.79	20.81	12.84	13.96	5.54	16.06
	24	28.01	21.22	11.74	15.65	7.47	15.91
Abomasum contents	1/2	—	8.29	10.80	30.00	6.52	44.38
	1	—	5.82	9.86	27.10	11.84	45.38
	2	—	3.31	10.47	26.18	16.11	43.92
	3	—	5.54	10.42	28.70	12.13	43.21
	6	—	8.54	8.96	27.25	11.22	44.03
	24	—	4.27	11.45	25.41	10.55	48.31

第1胃内容物は摂食後の時間の経過により飼料片が次第に磨砕されて行く傾向が認められるが、第4胃内容物では経時的な影響は全く認められない。すなわち第1胃内容物は20目篩を通過しない飼料片が摂食24時間後においてなお50%内外を占めているが、第4胃では10目篩のものはなく、その大半は50目篩内外の微細な飼料片で占められており、第4胃内容は極めてよく磨砕されていることを示している。従って第4胃には、前胃において完全に機械的な処理を経た食糜のみが移行することが推察される。また第4胃内容物の飼料片が微細であったことは、第1胃滞留中に行われる反芻による再咀嚼、胃収縮運動等により食塊が受ける磨砕作用の強力であることを示唆するものであり、とくに機械的磨砕作用は摂食した粗剛な飼料の表面積を大にし、消化作用を受け易くする上に重要な意義があると思われる。

以上の結果より、第1胃から第4胃への食糜の移行時間は飼料の形態により顕著な差が認められ、粉状飼料は粒状飼料に比べ短時間に第4胃へ移行することが確認された。従って反芻家畜に飼料を微粉にして給与することは、反芻胃の消化作用を受けることが少なく速かに第4胃に移行するので望ましくなく、また濃厚飼料に切葉等を混じ、これに水、温湯等を加え、所謂「どぶ飼い」を行うときは、摂食した粉状飼料は第1胃より速かに流出すると判断され、飼養管理上十分考慮すべきものと思われる。

### III. 第1胃における飼料成分の変化に関する試験

反芻胃に嚥下された食塊が胃内滞留中における飼料成分の変化を経時的に考究するため、試料を試験容器に入れて胃内に挿入した後取り出し、その成分変化を調べるとともに、飼料に硫酸バリウムを混じて給与し、摂食後の各種時間に胃内容物を採取し、硫酸バリウムを指標として胃内における食糜の成分変化を調べた。

(1) 第1試験 第1胃瘻管を通して胃内に試験飼料および濾紙を容器に入れて投入し、一定

時間後に取出し分析を行い、飼料成分の変化を検討した。

A) 実験方法 生後1年6カ月を経過した山羊に大型の第1胃瘻管を装着し、手術後完全に常態に復した10日目より試験を行った。

試験飼料は無毒黄花ルーピン乾草粉末を用いた。なお試料は50目篩を通った粉末から更に80目篩以下の微粉を除いたものである。

試験容器は直径2.5cm、長さ4cmのガラス管に標準篩用100目篩金網を用いて、上蓋および下蓋を施し、この中に試料2g内外を採り、絹糸紐で十文字に結び、瘻管を通して第1胃腹部囊中に投入した。なお本試験容器を空のまま4日間胃内に投入した結果、水溶性の胃内内容物が容器の約 $\frac{1}{3}$ を充たしていたが、飼料片の混入は認められなかった。

試験容器を胃内挿入後、12時間、24時間、36時間および48時間目に取り出し、容器内のルーピン粉末を水洗した後、一般分析を行った。また対照として、トルオールを滴下した蒸留水に同一試料を浸漬し、38°Cの定温に保った後分析を行った。なお容器中の試料は胃内挿入中に水溶性胃内内容物の浸入および容器中で浸出された成分の一部が流出することも考えられたので、基準になるルーピン乾草成分は試料に蒸留水を加えて1時間放置後、水洗、濾過した残物を分析して算出した。

試験は更に繊維素の胃内滞留中における変化を見るため、定性濾紙(No. 1)を粉碎し、ルーピン乾草と同様に試料を調製し、試験容器に入れて胃内に挿入し、3時間、6時間、12時間、24時間、36時間および48時間後に取り出し、HENNEBERG等<sup>147)</sup>の方法により定量し、その成分変化を調べた。

B) 実験結果 第1胃内に挿入したルーピン乾草および定温器内で浸漬したルーピン乾草の分析結果はTable 55の通りである。

Table 55. Composition of lupine hay in the rumen<sup>1)</sup> and incubator<sup>2)</sup> (%).

		Moisture	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
Lupine hay		11.75	88.25	80.96	14.57	4.32	41.45	20.62	7.29
Lupine hay <sup>3)</sup>		37.83	62.17	60.26	10.62	2.67	21.93	25.04	1.91
Hours after putting into rumen	12	37.21	62.79	60.43	15.31	3.51	19.72	21.89	2.36
	24	33.75	66.25	62.94	18.51	5.86	16.79	21.78	3.31
	36	36.66	63.34	59.76	21.35	5.95	12.51	19.95	3.58
	48	35.83	64.17	60.04	25.71	7.33	8.77	18.23	4.13
Hours kept in incubator	12	38.45	61.55	59.10	10.59	2.45	21.63	24.43	2.45
	24	38.64	61.36	59.31	10.58	2.74	22.68	23.31	2.05
	36	38.40	61.60	59.65	10.69	2.57	22.85	23.54	1.95
	48	38.22	61.78	59.77	11.16	2.71	22.75	23.15	2.01

Remarks 1) : into which lupine hay, enclosed in the experimental tube, was put

2) : lupine added water was maintained at 38°C

3) : comminuted to 50~80 mesh and then water soluble nutrients were taken off

濾紙を用いて行った試験結果はTable 56の通りである。

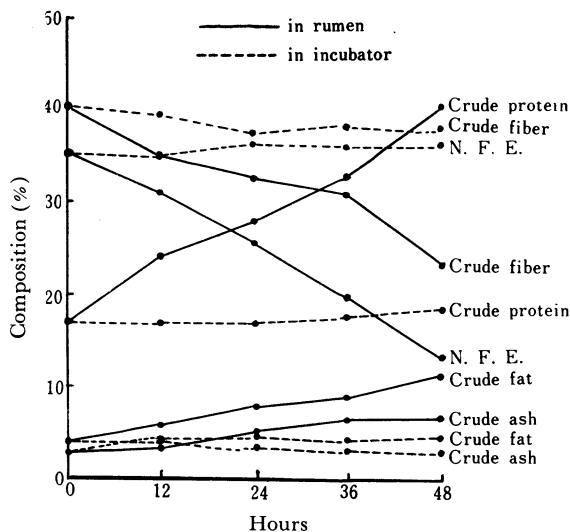
Table 56. Changes of cellulose of filter paper in the rumen (%).

Hours after putting into rumen	(Before)	3	6	12	24	36	48
Cellulose	81.61	81.58	80.28	79.10	71.04	68.91	62.24

C) 考 察 第1胃内滞留中におけるルーピン乾草粉末の時間の経過に伴う飼料成分の変化を考察するため、Table 55 より無水水中の各成分として換算して Table 57 に示し、また飼料成分の時間的変化を Text-fig. 6 に示した。

Table 57. Changes in composition of lupine hay in the rumen and incubator at various hours (% on dry basis).

		Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
Lupine hay		96.92	17.08	4.29	35.27	40.28	3.07
Hours after putting into rumen	12	96.24	24.38	5.59	31.41	34.86	3.76
	24	95.01	27.94	8.85	25.34	32.88	5.00
	36	94.35	33.71	9.39	19.75	31.50	5.65
	48	93.57	40.07	11.42	13.67	28.41	6.44
Hours kept in incubator	12	96.02	17.21	3.98	35.14	39.69	3.98
	24	96.66	17.24	4.47	36.96	37.99	3.34
	36	96.82	17.35	4.17	37.09	38.21	3.17
	48	96.74	18.06	4.39	36.82	37.47	3.25



Text-fig. 6. Changes in composition of lupine hay.

第1胃に挿入した容器中のルーピン成分と浸漬ルーピン成分とを比較すると、前者では時間の経過とともに顕著な差が認められるが、後者では殆んど飼料成分の変化が認められない。すなわち容器中で減少する成分は可溶性無窒素物および粗繊維であった。

可溶性窒素物は胃内挿入後24時間で約3割、48時間後では約6割減少し、粗繊維では24時間後約2割、48時間後約3割の減少を示しており、可溶性無窒素物の減少がとくに顕著であった。これ等の成分が単なる浸漬の場合より著しく減少を見たことは、容器中に浸入した胃内微生物により分解されたためと判断される。また逆に増加した成分は粗蛋白質、粗脂肪および粗灰分であり、粗蛋白質では挿入前に対して24時間後に約1.6倍、48時間後では約2.3倍となり、長時間挿入したものの程増加の傾向を示している。

粗蛋白質の増加は水溶性食糜とともに容器の金網目を通過した微生物の混入，容器中で増殖した菌体等による結果と考えられ，第1胃内容中の菌体蛋白質は可成りの量にのぼることを示唆している。

粗脂肪および粗灰分の増加は水溶性胃内容物，唾液および微生物等が容器内侵入により蛋白質と同様に定量の際，濾紙上に残ったためと推定される。

ルーピン乾草の試験容器中での挿入後の各時間における飼料成分の増減を検討するため，挿入前の成に対する挿入後の成分変化割合より，各成分の消化率を Table 55 より算出して Table 58 に示した。

Table 58. Digestibility of lupine hay in the rumen (%).

Hours after putting into rumen	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash
12	-1.00	0.70	-42.74	-30.30	10.94	13.46	-22.48
24	-6.56	1.97	-63.58	-106.29	28.15	18.37	-62.87
36	-1.88	2.65	-97.37	-118.88	44.00	21.80	-84.04
48	-3.22	3.46	-134.60	-166.20	62.57	29.47	-109.77

試験容器中のルーピン成分は，可溶性無窒素物および粗繊維が滞留時間の経過とともに消化される過程が明らかに認められる。可溶性無窒素物は24時間後28.15%，48時間後で62.57%が消化され，また粗繊維では24時間後18.37%，48時間後で29.47%の消化であり，粗繊維は可溶性無窒素物の消化率に比べ，約半分に止まっている。粗蛋白質，粗脂肪および粗灰分では前述の理由により消化率が負であった。濾紙の胃内滞留中における変化を見るため Table 56 から各時間に対する消失割合を Table 59 に示した。

Table 59. Rate of disappearance of filter paper in the rumen (%).

Hours after putting into rumen	3	6	12	24	36	48
Cellulose	—	1.63	3.08	12.95	15.56	23.74

挿入前に粗繊維含量81.61%の濾紙は48時間後に62.24%となり，消失割合は12時間後までは殆んど変化が認められない。しかし24時間後には12.95%，48時間後では23.74%が消失し，容器内で繊維質の消化がかなり活発に行われることが確認された。HALE<sup>57)</sup>は，牛にルーサン乾草を給与して調べた結果，繊維素は14時間以内に85%が胃内で消失することを観察し，またGRAY<sup>51)</sup>は，羊で可消化繊維素の70%が第1胃で消化が行われると結論している。

本実験成績は第1胃内での機械的消化作用並びに浸漬，混合，攪拌等の作用を受けていない。従って生体における反芻胃の消化と試験容器内の消化とではかなり様相が異なるものと考えられるが，反芻胃内消化の傾向としては略同様な推移により行われることが推測され，更に生体内ではより以上の消化作用が行われているものと判断される。

(2) 第2試験 反芻胃内における飼料成分の変化を飼料に硫酸バリウムを混じて給与し，硫酸バリウムを指標として調べた。

A) 実験方法 生後1年以上を経過した山羊第8号(昭和28年3月25日出生，体重28kg)および第9号(昭和28年3月10日出生，体重25kg)を用い，昭和29年4月24日より5月8日に至る15日間を，予備期10日(4月24日～5月3日)，本試験5日(5月4日～5月8日)として試験を行った。

飼養法は小麦麩400gおよびビートパルプ400gに給与量の3%に当る硫酸バリウムを飼料によく混合し，朝の飼付時に給与した。

第1胃内容物の採取を摂食10分後に行い，その後更に1時間，2時間，4時間，6時間，12時間およ

び24時間後の7回行い、5日間継続した。

採取した胃内容物は蒸発皿に採り、稀塩酸を滴下して乾燥した後、風乾燥状態となし、混合試料として一般分析および硫酸バリウムを定量した。硫酸バリウムの定量は次の方法<sup>63)</sup>によった。

試料10g内外を灰化した後、熱塩酸で抽出し、その残滓について炭酸熔融を行った後、熱水で抽出し、濾別した残滓を塩酸で溶解し、濾液に稀硫酸を加えて加熱し硫酸バリウムを沈澱せしめ、濾別し灰化して秤量した。なお本法により供試した硫酸バリウムを定量した結果、89.14%であった。

本試験期における糞も同時に採取し分析を行い、給与した飼料の消化率を算定し、第1胃内の成分変化と比較検討した。

B) 実験結果並びに考察 本試験に用いた飼料および排泄糞の分析結果は Table 60 の通りである。

Table 60. Composition of feeds and feces (%).

	Moisture	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash	Pure protein	BaSO <sub>4</sub>
Wheat bran	11.32	88.68	83.81	13.94	4.55	57.18	8.14	4.87	11.58	—
Beet pulp	14.22	85.78	83.20	7.94	0.99	56.94	17.33	2.58	7.02	—
Mixed feed <sup>1)</sup>	12.40	87.60	81.07	10.62	2.69	55.39	12.37	6.53	9.03	2.59
Feces No. 8	10.29	89.71	68.93	9.56	5.73	36.22	17.42	20.78	8.37	6.94
Feces No. 9	11.48	88.52	70.07	10.42	6.16	35.37	18.12	18.45	9.31	7.45

Remark 1): wheat bran 48.5%, beet pulp 48.5%, BaSO<sub>4</sub> 3%

本試験期間中における各山羊の摂食後の各時間に採取した胃内容物の分析結果を Table 61 に示した。

Table 61. Composition of the rumen contents (%).

Goat No.	Hours after feeding	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash	Pure protein	BaSO <sub>4</sub>
8	1/6	88.23	76.94	21.55	4.43	41.41	9.55	11.29	13.25	1.07
	1	87.98	76.62	21.81	4.55	40.56	9.70	11.36	13.67	1.15
	2	87.35	75.18	21.17	4.84	39.59	9.58	12.17	13.25	1.22
	4	87.86	74.52	21.05	4.59	38.53	10.35	13.34	12.95	1.34
	6	87.81	74.11	21.25	4.89	37.56	10.41	13.40	13.00	1.46
	12	87.13	72.57	20.95	5.03	35.81	10.78	14.56	13.16	1.59
	24	85.25	69.44	21.38	4.95	32.19	10.92	15.81	13.90	1.71
9	1/6	87.41	76.18	20.53	5.15	40.18	10.32	11.23	13.02	0.94
	1	88.33	75.86	20.29	5.84	39.28	10.45	12.47	13.40	0.98
	2	87.95	75.60	21.31	5.09	38.94	10.26	12.35	13.38	1.10
	4	88.16	75.33	20.64	5.27	38.03	11.39	12.83	13.24	1.25
	6	87.89	74.71	22.53	5.68	35.33	11.17	13.18	14.31	1.36
	12	87.75	72.86	21.18	5.93	34.10	11.65	14.89	13.74	1.49
	24	85.37	70.31	21.68	5.88	30.97	11.78	15.06	14.05	1.63

Table 61 より各採取時の胃内容物の barium ratio<sup>63)</sup>を算出し、摂食後の各時間における飼料成分の変化割合(第1胃消化率)を算定して Table 62 に示した。

摂食した濃厚飼料の第1胃内滞留中における成分変化を、barium ratioにより算出した数値には、摂食後の時間によって可成りの相違が認められる。また摂食後の同一時間においても成分により差異が認められる。

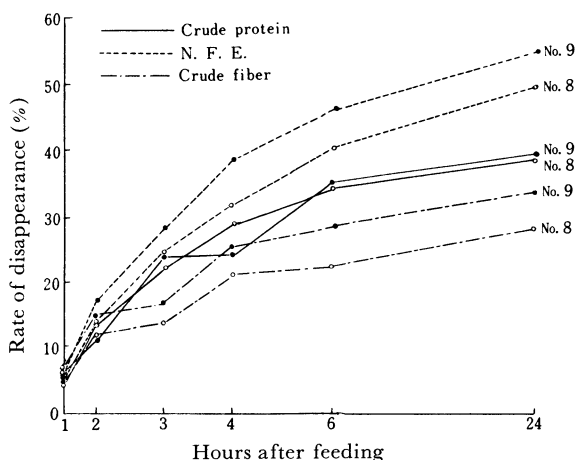


Table 62. Changes in composition of the rumen contents at various hours after feeding (Digestibility of feeds in the rumen by barium ratio method.) (%)

Goat No.	Hours after feeding	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Pure protein
8	1	7.23	7.34	5.81	4.35	8.86	5.60	3.96
	2	13.18	14.38	13.85	4.11	16.14	12.09	12.28
	4	20.48	22.67	22.00	17.15	25.71	13.55	21.97
	6	27.31	29.41	27.76	19.08	33.39	20.15	28.11
	12	33.54	36.51	34.56	23.67	41.80	22.95	33.20
	24	39.55	43.53	37.93	30.19	51.36	28.44	34.38
9	1	3.11	4.48	5.22	-8.76	3.88	2.91	1.29
	2	14.01	15.19	11.31	15.51	17.38	15.02	12.20
	4	24.19	25.64	24.40	22.99	28.83	17.03	23.54
	6	30.51	32.22	24.13	23.72	38.42	25.23	24.04
	12	36.70	39.66	34.94	27.37	46.44	28.78	33.43
	24	43.71	46.78	39.10	34.12	55.55	34.15	33.76

摂食1時間後は各成分ともに殆んど変化がなく、2時間後では11~17%の減少に過ぎない。4時間後頃より各成分は著しく減少の傾向を示し、また成分間に次第に差が認められる様になり、とくに可溶性無窒素物の変化が顕著であった。更に時間の経過とともに各成分は減少し、摂食24時間後では乾物40~44%、有機物44~47%が消失した。また粗蛋白質38~39%、純蛋白質34%内外、粗脂肪30~34%、可溶性無窒素物51~56%、粗繊維28~34%が胃内より消滅することを示している。

摂食後の時間の経過による粗蛋白質、可溶性無窒素物および粗繊維の変化の推移を Table 81 より Text-fig. 7 に示した。



Text-fig. 7. Disappearance of crude protein, nitrogen free extract and crude fiber in the rumen.

両供試山羊のこれ等成分の減少経過を見ると、略同様の推移によって胃内より次第に消失し、とくに可溶性無窒素物は他の成分に比べて、比較的急速な減少経過をとっている。

可溶性無窒素物は胃内微生物により速かに分解せられ、分解産物は胃壁より吸収され、また可溶性物質は胃内よりの流出が早いこと等により、他の成分に比べて早く消失したものと思われる。

粗繊維では可溶性無窒素物に比べ緩慢な減少経過をとったことは、胃内微生物の作用を除々に受けた後、次第に第1胃より消滅するものと判断される。MILES<sup>113)</sup>、BALCH<sup>4)</sup>等は、第1胃腹部囊でヘミセルローズおよびペントーザンの消化がよく行われると報じ、McANALLY等<sup>104)</sup>は、ヘミセルローズを絹袋に入れて第1胃に挿入した結果、速かに消失することを観察している。MARSHALL<sup>100)</sup>は乾草中のキシラン、また糸野等<sup>91)</sup>は稲藁から分離したキシランが第1胃で分解されると報じている。第1胃で可溶性無窒素物、粗繊維が醗酵を受け分解されることは、本試験の結果からも確認された。

粗蛋白質について見ると、摂食12時間後約35%内外、24時間後38~39%が第1胃より消失した。粗蛋白質の減少に比べて純蛋白質が摂食後の各時間とも低率であったことは、胃内微生物の増殖による菌体蛋白質の増加によるものと考えられる。

第1胃に嚥下された食塊は機械的に磨砕されて胃内より移動するとともに、時々刻々に分解され、胃内より流出あるいは胃壁から吸収等の経過を経て第1胃より消失するものと思われ。従ってこの間における食糜成分の変化の様相を的確に把握することは困難で、とくに硫酸バリウムを指標とした場合、バリウムが胃内容と同じ割合で第1胃より移動することを前提としている。この点については、硫酸バリウムは沈降性があるため疑わしいが、本試験の結果より第1胃における食塊成分変化の様相が推量される。

摂食した飼料の消化率と第1胃内における消化とを比較検討するため、Table 60より barium ratio を算出し、濃厚飼料の消化率を算定して Table 63 に示した。

Table 63. Digestibility of feeds by barium ratio method (%).

Goat No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Pure protein
8	61.77	68.27	66.34	20.19	75.60	47.49	65.33
9	64.87	69.94	65.85	20.19	77.79	49.16	64.18

供試した飼料の可溶性無窒素物の消化率は第8号75.60%、第9号77.79%であり、また粗繊維では第8号47.49%、第9号49.16%となっている。Table 62に示した摂食24時間後の胃内容成分と比較すると、可溶性無窒素物は第8号51.36%、第9号55.55%、粗繊維では第8号28.44%、第9号34.15%であったので、給与した飼料の消化は、第1胃内に24時間の滞留により可溶性無窒素物約7割、粗繊維6~7割が果されると推定された。なお摂食24時間後の胃内容成分と消化率では、前者は単に第1胃より消失した成分であり、後者では消化吸収した成分量より算出した数値であり、従って両者の数値には本質的な相違があるが、可溶性無窒素物および粗繊維の消化に第1胃の果す役割が大きいことが推測せられた。

#### IV. 第1胃内の吸収に関する試験 特に給与法の相違が吸収に及ぼす影響

第三章において給与法により胃内流入部位が異なることを観察したが、給与法の相違が吸収に及ぼす影響についての研究は殆んど行われていないので、胃内で急速に分解されるグルコースおよび胃内吸収について十分に検討されていない尿素を各種給与法により経口的に与え、その吸収状態を血中成分より調べるとともに、第1胃内容物を完全に排除した胃内に投与し、胃壁からの吸収を調べるため本試験を行った。

(1) 実験方法 供試動物は生後6ヶ月以上を経過した牡山羊5頭である。(第1, 2, 3, 5, 6号)

試験は最初給与法の相違による吸収状態を調べるため、(1)濃厚飼料に混じて摂食せしめた場合、(2)水に溶解して乳首を付けた哺乳瓶により吸飲せしめた場合、(3)容器から直接吸飲せしめた場合の3つの方法により、グルコースおよび尿素を与えた。給与前、給与後30分、1時間、1時間30分、2時間、3時

間、4時間、6時間および24時間後の9回、採血を行い、血中の血糖量および尿素窒素量を定量した。

飼料は豆腐粕250g、小麦麩250gを朝夕2回給与するとともに青草を自由に採食させた。

本試験に入るに先立ち、予備飼育中に各供試山羊の血糖量および血中尿素窒素量を測定し、本試験に移った。

グルコースおよび尿素を飼料と混合給与の際は豆腐粕によく混合し、また吸飲法による場合は微温湯200mlに体重1kg当りの量を溶解して吸飲せしめた。なお尿素は体重1kg当り2~5gでは吸飲を嫌う傾向があったので、粉乳10%液に溶解して与えた。またグルコース吸収試験の際に単胃動物の吸収状態と比較するため、家兎第1号(体重2,280g)、第2号(体重2,620g)の2頭について、山羊と同様に試験を行った。

給与法による試験終了後、第1胃内吸収試験を第1号、第2号の2頭を用いて行った。

第1号は第1胃瘻管を設け、瘻管より胃内容物を完全に取出し、胃内を微温湯で洗滌し、水分を排出し更に脱脂綿を用いて出来得る限り水分を拭い去った後、体重1kg当りグルコース1gおよび尿素0.5gを100mlの微温湯に溶解し、胃壁に塗布した。

第2号は第1胃洗滌を行い完全に反芻胃内容を除去した。その方法は1日間絶食を行った後、カテーテルで多量の微温湯を第1胃に流し込んだ後、吸引して内容物を排除し、この操作を洗滌液が透明になるまで反復して行い、最後に胃内の水分を出来得る限り排出した後、体重1kg当りグルコース2gおよび尿素1gを微温湯50mlに溶解し、カテーテルを用いて第1胃腹部囊に投与した。なお山羊は試験中横臥を禁じた。

採血は投与前、投与後30分、1時間、1時間30分、2時間、3時間、4時間、6時間後の8回行い、血中成分を定量した。

定量分析に用いた血液は山羊では頸静脈、家兎では耳静脈より5%の割合になるように拘縮酸ソーダを注射器に採り、採血を行い、FOLIN-WU法<sup>49)</sup>により除蛋白した濾液について血糖量および尿素窒素量を定量した。

血糖の定量はHAGEDORN-JENSEN法<sup>55)</sup>により、また尿素窒素ではVAN SLYKE検圧装置<sup>155)</sup>を用い、除蛋白濾液にウレアーゼを作用させて生ずる炭酸ガス量をマンメトリーにより測定した。

(2) 実験結果 摂食後経時的に採血を行い、血糖量および血中尿素窒素量を第2号、第6号について測定した結果はTable 64の通りである。

濃厚飼料に体重1kg当りグルコース3g、尿素1gを混合して与えた際の血糖量および血中尿素窒素量を一括してTable 65に示した。

Table 64. Blood sugar and blood urea concentration after feeding (mg/dl).

Hours after feeding	Goat No.			
	2		6	
	Blood sugar	Blood urea nitrogen	Blood sugar	Blood urea nitrogen
(Before)	64	14.6	55	12.5
1/2	66	14.5	53	13.7
1	65	13.9	54	14.0
1 1/2	59	14.3	56	13.8
2	64	14.5	54	14.0
3	64	14.7	53	13.5
4	60	14.0	52	13.2
6	59	13.5	50	14.0
24	66	13.8	54	13.7

Table 65. Blood sugar and blood urea concentration following feeding of concentrate added glucose<sup>1)</sup> and urea<sup>2)</sup> (mg/dl).

Hours after feeding	Blood sugar								Blood urea nitrogen			
	Goat No. 2		Goat No. 6		Rabbit No. 1		Rabbit No. 2		Goat No. 2		Goat No. 6	
	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures
Before	65	100	54	100	148	100	157	100	14.5	100	13.2	100
1/2	64	98	56	104	197	133	180	115	21.2	146	22.5	170
1	65	100	55	102	229	155	189	120	24.8	171	27.1	205
1 1/2	67	103	55	102	185	125	209	133	26.0	179	28.5	216
2	64	98	52	96	165	112	186	119	30.5	210	36.5	277
3	60	92	50	93	158	107	164	105	27.7	191	28.5	216
4	63	97	53	98	156	105	152	97	24.3	168	22.2	168
6	56	86	50	93	147	99	149	95	19.1	132	20.5	155
24	64	98	55	102	150	101	154	98	14.8	102	14.3	108

Remarks. 1) : 3g glucose per kg. of body weight.  
2) : 1g urea per kg. of body weight.

グルコース 3~5g, 尿素 1g を微温湯に溶解し, 飲水時の要領で吸飲せしめた際の試験結果を一括して Table 66 に示した.

Table 66. Blood sugar and blood urea concentration following solution of glucose and urea feeding from a bucket (mg/dl).

Hours after feeding	Blood sugar						Blood urea nitrogen	
	Goat No. 2		No. 2		No. 3		No. 5	
	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures
(Before)	62	100	63	100	86	100	12.5	100
1/2	64	103	66	105	88	102	25.2	202
1	69	111	70	111	87	101	29.3	234
1 1/2	67	108	71	112	93	108	31.1	249
2	67	108	70	111	95	110	31.5	252
3	58	94	62	98	88	102		
4	62	100	63	100	85	99		
6	64	103	62	98	86	100		
24	65	105	64	102	83	97		
Dose	3g/kg glucose		5g/kg glucose		3g/kg glucose		1g/kg urea	

グルコース 1~3g, 尿素 1~5g を溶解して, 乳首を付けた哺乳瓶により吸飲せしめた際の結果を一括して Table 67 に示した.

グルコースおよび尿素を胃壁に塗布および胃内に注入して, 第1胃における吸収を試験した結果を一括して Table 68 に示した.

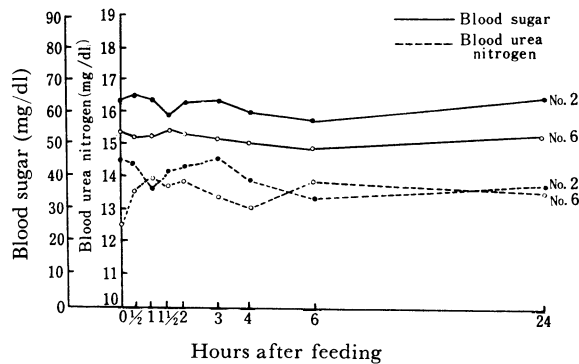
Table 67. Blood sugar and blood urea concentration following solution of glucose and urea feeding through a nipple (mg/dl).

Hours after feeding	Blood sugar												Blood urea nitrogen					
	Goat No. 1		No. 2				No. 3						No. 2		No. 3			
	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures
(Before)	60	100	62	100	66	100	78	100	85	100	88	100	15.8	100	10.1	100	12.8	100
½	71	118	73	118	85	129	96	123	103	121	105	119	20.7	131	28.6	283	35.1	274
1	84	140	88	142	95	144	98	126	119	140	125	142	26.3	166	43.9	435	47.9	374
1½	95	158	79	127	88	133	108	138	103	121	101	115	34.2	216	45.1	447	54.0	422
2	77	128	72	116	83	126	90	115	89	105	94	107	41.1	260	57.1	565	64.0	500
3	66	110	68	110	80	121	82	105	80	94	82	93	34.9	221	47.5	470	58.1	454
4	64	107	66	106	60	91	83	106	77	91	84	95	26.5	168	44.6	442	55.4	433
6	64	107	63	102	64	97	85	109	76	89	85	97	19.3	122	34.7	245	37.9	296
24	62	103	64	103	64	97	78	100	79	93	90	102	16.7	106	9.3	92	14.5	113
Dose	3g/kg glucose		2g/kg glucose		3g/kg glucose		1g/kg glucose		2g/kg glucose		3g/kg glucose		1g/kg urea		2g/kg urea		5g/kg urea	

Table 68. Blood sugar and blood urea concentration following solution of glucose and urea applying directly to the rumen wall after removing contents completely (mg/dl).

Hours after administration	Goat No. 1				Goat No. 2			
	Blood sugar		Blood urea nitrogen		Blood sugar		Blood urea nitrogen	
	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures	Concentration	Rate figures
(Before)	72	100	12.2	100	70	100	11.5	100
½	105	146	29.7	243	123	176	32.4	282
1	114	158	33.8	277	155	221	34.5	300
1½	104	144	30.4	249	134	191	39.6	344
2	99	137	32.5	266	125	179	41.0	366
3	87	121	31.1	255	98	140	42.5	370
4	72	100	30.7	252	78	113	42.8	372
6	73	101	32.8	269	73	104	43.2	376
Dose	1g/kg glucose		0.5g/kg urea		2g/kg glucose		1g/kg urea	

(3) 考 察 血糖, 尿素は何れも血中常在成分であり, 飼養状態等による変動が考えられたので, 試験飼料を給与した際の摂食後の時間の経過に伴う血糖量および血中尿素窒素量の消長を考察するため, Table 64 よりその消長曲線を図示すれば Text-fig. 8 の通りである。



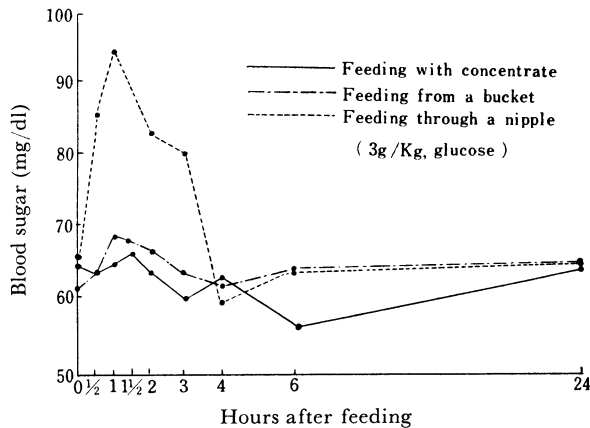
Text-fig. 8. Effect of feeds on blood sugar and blood urea concentration.

摂食後時間の経過による血糖量の消長は, 第2号 最高値 66mg/dl, 最低値 59mg/dl, 第6号では同じく 56mg/dl, 50mg/dl であり, 第6号が僅かに低い値を示したが何れも変動は少ない。

また血中尿素窒素量では, 第2号 13.5~14.7mg/dl, 第6号 12.5~14.0mg/dl であり, 1.2~1.5 mg/dl の増減に過ぎず, 血糖値と同様に摂食による影響は少ないことが認められた。

1) 給与法の相違による考察 グルコースを飼料に混合して給与した場合, 水に溶解して飲ませた場合および水に溶解して乳首で飲ませた場合の吸収状態を考察するため, Tables 65, 66, 67 より第2号に体重 1 kg 当り 3 g を投与した際の血糖値の時間的推移を Text-fig. 9 に示した。

グルコースの給与による血糖値は, 濃厚飼料に混じて与えた場合および溶解して吸飲せしめた場合は殆んど差異が認められないが, 乳首で吸飲せしめた場合では明らかに異なった様相を示している。すなわち体重 1 kg 当り 3 g の混合給与では血糖値に何等変化がなく, また体重 1 kg 当り 3 g および 5 g の割合に溶解し吸飲せしめた場合, 1時間~1時間30分後に10%内外の血糖値の上昇を示したが, Text-fig. 8 に示した摂食後の血糖値の消長と殆んど差が認められない。



Text-fig. 9. Effect of glucose feeding methods on blood sugar level.

グルコースの経口投与による血糖値の消長について、既に RANKIN<sup>124)</sup> が高濃度のグルコース投与では第1胃から吸収されるが、低濃度では行なわれないことを指摘し、また SCHAMBYE<sup>133)</sup> は、多量の経口投与の場合に血糖値が上昇すると報じている。BELL 等<sup>9)</sup> は牛で体重1kg 当り8gの投与で静脈血の血糖量の上昇を認め、また DOUGHERTY 等<sup>33)</sup> は、牛および羊で同じく3.7gの経口投与では上昇が観察されたが、1.5gでは全く認められないと報じている。従って第1胃からの吸収は多量の投与の際に限って行われ、血糖値の上昇があるものと推測される。

グルコースを溶解し乳首により吸飲せしめた場合、投与量に関係なく何れも血糖値は著しく上昇し、その消長は家兎のそれと殆んど一致した。すなわち吸飲後1時間~1時間30分に最高値になり、以後急速な減少経過をとり、2時間~3時間後には殆んど山羊が正常値に復した。

血糖量の増加は体重1kg 当り1gの場合38.5%、2gで40.0~41.9%、3gでは42.0~58.3%であり、投与量の多い場合が比較的高く、また高水準を維持する傾向が認められた。とくに第1号の3g投与の場合は顕著であった。

以上の結果より、乳首吸飲の場合に顕著な血糖量の増加が認められ、その推移は家兎のグルコース給与による血糖値の消長に類似しており、グルコースは吸収されることを確認した。

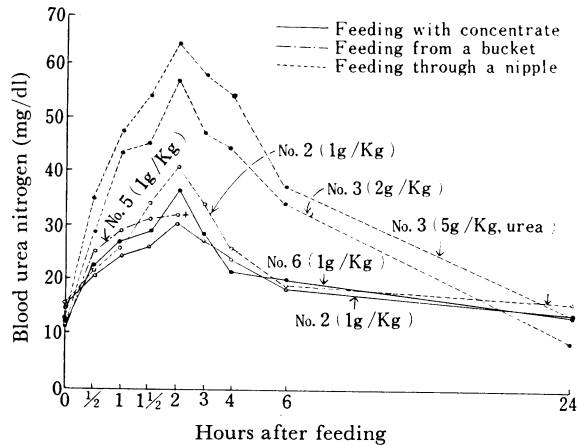
乳首吸飲の場合にグルコースが第4胃に流入することは前報の試験で明らかであり、第4胃に嚙下したグルコースは、家兎と同様な機構により吸収が行われると判断した。

第1胃に飼料とともに、あるいは飲水とともに入ったグルコースは、おそらく胃内微生物により急速に醗酵利用され、グルコースの形では残存せず、そのため第1胃壁から吸収される様なこともなく、また以降の消化管での吸収も顕著に起らないものと推定される。

各給与方法による尿素の吸収について、血中尿素窒素量の消長より考察するため、Tables 65, 66, 67 より吸収曲線を描き、Text-fig. 10 に示した。

血中尿素窒素量は給与方法の相違により僅かの差異が認められるが、その推移には殆んど違いを認め難く、何れも尿素摂取後血中尿素窒素濃度が上昇し、2時間後に最高値を示し、その後次第に減少の経過をとり、24時間後では常値に復した。体重1kg 当り1gを飼料に混合給与の第2号、第6号は2時間後に給与前の210~277%の増加が認められた。また同量を溶解して吸飲せしめた第5号は典型的な尿素中毒症状を呈し、吸飲後15分にやや沈静状態となり、45分後に横転苦悶し、2時間10分後に強直性痙攣を発して頓死した。死亡するまでの血中尿素窒素量の消長は、他の試験と殆んど差異が認められない。

乳首吸飲法によった第2号、第3号は何れも異常がなかった。とくに第3号では体重1kg 当り2gおよび5gを吸飲せしめたが障害はなかった。海塩等<sup>78)</sup> は尿素の水溶液が第4胃に入ると、急激な神経



Text-fig. 10. Effect of urea feeding methods on blood urea nitrogen level.

性痙攣を起し斃死すると報じ、尿素中毒の原因は尿素の中間分解産物、アンモニウムカルバメートの増加によるものと推定している。本試験では致死量の数倍量を乳首吸飲せしめても中毒症状を呈しないことから、尿素の第4胃流入によっては中毒症を起さないと断定される。

乳首吸飲による血中尿素窒素濃度の消長は、1g吸飲では同量の尿素を飼料に混合給与の場合と殆んど同様に推移したが、投与量の増加により尿素窒素濃度は顕著な増加が認められた。2～5g投与により1時間後に常値の374～435%に増加し、2時間後の最高値は500～565%になり、6時間後においてなお投与前の245～296%の高濃度を維持することが認められた。従って尿素は投与量により血中尿素濃度が著しく影響されるものと判断される。

尿素投与後における血中尿素濃度の推移は、グルコース投与と異なり給与法による差異が全く認められない。尿素が飼料あるいは飲水とともに第1胃に入り、胃内微生物により分解を受けてアンモニアを生成し、再びこれが微生物に利用され、一部は胃壁より吸収された後、肝臓で尿素に再び合成され<sup>109)</sup>、これにより血中尿素濃度が高まるため、乳首吸飲により尿素が第4胃に流入した際の血中尿素濃度と同じ推移を示すものと推定される。また体重1kg当り1gを溶解し吸飲させた際の尿素中毒は、胃内で急激なアンモニアの分解が起り、胃壁より急速に吸収され、血中アンモニア濃度は肝臓の尿素への解毒量以上に高まるため、これが原因となるものと判断され、広瀬<sup>69)</sup>の報ずる尿素中毒はアンモニアの中樞神経刺激による窒息死との見解が肯定された。

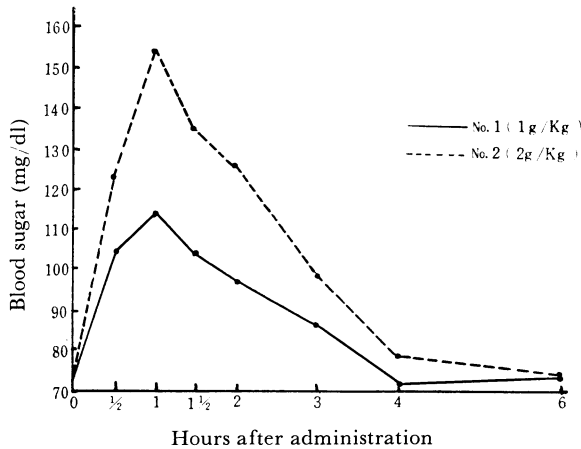
2) 第1胃内吸収についての考察 第1胃壁に塗布および胃内投入によるグルコースの吸収を考察するため Table 68 より血糖濃度の時間的推移を Text-fig. 11 に示した。

グルコースを体重1kg当り1gを胃壁に塗布した第1号は、塗布前72mg/dlであったが、塗布後1時間目に114mg/dlとなり、158%増加し、4時間後に常値に復した。また2g胃内注入の第2号は第1号に比べ、血糖量は急激に増加し、注入前70mg/dlが1時間後に最高値155mg/dlとなり、221%の増加が認められ、両山羊ともに同様な推移を示した。また血糖濃度の推移は家兎のグルコース投与試験結果によく一致した。これにより第1胃壁よりグルコースの吸収が速に行われることが確認された。

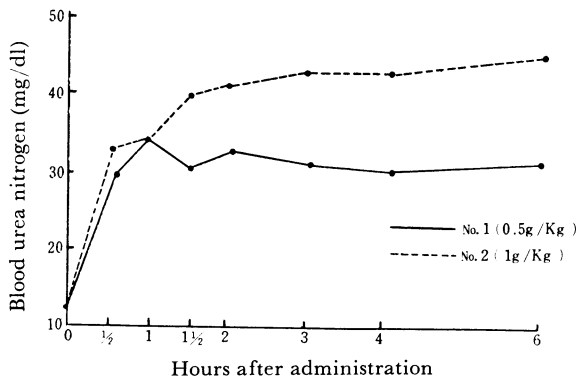
Tsuda<sup>152)</sup>は山羊で第1胃小胃法によりグルコースの吸収を確認し、また Rankin<sup>124)</sup>その他多くの研究<sup>8, 33, 133)</sup>により、大量のグルコースの経口投与の際には第1胃より吸収されることが指摘されているが、少量の場合では第1胃において微生物により速かに酵酵されるため、第1胃での吸収はないものと断定される。

尿素の第1胃吸収について考察するため、Table 68 より血中尿素窒素濃度の時間的推移を Text-fig. 12 に示した。





Text-fig. 11. Blood sugar level following glucose applying directly to the rumen wall.



Text-fig. 12. Blood urea nitrogen level following urea applying directly to the rumen wall.

尿素を胃壁塗布の第1号(体重1kg当り0.5g)は塗布前12.2mg/dlが塗布後30分29.7mg/dlに増加し、1時間後に最高値33.8mg/dlとなり、爾後殆んど減少することなく推移し、何れも常値の249~269%の高濃度を持続した。胃内注入の第2号(体重1kg当り1g)では注入前の11.5mg/dlが注入後30分に32.4mg/dlとなり、常値の282%の増加を示し、爾後時間の経過とともに漸増する傾向が観察され、6時間後43.2mg/dlであり、何れも常値の300~376%の増加を示している。

以上の結果より見て、尿素の吸収速度はグルコースに比し緩慢なことを示している。Tsuda<sup>152)</sup>は低濃度の尿素では胃壁から殆んど吸収がなく、5%濃度で吸収が行われたと報じている。本試験においては、尿素の胃壁からの吸収速度は遅いことが認められた。

第1胃内容物を排出し完全に胃内を洗滌した後、尿素を胃壁に塗布あるいは胃内注入の場合、胃内微生物による分解が起きない様な条件下では、アンモニアに分解されずに尿素のままの形で胃内に残るため、尿素を溶解して投与した場合に起る障害は全く認められず、吸収も遅く長く持続するものと推察された。また胃内微生物によりアンモニア分解が起れば、胃壁よりアンモニアが急速に吸収され、血中尿素濃度が高まり、尿素は比較的短時間に処理され胃内より消失するため、血中尿素濃度の推移は給与試験の際と同じ経過をとるものと推定された。

## V. 第1胃内繊毛虫類に関する試験

第1胃に棲息する繊毛虫類が、その動物の栄養生理上の役割、とくに繊毛虫体の蛋白質問題を検討するため、胃内容物より繊毛虫体を純粋分離する方法並びに各種の飼料を給与した山羊の第1胃内容物について、純粋分離に最も適する胃内容物を調べるとともに、虫体の純粋分離を行い、その組成、蛋白質人工消化率およびアミノ酸組成等について調査した。

(1) 実験方法並びに結果 完熟に達した去勢牡山羊2頭を供試し、第1胃内容物を朝の飼付前にカテテルを用いて採取し、繊毛虫数をプランクトン計算板を使用して算定した。

A) 胃内容物中より繊毛虫の純粋分離法 FERBER<sup>43)</sup>は第1胃内容物に水を加えて遠心し、上澄液中のバクテリアを完全に除去した後、沈澱物を長頸試験管に採り蒸留水を加えて振盪し、暫時静置すれば飼料片は急速に沈降し、繊毛虫は液中に浮遊するので、遠心沈澱して分離を行っている。本法を追試した結果、繊毛虫の形態と同程度の大きさに磨砕された繊維片および繊毛虫より微細になった繊維片の分離が極めて困難であり、鏡検の結果は相当量の繊維片の混在が認められた。ことに粗飼料を多給した際の胃内容物ほど繊維片の混在が多かった。

繊毛虫の純粋分離の際に障害となる繊維片の混在を出来得る限り少なくするために、給与する飼料について調べた。

供試した飼料は小麦麩、大麦糠、米糠、青草およびれんげ乾草である。

胃内容物より繊毛虫の純粋分離は次の方法により行った。

第1胃内容物 500g に蒸留水 2 l を加えて攪拌し、二重ガーゼで濾過した濾液を土壤淘汰分析法<sup>47)</sup>に準じて処理し、水流を加減して最後のフラスコ中に繊毛虫が集まる様に調節し、水で洗滌した後、沈澱物を長さ 50cm 直径 3 cm のガラス管に流し込み、水を加えてよく振盪し、繊毛虫を水中に浮遊せしめ、繊毛虫がガラス管の底部に沈澱しない間に吸い取り、遠心沈澱して繊毛虫体を集めた。

給与した飼料による繊毛虫数の消長および純粋分離の難易について試験を行った結果を Table 69 に示した。

Table 69. Numbers of infusoria in the rumen contents of goats on various feeds.

Date	Goat No. 1			Goat No. 2		
	Numbers of infusoria	Consistence	Feeds	Numbers of infusoria	Consistence	Feeds
June 10	856 <sup>1mm<sup>3</sup></sup>	Normal		921 <sup>1mm<sup>3</sup></sup>	Normal	
14	923	Thin		987	〃	
18	1,054	Thick	Grass	1,125	Thick	Barley bran
20	895	Thin	Hay	1,243	Normal	Hay
22	981	〃	(Difficult to separate infusoria)	918	Thin	(Difficult to separate infusoria)
Average	942			1,039		
July 1	2,596	Normal		1,421	Thin	
3	2,464	〃		1,254	Normal	
5	2,727	Thick	Wheat bran	1,080	Thin	Rice meal
8	2,798	Normal		980	Thin	
10	2,874	Thick	(Easy to separate infusoria)	1,356	Normal	(Easy to separate infusoria)
Average	2,692			1,218		

粗飼料の給与を行った第1胃内容物中より繊毛虫を純粋分離することは困難であったが、小麦麩単飼の場合には最も結果がよく、とくに繊毛虫数は他の飼料に比べ2.5倍を示し好結果であった。また米糠単飼の胃内容物でも繊毛虫の分離は容易であったが、虫数が少なかった。

繊毛虫類の純粋分離に用いた胃内容物は全て小麦麩単飼期のものである。なお分離した繊毛虫体は鏡検した結果、小型の *Entodinium* 属のもので、大型の *Diplodinium* 属およびその他の属のものは殆んど認められず、また繊維片の混在は極めて少なかった。沈澱管底に集めた繊毛虫体は吸収板上に薄く拡げ、減圧乾燥を行い供試々料とした。

B) 繊毛虫体の組成並びに虫体蛋白質の人工消化試験 純粋分離した 繊毛虫体の 分析結果を Table 70 に示した。

Table 70. Composition of infusoria separated from the rumen contents (%).

	Moisture	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	Carbo-hydrate <sup>1)</sup>	Crude ash	Pure protein
Infusoria	10.49	89.51	86.69	38.29	5.19	43.21	2.82	36.47
On dry basis	—	100.00	96.85	42.78	5.80	48.27	3.15	40.74

Remark. 1): carbohydrate % = 100% - (moisture % + crude protein % + crude fat % + crude ash %)

なお純蛋白質は STUTZER 法<sup>147)</sup>により定量し、また炭水化物は水分、粗蛋白質、粗脂肪および粗灰分の合計を100%より控除して算定した。

繊毛虫体蛋白質の消化程度を検討するためペプシンを用いて人工消化試験を行うとともに、動物性蛋白質のカゼインおよび魚粉、植物性蛋白質飼料として大豆粕および小麦麩について同様に試験した。人工消化試験は次の方法により行った。

エーテルで脱脂した試料 0.4~0.5g にペプシン 0.2g、蒸留水 96ml、25%塩酸 2 ml を加え、37°C の定温器中に24時間放置し、25%塩酸 2 ml を追加し更に 24時間放置した後濾過し、残渣中の窒素を定量して算出した。その結果は Table 71 の通りである。

Table 71. Artificial digestion coefficient of the protein in infusoria and various feeds by pepsin (%).

	Crude protein	Digestible protein	Digestion coefficient
Infusoria	38.29	32.03	83.65
Casein	82.76	81.88	98.94
Fish meal	50.59	45.75	90.43
Soybean oil meal	40.75	38.29	93.96
Wheat bran	14.62	11.62	79.48

C) 胃内容物中の繊毛虫体蛋白質含量 第1胃内容物の窒素分布に関する多くの研究<sup>13,76,137)</sup>は、何れも少量の胃内容物中より各種の窒素を分離し定量を行っているので誤差を伴い易く、その上 *Entodinium*, *Diplodinium*, *Isotricha* 属等の形態が甚しく異なるものを飼料片より分離して定量することは不可能に近い。そこで著者は、胃内容物中の繊毛虫体蛋白質量を調べるため、純粋分離した *Entodinium* 属の浮遊液を作り、その溶液中の繊毛虫数を算定した後、常法により窒素を定量し虫体蛋白質量を算出した。*Diplodinium* 属は純粋分離することが困難であったので、*Entodinium* 属との混合液について同様に窒素を定量し、*Diplodinium* 属の蛋白質量を概算した。なお飼料片を完全に除くことが出来ず、鏡検により繊維片の混在は1~2割程度と判定した。

浮遊液中の繊毛虫数と蛋白質量を測定した結果を Table 72 に示した。

D) 繊毛虫体蛋白質のアミノ酸組成 繊毛虫体を構成する蛋白質のアミノ酸組成について、ペーパクロマトグラフ法により調査した。

Table 72. Relation between the numbers of infusoria and the infusorial protein.

Numbers of infusoria	<i>Entodinium</i>	<i>Diplodinium</i>	Total N.	Protein	
404 <sup>lmm<sup>3</sup></sup>	404 <sup>lmm<sup>3</sup></sup>	— <sup>lmm<sup>3</sup></sup>	10.5 <sup>mg</sup>	65.6 <sup>mg</sup>	
983	983	—	28.4	177.5	
1,567	1,567	—	38.8	242.5	
985	985	—	25.9	161.3	Average
	1,000	—	26.3	164.4	<i>Entodinium</i>
657	536	121	33.8	211.3	
961	712	249	70.1	438.1	
1,943	1,528	415	84.7	529.3	
1,187	925	262	62.9	393.1	Average
		1,000	147.3	920.6	<i>Diplodinium</i>

1) 試料の調製：純粋分離した繊毛虫体に10倍量の6N塩酸を加えて加水分解した後、減圧濃縮を行った試料および同じく10倍量の10%水酸化バリウムを加えて加水分解し、醋酸で中和し更に塩酸々性としてバリウム塩を除いた濾液を減圧濃縮して試料とした。

2) ペーパークロマトグラフィー<sup>93,102</sup>：ペーパークロマトグラフ装置（東洋濾紙製C号器）を用い、一次元および二次元上昇法を行った。

一次元上昇法は東洋濾紙 No. 50 一次元用濾紙（3×40cm）の一端より5cmの点に毛細ピペットで試料を付着せしめた後、展開を行った。

二次元上昇法は東洋濾紙 No. 50 二次元用濾紙（40×40cm）の一隅より5×5cmの交点に試料を付着せしめた後、展開を行った。

展開溶剤は、(1) フェノール、(2) フェノール（フェノール4部+水1部+0.1%アンモニア）、(3) nブタノール、醋酸混合液（4：1）を用いて展開を行った後、アミノ酸の顕色試薬として0.2% ニンヒドリン-ブタノール溶液を噴霧し95°Cの乾燥器中で加熱して生ずる呈色部位のRf値を測定し、同一条件で実施した既知アミノ酸のRf値と比較対照して決定した。

3) 実験結果：繊毛虫加水分解試料中に確認されたアミノ酸および既知アミノ酸のRf値を一括し

Table 73. Amino acids contained in infusoria and its Rf values with paper chromatography.

Amino acid	Solvent		
	Phenol	Phenol (added ammonia)	n-Butanol, acetic acid (4:1)
Alanine	0.54 ~ 0.58	0.56 ~ 0.60	0.38
Valine	0.74 ~ 0.78	0.81	0.52
Leucine	0.85	0.86	0.67
Isoleucine	0.86	0.87	0.61
Serine	0.30 ~ 0.32	0.34	0.26
Threonine	0.50	0.49	0.32 ~ 0.36
Glutamic acid	0.18 ~ 0.22	0.27 ~ 0.29	0.31
Cystine	0.15 ~ 0.19	0.25	0.13
Lysine	0.43	0.80	0.16
Arginine	0.50 ~ 0.55	0.83	0.23
Tryptophane	0.80	0.77	0.32

て示すと Table 73 の通りである。

(2) 考 察 第1胃内容物中より織毛虫の分離は、粗飼料を給与した際の胃内容物では、微細に磨砕された飼料片の混在が多く困難であったが、小麦麩、米糠の如き濃厚飼料単飼の場合は殆んど純粹に虫体のみを分離することが出来た。また虫体の分離は直接虫体を遠心分離する従来の方法に比べ、最初に土壌陶汰分析法の要領で、飼料片とともに混在する虫体を水流を加減して水洗した後、虫体を遠心沈澱して集める方法が好結果が得られた。

分離した織毛虫体組成は Table 70 に示した様に粗蛋白質38.29%、粗脂肪5.19%、炭水化物43.21% および粗灰分2.82%であり、また純蛋白質36.47%で、粗蛋白質の95.25%が純蛋白質であった。また虫体無水物中の粗蛋白質は42.78%、純蛋白質は40.74%であったが、炭水化物は48.27%で、虫体成分中最も多量に含有されている。蛋白質含量に比べ炭水化物含量が多いことは、織毛虫が摂取した繊維片<sup>32, 37, 136</sup>、澱粉粒<sup>92, 151, 153</sup>等が可成りの割合を占めるものと推定される。織毛虫体組成について、亀岡等<sup>77</sup>は粗蛋白質34.92~47.10%、澱粉質25.59~44.82%と報じ、また神立<sup>81</sup>は粗蛋白質含量は時期により差があり、夏期51.90%、冬期37.43%、また可溶性無窒素物37.25% (夏)、51.20% (冬)と報じており、本試験の虫体組成は略一致した数値を示した。

織毛虫体蛋白質の消化性について、ペプシンによる人工消化試験結果を Table 71 に示した通り、虫体蛋白質の消化率は83.65%であり、カゼインに比べ15.29%低率であった。また大豆粕蛋白質より10.31%低く、小麦麩蛋白質より僅かに高いことが確認された。

McNAUGHT 等<sup>111</sup>は細菌および虫体蛋白質の消化率を、71%および91%と報じ、虫体蛋白質は菌体蛋白質より消化し易いことを指摘しており、織毛虫体は以降の消化管において消化吸收され、その動物の蛋白質源になるものと判断される。

蛋白質の給源としての織毛虫体蛋白質量を Table 72 より検討して見よう。

第1胃内容物1mm<sup>3</sup>当り *Entodinium* 属1,000個体棲息する場合、粗蛋白質含量は0.164g/dlとなり、また *Diplodinium* 属では *Entodinium* 属に比べ約5.6倍量の0.921g/dlの多量となる。本試験の第1号山羊の体重は45kgであったので、反芻胃全内容量を神立等<sup>80</sup>の見解に従って体重の約 $\frac{1}{3}$ 量と見なし、15lと推定すれば、小麦麩単飼期の織毛虫数は約2,700個体であるから、全胃内容物中の虫体蛋白質量は約66gと算定された。また他の飼料給与期の織毛虫数は平均1,000個体であり、この場合は約25gの虫体蛋白質を含有することになる。

第1胃に見出される織毛虫の種類は非常に多く<sup>6, 32</sup>、飼養条件により種類のにも数量的にも変動するが、普通飼養の場合では主として *Entodinium*、*Diplodinium* 属等である<sup>43, 62</sup>。とくに *Entodinium* 属は多数が見出され、また形態の大きい *Diplodinium* 属も可成りの数が常時観察されるので、*Entodinium* 属で概算した虫体蛋白質量より更に多量になり、蛋白質の給源に役立つものと判断される。

織毛虫体蛋白質量の多寡は虫体数および種類により異なり、とくに *Diplodinium* 属等の増殖は、虫体蛋白質の増加に役立つものと思われる。

SCHWARZ<sup>137</sup>は胃内全窒素の20%が虫体窒素量と見做しており、亀岡等<sup>76</sup>も同様に20%以上を越えるとして報じている。また FERBER<sup>43</sup>は胃内容1mm<sup>3</sup>当り900個体棲息する場合、 $\frac{1}{2}$ 量が虫体量であり、また全窒素の10~15%が虫体窒素としている。これ等の試験は何れも第1胃内容物の全窒素に対する虫体窒素の割合を調べたもので、虫体蛋白質量について行っていない。本試験において、虫体数および種類による蛋白質含量を確認した。

虫体蛋白質のアミノ酸組成は Table 73 の如く、虫体より確認されたアミノ酸はアラニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、スレオニン、グルタミン酸、シスチン、リジン、アルギニン、トリプトファンおよびセリンの11種である。

虫体は脂肪族のアミノ酸が大部分を占め、その中モノアミノモノカルボン酸6種類、ジアミノモノカルボン酸2種、モノアミノジカルボン酸1種類であり、含硫アミノ酸および異種環状アミノ酸各々1種

類が検出された。また栄養上必須アミノ酸はバリン、ロイシン、イソロイシン、スレオニン、リジンおよびトリプトファンの6種類を確認した。亀岡等<sup>7)</sup>は虫体より16種類のアミノ酸を分離したと報じている。本試験では11種類であったことは小麦麩単飼を行った胃内容物中より分離した虫体であり、飼養条件の差異にもとづくものと推定される。

第1胃内に棲息する織毛虫類の虫体蛋白質は、反芻家畜に栄養価の高い蛋白質の給源として役立つものと判断される。

## VI. 結 論

### (1) 第1胃における食塊の滞留、移行および機械的消化に関する試験

(1) 反芻胃に嚥下した食塊は摂食24時間後では約2割が第1胃より移行するが、以後時間の経過とともに毎日 $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 量ずつ移行し、なお6日後に痕跡程度が胃内に残留した。食糜は長時間にわたり胃内に滞留し、その移行は略定量的に行われることが認められた。

(2) 食糜が胃内滞留中に受ける機械的作用は、時間の経過に伴ってあらゆる飼料片が $\frac{1}{2}$ に減少すると、微細な飼料片が2倍量に増加する規則的な経過をとって、漸次磨砕されることが確認された。

(3) 粉状飼料は急速に第1胃より第4胃へ移行するが、粒状飼料では磨砕された後に第4胃に移行し、飼料の給与形態により第1胃の滞留、移行状態には顕著な差異が認められた。

(4) 第1胃内容物中の飼料片は、摂食後の時間の経過とともに磨砕されるが、第4胃内容物中の飼料片の形態は常に略一定し、殆んど50目篩以下の小片で占められ、経時的影響は全く認められない。

### (2) 第1胃における飼料成分の変化に関する試験

(1) 第1胃に挿入した試験容器中の飼料の成分変化は、とくに可溶性無窒素物が24時間後で約3割、48時間後では約6割減少し、また粗繊維は24時間後で約2割、48時間後では約3割減少した。濾紙では挿入後24時間で13%、48時間後で24%の減少が認められた。

第1胃で微生物により炭水化物の分解が活発に行われることが確認された。

(2) 粗蛋白質は胃内挿入24時間後で約6割、48時間後では約1.4倍の増加を示し、試験容器内に浸入した細菌および容器内で増殖した菌体の蛋白質の増加が示唆された。

(3) 第1胃に嚥下した食塊は摂食後4時間頃より食糜中の各成分が著しく減少の傾向を示し、24時間後では乾物約4割、粗蛋白質約4割、可溶性無窒素物約5～6割および粗繊維約3割が第1胃より消失した。

### (3) 第1胃内の吸収に関する試験 特に給与法の相違が吸収に及ぼす影響

(1) グルコースを体重1kg当り3gの割合で飼料に混合給与および水に溶解し飲ませた場合、血糖値は殆んど変化がないが、乳首吸飲の場合では1～2gの投与でも血糖値の上昇が認められ、その消長は家兔の血糖値の推移と略一致した。

経口的に第1胃に入ったグルコースは、胃内で速かに分解されるが、乳首吸飲では直接第4胃に流入し、単胃動物と同様な機構によりグルコースの形で吸収されるものと判断される。

(2) 尿素は給与法により血中尿素濃度の推移には殆んど変化が認められない。

尿素は第1胃で微生物によりアンモニヤに分解され、胃壁から吸収された後、再び尿素に合成され血中尿素濃度が高まるため、何れの給与法による場合も血中尿素濃度は同じ推移を示すものと推量される。

(3) 体重1kg当り1gの尿素を水に溶解して飲ませた場合は中毒死したが、同じく1～5gを乳首で飲ませた場合では何等障害が認められない。

尿素が第1胃で急激にアンモニヤに分解され、胃壁より吸収され、血中アンモニヤ濃度が高まり、これが尿素中毒の原因になると推測される。

(4) グルコースおよび尿素は第1胃壁より吸収されることを確認した。しかし乍ら尿素の吸収速度はグルコースに比べて遅い。

第1胃内容物を完全に排除し、胃内微生物による分解が起きない条件下では、尿素を溶解して投与し

た場合の障害は全く認められない。また胃内に尿素の形で残るため吸収は遅く長く持続することが認められた。

#### (4) 第1 胃内絨毛虫類に関する試験

(1) 絨毛虫類を胃内容物中より純粋分離する場合、障害となる食糜の繊維片の混在を防ぐためには小麦麩単飼の胃内容物が最適であり、また分離は水流を加減して洗滌した残渣を水中に浮遊させ、遠心して虫体を集める方法が結果はよかった。

(2) 絨毛虫体組成は有機物 96.85%，粗蛋白質 42.78%，粗脂肪 5.80%，炭水化物 48.27%，粗灰分 3.15% および純蛋白質 40.74% であり、虫体蛋白質の人工消化率は 83.65% であった。

(3) 胃内容物中の絨毛虫体蛋白質量は、1 mm<sup>3</sup> 当り *Entodinium* 属 1,000 個体棲息する場合、0.16g/dl であり、*Diploclinium* 属は *Entodinium* 属の約 5.6 倍量の蛋白質を含有する。

(4) 虫体から 11 種類のアミノ酸を確認し、この中必須アミノ酸は 6 種類であった。

### 飼養法が反芻胃消化に及ぼす影響

#### I. 緒言

第Ⅲ、第Ⅳ章において反芻胃に関する各種試験を行い、反芻胃の消化生理について検討したが、反芻家畜の飼育にあたり、飼料の合理的な給与は反芻胃の特殊性を十分に考慮し、その消化機構に合致する方法を講じなければならないと思ふ。

本章では飼養法が反芻胃消化に及ぼす影響について考察した。

#### Ⅱ. 乳養期における哺乳法が摂食量並びに消化に及ぼす影響

自然哺乳では仔畜は自然的欲求により自由に乳房から吸飲を行っているの、人工哺乳法は自然哺乳時の条件に適合した方法により乳汁の給与を行うことが最も合理的な方法と考えられる。

しかし乍ら慣行の人工哺乳は、乳汁をバケツ等に入れて直接吸飲させているが、第Ⅲ章に報じた如く、本法と自然哺乳乃至乳首を付けた哺乳瓶等で吸飲させる方法とでは胃内流入部位が異なるので、人工哺乳に際し何れの方法が仔畜に好影響をもたらすかについて明らかでない。WEISE 等<sup>(62)</sup>はバケツの下部に乳首を付けて哺乳した犢は、常法のバケツ哺乳の場合より消化器障害の発生率が少ないと報じ、また ALEXANDER<sup>(2)</sup>は生後 24 週間までの犢で、体重増加はバケツ哺乳と乳首哺乳とでは大した相違がないと報じている。

著者は常法のバケツ等を用いて行う哺乳法と、自然哺乳時の要領で乳首を付けた哺乳瓶を用いて行う方法とを比較検討するため、両哺乳法を行い、乾草を自由に採食させて、摂食量並びに消化に及ぼす影響を調べた。

(1) 実験方法 供試動物は同腹の牡山羊 2 頭で、生後自然哺乳を行い、1 ヶ月令時より試験に用いた。

試験は 2 期を設け、1 期は慣行のバケツ哺乳法により、また他の 1 期は乳首哺乳法とした。試験区分は予備期 7 日間 (第 1 期 5 月 8 日～14 日、第 2 期 5 月 24 日～30 日)、本試験期 7 日 (第 1 期 5 月 15 日～21 日、第 2 期 5 月 31 日～6 月 6 日)、補食期 2 日間 (第 1 期 5 月 22 日～23 日、第 2 期 6 月 7 日～8 日) とした。第 1 期に第 1 号は乳首哺乳、第 2 号では普通哺乳を行い、第 2 期では第 1 号普通哺乳、第 2 号乳首哺乳により試験を行った。

供試山羊は床を二重金網張りにした鉄製消化試験用籠 (90×90×90cm) に収容し、首枷を付けずに自由に籠中で運動出来るようにした。糞の採取、試料の調製等は前報の試験に準じた。

哺乳量は体重の約 16% とし、1 日 4 回哺乳し、また飼料箱にれんげ乾草を細断して投与し、自由に採食させ、残食量を秤量して摂食量を算定した。

給与した牛乳から毎日一定量ずつ試料を採取し、本試験期間中の試料を合して分析を行った。

(2) 実験結果 本試験期間中の摂食量および風乾糞量を一括して Table 74 に示した。

Table 74. Amount of feed intake and feces.

Period <sup>1)</sup>	Goat No.	Feed intake		Air dried feces	Body weight (kg)		Milk feeding method
		Cow's milk	Hay		Initial	Final	
I <sup>2)</sup>	1	7,100 <sup>g</sup>	707 <sup>g</sup>	382.8 <sup>g</sup>	5.98	7.00	nipple open bucket
	2	7,800	555	282.4	6.63	7.50	
II <sup>3)</sup>	1	9,000	646	356.6	7.70	8.50	open bucket nipple
	2	9,600	886	432.6	8.40	9.40	

Remarks. 1) : Each period consisted of 14 days. This permitted a prefeeding period of 7 days, followed by a 7-day experimental period.

2) : from 37 to 43 days of age.

3) : from 51 to 57 days of age.

供試飼料および風乾糞の分析結果を Table 75 に示した。

Table 75. Composition of feeds and feces (%).

	Moisture	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash	Pure protein
Period. I, milk	87.74	12.26	11.44	3.39	3.35	4.70	—	0.82	3.19
Period. II, milk	87.49	12.51	11.66	3.60	3.30	4.76	—	0.85	3.40
Hay <sup>1)</sup>	11.76	88.24	81.57	16.88	4.66	35.69	24.34	6.67	10.55
Period. I, feces No.1	12.69	87.31	75.30	14.23	4.36	33.29	23.42	12.01	11.70
“ No.2	9.79	90.25	82.34	16.69	4.37	25.31	35.97	7.91	15.23
Period. II, feces No.1	11.21	88.79	76.93	16.16	4.36	28.89	27.52	11.86	14.56
“ No.2	10.98	89.02	75.77	15.57	4.55	33.44	22.21	13.25	13.06

Remark. 1) : chinese milk-vetch hay

Tables 74, 75 より各期別の消化率を算定すれば Table 76 の通りである。

Table 76. Digestibility of feeds (%).

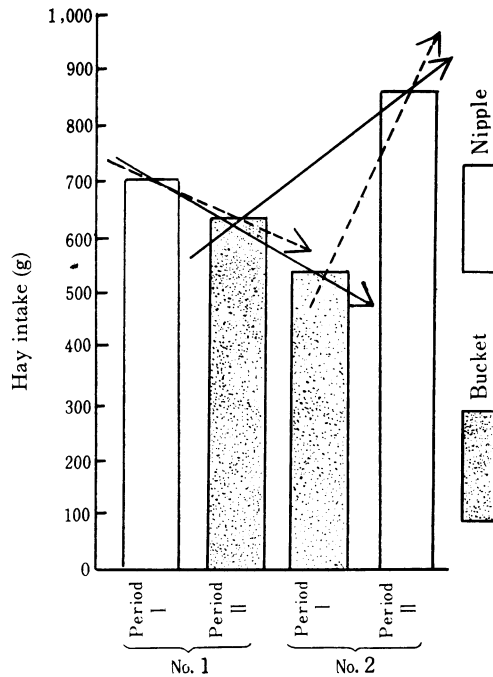
Period	Goat No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Pure protein
I	1	77.63	79.24	84.87	93.94	78.26	47.90	85.12
	2	82.37	82.71	86.84	95.70	87.34	24.81	86.01
II	1	81.33	82.60	86.69	95.25	84.89	37.59	86.12
	2	80.58	82.21	86.40	94.50	81.29	55.45	86.54

(3) 考察 本試験は供試頭数が少ないため、同一試験期に同じ哺乳法を行わず、また哺乳法の相違が消化等に及ぼす影響よりも、むしろ年令の増加に伴う前胃の発達による影響が大であると考えられたので、両哺乳法を交互に繰り返して試験を行った結果から、哺乳法が摂食量並びに消化に及ぼす影響について検討を試みた。

れんげ乾草摂食量に及ぼす哺乳法の影響を考察するため、Table 74 より各期別の摂食量を Text-fig. 13 に示した。

各山羊の牛乳給与量は、各試験期を通じて体重の平均16%になる様にしたので、哺乳量がれんげ乾草の摂食量に及ぼす影響は殆んどないものと推測される。





Text-fig. 13. Influence of milk feeding method on the amount of hay intake.

れんげ乾草摂取量は Table 74, Text-fig. 13 に示す如く、乳首哺乳法を行った試験期が普通哺乳を行った試験期に比べ、何れも増加を示している。すなわち乳首哺乳法が第 I 期27.4%、第 II 期37.2%増加した。

各山羊について見ると、乳首哺乳法は普通哺乳法に比べ、第 1 号9.4%、第 2 号59.6%の増加となり、とくに第 2 号が顕著な増加を示している。第 2 号は第 I 期で、普通哺乳法を行ったため摂取量の減退を来し、第 II 期で乳首哺乳法により多量の摂食を行い、加えて試験期間の経過に伴う前胃発達による摂食量の増加とが相俟って、乾草の摂取量が著しく増加をみたものと思われる。また第 1 号は第 2 号と反対の哺乳法を行ったため、乳首哺乳法による摂取量の増加は低率であったと言えよう。

各供試山羊が慣行のバケツ等による哺乳法の場合に乾草摂取量が減少することは、既報の如く普通哺乳法では、乳汁を反芻胃に嚥下するため、胃嚢が膨満し、あたかも我々が食前に牛乳を飲んだ場合、その後の食事が進まぬことを経験する様に、仔山羊においても満腹感が食欲を減退させる結果と推測せられる。

KESLER 等<sup>88)</sup>は犢で各種の哺乳法を行い、発育、飼料消費量を調べた結果、哺乳法による相違は明確でないと報じているが、本試験の結果より見て、摂取量に及ぼす哺乳法の影響は当然あると考えられる。

Table 77. Comparison<sup>1)</sup> of digestibility of feeds in two different milk feeding methods (%).

Goat No.	Dry matter	Organic matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Pure protein
1	-3.70	-3.36	-1.82	-1.31	-6.63	10.31	-1.00
2	-1.79	-0.50	-0.44	-1.20	-6.05	30.64	0.53

Remark. 1) : calculated as follows, Digestibility in nipple feeding (%)—Digestibility in open bucket feeding (%).

各試験期の牛乳およびれんげ乾草の消化に及ぼす哺乳法の影響を考察するため、Table 76 について両哺乳法の消化率を比較すれば Table 77 の通りである。

摂食した各飼料成分の消化率は、粗繊維および可溶性無窒素物に差異が認められる。乳首哺乳期は普通哺乳期に比べ、粗繊維の消化率が第1号は10.31%、第2号では30.64%高く、乳首哺乳法により粗繊維の消化は著しく向上した。これに反し可溶性無窒素物では普通哺乳期が第1号6.63%、第2号で6.05%乳首哺乳期より高く、乳首哺乳法を行うと可溶性無窒素物の消化は幾分低下する傾向が認められた。しかし乍ら他の飼料成分の消化には哺乳法の影響は殆んど認められない。

乳首哺乳法は、摂取した牛乳が第4胃に流入するため、第1胃内微生物がれんげ乾草成分を利用して活動を行い、普通哺乳法では、第1胃に流入した牛乳中の利用し易い炭水化物を栄養源として活動するため、後者では粗繊維の消化が著しく減退するものと推論される。とくに第2号の粗繊維の消化が低下したことは、反芻胃が十分な発達を行っていない第I期に普通哺乳法を行ったため、胃内微生物が牛乳および乾草中の可溶性無窒素物を利用し、粗繊維の分解を殆んど行わなかった結果と推測される。

乳首哺乳法において可溶性無窒素物の消化が低下する傾向を示したことは、粗繊維の消化率の向上に伴い、粗繊維より不消化可溶性無窒素区分へ一部移行があるためと考えられる。

以上の結果より、乳養期において固形飼料の摂食量の増加を図り、同時に胃内微生物による粗繊維の消化を助長せしめ、消化機能の旺盛な反芻家畜を育成するための哺乳法は慣行のバケツ等によるよりも、乳首哺乳の方法が最も適するものと結論される。

### Ⅲ. 飼料の種類および形態の相違が採食並びに嚥下に及ぼす影響

反芻家畜は飼料により採食方法が異なり、牧草等の飼料は舌で巻きとり、下顎切歯と上顎の歯枕間で咬断して口腔内に採り入れるが、濃厚飼料、細切した粗飼料等では、単に舌のみで採食を行うので<sup>69, 99, 154)</sup>、飼料の種類、給与の形態等により、採食に難易が認められ<sup>71, 72)</sup>、従って採食状態の良否は直接摂食量に影響を及ぼすものと考えられる。

このような見地より、採食並びに嚥下状態を調べるため、濃厚飼料および粗飼料を給与し、摂食量、採食時間、咀嚼回数並びに時間を測定するとともに、第1胃瘻管を通して嚥下直後の食塊を採取し、食塊重量、食塊形態および唾液分泌量等を測定して検討した。

(1) 実験方法 供試動物は第1胃に大型瘻管(直径5cm)を設けた完熟山羊2頭(第8号、牝、体重42kg、第50号、去勢牝、体重38kg)で、健康状態は良好であり、また胃運動の観察結果は正常であった。

A) 供試飼料 濃厚飼料は小麦麩、米糠、大麦糠、大豆粕および碾割玉蜀黍の5種類であり、何れも単味で給与した。

粗飼料では禾本科牧草としてライグラス乾草並びに青草、荳科牧草として白クローバー乾草並びに青草および稲藁の5種類である。また粗飼料の細断による採食状態、嚥下食塊に及ぼす影響を調べるため、稲藁を押切器で3cmおよび30cmに切断して給与した。

B) 採食時間、摂食量の測定 供試飼料100gをバケツに入れて給与し、採食開始より第1胃内へ食塊を10箇嚥下するまでの時間を測定するとともに、残食量を測って摂食量を算出した。

C) 咀嚼回数、咀嚼時間の測定 採食より嚥下に至るまでの間に行われる咀嚼回数を数取器で測定するとともに、その時間を測定した。

濃厚飼料、とくに小麦麩、米糠および大麦糠では、飼料を舐めるように舌先に付着させて口中に取り込み、口腔内で嚥下可能な量に達した際、初めて嚥下が行われるので、舐食回数というのが適当かも知れないが、便宜上咀嚼回数として算出した。大豆粕、玉蜀黍では粗飼料と粉状濃厚飼料の採食方法を併用し、粉末部は小麦麩等の如き方法、粒状部では咀嚼を行って嚥下したが総て咀嚼回数として計測した。

D) 食塊の胃内嚥下状態の観察並びに食塊の採取法 嚥下状態の観察並びに嚥下食塊を採取するため、第1胃噴門部および食道溝が露出するまで胃内容物を瘻管を通して排除した。

嚥下食塊の採取は食塊が噴門より胃内へ排出される直前に、大型スプーンを噴門部に差し出し、排出直後の食塊をスプーン上に採り、瘻管を通して体外に取り出し供試した。

E) 採取食塊の処理 採取した食塊は直ちにノギスを用いて、直径および長さを計測するとともに、重量を測定した後、食塊の水分含量をトルオールを用いて蒸溜法により測定した。なお米糠、大麦糠の食塊は、他の飼料と異なり水分含量多く、一定の食塊形態を呈さず、泥状の食糜の状態で嚥下されるので、重量既知の濾紙上に採り食塊量を測定した後、乾燥法により水分含量を測定した。

F) 唾液量の算定 採食時の唾液分泌量は食塊量より摂食量を控除して算出した。

(2) 実験結果 濃厚飼料5種類、粗飼料6種類について食塊の嚥下時期を観察した結果、飼料の種類および形態等の相違による差異は全く認められない。

食塊の嚥下時期は第2胃が強烈な収縮運動を起して内容物を圧出し、次いで第1胃の背部および腹部嚢が、交互に収縮運動を行った後の第1胃弛緩期(第2胃収縮運動の直前)に、噴門からあたかも練歯磨をチューブから強く押し出すが如くに、第1胃に圧出する。その状況をPl. 7, Figs. 44~47に示した。

食道溝の開張(Fig. 44)に引き続いて噴門が開口し、食塊は出現し始め(Fig. 45)、更に噴門より絞り出されて一定の食塊の形態となり(Fig. 46)、次いで食塊はかなりの圧力で第1胃内に抛り出され(Fig. 47)、噴門部は完全に閉鎖され、1嚥下が終了する経過を観察した。

粗飼料および濃厚飼料の中、小麦麩、大豆粕、玉蜀黍では図示した如き経過により第1胃に食塊を排

Table 78. Observations of prehension and deglutition under the feeding of various feeds.

Feeds	Goat No.	Amount of feed intake <sup>1)</sup>	Time of <sup>2)</sup> prehension		Per one deglutition <sup>3)</sup>		Bolus	
					Number of mastication	Time of mastication	Size <sup>4)</sup> diameter × length	Weight <sup>1)</sup>
Wheat bran	8	41 <sup>g</sup>	3 min.	20 sec.	49.7	18.8 <sup>sec.</sup>	2.4 × 6.1 <sup>cm</sup>	93.1 <sup>g</sup>
	50	37	4	25	35.5	25.7	2.1 × 5.7	81.2
Rice bran	8	21	3	58	42.0	21.9	—	66.4
	50	29	3	40	38.9	19.5	—	86.5
Barley bran	8	7	2	08	38.5	11.0	—	24.8
	50	10	3	42	56.0	21.3	—	36.5
Soybean oil meal	8	62	1	54	22.0	10.7	3.4 × 7.3	111.2
	50	54	2	25	24.4	13.2	2.6 × 5.5	102.4
Ground corn	8	78	3	24	35.6	18.2	3.2 × 5.6	127.9
	50	36	2	16	28.3	12.8	2.5 × 5.2	63.2
Rice straw (3cm. long)	8	20	2	56	51.2	17.2	3.5 × 11.1	72.5
	50	24	3	26	53.6	18.0	2.8 × 8.8	77.6
Rice straw (30cm. long)	8	28	5	51	89.2	34.1	3.0 × 12.4	111.4
	50	20	6	50	93.7	39.0	2.6 × 6.8	78.8
Rye grass, hay	8	37	6	37	71.5	39.5	3.0 × 9.2	91.1
	50	40	5	49	86.4	33.7	2.8 × 10.7	108.9
Rye grass, green	8	159	3	06	29.8	17.7	3.0 × 9.0	279.1
	50	144	3	43	32.5	22.0	2.5 × 8.8	205.0
Clover, hay	8	42	4	59	72.9	28.4	3.2 × 10.1	99.5
	50	50	5	11	83.4	30.3	2.9 × 8.8	126.1
Clover, green	8	195	2	16	25.3	12.0	3.0 × 11.3	239.2
	50	168	2	25	27.8	13.8	2.6 × 8.8	199.7

Remarks. 1) : 10 boluses, 2) : when 10 boluses were deglutated, 3), 4) : average

出するため、食塊は両端が僅かに細くなつたかなりの硬さをもつ円柱状であつた。これに反し米糠、大麦糠では、他の飼料の嚙下状態と異なり、噴門が数回収縮を行い、その度毎に泥状の食塊を少量ずつ第1胃に漏出する状態で嚙下することが観察され、とくに大麦糠ではこの様相が顕著であつた。

嚙下した食塊の形態を濃厚飼料および粗飼料の代表的なものについて1種類ずつ選び、Pl. 7, Figs. 48, 49に示した。

Fig. 48は小麦麩食塊を示したが、玉蜀黍、大豆粕でも略同様な形態であつた。またFig. 49は稲藁食塊であるが、他の粗飼料においても食塊形態は殆んど差異が認められなかつた。

濃厚飼料および粗飼料を給与し、10回嚙下するに要する摂食量、採食時間、咀嚼回数並びに時間および食塊形態並びに重量を測定した結果を一括して示すとTable 78の通りである。

摂食量および食塊量より唾液分泌量を算定した結果並びに供試飼料および食塊水分含量を測定した結果をTable 79に示した。

Table 79. Percentage of salivary secretion, moisture content of feed and bolus (%).

Feeds	Goat No.	Salivary secretion <sup>1)</sup>	Moisture content	
			Feed	Bolus
Wheat bran	8	127.07	12.55	61.98
	50	119.45	12.55	60.72
Rice bran	8	216.19	11.10	72.27
	50	198.28	11.10	70.98
Barley bran	8	254.29	12.15	76.00
	50	265.00	12.15	76.27
Soybean oil meal	8	79.35	13.50	52.32
	50	89.63	13.50	54.69
Ground corn	8	63.97	10.30	45.53
	50	76.56	10.30	49.38
Rice straw (3cm. long)	8	262.50	14.34	76.67
	50	223.33	14.34	73.84
Rice straw (30cm. long)	8	297.85	14.34	78.66
	50	294.00	14.34	79.27
Rye grass, hay	8	146.22	13.07	65.00
	50	172.25	13.07	68.13
Clover, hay	8	136.90	14.00	65.17
	50	152.20	14.00	66.48
Rye grass, green	8	75.53	82.65	90.25
	50	42.36	82.65	88.10
Clover, green	8	22.67	85.76	88.61
	50	18.87	85.76	88.27

Remark. 1) :  $\frac{\text{Amount of bolus (g)} - \text{Amount of feed intake (g)}}{\text{Amount of feed intake (g)}} \times 100$

給与した飼料と食塊の飼料片との形状は、飼料の種類および形態により著しく異なることが、肉眼的観察により認められ、採食時の咀嚼の精粗が識別された。すなわち小麦麩は水を加えてそのまま圧出した如き性状であり、大豆粕、玉蜀黍では大型の圧片あるいは粒が僅かに噛み砕かれた程度であつた。また米糠、大麦糠は唾液を混じてよく練り合せた如き性状となり、とくに大麦糠では多量の唾液が混じり泥状を呈した。

粗飼料の中、稲藁は切断の長短により食塊の磨砕状態が著しく異なり、その状態を Pl. 7, Figs. 50, 51 に示した。3 cm に切断して給与した際の食塊は (Fig. 50)、切断したままの長さで、殆んど噛み砕かれずに押し砕かれた状態の稲藁片が多数見出されるが (右側給与稲藁, 左側食塊)、30cm に切断した稲藁の食塊では (Fig. 51)、著しく磨砕された状態が観取される。

ライグラス乾草の食塊を Fig. 52 に示したが、食塊の磨砕程度は禾木科、荳科ともに図示した如き状態であり、飼料の種類による差異は殆んど認められない、また白クローバー、青草食塊の状態は Fig. 53 の如くで、摂食前の形態が判別出来る程度の圧潰に過ぎず、咀嚼は稲藁、乾草に比べて少ないことが認められる。ライグラス青草食塊の圧潰状態は、白クローバー青草と殆んど同程度であった。

(3) 考察 各種飼料の採食時における食塊の嚥下状態を観察した結果より、食塊の嚥下は胃収縮運動と一定の関連があり、胃運動周期の特定の段階にのみ行われることが確認された。すなわち第2胃、第1胃の運動周期の休止期に限って、噴門より第1胃前庭部へ圧出される。従って食塊は総て第1胃に嚥下され、第2胃への嚥下は認められなかったが、食塊は嚥下直後に起る胃収縮運動により胃内を移動し合い、混合攪拌される間に既存の胃内容物中に没入した。

食塊の嚥下状態を Figs. 44~47、食塊形態を Figs. 48, 49 に示した如く、粗飼料および米糠、大麦糠以外の濃厚飼料は、食塊がかなりの硬度をもった円筒状となり、第1胃に射出するが如き状態で速かに嚥下される。しかし乍ら米糠および大麦糠、とくに大麦糠では、噴門より緩慢な速度で泥状の食塊が漏出するが如き状態で嚥下され、嚥下困難の如き様相が観取された。かかる嚥下状態から見て、大麦糠は採食時に唾液が混合し、口腔内で粘質性泥状となり、嚥下の際に口腔、食道等に付着して食道の通過が容易でなく、また噴門に付着するため食塊の排出に困難を伴うものと推測される。

大麦糠の嚥下状態および Table 78 に示した摂食量から見て、反芻家畜に大麦糠の如き飼料の単飼では、採食に困難を伴うことが考えられ、とくに唾液の混入によって粘着性の強い飼料あるいは泥状となる飼料、就中澱粉質飼料の給与の際には、飼料の性状を考慮して配合する必要があると思考される。

Table 78 に示した如く、摂食量は飼料の種類、給与の形態により異なり、また採食状態、嚥下した食塊の形態、重量等にかかなりの相違が認められる。しかし乍ら同一性状の飼料では略一定した傾向を示している。また食塊形態は各飼料による差異が直径では殆んどなく、長さでは相違が認められることは、直径が噴門の大きさにより、長さは摂食量により影響されると判断した。

飼料の種類および形態が採食状態に及ぼす影響を考察するため Table 78 より濃厚飼料の単位摂食量当りの採食時間、咀嚼回数および時間、また単位時間当りの摂食量、咀嚼回数を算出して Table 80 に示した。

Table 80. Effect of the various concentrates on prehension and mastication.

Feeds	Goat No.	Per 100g intake			Per minute			
		Time of prehension		Number of mastication	Time of mastication		Feed intake	Number of mastication
Wheat bran	8	8 <sup>min.</sup> 08 <sup>sec.</sup>		1,212	7 <sup>min.</sup> 38 <sup>sec.</sup>		12.3 <sup>g</sup>	159
	50	11	56	959	11	35	8.4	83
Rice bran	8	18	53	2,000	17	23	5.3	115
	50	12	39	1,341	11	12	7.9	120
Barley bran	8	30	29	5,114	26	11	3.3	210
	50	37	00	5,600	35	30	2.7	158
Soybean oil meal	8	3	04	354	2	53	32.6	123
	50	4	29	452	4	04	22.3	111
Ground corn	8	4	22	456	3	53	22.9	117
	50	6	18	786	5	56	15.9	133

濃厚飼料の採食状態は、供試動物によってかなりの相違が認められるが、飼料の種類により略同様な傾向が観取せられた。

単位摂食量当り (100g) の採食時間は玉蜀黍、大豆粕の如き粒状飼料が最も短く、小麦麩、米糠、大麦糠の如く粉状になるにつれて次第に長時間を要する傾向を示し、とくに大麦糠は大豆粕の8.3~9.9倍、小麦麩の3.1~3.7倍の時間を要した。米糠では小麦麩に比べ1.1~2.3倍であった。

採食時の咀嚼回数を見ると、粒状飼料が粉状飼料に比べて著しく少なく、大豆粕、玉蜀黍、小麦麩、米糠、大麦糠の順に増加の傾向を示した。米糠は小麦麩の1.4~1.7倍であり、また大麦糠では小麦麩の約5倍あった。

単位時間当りの摂食量は、粉状飼料が粒状飼料に比べて少なく、とくに大麦糠は大豆粕の約1割に過ぎない。これに反し、単位時間の咀嚼回数は全く逆の結果を示した。

以上の結果より濃厚飼料の採食状態は、飼料形態が粉状か粒状かの別により、また粉状飼料では、その性状により著しく異なることが認められる。

採食時の咀嚼回数および咀嚼時間は、口腔内に多量の飼料を摂取して嚥下する場合でも、また少量ずつ採食する場合でも摂食量には何等の関連性がなく、飼料の種類、性状等により決定されるものと結論せられる。

粗飼料の採食状態を考察するため、Table 78 より単位摂食量当りの採食時間、咀嚼回数、咀嚼時間および単位時間当りの摂食量、咀嚼回数を算出して Table 81 に示した。

Table 81. Effect of the various roughages on prehension and mastication.

Feeds	Goat No.	Per 100g intake			Per minute			
		Time of prehension		Number of mastication	Time of mastication		Feed intake	Number of mastication
Rice straw (3cm. long)	8	14 <sup>min.</sup> 40 <sup>sec.</sup>		2,560	14 <sup>min.</sup> 20 <sup>sec.</sup>		6.8 <sup>g</sup>	179
	50	14	18	2,233	12	30	7.0	179
Rice straw (30cm. long)	8	20	54	3,186	20	18	4.8	157
	50	34	10	4,685	32	30	2.9	144
Rye grass, hay	8	17	53	1,932	17	45	5.6	108
	50	14	33	2,160	14	03	6.9	154
Clover, hay	8	11	52	1,736	11	16	8.4	154
	50	10	22	1,668	10	06	9.6	165
Rye grass, green	8	1	56	187	1	51	51.3	101
	50	2	35	226	2	33	38.2	89
Clover, green	8	1	10	130	1	02	86.0	127
	50	1	26	165	1	22	69.5	121

稲藁を3cmおよび30cmに切断して給与した場合、前者の採食時間、咀嚼時間はともに後者に比べ著しく短縮し、同時に咀嚼回数も少ない。30cm切断稲藁は3cm切断稲藁に比べ、採食には第8号は1.4倍、第50号では2.4倍の長時間を要し、咀嚼回数では第8号は1.2倍、第50号は2.1倍多かった。

単位時間当りの摂食量を見ると、3cm切断稲藁は30cm切断稲藁に比べ、第8号は1.4倍、第50号では2.4倍量であり、細切して与えると摂食量は著しく増加する傾向が認められる。

しかし乍ら摂食量が増加しても、単位時間当りの咀嚼回数は僅かに増加傾向を示したに過ぎない。従って細切することにより採食が容易となり、簡単に咀嚼を行って嚥下するものと判断され、食塊の肉眼的観察 (Figs. 50, 51) による磨砕状態とよく一致した。

稲藁の切断の長短は摂食量、咀嚼状態等に著しく影響を及ぼし、食塊の磨砕状態に相違が認められた。反芻家畜では採食時の咀嚼は、反芻を行うため比較的簡単に行うことが定説になっているけれども、給

与の形態が採食時の咀嚼状態に影響を及ぼすことが確認された。

粗飼料の種類が採食に及ぼす影響について、ライグラス、白クローバーの給与試験の結果より見ると、乾草、青草ともに禾本科牧草の場合長い時間をかけて数多くの咀嚼を行い、採食時間が長くかかる傾向を示している。すなわち禾本科乾草は荳科に比べ1.2倍の採食時間であり、咀嚼回数では約1～3割程度の増加が認められた。単位時間当りの摂食量では、荳科乾草が禾本科に比べ4～5割多く、また咀嚼回数も荳科乾草の場合に多い傾向を示した。青草について見ると、荳科では採食時間が禾本科の約 $\frac{1}{2}$ に短縮し、同時に咀嚼回数も約4割内外少ない。単位時間当りの青草摂食量は禾本科に比べ、荳科は7～8割多く、これに伴って咀嚼回数は僅かに増加することが認められた。

乾草と青草の採食状態を見ると、乾草は青草に比べ採食に禾本科約6～9倍、荳科約8～10倍の長時間を要し、咀嚼回数では何れも約10～13倍多く、また単位時間当りの摂食量は禾本科約6～9倍、荳科約7～10倍量であった。

乾草および青草給与の場合、単位乾物量当りの採食状態を考察するため、Table 78 より採食時間、咀嚼回数並びに時間、単位時間当りの摂食量、咀嚼回数を算定して Table 82 に示した。

Table 82. Comparison of prehension and mastication under the feeding of hay and green grass.

Feeds	Goat No.	Per 100g intake			Per minute	
		Time of prehension	Number of mastication	Time of mastication	Feed intake	Number of mastication
Rye grass, hay	8	20 <sup>min.</sup> 34 <sup>sec.</sup>	222	2 <sup>min.</sup> 03 <sup>sec.</sup>	4.9 <sup>g</sup>	109
	50	16 44	248	1 37	6.0	154
Rye grass, green	8	11 14	108	1 04	8.9	101
	50	14 53	130	1 28	6.7	89
Clover, hay	8	13 48	202	1 19	7.2	154
	50	12 03	194	1 10	8.3	165
Clover, green	8	8 13	91	43	12.2	127
	50	10 06	116	58	9.9	121

乾草および青草の摂食量を乾物量として比較すると、単位乾物摂食量当りの採食時間、咀嚼時間は禾本科、荳科ともに乾草が青草に比べて長く、咀嚼回数も多くなる傾向が認められ、とくに第8号では何れも約2倍内外の増加であった。また単位時間当りの摂食量は青草が多く、また咀嚼回数では乾草が多くなった。青草および乾草では、乾物量に換算して比較しても禾本科、荳科何れも採食状態は青草が良好であり、青草給与は摂食量を高める上にも価値があると断定した。

以上の結果より粗飼料の種類による採食状態に及ぼす影響は、飼料の粗剛あるいは水分含量による柔軟の程度により決定されるものと判断される。

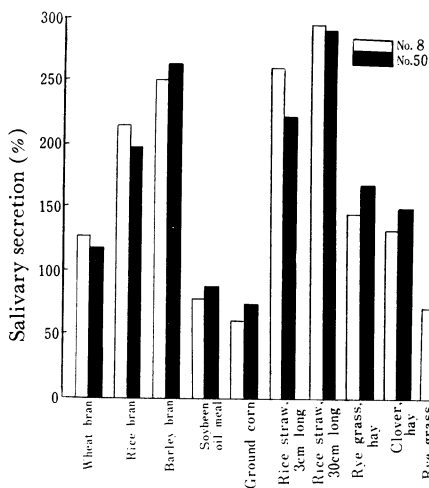
飼料の種類および形態が唾液分泌量に及ぼす影響を考察するため、Fig. 79 より摂食量に対する唾液分泌量を Text-fig. 14 に示した。

唾液分泌量は摂食した飼料により顕著な相違が認められ、濃厚飼料について見ると、大麦糠では摂食量の2.5～2.7倍、米糠2.0～2.2倍、小麦麩1.2～1.3倍であり、粒状飼料では粉状飼料に比べて少なく、大豆粕では摂食量の約85%、玉蜀黍約70%内外であった。

粉状飼料の場合分泌量が多いことは、採食時の咀嚼（舐食）回数多く、その上飼料の性状が口腔中で唾液を吸収し易いためと推量され、とくに大麦糠、米糠の場合に分泌量が多いことが注目される。

粒状飼料の場合比較的分泌量が少ないことは、飼料の咀嚼、嚥下が容易であり、かつ唾液の吸収性が少ないためと推測される。

小麦麩、米糠、大麦糠、大豆粕等からなる慣用配合飼料1kgの摂食には、少なくとも1kg以上の唾



Text-fig. 14. Relation between feed and salivary secretion.

液を分泌して咀嚼，嚥下を行うものと推定される。

粗飼料について見ると，飼料の種類，給与の形態により唾液分泌量は著しい差異が認められる。

稲藁を30cmに切断して給与した場合は，摂食量の約3倍量近くの唾液を分泌したが，3cmに細断した場合は第8号2.6倍，第50号2.2倍であり，前者に対する分泌割合は第8号88%，第50号79%に止まった。

乾草の場合では，第8号禾本科1.5倍，荳科1.4倍であり，また第50号は禾本科1.7倍，荳科1.5倍量の唾液を分泌したが，稲藁摂食に比べて著しく少なかった。

青草摂食の際について見ると，荳科では禾本科に比し顕著に少なく，両山羊とも摂食量の約20%内外の分泌量であった。禾本科の場合では第8号76%，第50号42%であり，荳科摂食に比べ第8号3.3倍，第50号2.2倍の多量を分泌している。

以上の結果より唾液分泌量は，飼料の種類，形態，性状等に関係があり，主として咀嚼回数，咀嚼時間に支配されることが明らかである。

唾液は食塊の嚥下を容易にするばかりでなく，第1胃の水分含量を保持し，醗酵を促進し，唾液中の塩類は醗酵の際に生ずる有機酸を中和し，微生物の発育に好条件を与える等の重要な生理的意義を有しているので<sup>69, 99, 120)</sup>，粗飼料の給与の形態等については，唾液分泌量の上からも充分考慮する必要があると考えられる。

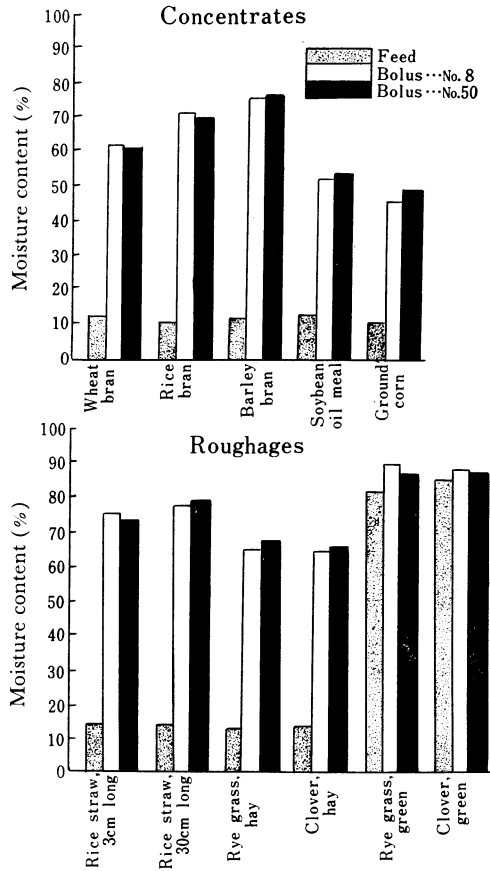
反芻家畜では飼料の細切，粉碎等は消化率に影響がないことは衆知の事実である<sup>85)</sup>。このことは本試験の結果より見ると，給与の形態の長短により，食塊の磨砕状態および唾液分泌量が異なり，これらが消化管内で互に相殺されるためと推定せられる。

口中に摂取した飼料に如何程の唾液を混じた場合に食塊が嚥下されるかについて，飼料水分含量および食塊水分含量より考察するため Table 79 より飼料および食塊水分含量を Text-fig. 15 に示した。

食塊水分含量から咀嚼中の唾液の混入状態を見ると，濃厚飼料および粗飼料の種類によりかなりの相違が認められる。

濃厚飼料では粉状飼料の食塊は粒状飼料の食塊より水分含量が多く，とくに大麦糠は76%内外で最も多く，次いで米糠71%内外，小麦糠61%内外であった。小麦糠は唾液の混入により嚥下可能の状態になり易いのに対し，大麦糠では粘質となり嚥下困難となるので，多量の唾液の混入を要するものと考えられ，また米糠も咀嚼時に大麦糠に近い食塊性状となるものと推定される。とくに大麦糠食塊水分含量は





Text-fig. 15. Relation between moisture content of feed and bolus.

稲藁食塊に略等しく、米糠では乾草食塊より多く、また小麦糠では乾草食塊に近い水分含量を示した。従って粉状飼料の摂食の場合では、食塊は61～76%の水分含量になって嚥下が行われるものと判断される。

粒状飼料では粉状飼料より食塊水分含量は著しく少なく、大豆粕52～55%、玉蜀黍46～49%で嚥下されている。

以上の結果より濃厚飼料の採食の場合、咀嚼中に唾液を混じ、嚥下可能となる食塊水分含量は、飼料中に含有される水分含量に無関係であり、飼料の性状により決定されるものと断定される。

粗飼料では乾燥状態のものを摂食する際の食塊水分含量は何れも65～79%の範囲で、青草では88～90%であった。稲藁食塊では切断の長短による影響が殆んど認められず、74～79%であり、乾草では65～68%であった。青草食塊と青草の水分含量の差は、禾本科約10%、荳科約3%に過ぎない。

以上の結果より粗飼料の食塊水分含量は、飼料の種類およびその水分含量等により左右され、粗剛な飼料では充分な咀嚼が行われるために、多量の唾液を混じて嚥下されるが、青草の如き水分含量多く柔軟な飼料では、殆んど唾液の混入がなくとも嚥下可能な状態となり、速かに嚥下されるものと判断される。

本試験の結果より、飼料の種類および形態によって採食状態には著しく相違が認められた。すなわち濃厚飼料の採食状態は飼料の種類、性状に大きく影響されるので、反芻家畜に濃厚飼料を給与する際には、採食状態を佳良にする意味においても、同じ性状の飼料を組み合わせることは充分な注意を要する。

粗飼料では給与の形態、飼料の種類、水分含量が採食状態に顕著な影響を与えた。とくに粗飼料給与の際、切断して与えるか、その儘投与するかについて、前者は摂食量を増加せしめる利点はあるが、咀嚼を十分に行わずに嚥下するため磨砕され難く、また唾液分泌量も少ないため、反芻胃滞留中における醗酵分解を受け難く、また反芻に長時間を要することが推測される。また青草給与は乾草に比べ、採食状態は良好となり、摂食量を増加せしめる上に有効と判定せられた。

#### IV. 粗飼料の給与の形態が摂食量並びに反芻に及ぼす影響

牧草、藁稈類等の粗飼料の給与に際し、採食を容易にして摂食量の増加を図ることは、反芻家畜飼養上とくに重要な問題である。

前報において粗飼料の採食、嚥下の状態は飼料切断の長さ、飼料中の水分含量等により左右され、細断した場合には単位時間当りの摂食量は増加するが、咀嚼回数、咀嚼時間はともに減少し、食塊の磨砕も充分でなく、また唾液分泌量が著しく少ないことを確認した。

粗飼料の切断給与の是非について、FISCHER 等<sup>4)</sup>は、禾本科乾草では長く切断するかそのままの状態でも与えた場合、またルーサンではそのまま与えた場合が摂食量多く、細断して給与した場合の摂食量は減少したと報じている。

普通稲藁の如き粗剛な飼料では細断し、青草、牧草等ではそのままでも給与が行われているが<sup>7)</sup>、粗飼料の給与の形態は、採食状態、摂食量および消化に密接な関係のある反芻状態等を充分考慮した上で決定すべきものと思考される。

かかる見地より粗飼料の給与の形態が摂食量および反芻に及ぼす影響を検討するため、各種形態の稲藁を給与して試験を行った。

(1) 実験方法 供試動物は生後2ケ年以上を経過した牝山羊2頭(第11号、第18号)を用い、それぞれ2m平方の床を板張りにした独房に収容し、敷藁を入れずに飼育した。

試験は昭和32年10月15日より12月13日に至る60日間を4期に分け、1期を予備期5日間、本試験10日間として行った。

本試験に給与した飼料は小麦麩、米糠および稲藁で、稲藁は押切器を用いて15cm、5cm、1cmに切断したもの、および粉碎機で10目節を通過するまで粉碎し、粉末状態にしたものを用いた。供試飼料の成分は Table 83 の通りである。

Table 83. Composition of feeds (%).

Feeds	Moisture	Dry matter	Crude protein	Crude fat	N-free extract	Crude fiber	Crude ash	Dig. crude protein	T. D. N.
Rice straw	11.97	88.03	5.11	1.52	38.48	30.40	12.52	0.82	39.51
Wheat bran	10.58	84.42	14.16	4.61	56.50	8.62	5.53	11.47	67.25
Rice meal	10.22	89.78	15.50	6.63	44.24	8.84	14.57	10.54	39.06

なお給与飼料の可消化養分は MORRISON 飼料表<sup>11)</sup>の消化率を用いて算出したものである。

給飼は小麦麩、米糠を等量混じた飼料を各山羊とも700gを与え、稲藁は飼槽中に不断に投与した。摂食量は毎日朝の給飼時に残食量を測定し、給与量より控除して算出した。

飲水および飲物質(炭酸石灰3、食塩1の割合に混合)は試験房の一隅に置き、自由に摂取させた。また長期間の試験のため、山羊の健康を考慮して晴天の日に2~3時間、金網で頭部を覆い、青草の採食を防止して放牧し、自由に運動を行わしめた。

反芻状態の観察は2回実施した。第1回観察は本試験開始5日目、第2回観察は10日目に行った。飼料摂取後より反芻開始までの時間を調査するとともに、第1回測定を摂食2時間後、また第2回測定は4時間後の2回行った。測定は反芻時間、咀嚼回数並びに再嚥下後食塊が再び口腔内に吐出されるまでの時間(反芻休止期)を、反芻状態が正常と認められ、反復して咀嚼を行っている間に10回測定した。

(2) 実験結果 本試験期間中における濃厚飼料および粗飼料の摂食量を Table 84 に、また反芻について測定した結果を一括して Table 85 に示した。

Table 84. Amount of feed intake in each period.

Exp. period	Date	Goat No. 11				Goat No. 18			
		Concentrate	Rice straw	Body weight	Form of rice straw	Concentrate	Rice straw	Body weight	Form of rice straw
I	Oct. 20 } 29	g	g	32.2 <sup>kg</sup>	1cm. long	g	g	33.8 <sup>kg</sup>	15cm. long
		7,000	4,037	32.6		7,000	3,304	34.2	
II	Nov. 4 } 13	7,000	4,065	32.6 } 33.4	5cm. long	7,000	966	33.0 } 32.2	Comminuted <sup>1)</sup>
III	Nov. 19 } 28	7,000	427	31.5 } 30.8	Comminuted <sup>1)</sup>	7,000	3,467	33.5 } 34.0	5cm. long
IV	Dec. 4 } 13	7,000	3,807	31.8 } 32.5	15cm. long	7,000	3,330	34.2 } 34.5	1cm. long

Remark 1) : comminuted to 10 mesh

Table 85. Observation of rumination.

Goat No.	Exp. period	Observation	Experiment I <sup>2)</sup>				Experiment II <sup>3)</sup>			
			Time <sup>1)</sup>	Time of mastication	Number of mastication	Rest period	Time <sup>1)</sup>	Time of mastication	Number of mastication	Rest period
11	I	1 <sup>1)</sup> 2 <sup>5)</sup>	hr. min.	sec.		sec.		sec.		sec.
			1 16	59.7	61.4	7.0	1 30	54.3	57.3	4.6
		51.4	52.0	8.2		46.5	48.2	5.9		
	II	1 2	1 54	54.5	57.2	8.5	2 03	57.1	58.1	4.5
			44.0	45.5	10.2		51.4	51.3	6.8	
III	1 2	2 15	46.1	48.7	5.1	2 28	47.5	49.3	4.7	
			43.6	42.9	5.6		41.5	41.9	5.6	
IV	1 2	1 43	54.5	55.6	5.1	1 51	55.8	57.5	4.1	
			46.1	45.4	6.5		51.5	53.3	5.3	
18	I	1 2	1 50	58.3	62.0	4.5	1 55	55.3	59.4	5.0
				46.5	48.0	5.1		49.5	51.3	6.4
	II	1 2	2 17	46.0	47.2	8.8	2 10	43.9	45.1	8.7
				42.4	43.3	9.4		42.3	42.8	8.8
III	1 2	1 55	58.5	63.3	6.0	1 39	50.6	55.2	4.3	
			45.0	47.3	6.5		48.7	51.5	6.8	
IV	1 2	1 45	55.9	60.8	6.1	1 25	50.0	53.3	6.4	
			46.6	46.0	7.0		48.2	50.1	7.5	

Remarks 1) : when the first rumination occurred after feeding  
 2) : on the 5th day of experimental period of 10 days  
 3) : on the last day of experimental period of 10 days  
 4) : observed at 2 hours after feeding  
 5) : observed at 4 hours after feeding

(3) 考 察 粗飼料の給与の形態が摂食に及ぼす影響を考察するため、Table 84 より各試験期における試験飼料の摂食量並びに 15cm 切断給与稲藁に対する各試験飼料の摂食割合を算定して示すと Table 86 の通りである。

Table 86. Relation of various forms of rice straw to the amount of intake.

Rice straw	No. 11		No. 18	
	Amount of intake	Rate of intake	Amount of intake	Rate of intake
15 cm. long	3,807 g	100.00%	3,304 g	100.00%
5 cm. "	4,065	106.78	3,467	104.93
1 cm. "	4,037	106.04	3,330	100.82
Comminuted	427	11.22	966	29.25

また各供試山羊の本試験期間中の摂食乾物量並びに体重 100kg 当りの摂食日量を Tables 83, 84 より算出して Table 87 に示した。

Table 87. Relation of various forms of rice straw to the amount of dry matter intake (g).

Rice straw	No. 11				No. 18			
	Intake				Intake			
	Concen- trate	Rice straw	Total	Daily amount per 100kg body weight	Concen- trate	Rice straw	Total	Daily amount per 100kg body weight
15 cm. long	6,272	3,351	9,623	2,989	6,272	2,909	9,181	2,700
5 cm. "	6,272	3,578	9,850	2,985	6,272	3,052	9,324	2,759
1 cm. "	6,272	3,554	9,826	3,033	6,272	2,931	9,203	2,675
Comminuted	6,272	376	6,648	2,141	6,272	850	7,122	2,185

各山羊ともに 15cm, 5 cm および 1 cm に切断した場合の摂食量は第11号約 4 kg 内外, 第18号約 3.4 kg 内外であり, 稲藁の切断の長短による影響は殆んど認められない。これに対し粉末状態で給与した試験期では摂食量が著しく少なく, 第11号 427g, 第18号 966g であり, 15cm 切断給与試験期の摂食量に対して第11号は約 1 割, 第18号では約 3 割に過ぎない。

各試験期の乾物摂食量について見ると, 濃厚飼料は全試験期を通じて 6.3kg の摂食を行ったが, 稲藁摂食量は稲藁を切断して給与した試験期では, 第11号 3.4~3.6kg, 第18号 2.9~3.1kg であった。

体重 100kg 当りの全乾物摂食日量は第11号 3 kg 内外, 第18号 2.7kg 内外であり, 各山羊とも略一致した値を示した。

粉末稲藁給与試験期の稲藁乾物摂食量は第11号 0.4kg, 第18号 0.9kg であり, 体重 100kg 当りの全乾物日量は第11号 2.1kg, 第18号 2.2kg に過ぎず, 他の試験期に比べ, 第11号 0.8kg, 第18号 0.5kg 少なく, 第11号約 3 割, 第18号約 2 割の減少が認められる。

以上の結果より, 摂食量および摂食乾物量は稲藁の如き飼料では, 切断の長さには何等影響されないことが認められた。しかし乍ら粉末にした場合に摂食量の減少が認められたことは, 粉末状態の給与では採食状態が不良で, 山羊の嗜好性にも適さないためと推量される。

稲藁の給与の形態が反芻に及ぼす影響を考察するため, Table 85 より摂食後の反芻開始時間を一括して Table 88 に示した。

反芻開始時間は各試験飼料により顕著な差は認め得ないが, 粉末稲藁給与の場合では, 他の切断稲藁

Table 88. Effect of the forms of rice straw on the time when the first rumination occurred after feeding.

Rice straw	No. 11		No. 18	
	Experiment I	Experiment II	Experiment I	Experiment II
15 cm. long	1 hr. 43 min.	1 hr. 51 min.	1 hr. 50 min.	1 hr. 55 min.
5 cm. //	1 54	2 03	1 55	1 39
1 cm. //	1 16	1 30	1 45	1 35
Comminuted	2 15	2 28	2 17	2 10

の場合より遅延する傾向があり、また1cm切断稲藁では早くなる傾向を示した。

全試験期間を通じて、反芻は摂食後約1時間～2時間20分の間に起り、最も早いのは第11号1cm切断給与の第1回観察の際に1時間16分で起き、最も遅い場合は、粉末給与の第2回観察の2時間28分となっている。第18号は第11号に比べて、反芻開始時間の差が少なく、1時間39分～2時間17分の間に開始した。

反芻開始時間は稲藁摂食量により影響されるものと考えられるが、切断稲藁の摂食量はTable 88に示した如く殆んど差がないので、この場合の開始時間の差は、切断の長さによるものと見て差支えないと言えよう。一方粉末稲藁の場合の反芻開始時間は、摂食量が少なかったことおよび微粉であったこと等に左右されているものと推定される。

以上の結果を前報の試験と併せて考察すると次の如くである。

採食時の咀嚼回数は1cm切断稲藁では少なく、15cm切断では多く行われるものと推測され、食塊は前者より後者がよく磨砕されるため、15cm切断の場合の反芻開始は遅れる傾向を示したものと考えられる。また5cm切断稲藁では15cm切断のものより更に反芻開始時間が遅れる傾向を示した。この点については5cmの長さの稲藁は、1cmおよび3cm(前報試験)の長さの稲藁のような少ない咀嚼回数では嚥下出来ないので、15cm切断の場合と同じ程度の咀嚼が行われるものと推測され、その結果15cmの長さのものより、5cmの長さのものがより磨砕された状態になるため、反芻開始が遅れる傾向を示したと言えよう。

反芻開始に当り胃内の食糜が口腔内へ吐出されるが、その機構については既に多数の研究が報告されており<sup>10, 29, 34, 123, 141, 142, 163)</sup>、BERZ<sup>11)</sup>は反芻開始時間は胃内の食糜の性状、充満状態により影響されるとの見解をとっている。CLARK<sup>23)</sup>によれば、新たに摂食したあるいは飼料片が食道溝周辺の胃壁に対する刺激となり、またこの様な状態の内容が主として吐出されると報じている。

粉末給与の場合に反芻開始時間が遅延することは、既報の研究によっても明らかであり、一方切断して給与する場合、その長さによる影響は顕著ではないにしても、短く切断した場合より、長く切断した場合が遅く反芻を開始する傾向にあることは、注目すべきであろう。

稲藁の給与の形態が反芻に及ぼす影響を考察するため、Table 85より食塊の反芻時間(咀嚼時間+休止期)を算出してTable 89に示した。

稲藁を15cm、5cmおよび1cmに切断して給与した場合の咀嚼時間並びに回数には、各山羊とも著しい差異が認められない。粉末稲藁では各長の切断稲藁に比べ、咀嚼時間が短く、咀嚼回数が少ない傾向を示し、とくに第1回測定時では可成りの差異が認められる。

休止期について見ると、第11号では稲藁給与の形態による一貫した傾向を認め難く、第18号では粉末稲藁が他の切断稲藁に比べ、長い休止期をとっている。

反芻時間では、粉末稲藁が短い傾向にあるが、切断稲藁では顕著な差異が認められない。

各観察時に第2回測定の場合が第1回測定に比べ、咀嚼時間、咀嚼回数が減少し、休止期が長くなる傾向を示したことは、摂食後4時間以上の経過において、第2回測定を実施したので、胃内の食糜は第

Table 89. Effect of the forms of rice straw on rumination.

Goat No.	Rice straw	Observation	Experiment I				Experiment II			
			Time of mastication	Number of mastication	Rest period	Time of a rumination cycle <sup>1)</sup>	Time of mastication	Number of mastication	Rest period	Time of a rumination cycle <sup>1)</sup>
11	15cm. long	1	sec. 54.5	55.6	sec. 5.1	sec. 59.6	sec. 46.1	45.4	sec. 6.5	sec. 52.6
		2	55.8	57.5	4.1	59.9	51.5	53.3	5.3	56.8
	5cm. "	1	54.5	57.2	8.5	63.0	44.0	45.5	10.2	54.2
		2	57.1	58.1	4.5	61.6	51.4	51.3	6.8	58.2
	1cm. "	1	59.7	61.4	7.0	66.7	51.4	52.0	8.2	59.6
		2	54.3	57.3	4.6	58.9	46.5	48.2	5.9	52.4
	Comminuted	1	46.1	48.7	5.1	51.2	43.6	42.9	5.6	49.2
		2	47.5	49.3	4.7	52.2	41.5	41.9	5.6	47.1
18	15cm. long	1	58.3	62.0	4.5	62.8	46.5	48.0	5.1	51.6
		2	55.3	59.4	5.0	60.3	49.5	51.3	6.4	55.9
	5cm. "	1	58.5	63.3	6.0	64.5	45.0	47.3	6.5	51.5
		2	50.6	55.2	4.3	54.9	48.7	51.5	6.8	55.5
	1cm. "	1	55.9	60.8	6.1	62.0	46.6	46.0	7.0	53.6
		2	50.0	53.3	6.4	56.4	48.2	50.1	7.5	55.7
	Comminuted	1	46.0	47.2	8.8	54.8	42.4	43.3	9.4	51.8
		2	43.9	45.1	8.7	52.6	42.3	42.8	8.8	51.1

Remark 1) : time of a rumination cycle = time of mastication + rest period

1 回測定時より磨砕されるためと判断される。

粉末稲藁における第1回測定の咀嚼時間、咀嚼回数等が切断稲藁の第2回の測定値に略一致する傾向を示している。従って粉末稲藁給与では、機械的に微粉となしたために、切断して給与した場合に比べ、反芻が活発に起きないことが認められた。

単位時間当りの反芻状態および単位咀嚼に要する時間等から、稲藁の給与の形態が反芻状態に及ぼす影響を考察するため、Table 85 より1分間当りの咀嚼回数、反芻頻度および100回咀嚼に要する時間並びに反芻時間に対する休止期の割合を算出して Table 90 に示した。

反芻時における1分間当りの咀嚼回数は、第11号は各稲藁ともに第1回測定61~63回、第2回測定59~62回であり、切断の長さ、粉碎による差異は殆んど認められない。また第18号では第1回測定62~66回、第2回測定59~63回であり、第1回測定時が粉末稲藁では、切断稲藁の場合より少ない傾向を示したが、切断稲藁の間では殆んど差異がない。各稲藁は各山羊ともに第2回測定の場が、第1回測定に比し、咀嚼回数が減少の傾向を示している。

単位咀嚼回数当りの時間は100回の咀嚼に第1回測定92~98秒、第2回測定95~102秒を要したが、粉末稲藁および第2回測定の場では時間が長びく傾向が認められる。従って反芻咀嚼の速度は飼料の切断の長さには関係がなく、粉碎および摂食後の時間により影響があると推測されるが、その影響は明らかでなく、略同じ速度により再咀嚼が行われるものと判断された。

1分間当りの反芻頻度では、切断稲藁の第1回測定約1回、第2回測定約1.1回であり、粉末稲藁では第1回測定1.1~1.2回、第2回測定1.2~1.3回であり、各飼料ともに第2回測定が多い傾向を示した。これにより粉末稲藁および摂食後4時間を経過した第2回測定値が多いことは、Table 89 に示した如く咀嚼時間が短くなっており、そのため反芻周期の時間が短縮すると判断された。従って反芻状態は反芻頻度により判定し得ず、咀嚼時間、回数等により決定されるべきことは本試験の結果により明らかである。

Table 90. Effect of the forms of rice straw on rumination. The number of mastications per minute and the hour elapsed for 100 times of mastications were calculated.

Goat No.	Rice straw	Observation	Experiment I				Experiment II			
			Number of mastication per minute	Frequency of rumination per minute	Time elapsed for 100 times of mastication	Rest time of mastication	Number of mastication per minute	Frequency of rumination per minute	Time elapsed for 100 times of mastication	Rest time of mastication
11	15cm. long	1	61.2	1.01	98.0	9.36	59.1	1.14	101.5	14.10
		2	61.8	1.00	97.0	7.35	62.1	1.06	96.6	10.29
	5cm. "	1	63.0	0.95	95.3	15.60	62.0	1.11	96.7	23.18
		2	61.1	0.97	98.3	7.88	60.0	1.03	100.2	13.23
	1cm. "	1	61.7	0.90	97.3	11.73	60.7	1.01	98.8	15.95
		2	63.3	1.02	94.8	8.47	62.2	1.15	96.5	12.69
	Commi-nuted	1	63.4	1.17	94.7	11.06	59.0	1.22	101.6	12.85
		2	62.3	1.15	96.3	9.89	60.6	1.27	99.0	13.49
18	15cm. long	1	63.8	0.96	94.0	7.72	61.9	1.16	96.9	10.97
		2	64.4	1.00	93.1	9.04	62.2	1.07	96.5	12.93
	5cm. "	1	64.9	0.93	92.4	10.26	63.1	1.17	95.1	14.45
		2	65.5	1.09	91.7	8.50	63.4	1.08	94.6	13.96
	1cm. "	1	65.3	0.97	91.9	10.91	59.2	1.12	101.3	15.02
		2	64.0	1.06	93.8	12.80	62.4	1.08	96.2	15.56
	Commi-nuted	1	61.6	1.10	97.5	19.13	61.3	1.16	97.9	22.17
		2	61.6	1.14	97.3	19.82	60.7	1.17	98.8	20.82

咀嚼時間に対する休止期の割合を見ると、切断稲藁では第11号に多少の例外が認められるが、各山羊ともに第1回測定10%内外、第2回測定14%内外であった。これに対し粉末稲藁では第1回測定19~20%、第2回測定21~22%の範囲であり、何れも高率を示した。休止期の割合が低率である場合は、反芻時に食塊の再嚙下後、直ちに食塊を口腔内へ吐き出し、連続して反芻を行うことを示すものであり、従って切断給与の第1回測定では粉末稲藁に比し、反芻が活発に起ると判定される。

以上の結果より、15cm、5cmおよび1cmに切断して給与した場合は、反芻時の咀嚼時間並びに回数等に著しい差がなく、これに対し粉末稲藁では切断した場合に比べ、咀嚼時間は短縮し、咀嚼回数は減少することが確認された。

また稲藁の切断の長さにより反芻状態に著しい差異のないことは、切断の長さに応じた咀嚼がなされた後嚙下するためと推測せられた。

## V. 結 論

### (1) 乳養期における哺乳法が摂食量並びに消化に及ぼす影響

(1) 乳首哺乳法および慣行のバケツ哺乳法により同量の哺乳を行い、乾草を自由採食させた結果、乾草摂食量は前者が後者より第1期試験で27.4%、第2期試験では37.2%増加した。

(2) 乳首哺乳法と普通哺乳法とを行った場合の牛乳およびれんげ乾草の消化率は、粗繊維および可溶性無窒素物以外の成分には殆んど差異が認められない。

(3) 乳首哺乳の場合は粗繊維の消化率が、普通哺乳に比べ著しく高率を示したが、可溶性無窒素物の消化率では6~7%低下することが認められた。

### (2) 飼料の種類および形態の相違が摂食量並びに嚙下に及ぼす影響

(1) 食塊の嚙下は胃収縮運動と一定の関連があり、胃運動周期の特定の段階においてのみ行われ、そ

の時期は胃収縮運動の休止期で、かつ第2胃収縮期の直前である。

(2) 嚥下食塊は適度の硬さをもつ円柱状を呈し、噴門より第1胃に射出するが如く強く圧出されるが、米糠、大麦糠では泥状の食塊が噴門の収縮の度毎に少量ずつ漏出する状態で嚥下され、とくに大麦糠では嚥下困難な様相が観察された。

(3) 濃厚飼料の採食状態は、粒状飼料が粉状飼料より良好であった。とくに採食時の咀嚼回数は粉状飼料が多いことが認められた。

(4) 粗飼料の切断の長さが採食状態に及ぼす影響は、長く切断した場合が短い場合に比べ採食に長時間を要し、咀嚼回数、咀嚼時間ともに多く、食塊は著しく磨砕された状態で嚥下されるが、単位時間当たりの摂食量は少ないことが認められた。

(5) 禾本科と荳科牧草および乾草と青草の採食状態は、飼料の粗剛性、水分含量等により影響され、とくに青草では殆んど咀嚼せずに嚥下される。

(6) 採食時の唾液分泌量は、粒状濃厚飼料64~90%、粉状濃厚飼料120~265%であり、乾草140~170%、青草19~76%、3cm切断稲藁223~263%であったが、30cm切断稲藁では約300%であった。飼料の種類、性状、水分含量、給与の形態等による影響が大きい。

(7) 食塊の水分含量は濃厚飼料では、粒状のものが50%内外であったが、粉状飼料では61~76%であり、飼料の形態、性状により影響される。また粗飼料では乾燥状態のものは65~79%、青草では88~90%であり、飼料の種類、水分含量により左右される。

### (3) 粗飼料の給与の形態が摂食量並びに反芻に及ぼす影響

(1) 15cm、5cmおよび1cm長に切断した稲藁の摂食量並びに単位体重当たりの摂食乾物量は殆んど差異が認められない。

(2) 粉末稲藁の摂食量は切断した稲藁に比べ少なく、単位体重当たりの摂食乾物量では2~3割少なかった。

(3) 摂食後の反芻開始時間には著しい差異が認められないが、粉末稲藁では遅れ、また切断稲藁では1cm、15cm、5cmの順に遅く開始する傾向が認められた。

(4) 稲藁の切断の長さによる反芻に及ぼす影響は殆んど認められないが、粉末稲藁では咀嚼時間、咀嚼回数ともに少なくなる傾向が観察された。

## 総 括

反芻家畜は複胃を有するため、他の単胃家畜に比べ消化機構は複雑であり、とくに第1胃は消化上重要な役割を果している。反芻胃における消化について、著者は家畜飼養上に関連する栄養生理学上の諸問題を究明するため試験を行った。本試験の結果を各項目別に総括すると次の通りである。

### I. 試験方法並びにその検討

(1) 第1胃永久瘻管装着手術法およびカテーテル法による第1胃内容採取法を山羊を用いて調べた。

(2) 第1胃瘻管手術について、腹壁の切開部位およびカニューレ装着を各種方法により行った結果、左臍部最後肋骨の後端より腰椎に沿って切開し、露出する胃壁に腹筋、皮膚を縫合し、傷面の癒着後、胃壁を切開してカニューレを装着する方法が最も経過がよかった。

(3) 各種の外径のカテーテルを経口的に胃内に挿入し、X線観察によりカテーテルの行方を調べた。

(4) 外径12mmの肉厚のカテーテルは第1胃内容水準面の付近に、10mmのものでは腹部囊内に到達する場合が多い。また6mmおよび5mmの肉薄のカテーテルは第2胃に達することが観察され、カテーテルの外径により、胃内到達部位が著しく異なることを確認した。

(5) 第1胃内容のカテーテル法による採取方法は、機械的に吸引する場合よりも、口で静かに吸引する場合が大量の採取に適し、また内容状態の均一なサンプルを採取出来る。



## II. 反芻胃の発達並びにその機能に関する考察

### (1) 反芻胃の標準発達に関する試験

1) 山羊5頭を用い、出生時より第5週令時に至る間の第1胃、第2胃の発達経過を生体で観察するため、X線透視および間接撮影法により、各週令時の胃囊発達状態、胃内状態等を正常飼養を行って調べた。

2) 出生時の胃囊は極めて小さく、第1～第3腰椎の下部、腹腔の上半部に球型乃至楕円型を呈し、収縮して存在する。第1胃内への造影剤投与により、胃囊は著しく膨張し、かつ収縮運動を開始することが観察された。また出生時の胃囊は極めて伸縮性に富むことが確認された。とくに空気の入力により胃囊は大きく膨張し、嚥下した空気が胃囊の発達に役立つものと推測される。

3) 第1週令時では第1胃内腔は拡張し、腰椎下部より腹腔の約 $\frac{1}{2}$ の位置まで下降し、腹腔の略半ばを占めるが、胃内内容物は全く存在しない。またこの時期では、多量の乳汁を吸飲せしめても、乳汁の第1胃への流入は認められない。

4) 第2週令時の胃囊状態は、少量の内容物が認められ、微弱な運動が観察された。

5) 第3週令時になると、腹部囊は完全に胃内容で充たされ、胃収縮運動が認められるが、強力な運動は行われない。摂食した飼料の一部は第1胃内に嚥下されるものと推定される。

6) 第4週令以降では定型的な収縮運動が観察され、消化機構は略完成するものと考えられる。

7) X線観察結果から、胃囊X線写真映像の各部を測定して第1胃、第2胃の発達状況を検討した。

8) 第1胃の腰椎下部より腹壁への縦軸の発達は、出生時では腹腔の約30～40%を占めるが、第1週令時では約80%、第2週令時で約90%となり、第3週令時以降では腹壁の位置まで発達する。また出生時に対し、第1週令時は約2倍、第2週令時約3倍、第3週令時約3.4～3.7倍、第4週令時約3.6～4.4倍、第5週令時約4.3～4.7倍となった。背部囊の発達は腹部囊に比べて大きかった。

9) 第1胃の骨盤腔内への横軸の発達状況を、腰椎の長さを基準として比較すると、出生時では約50%であったが、第1週令時の背部囊約40～50%、腹部囊約70～80%となり、第2週令時まで著しい変化は認められない。第3週令時では、背部囊は約70～80%、腹部囊はほぼ腰椎の長さに等しくなり、爾後週令の増加とともに著しく発達し、第5週令時では、背部囊90～110%、腹部囊120～130%となった。また横軸の発達は出生時に対し、第1週令時約1.3倍、第2週令時約1.6倍、第3週令時約2倍、第4週令時約2.6倍および第5週令時約3倍となった。

10) 第2胃の発達は出生時に対し、長径では第1週令時約1.3倍、第2週令時約1.5倍、第3週令時約2倍、第4週令時以降では約2～3倍となり、また短径では第1週令時約1.1倍、第2週令時約1.2～1.5倍、第3週令時約1.5～2倍、第4週令時約2～2.5倍、第5週令時約5倍に発達することが確認された。

### (2) 反芻胃の早期拡張に関する試験

1) 反芻胃が早期に拡張を遂げた山羊を発見したので、早期の胃囊拡張がその後の発育、消化および窒素代謝に及ぼす影響を調べるため、反芻胃が標準発達を遂げた山羊2頭と比較試験した。

2) 早期の胃囊拡張山羊のX線観察結果は、第2週令時に第1胃が腹壁の位置まで下降し、また骨盤腔への拡張は対照山羊に比べ、背部囊約2倍、腹部囊約1.5倍であり、何れも顕著な拡張を示し、第2週令時で既に強力な収縮運動および反芻作用が観察された。

3) 胃囊拡張山羊の反芻胃形態は、第2胃が胡桃状乃至球状を呈し、第1胃前庭部は著しく拡がり、前後に圧迫された如き異常形態が観察された。

4) 第2週令時より第9週令時に至る間、各山羊ともに同一飼養管理を行い、発育状態を調べたが、胃囊拡張山羊の発育は著しく不良で、増体量は対照山羊の約50%に過ぎない。また体の各部の発育も不良で、腹部の著しい膨大が観察された。

5) 第6週令および第8週令の2回、牛乳、配合飼料およびビートパルプを給与し、消化試験を行った結果、各飼料成分の消化率に殆んど差を認めなかった。早期の胃囊拡張は消化率に影響はないものと

判断される。

6) 体重 100kg 当りの摂食乾物量は、第 1 期 (6 週令) では対照山羊は 2.0kg であったが、胃囊拡張山羊は 3.2kg で、約 60% 多く、また第 2 期 (8 週令) では、対照山羊 3.5kg に対し 5.9kg で約 70% 多く摂食した。

7) 窒素出納試験の結果、摂食窒素の蓄積率は対照山羊が第 1 期 62%、第 2 期 46% であったが、胃囊拡張山羊はそれぞれ、28%、11% に過ぎず、対照山羊の第 1 期 46%、第 2 期 24% に止まった。

8) 体重 100kg 当りの尿中排泄窒素量は、対照山羊 第 1 期 0.22kg に対して胃囊拡張山羊 0.80kg であり、3.6 倍の多量を排泄した。また第 2 期 0.21kg に対し 0.78kg で、3.8 倍量であったことから、早期の胃囊拡張は消化器の位置に異常を来し、腹腔内臓器を強く圧迫すること等が推測せられ、原因は明らかでないが窒素出納に好影響を与えない。

### (3) 反芻胃の拡張促進に関する試験

1) 出生直後の山羊 16 頭を用い、胃囊の拡張促進について試験を行うとともに、早期の胃囊拡張がその動物の発育、消化および窒素代謝に及ぼす影響を調べた。

2) 反芻胃が早期に拡張をなし、胃機能が早くより始まる山羊を実験的に作るため、供試山羊を 4 群に分ち、次の処理を行った。すなわちこの現象が乳養期の初期、とくに出生後間もない頃の飼養管理の失宜により起るものと仮定して、第 1 群：出生後 2～3 日間の絶食、第 2 群：出生後 10 日間にわたり哺乳量を正規量の  $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{10}$  に制限、第 3 群：胃囊の拡張を図るため出生当初より哺乳量の 20～50% を第 1 胃内へ投与、第 4 群：正常飼養群とした。

3) 反芻胃の大きさを X 線透視および間接撮影法により観察した結果、第 4 群に比べて第 1 群、第 2 群では早期の拡張が確認され、また第 3 群においても胃囊の拡大が見られた。反芻は第 1 群、第 2 群では第 2 週令以降に、また第 3 群では粉乳単飼にも拘らず第 2 週令に起ることが観察された。

4) 第 3 群山羊は試験期間中強度の下痢を起し、食欲減退し、斃死したものも見出されたことから、第 1 胃内送乳は悪影響を及ぼすものと言えよう。

5) 各群の発育状況は第 4 群に比べて、他の群は何れも不良であり、とくに第 1 群、第 2 群は著しく悪く、試験終了時 (第 9 週令時) の増体量は、第 4 群の 50% に過ぎず、また体長、胸囲の発育も著しく不良であった。

6) 胃囊の拡張状態と消化との関係を調べるため、第 2 週令、第 4 週令、第 6 週令および第 8 週令の 4 回にわたり消化試験を行ったが、各群別による飼料各成分の消化率の相違は殆んど認められなかった。

7) 第 6 週令は小麦麩、第 8 週令では小麦麩および乾草を自由に採食させて、摂食量を調べた結果、第 1 群、第 2 群の単位体重当りの摂食乾物量は第 4 群に対して、第 6 週令約 1.7 倍、第 8 週令約 1.7 倍の多量であった。単位体重当りの摂食量が多かったことは、胃囊拡張による結果と判断される。

8) 窒素出納試験の結果は第 2 週令および第 4 週令では、第 3 群が第 4 群に比べ、摂食窒素蓄積割合および窒素蓄積日量は僅かに高かったが、それは第 1 胃内に投与した乳汁が胃内に滞留するためと推定された。また第 6 週令の窒素蓄積率は第 4 群 54.8% に対し、第 1 群 31.6%、第 2 群 37.2% であり、第 8 週令では、第 4 群 31.8%、第 1 群 11.4%、第 2 群 13.9% で、著しく低率であった。尿中窒素排泄量は各試験期ともに、第 4 群に比べ第 1 群、第 2 群は 1.7 倍の過量であった。

9) 絶食、哺乳不足等により第 4 胃は空になるため、第 1 胃を押し上げる容積がなく、反芻胃は相対的に下降し拡張したものと推定され、更に好ましくない飼養により仔山羊は憔悴状態になり、その影響は単に消化器のみならず、体全般に大きく作用し、その後の発育に悪影響を及ぼすものと判断される。

### (4) 年令および給与法による食塊の嚥下部位に関する試験

1) 各種年令の山羊を使用し、流動物および固形物の胃内嚥下状態を調べ、乳養期における第 1 胃嚥下の始まる時期、哺乳法等を検討するため、造影剤を混じた流動物および固形物を投与し、X 線観察により試験を行った。

2) 第 1 試験では、生後第 2, 3 週令時の山羊 8 頭を用い、第 4 週令時まで 1 週間毎に、カプセル (直径

6.5mm長さ20mm)を投与し嚥下部位を調べた結果、第1胃、第2胃への嚥下割合は、第2週令時27%、第3週令時33%、第4週令時38%であり、週令の増加とともに、第1胃内への嚥下割合は増加の傾向を示した。

3) 全試験期間を通じて、各胃への嚥下割合は、第1胃20%、第2胃14%、第3胃29%および第4胃37%であり、第3胃へ嚥下されたものは速かに第4胃へ移動することが観察された。

哺乳期の山羊では、第1胃、第2胃に固形物を嚥下することは比較的少ないと判断される。

4) 第2試験において、人工哺乳中の山羊5頭について、生後1ヶ月目に各種形態のカプセルおよび団子を投与し、嚥下状況を調べた後離乳を行い、5日後に再び投与試験を行って離乳前後の嚥下状況を検討した。

5) 哺乳中では、直径20mmの球型のもは総て第1胃、第2胃に嚥下されたが、直径5mm長さ5mm大のもの、直径10mm長さ20mm大のものでは、その殆んどが第4胃に嚥下された。離乳後では、全投与数の84.7%が第1胃、14.0%が第2胃に嚥下されたが、第3胃には僅かに1.3%であった。離乳後では、投与したカプセルおよび団子の形、大きさに関係なく、第1胃、第2胃内に嚥下され、離乳の如何により嚥下部位に顕著な影響が観察された。

6) 哺乳継続の場合と1ヶ月令時に離乳した場合の嚥下状況を比較するため、第7週令時に硫酸バリウムを混じた小麦麩を給与し、嚥下部位を調べた結果、離乳後では総て第1胃に嚥下したが、哺乳中のものはなお第4胃にも嚥下することが観察された。第13週令時では第4胃への嚥下は認められない。

7) 第3試験では、第2週令時より7ヶ月令時までの各種年令の山羊9頭を用い、各種方法により牛乳を吸飲させた後、胃内滞留状態を調べた。

8) 乳首哺乳法、多量の澱粉を混じた牛乳を吸飲させた場合、乳を下から吸い上げる様に考案した哺乳器法および一挙に多量を吸飲するのを制限した場合は、年令に関係なく総て第4胃へ嚥下することを確認したが、バケツからの哺乳では、殆んど総ての場合、第1胃、第2胃への嚥下が観察された。

9) 流動物は1嚥下量が約8ml以上の場合は第1胃、第2胃、約4mlでは第1胃、第2胃または第4胃、3ml以下では第4胃へ嚥下されることが認められ、流動物の各胃への流入は嚥下量により決定される。

### III. 反芻胃における消化吸収に関する考察

(1) 第1胃における食塊の滞留、移行および機械的消化に関する試験

1) 形態の異なる飼料を与え、第1胃内の食塊の滞留および移動状況を調べるとともに、胃内滞留中に受ける食塊の機械的作用を調べた。

2) 第1試験では正常飼養中の成山羊1頭を用い、染色燕麦を給与し、第1胃内滞留時間および燕麦の磨砕度を調べた。

3) 第1胃内の燕麦の滞留割合は、摂食後6時間83.2%、24時間77.4%、48時間でなお47.8%であったが、3日後では急速に減少し16.7%となり、5日後では2.6%であった。給与後6日目の胃内容物中には痕跡程度の着色燕麦稃片が観察された。

4) 第1胃内の食糜は、毎日約 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 量ずつが胃内から移動することが推測された。

5) 第1胃滞留中における燕麦稃の時間の経過による磨砕状況は、摂食後24時間では20目篩以上の大きさのものが56.6%、30目篩以上が27.0%であった。48時間後では20目篩以上は29.8%となり $\frac{1}{2}$ 量に減少するが、逆に30目篩以上の飼料片が約2倍量の47.3%に増加した。また72時間後には20目篩以上14.2%、30目篩以上のものが51.9%を占め、時間の経過とともに次第に磨砕されることを確認した。

第1胃の食糜が反芻、胃収縮運動等により受ける機械的作用は強力であることが認められた。

6) 第2試験では山羊2頭を供試し、第1胃内容物および第4胃内容物をカテーテルで採取し、第1胃内容物の第4胃への移動状態を調べた。

7) 染色燕麦を給与し、摂食後1時間30分の第4胃内容物に30目篩以下の小片を確認し、爾後時間の経過とともに第4胃内容物中の着色片は増加した。また第4胃内容物中の燕麦稃は総て30目篩以下の大

きさであった。

8) 染色ビートパルプ粉末 (50目篩以下で60目篩以上の大きさのもの) を第1胃内に投与したが、投与後30分で既に多量の着色粉末を第4胃内容物中に認めた。

9) 細かい飼料片は第4胃へ急速に移行することが確認され、食塊が第1胃からの流出移動に当っては、微細に磨砕されたものが胃溶液とともに移動するものと考えられる。

10) 第1胃内容物および第4胃内容物中の飼料片の磨砕状況を調べた結果、第1胃内容物は採食後の時間の経過とともに磨砕度は進行するが、第4胃内容物では略一定し、大半は50目篩以下の小片であった。

(2) 第1胃における飼料成分の変化に関する試験

1) 第1胃に瘻管を設けた山羊について、ルーピン乾草粉末および濾紙を試験容器内に封入し、瘻管を通して第1胃内へ投入した後、各種時間経過後の容器内試料の成分変化を調べた。

2) ルーピン乾草が容器内で顕著な変化を示した成分は、可溶性無窒素物、粗繊維および粗蛋白質であった。可溶性無窒素物は投入後24時間で28.2%、48時間で62.6%減少し、粗繊維では24時間で18.4%、48時間で29.5%の減少を見たが、粗蛋白質では24時間で63.6%、48時間で134.6%の増加を示した。

3) 第1胃において可溶性無窒素物、粗繊維は胃内微生物により分解が活発に行われることが確認された。また微生物体蛋白質量の増加が示唆された。

4) 濾紙では投入後24時間で13.0%、48時間で23.7%の減少が認められた。

5) 第2試験は山羊2頭について、飼料に硫酸バリウムを混じて給与した後、経時的に第1胃内容物を採取し、飼料成分の変化を barium ratio により調べた。

6) 摂食後24時間において、乾物40~44%、粗蛋白質38~39%、可溶性無窒素物51~56%および粗繊維28~34%が第1胃内から消失することが確認された。

(3) 第1胃内の吸収に関する試験 特に給与法の相違が吸収に及ぼす影響

1) 山羊5頭を用い、グルコースおよび尿素を濃厚飼料に混じて給与した場合 (混合給与)、水に溶解して乳首を用いて飲ませた場合 (乳首吸飲) および容器から直接飲ませた場合 (溶解吸飲) の3つの給与法による吸収状態を調べるとともに、山羊2頭について、第1胃内容を完全に排除した後、第1胃にグルコースおよび尿素を投与して、胃壁からの吸収状態を試験した。

2) グルコースを体重1kg当り3gの割合で飼料と混合給与および溶解吸飲せしめた場合は、血糖値の変化を認めないが、乳首吸飲の場合では明らかな血糖値の上昇が認められ、吸飲後1時間~1時間30分に最高値を示し、給与前の140~160%の値に達した。これは家兎を用いて行った場合の血糖値の消長と略一致することが確認された。また体重1kg当り1gのグルコースを乳首吸飲させた場合にも、血糖値の上昇が確認された。

3) 飼料あるいは飲水とともに第1胃に入ったグルコースは速かに醗酵分解せられ、グルコースの形では吸収されないが、乳首吸飲ではグルコースが第4胃に流入し、グルコースの形で吸収が行われると判断される。

4) 尿素は何れの給与法による場合も、血中尿素窒素量が増加し、給与量による血中尿素窒素量の推移には殆んど変化が認められない。

血中尿素窒素値の消長は給与後急激に増加し、2時間後に最高値となり、爾後減少の経過をとった。

5) 体重1kg当り1gの尿素を溶解吸飲せしめた場合、2時間後に中毒死したが、体重1kg当り5gを乳首吸飲せしめた場合では、血中尿素濃度は急増し、2時間後に64mg/dlの最高値となり、常値の5倍量に達した。しかし乳首吸飲では尿素中毒症状が全く起らないことを確認した。

6) 胃内容を排除し、第1胃に体重1kg当り1gおよび2gのグルコースを投与し、一定時間経過のもとに血糖値を測定した結果、1gでは1時間後114mg/dlとなり、給与前の158%の増加が認められた。また2gでは155mg/dlとなり、221%の顕著な増加が観察されたが、4時間~6時間後に常値に復した。これにより、第1胃壁からのグルコースの吸収を確認した。

7) 尿素を体重1 kg 当り 0.5g および 1g の割合で第1 胃に注入または胃壁に塗布し、血中尿素窒素量の消長を調べた結果、投与後30分で、0.5g 投与では常値の243%、1g の場合282%と急激な増加が認められ、爾後も殆んど減少することなく高濃度で経過し、6 時間後においてもそれぞれ常値の269%、376%の上昇が観察された。これにより、胃壁からの尿素的吸収速度は遅いと判断される。

(4) 第1 胃内絨毛虫類に関する試験

1) 山羊の第1 胃内容物から絨毛虫類の純粋分離を行い、虫体組成、虫体蛋白質の人工消化率およびアミノ酸組成等を調べた。

2) 山羊2 頭を用い各種の飼料を給与し、絨毛虫類数の消長および純粋分離の難易について調べた結果、小麦麩単飼の胃内容物が最適であった。

3) 絨毛虫類の純粋分離は第1 胃内容物をガーゼで濾過し、濾液を洗滌装置に採り、水流を加減して洗滌し、残渣を更に水中に浮遊させ、遠心沈澱して虫体を集めた。分離された絨毛虫類は殆んど *Entodinium* 属のものであった。

4) 絨毛虫体組成は無水物として、有機物96.9%、粗蛋白質42.8%、粗脂肪5.8%、炭水化物48.3%、粗灰分3.2%および純蛋白質40.8%であった。

5) ペプシンを用いて人工消化試験を行った結果、絨毛虫体蛋白質の消化率は83.7%であった。

6) 胃内容中に占める絨毛虫体蛋白質量は、1 mm<sup>3</sup> 中、*Entodinium* 属が1,000個体棲息する場合、0.16g/dl と算定された。

7) 虫体から確認されたアミノ酸は、アラニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、スレオニン、グルタミン酸、シスチン、リジン、アルギニン、トリプトファンおよびセリンの11種類で、この中必須アミノ酸は6種類であった。

#### IV. 飼養法が反芻胃消化に及ぼす影響

(1) 乳養期における哺乳法が摂食量並びに消化に及ぼす影響

1) 1ヶ月令の同腹の仔山羊について、同量の牛乳を乳首哺乳法および普通哺乳法により吸飲させ、同時にれんげ乾草を自由採食させて、摂食量並びに消化率を調べた。

2) 第1 期試験では、第1号は乳首を用い、第2号はバケツを用いて哺乳を行ったが、本試験期間中のれんげ乾草摂食量は第1号707g、第2号555gであり、乳首哺乳の山羊が27.4%多量に摂食した。

3) 第2 期試験では、交互に哺乳法を変えて試験を行った結果、第1号646g、第2号886gであり、乳首哺乳法の場合が普通哺乳法の場合より、れんげ乾草の摂食量は37.2%多かった。

4) 乳首哺乳法と普通哺乳法とを行った場合の消化率は、とくに乳首哺乳試験期の粗繊維消化率に顕著な向上が認められた。

5) 可溶性無窒素物の消化率は、乳首哺乳期が普通哺乳期に比べて6~7%の低下を見たが、これは粗繊維消化率の向上に伴ない粗繊維より不消化可溶性無窒素物区分へ一部移行があるためと解せられる。その他の成分の消化率には哺乳法による影響は殆んど認められない。

(2) 飼料の種類および形態の相違が採食並びに嚥下に及ぼす影響

1) 第1 胃に瘻管を装着した山羊2 頭を用い、濃厚飼料(小麦麩、米糠、大麦糠、大豆粕、碾割玉蜀黍)および粗飼料(3 cm および30cm 切断稲藁、禾本科乾草および青草、苜蓿乾草および青草)を給与し、採食状態を調べるとともに、瘻管を通して嚥下状態を観察し、同時に噴門より第1 胃へ嚥下直後の食塊を採取し、食塊重量、形態、唾液分泌量、水分含量等を測定し、飼料の種類および形態が採食並びに嚥下に及ぼす影響を検討した。

2) 第1 胃への食塊の嚥下は胃収縮運動と一定の関連があり、胃運動周期の休止期で、かつ第2 胃収縮期の直前に行われることが観察された。

3) 嚥下食塊は適度の硬さをもつ円柱状を呈し、噴門より第1 胃内へ強く圧出されるが、米糠、大麦糠では泥状であり、殆んど食塊の形態を示さず、胃内へ数度にわたり漏出する状態で嚥下された。とく

に大麦糠では嚥下しにくい状態が観察された。

4) 濃厚飼料の採食状態は大豆粕、玉蜀黍の如き粒状飼料が最もよかったが、粉状飼料では、小麦麩、米糠、大麦糠の順に不良となり、とくに大麦糠は採食にあたり、大豆粕の8~10倍、小麦麩の3~4倍の時間を要した。

また採食時の咀嚼(嚙食)回数は粉状のものが粒状のものに比べて著しく多い。

5) 稲藁を3cmおよび30cmの長さに切断して給与した場合の採食状態を調べた結果、30cm切断稲藁は3cm切断稲藁に比べ、1.4~2.4倍の採食時間を要し、咀嚼回数も同様に多く、食塊は著しく磨砕された状態で嚥下されることが観察された。また3cm切断により摂食量の増加が認められた。

6) 禾本科牧草と荳科牧草を比較した場合、乾草、青草ともに前者が採食に長時間を要し、咀嚼時間、咀嚼回数は何れも多い傾向を示した。

7) 乾草と青草とでは、青草に比べて乾草が採食時間は長く、禾本科6~9倍、荳科8~10倍であり、また咀嚼回数は禾本科10倍、荳科10~13倍で著しく多く、青草は殆んど咀嚼せずに嚥下した。

8) 採食時の唾液分泌量は飼料の種類により顕著な差異が認められ、摂食した飼料に対する分泌割合は濃厚飼料では、大豆粕、玉蜀黍64~90%、小麦麩120~127%、米糠200~216%、大麦糠254~265%であり、粗飼料では、荳科青草19~23%で最も少なく、禾本科青草42~76%、乾草136~172%、30cm切断稲藁294~298%であった。また3cm切断稲藁では223~263%であり、30cm切断稲藁の79~88%の分泌量に止まった。

9) 濃厚飼料食塊の水分含量は、粒状飼料が最も少なく、46~55%であったが、粉状飼料では61~76%であり、飼料の形態、性状により影響される。

10) 粗飼料食塊の水分含量は、乾草65~68%、稲藁74~79%で30cm切断稲藁が多く、青草では88~90%を示した。粗飼料では飼料の種類、飼料中の水分含量により影響され、また採食の難易と直接関係があることが確認された。

(3) 粗飼料の給与の形態が摂食量並びに反芻に及ぼす影響

1) 山羊2頭を用い、15cm、5cmおよび1cmに切断した稲藁並びに粉砕した稲藁を各々自由に採食せしめ、摂食量および反芻状況を調べた。

2) 15cm、5cm、1cm切断稲藁の摂食量は殆んど差が認められないが、粉末稲藁給与では切断稲藁より減少し、15cm切断給与の場合に比べ、1~3割少なかった。

3) 体重100kg当りの乾物摂食量は、切断稲藁の場合何れも2.7~3.0kgの範囲であったが、粉末稲藁では2.1~2.2kgで2~3割少なかった。

4) 摂食後の反芻開始時間は顕著な差異が認められないが、粉末稲藁では幾分遅く起ることが観察された。また1cm切断稲藁では早く起る傾向が認められた。

5) 摂食2時間後および4時間後の反芻状況を調べた結果、切断稲藁では咀嚼時間、咀嚼回数ともに著しい差がなく、稲藁の切断の長さによる影響は殆んどなかったが、粉末稲藁では咀嚼時間、咀嚼回数ともに減少の傾向が認められた。

(本研究の一部は文部省科学研究費の補助によって行ったことを付記し、謝意を表する)

## SUMMARY

In view of the fact that the fore-stomach of ruminants plays a significant role in their digestive systems, nutritional and physiological studies were undertaken on the digestion in the rumen which has a close relation to the feeding of ruminants.

The results of those studies are as follows.

### I Methods and Discussion on Collecting Rumen Contents

Experiments on the methods of collecting the contents of the rumen by permanent rumen fistulae and catheterization were tested with goats.

1) The rumen fistulae-operation was carried out as follows:

Along the lumbar from the last rib of the left side the abdomen was incised, and the skin, the muscle and the stomach wall were sutured. After the adhesion, the wall was incised and then the canula was inserted in the rumen wall.

2) Four catheters of size 12, 10, 6 and 5 mm. in outside diameter were inserted respectively to the rumen from the mouth. According to the results of X ray observations, the catheter of size 12 mm. showed a tendency to go near the rumen fluid level, size 10 mm. into the ventral sac and size 5 mm. and 6 mm. into the ventral sac and reticulum. That of 10 mm. was the most suitable for collecting the rumen contents.

## II Studies on the Development and the Functions of the Reticulo-Rumen

### 1 Observations on the Normal Development of the Reticulo-Rumen

1) Five kids, from birth to 5 weeks of age, fed on a ration of milk, grass and concentrates, were used to investigate the development of rumen and reticulum by means of X ray observations and indirect photography.

2) In the goats at birth the structures of rumen and reticulum were very small and the rumen presented a globular or an oval shape. When a small dose of barium sulphate meal was administered through a catheter to them, the rumen swelled surprisingly and began a slight movement. The rumen moved more briskly as a result of introducing air into it. It is deemed that the air inhaled at sucking milk may be helpful for development of rumen.

3) At the age of 1 week the rumen extended downward and occupied about two-thirds of the abdominal cavity, but there was no solid food yet in it. Even a large amount of milk was sucked in, the milk did not enter the rumen in this stage.

4) At 2 weeks a little ingesta and weak movement were observed.

5) At 3 weeks the ventral sac was quite filled and the contraction of rumen and reticulum was noticed, but not strongly. It was deemed that some of the ingesta was swallowed into the rumen.

6) At 4 weeks the regular cycle of contraction was observed. After 4 weeks of age the digestive mechanism of fore-stomach seemed to be nearly full grown.

7) By measuring the increase in the sizes of parts of the stomach through the photographs of X ray observations, the following results were obtained:

The spindle of rumen developed until it occupied 90 per cent of the abdominal cavity in 2 weeks old kids and it reached the abdominal wall after 3 weeks. The growth rate of the spindle of rumen was such that at 1 week it was about twice the size of that at birth time, 3 times at 2 weeks of age, 4 times at 4 weeks and 4.3 to 4.7 times at 5 weeks. The development of the dorsal sac was relatively larger than that of the ventral sac.

8) The transversal axis of rumen to the pelvic cavity became at 3 weeks about twice the size of that at birth, 3 times at 5 weeks.

9) The major axis of the reticulum was about doubled at 3 weeks and tripled at 5 weeks. The minor axis was doubled at 3 to 4 weeks and quintupled at 5 weeks.

### 2 Experiments on the Reticulo-Rumen Dilation during the Suckling Period.

1) Comparative experiments were made using two normally developed goats and one with the stomach abnormally dilated, which condition the author found in many experimental goats. By X ray observations of the stomach dilation the following facts were ascertained.

2) At 2 weeks of age the rumen extended downward to the abdominal wall and showed greater development than did the control goats, and also strong contractions and ruminations were observed in this week of age.

3) The reticulum presented a shape like a walnut or a ball and the atrium of rumen took an abnormal form as if it were pressed.

4) From 2 to 9 weeks of age the same feeding was undertaken to the three experimental animals to investigate the differences in growth between them. It was found that the goat with the stomach dilation was much inferior to the others in growth and in weight increase. The body weight

of the goat with the stomach dilation was 50 per cent of that of the control animals. However only the abdomen was observed to be dilated remarkably in the former.

5) Digestion experiments with milk and concentrates in 6 weeks of age, with concentrates and beet pulp in 8 weeks were carried out. In the digestibility no remarkable difference was noticed between them. In 6 weeks of age dry matter intake per 100 kg. body weight was 3.2 kg. in the one with the stomach dilation and 2.0 kg. in the control kids. In 8 weeks the former ingested 70 per cent more than the latter.

6) The rate figures of nitrogen retention were 28 per cent in 6 weeks of age, 11 per cent in 8 weeks in the experimental goat, and 62 per cent in 6 weeks, 46 per cent in 8 weeks in the controls.

7) In the daily amounts of excreted nitrogen the experimental one excreted about 4 times as much as the controls did.

8) From these observations it was suggested that the stomach dilation in the earlier age of suckling period, which brought about the heterotaxis and abnormally pressed other organs, caused functional disorder of the internal organs.

### 3 Experiments on Promoting the Dilation of Reticulo-Rumen during the Suckling Period.

1) In order to investigate the effects of the stomach dilation in suckling period upon growth, digestion and nitrogen metabolism, the following experiments were undertaken by using 16 newborn goats.

2) To cause stomach dilation, the goats were divided into 4 experimental groups and managed as follows:

(i) Group I : were the fasting group for 2 or 3 days after birth.

(ii) Group II : were the underfeeding group for 10 days after birth. The amount of milk intake was limited to  $\frac{3}{5}$  or  $\frac{1}{10}$  of standard feeding.

(iii) Group III : were the group in which the animals were allowed 20 or 50 per cent of usual amount of milk through a catheter to the rumen from birth.

(iv) Group IV : were the control group of standard feeding.

3) The following results were obtained by X ray observations:

Stomach dilation, as compared with Group IV, was noticed in Groups I and II at 2 weeks of age. In Group III it had already been found at 2 weeks. In 3 to 4 weeks, however, their appetite failed entirely and they had violent scours and one of Group III died.

4) Groups I, II and III were observed to be slow growers compared with Group IV. The rate of body weight gain of these groups at the final week of experimental period (9 weeks) was 50 per cent of the latter and the growth of chest girth and body length were retarded, too.

5) On the other hand, no noticeable difference was found between groups in ability to digest food in these digestion trials in 2, 4, 6 and 8 weeks.

6) The amount of dry matter intake per 100 kg. body weight in the experimental goats was 1.7 times in 6 weeks, 1.7 times in 8 weeks as much as that in the control.

7) In the nitrogen balance experiments, the goats with stomach dilation showed low rate of retention. This effect corresponded to that report in the above-mentioned publication.

8) From these results of the experiments it is assumed that, without support by the abomasum which had been depleted by fasting or insufficient milk feeding, the reticulo-rumen descended down relatively to the abdominal wall; furthermore, the emaciation which the goat with stomach dilation suffered affected remarkably not only the digestive organs, but also the whole growth of body.

### 4 Experiments on the Influence of Age and the Methods of Diet-Supplying on the Course of the Swallowed Bolus.

1) By means of X rays the course of the swallowed bolus was investigated with goats of various ages after birth on fluid and solid food.

2) In the first experiment using 8 kid goats aged 2 to 4 weeks the capsules (6.5 mm. in diameter and 20 mm. in length) were swallowed respectively and the following results were gained:

The rates of the capsules swallowed down into the rumen and reticulum were 27 per cent at 2 weeks of age, 33 per cent at 3 weeks and 38 per cent at 4 weeks. The rate of swallowing into the rumen and reticulum in the suckling period increased with age proceeding. But during the period from 2 to 4 weeks of age, the rate into the rumen and reticulum was relatively low: they deposited in the



rumen at 20 per cent, reticulum at 14 per cent, omasum at 29 per cent and abomasum at 37 per cent.

3) In the second experiment 5 kids at 1 month of age which had been fed on milk alone were used. Various sizes of capsules and dumplings were administered and their courses in the stomach were observed. The dumpling of 20 mm. diameter was swallowed into the rumen and reticulum. The capsules of 5 mm. diameter, 5 mm. length and of 10 mm. diameter, 20 mm. length were swallowed into the abomasum in almost cases. In the test on the 5th day after weaning, nearly all of them, regardless of shape and size, were swallowed into the rumen and reticulum.

4) Comparative experiments were made in two cases; one with an animal on milk feeding, while the other was with a weaned one at 1 month of age. Offered wheat bran containing barium sulphate, the latter swallowed it into the rumen, but the former into the abomasum even at 7 weeks, but at 13 weeks of age the former as well as the latter swallowed it into the rumen.

5) In the third experiment 9 goats of ages varying from 2 weeks to 7 months were used to investigate how the method of administering liquids would affect the course into the stomach, by feeding milk in which barium sulphate suspension was contained. Following five experimental methods of feeding milk were employed:

- (i) method I : feeding milk through a nipple;
- (ii) method II : feeding milk from a bucket;
- (iii) method III : feeding thick gruel milk containing a large amount of starch from a bucket (barium gruel meal);
- (iv) method IV : feeding milk by means of a sucking pail which was invented especially for this experiment;
- (v) method V : feeding milk with hands which served to limit the swill.

Under the feeding of methods I, III, IV and V, milk was swallowed into the abomasum, but with method II, it entered into the rumen and reticulum in almost cases. When the amount of a milk deglutition was more than 8 ml., it flowed into the rumen and reticulum, about 4 ml., into the rumen, reticulum and abomasum. If the deglutition amount was within 3 ml., it entered into the abomasum. The amount of a deglutition at the time of swallowing milk or liquid is a significant factor in determining the course of flow.

### III Studies on Digestion and Absorption in the Reticulo-Rumen

#### 1 Experiments on the Passage and Mechanical Digestion of the Ingesta in the Rumen

1) In the first experiment an adult goat on normal feeding was given stained oats to examine how long they would stay in the rumen and to what degree their chaffs would be crushed.

2) The percentage of remains of the oats intake in the rumen was 83.2 per cent at 6 hours after feeding; 77.4 per cent at 24 hours; 47.8 per cent at 48 hours; 16.7 per cent at 3 days; 2.6 per cent at 5 days; little or nothing at 6 days. It was deduced that the quantity of ingesta moving onward from the rumen was about  $\frac{1}{2}$  or  $\frac{1}{3}$  of total content per day.

3) Concerning the rates of oat chaffs crushed in 24, 48 and 72 hours after feeding, the calculated data from the samples taken from the rumen were as follows:

- (i) after 24 hours, 20 mesh and over: 56.6 per cent  
30 mesh and over: 27.0 per cent
- (ii) after 48 hours, 20 mesh and over: 29.8 per cent  
30 mesh and over: 47.3 per cent
- (iii) after 72 hours, 20 mesh and over: 14.2 per cent  
30 mesh and over: 51.9 per cent

4) In the second experiment two adult goats fed stained oats and stained beet pulp comminuted to 50 to 60 mesh were used, to investigate the passage of rumen ingesta to abomasum. The samples of the rumen and abomasum contents were taken out by a catheter method.

5) In the abomasum there was a small amount of stained oat chaffs of 30 mesh and less noticed at 90 minutes after feeding, but the comminuted pulp was discerned in large amount even after 30 minutes. The passage of the finely crushed and ground ingesta from the rumen to the abomasum seemed to be fairly rapid.

6) The feed intake might be churned and crushed into pieces during their stay in the rumen, but not in the abomasum.

#### 2 Experiments on the Changes of Composition of Foodstuffs in the Rumen

1) The first experiment on the changes of foodstuffs was made with a fistulated goat. The glass tubes (20 mm. in diameter, 40 mm. in length) covered with wire gauze in which some testing materials such as lupine hay meal and comminuted filter paper had been enclosed were put into the rumen, and after 12, 24, 36 and 48 hours they were taken out for chemical analysis.

2) The following degrees of digestibility of lupine hay meal were ascertained:

	nitrogen free extract	crude fiber	crude protein
in 24 hours	28.2 per cent	18.4 per cent	63.6 per cent
in 48 hours	62.6 per cent	29.5 per cent	134.6 per cent

It is supposed that nitrogen free extract and crude fiber were fermented into some volatile fatty acids by the vigorous microbiological activities of microorganisms in the rumen.

3) Cellulose of filter paper disappeared to the amount of 13.0 per cent in 24 hours, 23.7 per cent in 48 hours.

4) The second experiment on the changes of foodstuffs was carried out with two goats which were fed the experimental diet concentrates with barium sulphate added as indigestible index substance. The result obtained by barium ratio calculation indicated that dry matter disappeared from the rumen at the rate of 40 to 44 per cent in 24 hours after feeding, crude protein 38 to 39 per cent, nitrogen free extract 51 to 56 per cent and crude fiber 28 to 34 per cent.

### 3 Experiments on Absorption from the Rumen, Especially the Effect of Feeding Methods

1) Experiments were carried out with 5 adult goats under three different experimental feeding methods; the jugular blood sugar and the blood urea concentration were determined in each case; glucose and urea were fed them together with concentrates in method 1, together with water from a bucket in method 2, and with water from a nipple bottle in method 3.

2) When 3 g. glucose per kg. body weight was administered, remarkable rise of the blood sugar level was observed only in nipple feeding method. This response was in accord with that of the same experiment carried on with rabbits.

3) In the case of the administration of urea, on the other hand, there resulted a high level of blood urea concentration in every feeding method. Although a goat which had drunk urea solution (1 g. per kg. body weight) from a bucket got poisoned and died, no urea poison was caused in the case of nipple feeding.

4) The absorption of glucose through the wall of the rumen, of which contents had been removed completely, was observed when 1 or 2 g. of glucose solution alone was applied directly to the rumen wall. In 1 hour after administration, the blood sugar level rose 158 to 221 per cent; it returned to the normal value in 4 to 6 hours. From these observations absorption of glucose through the rumen wall is evident.

5) As for the blood urea concentration observed with the same experimental method, it increased immediately and presented 269 to 376 per cent in 6 hours after administration; that high level was maintained. It is suggested from those responses that the rapid absorption of urea through rumen wall occurs, and lasts for several hours.

### 4 Experiments on the Rumen Infusoria

1) An experiment on the separation of the infusoria from the rumen contents under the feeding wheat bran was made in order to study the usefulness of the rumen infusoria in the nourishment of the host animal. The infusoria was composed of 96.9 per cent of the organic matter, 42.8 per cent of the crude protein, 5.8 per cent of the crude fat, 48.3 per cent of the carbohydrate, 3.2 per cent of the crude ash and 40.8 per cent of the pure protein.

2) The artificial digestion coefficient of infusorial protein by pepsin was about 83.7 per cent.

3) If the population of *Entodinium* was assumed to be one thousand per 1 cubic mm. of rumen contents, the amount of protein of infusoria origin supplied to their herbivorous host animal should be about 0.16 g. per dl. of rumen content.

4) The amino acid pattern of the infusorial protein, separated by paper chromatograph, was alanine, valine, leucine, isoleucine, threonine, glutamic acid, cystine, lysine, arginine, tryptophane and serine.

## IV Influence of Feeding on the Digestion of the Reticulo-Rumen

### 1 Influence of Sucking Methods on Feed Intake and Digestibility

1) To investigate the amounts of the consumption of hay and its digestibility, observations were made using 2 suckling kids one month of age. Equal amounts of milk were supplied with an open bucket to the one and through a nipple bottle to the other, and Chinese milk-vetch hay was fed freely to them.

2) Feeding through a nipple bottle stimulated the consumption of hay, so that it was 27.4 to 37.2 per cent higher than the consumption by the bucket-fed animal.

3) As to the digestibility of milk and hay, the nipple feeding brought better results in crude fiber, but somewhat worse in nitrogen free extract and no difference in other nutrients.

## 2 Influence of Feeds upon Prehension and Deglutition

1) Two goats with rumen fistulae were fed on single feeding of wheat bran, rice bran, barley bran, soybean oil meal, ground corn, rice straw, rye grass or white clover. In each case, the feed intake, the time of prehension and mastication, and the number of mastications were measured. Also the swallowed boluses were collected by a spoon from the fistulae to investigate their weight, shape and moisture content.

2) Before reticulum contraction, the bolus was strongly casted out through the cardia to rumen. Rice bran and barley bran, however, did not take the shape of a bolus, but formed a pulpy mass which seemed to ooze out.

3) Soybean oil meal and corn were ingested better in amount but masticated less than the powdery concentrates such as wheat bran.

4) On feeding with rice straw cut in the length of 3 cm. and 30 cm., the latter was found to require longer time in prehension, besides, the number of mastications was greater but the intake amount was less.

5) On feeding of rye grass and white clover, the time of prehension was long and the number of mastications was great in rye grass, whether grass or hay. Green grass such as white clover was swallowed without good mastication.

6) The rate of secretion of saliva during eating was estimated from the water content of the bolus. The content of saliva in the bolus was 64 to 90 per cent in the case of feeding of soybean oil meal and corn, 120 to 127 per cent in wheat bran, 200 to 216 per cent in rice bran, 254 to 265 per cent in barley bran, 19 to 76 per cent in green grass and 136 to 172 per cent in hay. In the experiment on rice straw, 223 to 263 percent in "3 cm.", 294 to 298 per cent in "30 cm.". The production of saliva increased when the straw was cut longer.

7) The water content of the bolus was 46 to 55 per cent in coarsely ground concentrates, 61 to 76 per cent in finely ground concentrates, 65 to 68 per cent in hay, 74 to 79 per cent in rice straw and 88 to 90 per cent in green grass.

## 3 Influence of Cutting and Grinding of Roughage on the Amount of Feed Intake and Rumination

1) Rice straw cut 15, 5 and 1 cm. long and comminuted straw were fed to 2 goats and the response difference between them was observed.

2) There was little difference of feed intake between the three kinds of cut straw. On comminuted straw, the intake amount was less than the others. Intake of dry matter per 100 kg. body weight was 2.7 to 3.0 kg. in cut straw, 2.1 to 2.2 kg. in comminuted straw.

3) No great difference was noticed between the times when the rumination occurred after feeding. It occurred in the shortest time on 1 cm. cut straw, and in the longest time on comminuted straw.

4) No noticeable effect on the rumination was recognized in three cases of cut straw. However, on comminuted straw, the time and the number of mastications showed a tendency to decrease.

## 参 考 文 献

- 1) AGRAWARA, I. P., DUNCAN, C. W. & HUFFMAN, C. F. 1954. *J. Nutrition*, **49** : 29.
- 2) ALEXANDER, O. F. 1954. *Aust. Vet. Res.*, **30** : 68.
- 3) ANISON, E. F. 1954. *Biol. J.*, **57** : 400.
- 4) BALCH, C. C. 1950. *Brit. J. Nutrition*, **4** : 361.
- 5) BARCROFT, J., McANALLY, R. A. & PHILLIPSON, A. T. 1944. *J. Expt. Biol.*, **20** : 120.
- 6) BECHER, E. R. & TALBOTT, M. 1927. *Iowa Stat. Coll. J. Sci.*, **1** : 345.
- 7) BECHER, E. R., SCHULZ, J. A. & EMERSON, M. A. 1930. *Iowa Stat. Coll. J. Sci.*, **4** : 215.

- 8) BELL, F. R. & JONES, E. R. 1945. *J. Comp. Path. Ther.*, **55** : 117.
- 9) BENZIE, D. & PHILLIPSON, A. T. 1957. *The Alimentary Tract of the Ruminant*, Oliver.
- 10) BERGMANN, H. D. & DUKES, H. H. 1926. *J. Amer. Med. Assoc.*, **69** : 600.
- 11) BERZ ; MANGOLD, E., 1926. *Handb. Ernähr. Stoffwech. Landw. Nutztiere*, II : 200. Julius Springer.
- 12) BLACK, A. L., KLEIBER, M. & SMITH, A. H. 1952. *J. Biol. Chem.*, **197** : 365.
- 13) BLAXTER, K. L., HUCHESON, M. K., ROBERTSON, J. M. & WILLSON, A. L. 1952. *Brit. J. Nutrition*, **6** : 1.
- 14) BLAXTER, K. L., GRAHAM, N. M. & WAINMAN, F. W. 1956. *Brit. J. Nutrition*, **10** : 69.
- 15) BROWNLEE, A., 1956. *Brit. Vet. J.*, **112** : 369.
- 16) BROCKMANN, C. 1935. *Der Werg der Schrundsonde in der Vormägen des Rinde.*, Inau. Dissert. Hannover.
- 17) BRYANT, M. P. & SMALL, N. J. 1956. *J. Dairy Sci.*, **39** : 927.
- 18) BRYANT, M. P., SMALL, N. J., BOUMA, C. & ROBINSON, I. 1958. *J. Dairy Sci.*, **41** : 1741.
- 19) BURROUGHS, W. & GERLAUGH, P. 1949. *J. Animal Sci.*, **8** : 3.
- 20) BURROUGHS, W., EDINGTON, B. H. & BETHKE, R. M. 1949. *J. Animal Sci.*, **8** : 9.
- 21) BURROUGHS, W., GALL, L. S., GERLAUGH, P. & BETHKE, R. M. 1950. *J. Animal Sci.*, **9** : 214.
- 22) CASTLE, E. J. 1956. *Brit. J. Nutrition*, **10** : 15, 115.
- 23) CLARK, R. 1956. *J. S. African Vet. Med. Assoc.*, **27** : 2.
- 24) COMLINE, R. S. & TITCHEN, D. T. 1951. *J. Physiol.*, **115** : 210.
- 25) CONRAD, H. R. & HIBBS, J. W. 1954. *J. Dairy Sci.*, **37** : 512.
- 26) CONRAD, H. R., HIBBS, J. W. & FRANK, N. 1958. *J. Dairy Sci.*, **41** : 1248.
- 27) CRANE, E. M. & HANSEN, R. G. 1952. *J. Dairy Sci.*, **35** : 631.
- 28) CZEPA, A. & STIGLER, R. 1926. *Pflügers Arch.*, **212** : 300.
- 29) CZEPA, A. & STIGLER, R. 1926. *Fortschr. Naturw. Forsch.*, **6** : 1.
- 30) DAVENPORT, E. 1897. *Ill. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 46.
- 31) DOBSON, A. & PHILLIPSON, A. T. 1958. *J. Physiol.*, **140** : 94.
- 32) DOGIEL, V. 1925. *Arch. Protstenkde.*, **50** : 283.
- 33) DOUGHERTY, R. W., KLAVANO, C. S., DICHSON, W. M. & KLAVANO, P. A. 1956. *Cornell Veterinarian*, **46** : 398.
- 34) DOWNIE, H. G. 1954. *Amer. J. Vet Res.*, **15** : 217.
- 35) DUNCAN, C. W., HUFFMAN, C. F. & AGRAWARA, I. P. 1952. *J. Dairy Sci.*, **35** : 505.
- 36) DUNCAN, C. W., AGRAWARA, I. P., HUFFMAN, C. F. & LUECKE, R. W. 1953. *J. Nutrition*, **49** : 41.
- 37) EBERLEIN, R. 1895. *Ztschr. Zool.*, **59** : 233.
- 38) ELLENBERGER, W. & SCHEUNERT, A. 1925. *Lehrb. Vergleich. Physiol. Haustier*, 3 Aufl. 281. Paul Parey.
- 39) ELSDEN, S. R. 1945. *J. Exp. Biol.*, **22** : 51.
- 40) ELSDEN, S. R., HITCHCOCK, W. S., MARSHALL, R. A. & PHILLIPSON, A. T. 1945. *J. Exp. Biol.*, **22** : 191.
- 41) ELSDEN, S. R. & PHILLIPSON, A. T. 1948. *Annu. Rev. Biochem.*, **17** : 705.
- 42) EUSEBIS, A. N., SCHAW, J. C., LEFFEL, E. C. & LACKSMAN, S. 1959. *J. Dairy Sci.*, **42** : 692.
- 43) FERBER, K. E. 1928. *Ztschr. Tierzucht. Zuchtungsbiol.*, **12** : 31.
- 44) FISCHER, R. C., DUFFEE, F. W. & BOHNSTEDT, G. 1940. *Wiss. Agr. Exp. Stat. Bull.*, 449.
- 45) FLATT, W. P. 1955. *Thesis. Cornell Univ.*,
- 46) FLATT, W. P., WARNER, R. G. & LOOSLI, J. K. 1957. *J. Animal Sci.*, **16** : 1021.
- 47) FLATT, W. P., WARNER, R. G. & LOOSLI, J. K. 1958. *J. Dairy Sci.*, **41** : 1593.
- 48) FLOURENCE, P. 1833. *Mem. Acad. roy. Sci. de inst. de France*, Tom, 12.
- 49) FOLIN, O. & WU, H. 1919. *J. Biol. Chem.*, **38** : 81.
- 50) GALLUP, W. D. 1956. *J. Agr. Food Chem.*, **4** : 625.
- 51) GRAY, F. V. 1947. *J. Exp. Biol.*, **24** : 15.
- 52) GRAY, F. V., PILGRIM, A. F. & WELLER, R. A. 1951. *Nature*, **167** : 954.
- 53) GRAY, F. V. & PILGRIM, A. F. 1951. *J. Exp. Biol.*, **28** : 83.
- 54) GRAY, F. V., PILGRIM, A. F. & WELLER, R. A. 1952. *Nature*, **171** : 347.
- 55) HAGEDORN, H. C. & JENSEN, B. N. 1924. *Biochem. Ztschr.*, **140** : 538.

- 56) HAGEMANN, O. 1891. Landw. Jb., **20** : 264
- 57) HALE E. B., DUNCAN, C. W. & HUFFMAN, C. F. 1940. J. Dairy Sci., **23** : 953.
- 58) HEGLAND, R. B., LAMBERT, M. R. & PAYNE, L. C. 1957. J. Dairy Sci., **40** : 1107.
- 59) HEALD, P. J. 1953. Brit. J. Nutrition, **7** : 124.
- 60) HERMANN, H. A. 1936. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 245.
- 61) HIBBS, J. W. & CONRAD, H. R. 1958. J. Dairy Sci., **41** : 1230.
- 62) 広瀬, 大谷. 1949. 日畜会報. **20** : 65.
- 63) 広瀬, 大谷. 1949. 日畜会報. **20** : 130.
- 64) 広瀬, 大谷. 1950. 日畜会報, **21** : 21.
- 65) 広瀬, 大谷. 1952. 日畜会報. **23** : 85.
- 66) 広瀬可恒. 1953. 北大邦文紀. **1** : 315.
- 67) 広瀬可恒. 1953. 北大邦文紀. **1** : 522.
- 68) 広瀬可恒. 1954. 北大邦文紀. **2** : 176.
- 69) 広瀬可恒. 1952. 乳牛一栄養と飼養, 朝倉書店.
- 70) HOF LUND, S., QUIN, J. I. & CLARK, R. 1948. Onderstepoort J. Vet. Sci., **23** : 393.
- 71) 井口賢三. 1951. 畜産飼料学, 養賢堂.
- 72) 岩田久敬. 1949. 飼料学総論, 養賢堂.
- 73) 海塩, 檜垣. 1951. 農技研報告. **G. 2** : 139.
- 74) 亀高, 伊藤. 1959. 日畜会報. **29** : 319.
- 75) 亀高正夫. 1959. 日畜会報. **29** : 313.
- 76) 亀岡, 森本, 高橋, 窪田. 1953. 農技研報告. **G7** : 163.
- 77) 亀岡, 高橋, 森本. 1954. 農技研報告. **G. 8** : 75.
- 78) 神立, 松本, 風間, 菊野, 一野瀬. 1955. 農化, **29** : 795.
- 79) 神立, 高橋. 1955. 農化. **29** : 833, 916. 1956. 農化. **30** : 47.
- 80) 神立, 矢津, 森山. 1956. 日畜会報. **27** : 77.
- 81) 神立誠. 1959. 日畜会報. **29** : 1.
- 82) 神立, 糸野. 1958. 農化. **33** : 4.
- 83) 神立, 森, 尾崎. 1959. 農化. **33** : 249.
- 84) 神立, 高橋. 1959. 日畜会報. **30** : 166.
- 85) KELLNER, O. 1926. Die Ernährung Landw. Nutztiere, Paul Parey.
- 86) KESLER, E. M. & KNOTT, C. B. 1951. J. Dairy Sci., **34** : 145.
- 87) KESLER, E. M., RONNING, M. & KNOTT, C. B. 1951. J. Animal Sci., **10** : 969.
- 88) KESLER, E. M., MACARTHY, R. D. & KNOTT, C. B. 1956. J. Dairy Sci., **39** : 542.
- 89) KIDDLE, P., MARSHALL, R. A. & PHILLIPSON, A. T. 1951. J. Physiol., **113** : 207.
- 90) KING, K. W. & MOORE, W. E. C. 1957. J. Dairy Sci., **40** : 528.
- 91) 糸野, 神立. 1959. 農化. **33** : 737.
- 92) 糸野, 神立. 1959. 農化. **33** : 867.
- 93) 桑田 智. 1952. クロマトグラフィ, 広川書店.
- 94) LENGEMANN, F. W. & ALLEN, N. N. 1959. J. Dairy Sci., **42** : 1171.
- 95) LENKEIT, W. & HABECK, R. 1930. Wiss. Arch. Landw. Abt. B, **2** : 517.
- 96) LENKEIT, W. 1930. Wiss. Arch. Landw. Abt. B, **3** : 631.
- 97) LOOSLI, J. K., WILLIAMS, H. H., THOMAS, W. E., FERRIS, F. H. & MYNARD, L. A. 1949. Science, **110** : 144.
- 98) MANGOLD, E. 1926. ABDERHALDEN, Handb. Physiol. Arbeitmeth. Abt. IV, 4, 6-2: 1810. Urban & Schwarzenberg.
- 99) MANGOLD, E. 1926. Handb. Ernähr. Stoffwech. Landw. Nutztiere, Band II: 107. Julius Springer.
- 100) MARSHALL, R. A. 1949. Brit. J. Nutrition, **3** : 1.
- 101) MARSHALL, R. A., ARNOLD, P. T. D. & BECKER, R. B. 1950. J. Dairy Sci., **33** : 399.
- 102) 真島利行. 1952. 改篇化学実験学, 有機化学第1巻, 河出書房.
- 103) MASSON, M. J. & PHILLIPSON, A. T. 1951. J. Physiol., **113** : 189.
- 104) McANALLY, R. A. 1942. Biochem. J., **36** : 392.
- 105) McANALLY, R. A. & PHILLIPSON, A. T. 1944. Biol. Rev., **19** : 41.
- 106) McCANDLISH, A. C. 1923. J. Dairy Sci., **6** : 347.
- 107) McClymont, G. L. 1951. Austral. J. Agric. Res., **2** : 92

- 108) McGLILLIVERY, W. A. & DYE, J. A. 1950. Amer. J. Physiol., **162** : 434.  
 109) McNAUGHT, M. L. & SMITH, J. A. B. 1947. Nutrition Abst. Rev., **17** : 18.  
 110) McNAUGHT, M. L., SMITH, J. A. B., HENRY, K. M. & KON, S. K. 1950. Biochem. J., **46** : 32.  
 111) McNAUGHT, M. L., OWEN, E. C., HENRY, K. M. & KON, S. K. 1954. Biochem. J., **56** : 151.  
 112) MICHAELS, S. J. & McKINLEY, R. E. 1954. J. Amer. Vet. Med. Assoc., **124** : 26.  
 113) MILES, J. T. 1951. J. Dairy Sci., **34** : 492.  
 114) 御園生, 江頭. 1954. X線写真の撮り方と現像処理, 金原出版.  
 115) MOIR, R. J. & WILLIAMS, V. J. 1950. Austral. J. Sci. Res., B, **3** : 381.  
 116) MOIR, R. J. 1951. Austral. J. Agric. Res., **2** : 322.  
 117) 森本, 亀岡, 高橋, 布村. 1957. 農技研報告. G. **13** : 59.  
 118) MORRISON, F. B. 1951. Feeds and Feeding. The Morrison Pub. Co.  
 119) NANGERONI, L. L. 1954. J. Amer. Vet. Med. Assoc., **125** : 451.  
 120) PARTHASARATHY, D. & PHILLIPSON, A. T. 1953. J. Physiol., **121** : 452.  
 121) PHILLIPSON, A. T. 1939. Quart. J. Exp. Physiol., **29** : 395.  
 122) PHILLIPSON, A. T. & McANALLY, R. A. 1942. J. Exp. Biol., **19** : 186, 199.  
 123) RADEFF, T. & STAJANOFF, I. V. 1955. Arch. Tierernährung, **5** : 331.  
 124) RANKIN, A. D. 1940. Cornell. Univ. Thesis.,  
 125) REED, F. M., MOIR, R. J. & UNDERWOOD, E. J. 1949. Austral. J. Sci. Res., B, **2** : 304.  
 126) REID, R. L. 1950. Austral. J. Agric. Res., **1** : 182.  
 127) RICK, R. F. 1954. Austral. Vet. J., **30** : 29.  
 128) ROSS, I. C. 1931. Austral. Vet. J., **7** : 122.  
 129) 斉藤道雄. 1951. 家畜飼育学, 養賢堂.  
 130) SANBORN, J. W. 1893. Utah Agr. Exp. Sta. Bull., 21.  
 131) SANDER, E. G., WARNER, R. G., HARRISON, H. N. & LOOSLI, J. K. 1959. J. Dairy Sci., **42** : 1600.  
 132) SCHALK, A. F. & AMADON, R. S. 1928. North Dakota Agr. Expt. Sta. Bull., 216.  
 133) SCHAMBYE, P. 1951. Nord. Vet. Med., **3** : 355., 1003.  
 134) SCHNANTZ, J. D. 1957. Amer. J. Vet. Res., **18** : 73.  
 135) SCHEUNERT, A. 1924. Handb. Biochem. Mensch. Tiere, 5.  
 136) SCHUBERG, A. 1888. Zool. Jb., **3** : 655.  
 137) SCHWARZ, C. 1925. Biochem. Ztschr., **156** : 130.  
 138) SISSON, S. 1953. The Anatomy of the Domestic Animals, 456. W. B. Sanders.  
 139) SPERBER, I. & HYDÉN, S. 1952. Nature, **169** : 587.  
 140) STÅLFORS, H. 1926. Arch. Tierheilk., **54** : 525.  
 141) STIGLER, R. 1930. Wiss. Arch. Landw. Abt. B, **4** : 613.  
 142) STIGLER, R. 1949. Deutsch. Tierärztl. Wochenschr., **56** : 170.  
 143) SWANSON, E. W. & HARRIS, D. 1958. J. Dairy Sci., **41** : 1769.  
 144) TAMATE, H. 1957. Tohoku J. Agric. Res., **8** : 65., 1956. **7** : 209.  
 145) 田宮知耻夫. 1945. 新撰レントゲン診断学入門, 南山堂.  
 146) 畜産試験場年報. 1943. **10** : 21.  
 147) 東大農学部農芸化学教室. 1950. 農芸化学分析書, 朝倉書店.  
 148) TRAUTMANN, A. 1932. Arch. Tierernähr. u. Tierzucht., **7** : 400.  
 149) TRAUTMANN, A. & SCHMIDT, J. 1933. Wiss. Arch. Landw. Abt. B, **9** : 1.  
 150) TRAUTMANN, A. 1933. Wiss. Arch. Landw. Abt. B, **9** : 178.  
 151) TRIER, J. 1926. Z. Verg. Physiol., **4** : 315.  
 152) TSUDA, T. 1956. Tohoku J. Agric. Res., **7** : 231, 241.  
 153) USELLI, F. 1930. Wiss. Arch. Landw. Abt. B, **3** : 4, 368.  
 154) 梅津元昌. 1958. 家畜の生理学, 養賢堂.  
 155) VAN SLYKE, D. D. & NEIL, J. M. 1924. J. Biol. Chem., **61** : 523.  
 156) WARNER, R. G., GRIPPING, C. H., FLATT, W. P. & LOOSLI, J. K. 1955. J. Dairy Sci., **38** : 605.  
 157) WARNER, R. G., FLATT, W. P. & LOOSLI, J. K. 1956. J. Agric. Food Chem., **4** : 788.  
 158) WATSON, R. H. & JARRET, I. C. 1944. Comm. Austral. Bull., 180.  
 159) WATSON, R. H. 1944. Coun. Sci. Indust. Res. Austral. Bull., 180.  
 160) WEGNER, M. I., BOOTH, A. N., ELEVEHJEM, C. A. & HART, E. B. 1941. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **47** : 90.

- 161) WEISE, G. H. & ANDERSON, G. W. 1939. *J. Dairy Sci.*, **22** : 697.  
 162) WEISE, G. H. & MILLER, P. G. 1942. *J. Dairy Sci.*, **25** : 529.  
 163) WESTER, J. 1926. *Die Physiologie und Pathologie der Vormagen beim Rinde*. Richard Schoetz.  
 164) ZUNTZ, N. 1891. *Pflügers Arch.*, **49** : 483.

## EXPLANATION OF PLATES 1-7.

## Plate 1.

- Fig. 1. The sleeve (d) used to close the fistula opening consists of wooden (a) and metallic (c) plugs and a rubber band (b).  
 Fig. 2. The rumen-fistulated goat.  
 Fig. 3. The catheter inserted from the oesophagus to the dorsal sac.  
 Fig. 4. The catheter inserted from the oesophagus to the ventral sac.

Following X ray photographs show the stomach of goats from newborn to 5 weeks of age. They were taken indirectly from the left side of the animal. (Figs. 5-19.)

- Fig. 5. The stomach immediately after newborn.  
 Figs. 6, 7. The rumen and reticulum after the oral administration of 5 ml. barium sulphate meal through a catheter directly into the rumen (at birth).

## Plate 2.

- Fig. 8. Photographs of the movements of rumen and reticulum taken continuously at 3 seconds intervals under the administration of 10 ml. barium sulphate (at birth).  
 Figs 9, 10. The dilation of stomach under the administration of 10 ml. air (at birth).  
 Fig. 11. The dilation of stomach under the administration of 10 ml. air and 5 ml. barium sulphate (at birth).  
 Fig. 12. The rumen and reticulum at 1 week of age.  
 Fig. 13. The course of milk ingested at 1 week of age.  
 Fig. 14. The stomach at full-fed milk at 1 week of age.

## Plate 3.

- Fig. 15. The rumen and reticulum at 2 weeks of age.  
 Figs. 16, 17. The rumen and reticulum at 3 weeks of age.  
 Fig. 18. Photographs of the movement of rumen and reticulum taken continuously at 3 seconds intervals at 4 weeks of age.  
 Fig. 19. The rumen and reticulum at 5 weeks of age.

## Plate 4.

Following X ray photographs show the reticulo-rumen dilation of goat during suckling period (Figs. 20-24.).

- Fig. 20. The stomach dilation of goat at 2 weeks of age.  
 Fig. 21. The stomach under the administration of barium sulphate meal at 2 weeks of age.  
 Figs. 22, 23. The abnormal shape seen in the reticulum and the atrium of rumen at 3 weeks of age.  
 Fig. 24. The abnormal shape in the reticulo-rumen at 5 weeks of age.

Following X ray photographs show the reticulo-rumen dilation promoted experimentally in the suckling period (Figs. 25-28.).

- Fig. 25. The stomach of goat in group 1 (fasting group) at 4 weeks of age.  
 Fig. 26. The stomach of goat in group 2 (underfeeding group) at 4 weeks of age.  
 Fig. 27. The stomach of goat in group 3 (milk feeding through a catheter to the rumen) at 2 weeks of age.

## Plate 5.

- Fig. 28. The stomach of goat in group 4 (control group) at 4 weeks of age.

Following X ray photographs show the place of deposition of the capsules and dumplings swallowed into the stomach (Figs. 29-34.).

- Figs. 29, 30. The swallowed capsules and dumplings at 3 weeks of age.  
 Figs. 31, 32. The swallowed capsules and dumplings at 1 month of age.  
 Figs. 33, 34. The swallowed capsules and dumplings on the 5th day after weaning which has been performed at 1 month of age.  
 Fig. 35. The initial place of deposition of wheat bran containing barium sulphate in the milk feeding goat at 7 weeks of age.

## Plate 6 .

- Fig. 36. The initial place of deposition of wheat bran containing barium sulphate in the goat at 7 weeks of age which has weaned at 1 month old.

The series of X ray photographs show the course of milk into the stomach affected by 5 different feeding methods. (Figs. 37-42.).

- Fig. 37. A sucking pail invented to use in method IV. Left : a nipple. Right : an open pail provided with the nipple.  
 Fig. 38. Method I ; into the abomasum at 4 weeks of age.  
 Fig. 39. Method II ; into the rumen, reticulum and abomasum at 2 weeks of age.  
 Fig. 40. Method III ; into the abomasum at 4 months of age.  
 Fig. 41. Method IV ; into the abomasum at 7 months of age.  
 Fig. 42. Method V ; into the abomasum at 6 months of age.  
 Fig. 43. The catheter inserted from the mouth to the abomasum.

## Plate 7 .

Observations of the bolus swallowed through the cardia into the rumen.

- Fig. 44. Shows opening of oesophageal groove.  
 Figs. 45, 46. Shows appearance of the bolus to the cardia region.  
 Fig. 47. Shows the bolus casted out into the rumen.

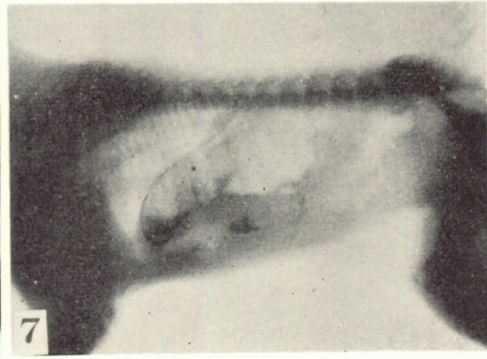
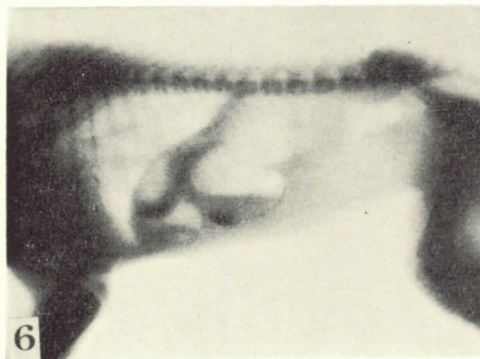
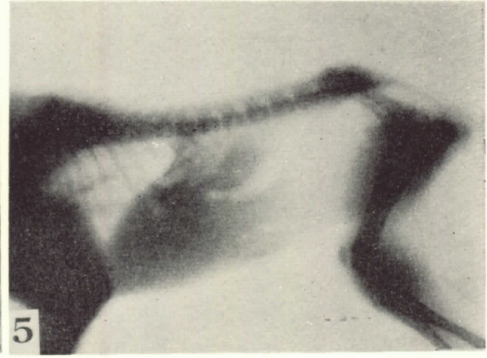
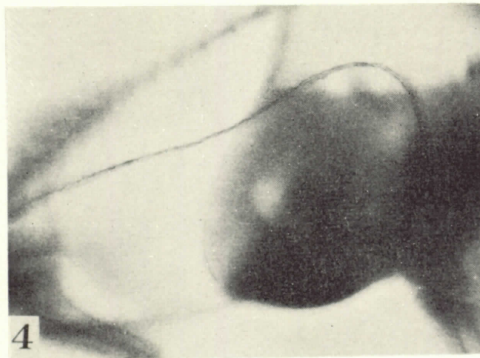
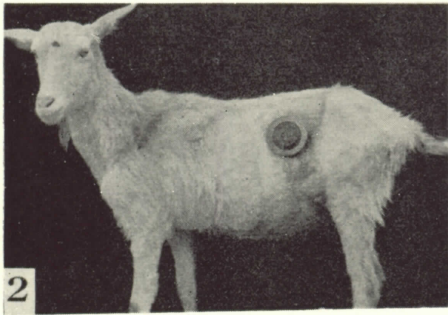
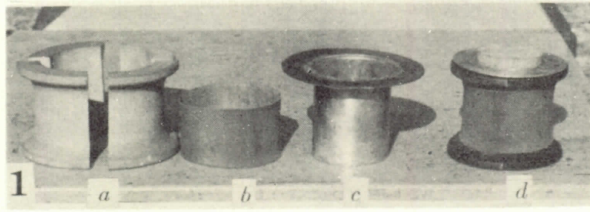
Following photographs show the swallowed boluses collected by a spoon from the rumen fistula.

- Fig. 48. Wheat bran bolus.  
 Fig. 49. Rice straw bolus.

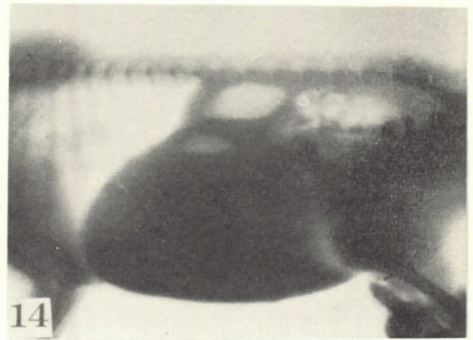
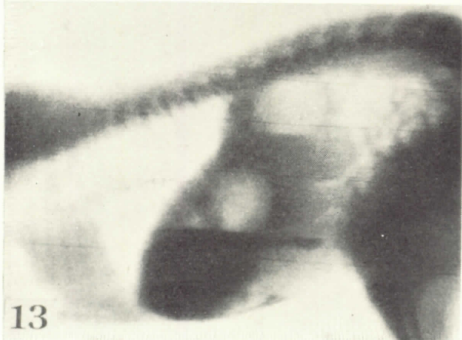
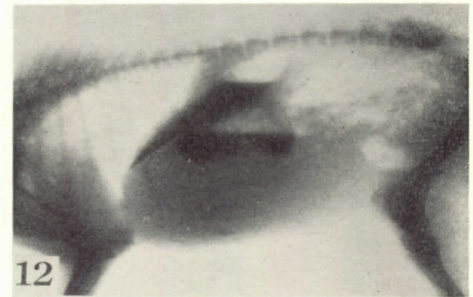
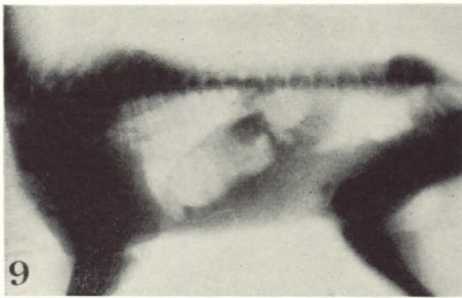
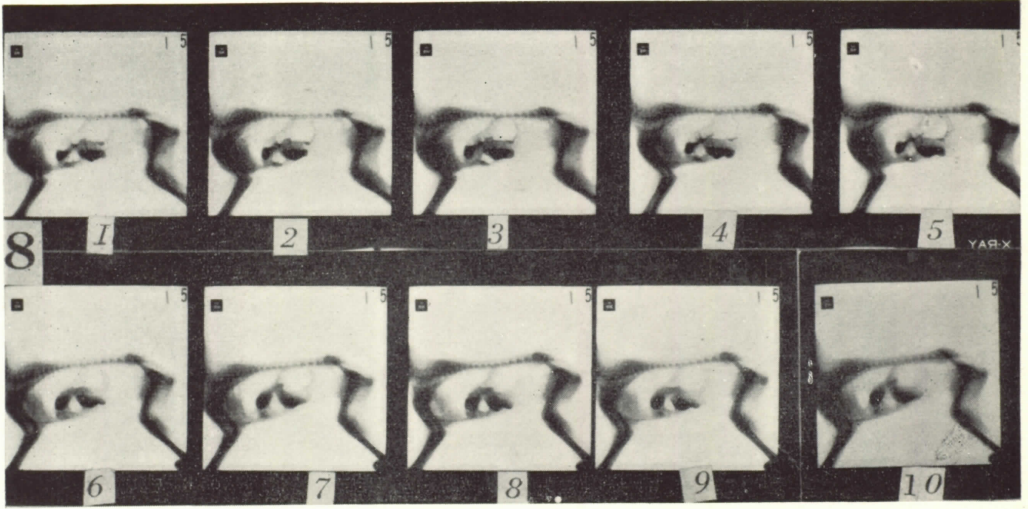
Following photographs show the degree of mastication. Left : the mastication degree of bolus. Right : feed.

- Fig. 50. Rice straw cut 3 cm. long.  
 Fig. 51. Rice straw cut 30 cm. long.  
 Fig. 52. Rye grass hay.  
 Fig. 53. White clover, green.









OTANI: Nutritional Physiological Studies on the Reticulo-Rumen of Ruminants



