

フタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) 胃の肉眼、 組織学および組織化学的研究

額 爾 敦 朝 魯・竹 花 一 成・小 林 中
岩 佐 憲 二・阿 部 光 雄

A gross anatomical, histological and histochemical
study of Camel stomach (*Camelus bactrianus*)

ORUDONCHOURU, Kazushige TAKEHANA, Ataru KOBAYASHI,
Kenji IWASA, Mitsuo ABE
(Sep. 1996)

緒 論

ラクダ科動物の全世界での分布範囲は非常に広い。新大陸の沙漠地域にはラマ属 (*Lama*) のラマ (*Lama glama*)、グアナコ (*Lama guanicoe*)、アルハカ (*Lama pacos*) が生息し、旧大陸の沙漠地域にはラクダ属 (*Camel*) のフタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) およびヒトコブラクダ (*Camelus dromedarius*) が生息している [7]。このうちフタコブラクダは中国の内モンゴル自治区において毛、肉、乳の生産の他、運輸や観光など広い範囲で使用されている経済価値の高い家畜である。フタコブラクダは多室複合胃を有する草食性の反芻を行う動物で、消化生理的にも耐粗性、耐餓性、耐渴性、好塩性などの特徴を有する [3]。ラクダ科動物の消化管の形態については Per-rault [11] らが初めて報告して以来、ラマ属のラマおよびグアナコの消化管の形態とその機能に関しては多数の報告 [4, 5, 10] が認められるが、ラクダ属の消化管に関する形態学的報告は少ない。更にそれらの報告間で名称などについて異なるものがある。

そこで本研究は、フタコブラクダの消化管の解剖学的な研究の一環として、複合胃の肉

眼解剖学、組織学および組織化学の特徴を明らかにし、ラクダの特殊な消化生理機能の解明における形態学的データを提供することを目的とした。

材料および方法

材料として中国内モンゴル自治区より入手した健康なフタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) 3頭 (雄3歳および4歳、雌6歳) の胃を肉眼的に観察し、それぞれの胃における特徴的な部分を細切して10%ホルマリンで一週間固定した。そして常法に従い脱水、パラフィンに包埋、薄切し、脱パラフィンの後、ヘマトキシリン-エオジン (H-E) 染色および過ヨ素酸-シッフ反応 (PAS 反応)、Alcian Blue (AB) pH 2.5、Alcian Blue (AB) pH 1.0 の組織化学的染色法を施して光顕的に観察した。電子顕微鏡用の組織片は3%グルタルアルデヒド・リン酸緩衝液 (pH 7.2) にて固定し、導電染色を施し臨界点乾燥後、走査電子顕微鏡にて観察した。

結 果

肉眼所見

外形：胃は第一室、第二室および第三室の三つの大きな嚢で構成されていた。胃全体は甚だしく大きく腹腔全体の半分以上を占めていた。

第一室は卵円形で三室の胃の嚢の中で最大(55×65 cm 程度)で、前縁は横隔膜、後縁は第6腰椎に達し、右側面(臓側面)には噴門から背側と腹側の中央部をめぐる横溝(transverse sulcus)が認められた。この溝によって第一室はほぼ半分の円錐状の前嚢と後嚢に区分されていた。腹側に腹溝が認められた。右側面(臓側面)は第二室、第三室、肝臓、脾臓および結腸と接していた。前嚢の右側中央に食道口が位置していた。第一室の外表面の大部分は滑らかであるが、前嚢の前端から腹側にわたって帯状に突出した多数の溝を有する前腺嚢部と後嚢の腹側に楕円形に突出した後腺嚢部が存在していた(図1)。

第二室は背縁がやや窪み、腹縁は第一室の右前部に楕円形(30×20 cm 程度)を呈して突出し、第一室の前嚢の腹側の右で、横隔膜に直接接し、第三室と肝臓の間に位置していた(図2)。

第三室は起始部はやや太い茄状の長管(80×15 cm)程度で、両端がやや太くて垂鈴状になっていた。この胃室は腹腔の右側で、第一室と第二室および肝臓の間に位置していた(図2)。

内景：第一室では前腺嚢部、後腺嚢部および胃溝が著明な構造であった。粘膜の表面は腺嚢部を除いて淡灰色で、小さい皺が多数存在するが明らかな乳頭は認められなかった。胃溝は第一室の噴門から前嚢の右壁と第二室背縁内壁に沿って後背方から前腹方に長さ約20 cm 走行し第二・三室口付近まで伸びていた。溝の側壁は右唇(18×2 cm 程度)および左唇(16×2 cm 程度)の粘膜ヒダよりなって右唇が左唇より発達がよかった(図4)。

前腺嚢部は帯状(50×15 cm 程度)の、太い筋柱により囲まれ周囲と明らかに区別されて

いた。この太い筋柱から垂直に走る一次パーティションとその一次パーティションから二次パーティションが出てこれらが相互に交叉し全体として網状構造を呈していた。一次パーティションは2 cm 程度の高さでT字型を呈し約15本であった。二次パーティションは4~5本であった。これらのパーティションによって不規則な巣状の一次腺嚢(3×4 cm 程度)が70~80個程度形成していた。一次腺嚢には三次パーティションにより更に小さい腺嚢を形成していた。中心部の腺嚢底側および壁には不規則な薄い粘膜ヒダが存在し腺嚢口の外に露出していた。後腺嚢部は前腺嚢部より小さい楕円形(40×25 cm 程度)で、内部構造は殆ど前腺嚢部と同様で腺嚢内には60~70個の一次腺嚢(2×3 cm 程度)が存在していた(図3, 4)。

第二室は第二室溝とその周辺を除いて殆ど腺嚢で構成されていた。約12本の一次パーティションが胃溝の両側に放射状に配列していた。一次パーティションの間にやや薄く低い縦に走る二次パーティションが存在していた。第二室には60~80個の開口部の小さい一次腺嚢(2×3 cm 程度)が存在していた。更にその中は三次パーティションにより隔てられて二次腺嚢(1×2 cm 程度)を形成していた。第二室中央部の二次腺嚢の中には四次パーティションが存在しより小さな三次腺嚢を形成していた。第二室は第二・三室口で第三室と連絡していた(図4)。

第三室は粘膜の色およびヒダの配列と形により噴門部、胃底および幽門部に区分された(図5)。噴門部は第二・三室口から第三室全体の約2/3にわたる区域で粘膜は灰色、密生した葉状の薄いヒダで被われていた。第二・三室口より約10 cm の範囲には数本の縦走する大きいヒダが認められた。胃底は噴門部に続く第三室全体の約1/6の区域を占め、粘膜は濃灰色をし潤滑であった。粘膜には約15本の平行に配列する縦ヒダが存在し、幽門に向かうにつれて徐々に高くなっていた。幽門部は第三室の終り約1/6にわたる区域で十二指腸と連絡しており、数本の不規則に配列

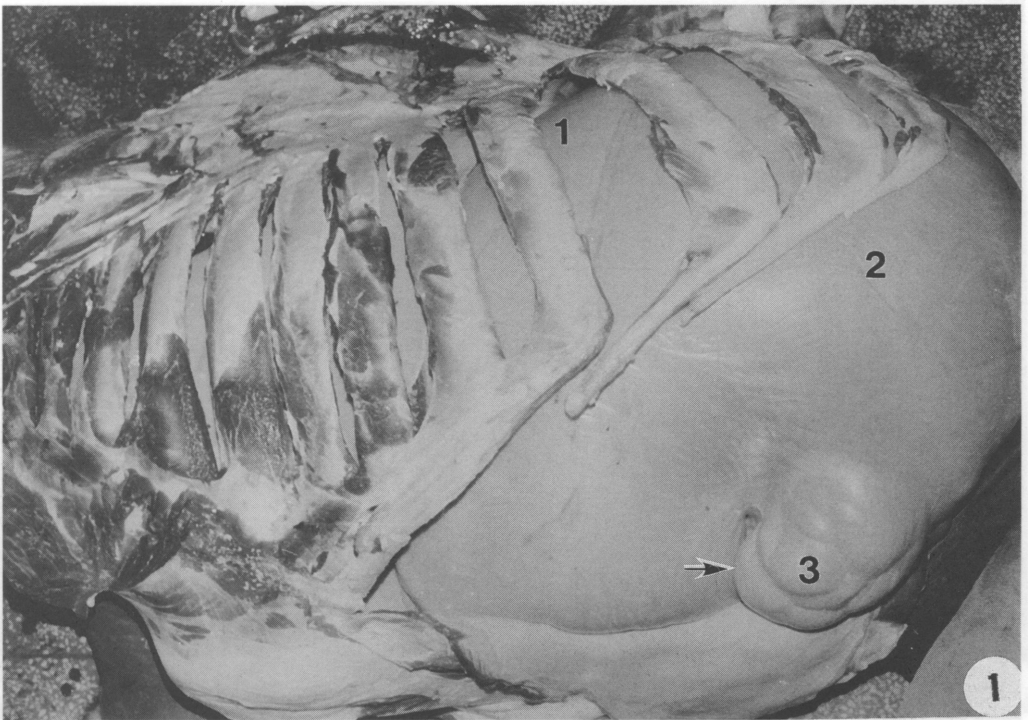


図1 胸腹腔を左側より示す。第一室は横溝(矢印)により前囊(1)と後囊(2)に分けられ後囊の腹側には後腺囊部(3)が存在する。

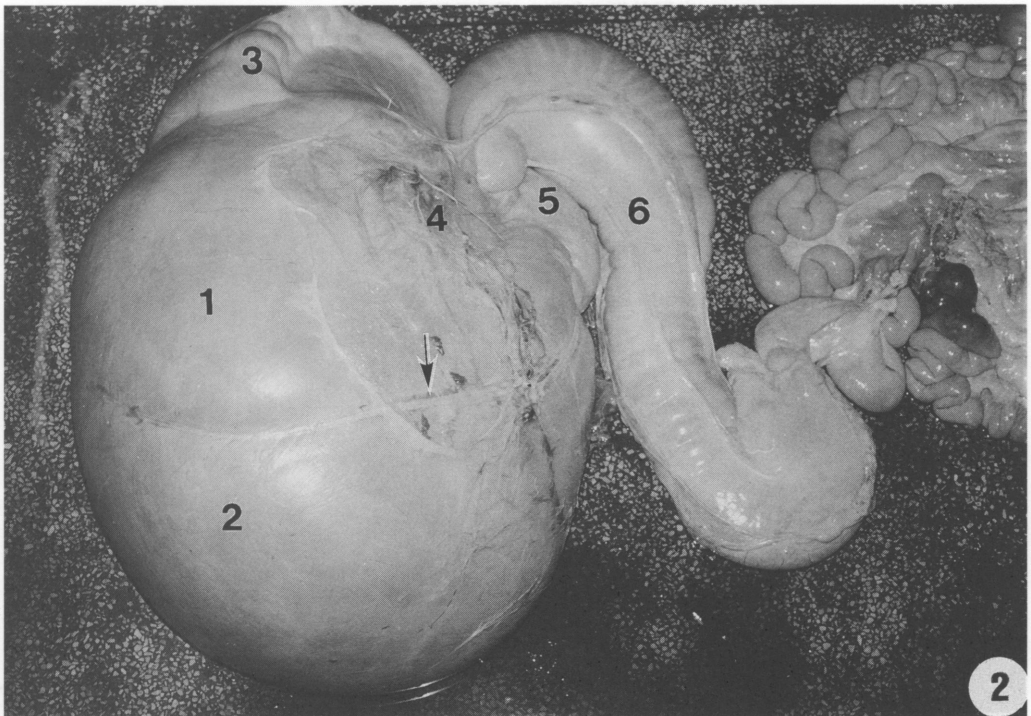


図2 第一室は横溝(矢印)により前囊(1)と後囊(2)に分けられる。前腺囊部(3), 食道口(4), 第二室(5), 第三室(6)を示す。



図3 第一室の前腺囊部(1)と後腺囊部(2)を示す。第一室を横切る筋柱が(矢頭)認められる。一次パーティション(P)二次パーティション(S)および腺囊口が認められる。

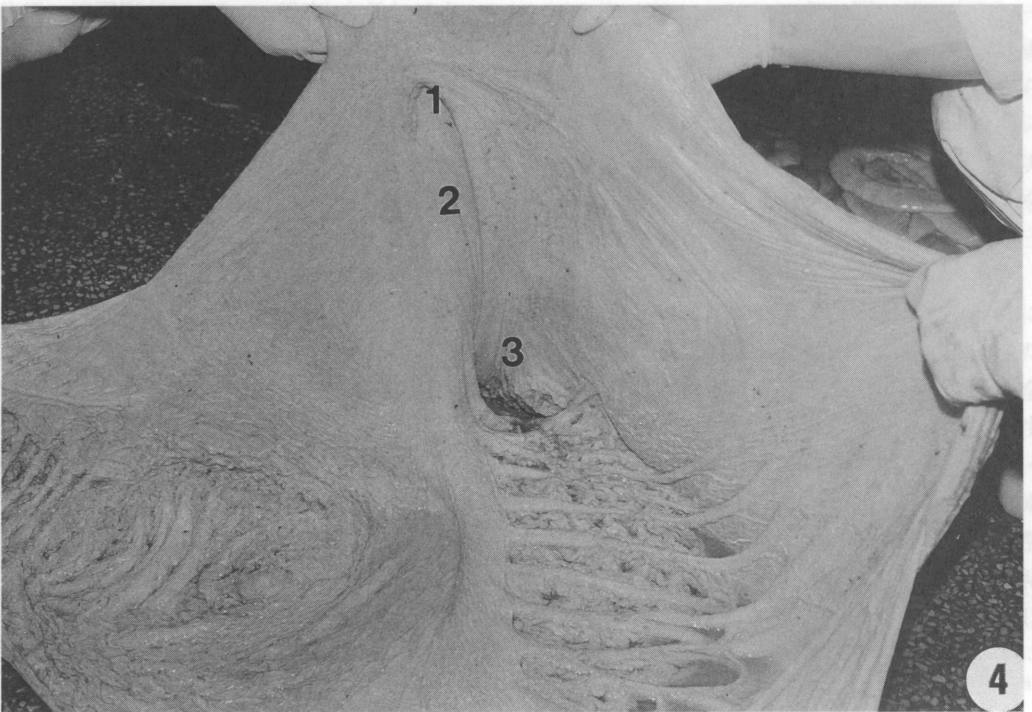


図4 第一室前囊の右上には食道口(1)、第一室溝(2)、一・二室口(3)が認められる。



図5 第二室は腺嚢(1)と第二室溝(2)で構成され、第三室は噴門部(3)、胃底(4)、幽門部(5)より構成されている。

表1 腺嚢部細胞の組織化学的反応

	PAS	ABpH1.0	ABpH2.5
上半部	3 M	3 B	3 B
下半部	1 M	3 B	1 B

反応強度：1；弱陽性 3；強陽性 反応色：M；紫色 B；青色

表2 第三胃室各腺細胞の組織化学的反応

		PAS	ABpH1.0	ABpH2.5
噴門腺部	上半部	1 M	2 B	2 B
	下半部	1 M	2 B	2 B
胃底腺部	頸粘液細胞	1 M	1 B	1 B
	主細胞	0	0	0
	壁細胞	0	0	0
幽門腺部	上半部	3 M	1 B	1 B
	下半部	2 M	3 B	3 B

反応強度：0；反応せず 1；弱陽性 2；陽性 3；強陽性
 反応色：M；紫色 B；青色

するヒダが存在した(図5)。

組織学的所見

各胃室の組織学的構造は粘膜, 粘膜下組織, 筋層および漿膜によりそれぞれ構成されていたが, 粘膜にはそれぞれの特徴的な構造が認められた。

第一室粘膜上皮は腺嚢部を除いて角化層が非常に厚い重層扁平上皮で, 乳頭は認められなかった(図6)。粘膜筋板は存在していなかった。腺嚢部のパーティションは粘膜, 粘膜下組織および筋層よりなり, パーティションの側面は粘膜と粘膜下組織により構成された多数のヒダが認められ, その粘膜ヒダ遊離縁には筋層が筋梁を形成していた。そのパーティションの上半部の粘膜上皮は重層扁平で, 下半部および腺嚢底の粘膜上皮は単層円柱であった。しかし, 二次パーティションにおいて粘膜上皮のうち重層扁平の占める割合は少なくなった。単層円柱上皮の部分の固有層は殆ど単一管状腺により満たされていた。この腺は粘膜上皮の間に開口し, 開口部の直径約 $65\ \mu\text{m}$ で, 粘膜表面の粘膜上皮細胞は殆ど脱落していた(図8)。腺は長さ $50\ \mu\text{m}$, 直径 $35\ \mu\text{m}$ 程度の一種類の細胞により構成されていた。腺細胞の核は円形で細胞の基底側に位置し, 核上部には分泌物を有していた(図7)。粘膜下組織にはリンパ小節も分布していた。

第二室の粘膜上皮は第二室溝とその周辺および腺嚢を形成する一次, 二次パーティションの遊離端は重層扁平上皮であったが, 三次パーティションは全て単層円柱上皮であった。粘膜固有層には単一管状腺が認められ, 粘膜下組織にはリンパ小節も認められた。腺嚢の表面には直径 $75\ \mu\text{m}$ 程度の腺の開口部が認められたが粘膜表面の粘膜上皮細胞は殆ど脱落していた。それぞれの腺嚢を構成する各パーティションの構造, 特に粘膜上皮の種類と分布を模式図に示した(図18)。

第三室の噴門部の粘膜上皮は単層円柱上皮で粘膜固有層には殆ど単一管状の噴門腺が存在した。粘膜と粘膜下組織が表面に突出し種々の高さのヒダを形成していた。ヒダの粘

膜下組織は殆ど集合リンパ小節で満たされていた(図9)。胃底腺部の粘膜上皮と粘膜下組織はやや太いヒダを形成し, 粘膜固有層には胃底腺も存在していた。腺の構成細胞は壁細胞が約60%, 主細胞が約35%を占め少数の頸部粘液細胞も認められた(図10)。幽門部の表面は平坦で粘膜上皮は単層円柱上皮で, 固有層には単一管状の幽門腺が認められた(図11)。

組織化学的所見

ラクダの胃の粘膜における腺細胞のPAS反応, ABpH 2.5, ABpH 1.0の反応結果を表1と表2に示した。

第一室の腺嚢部および第二室の腺嚢部の単一管状腺の上半部の腺細胞は下半部に比べPAS(図12)およびABpH 2.5に強い陽性を示した。ABpH 1.0においては上半部, 下半部共に強く反応した(図13)。

噴門部の単一管状腺の全ての腺細胞はPASに弱陽性を示し(図14), ABpH 1.0およびABpH 2.5には中等度に反応した(図15)。

胃底腺部では頸部粘液細胞のみが全ての染色に対して弱陽性に反応したが主細胞, 壁細胞には反応は認められなかった。

幽門腺の上半部の細胞はPASに強く反応し(図16), ABpH 1.0およびABpH 2.5に対し弱く反応した(図17)。しかし, 下半部の腺細胞はPASに中等度, ABpH 1.0およびABpH 2.5に対し強く反応した。

考 察

ラクダ科動物の胃の形態, 特に胃の区分について19世紀の初めごろ, 初めて報告されて以来研究者によりさまざまである。しかし, これらの報告の特徴としての一つはラクダ科の動物の反芻する生理特徴に基づいて胃を反芻動物のウシの胃と比較して第一胃, 第二胃, 第三胃および第四胃の四室に区分される[1]。あるいは瘤胃, 蜂巢胃および腺胃の三室に区画され葉胃を欠くとの報告[12]もある。他は胃の粘膜の形態および組織学構造に基づき第三室の噴門腺の存在する区域を葉胃として四胃に区分している[6]。今回の観察では肉

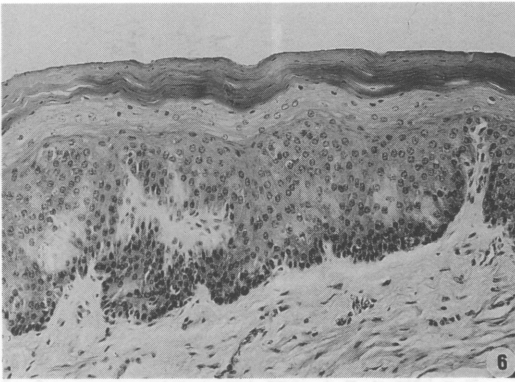


図6 第一室無腺部粘膜上皮を示す。H-E $\times 320$

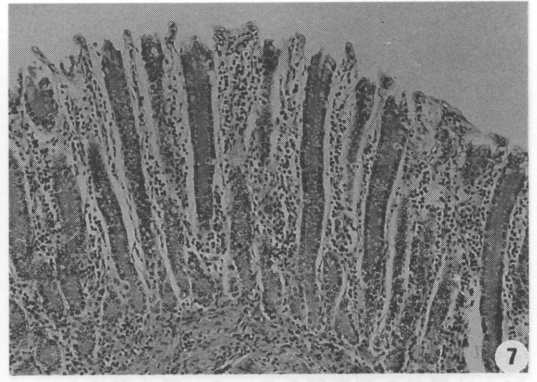


図7 前腺嚢部粘膜固有層の単一管状腺を示す。H-E $\times 200$

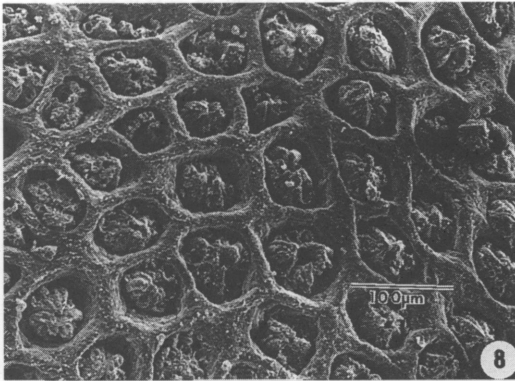


図8 腺嚢部表面の単一管状腺の開口部を示す。SEM $\times 500$

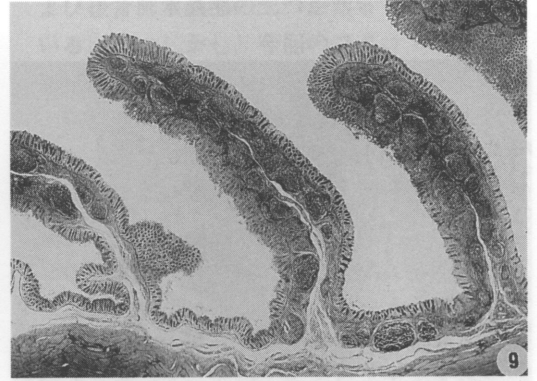


図9 噴門部を示す。粘膜ヒダにはパイエル板が多数認められ、固有層には噴門腺が存在している。H-E $\times 10$

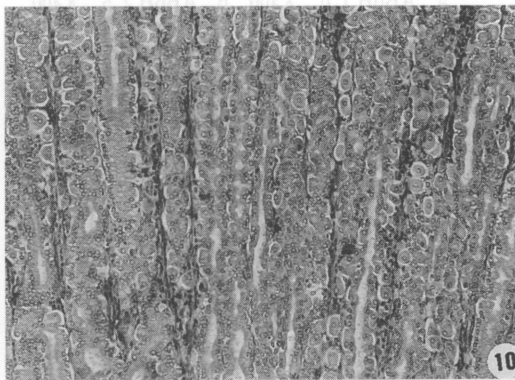


図10 胃底腺を示す。胃底腺は壁細胞(矢印)と主細胞(矢頭)より主に構成されている。H-E $\times 100$

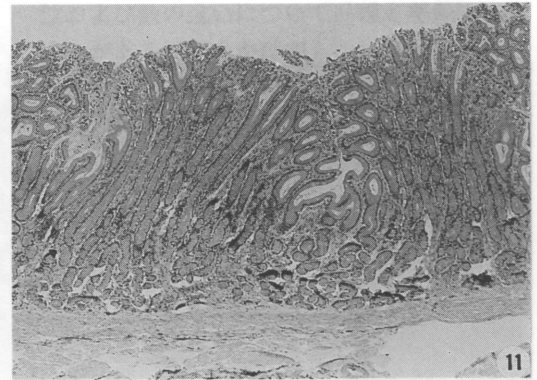


図11 幽門腺を示す。粘膜固有層には多数の単一管状腺が認められる。H-E $\times 80$

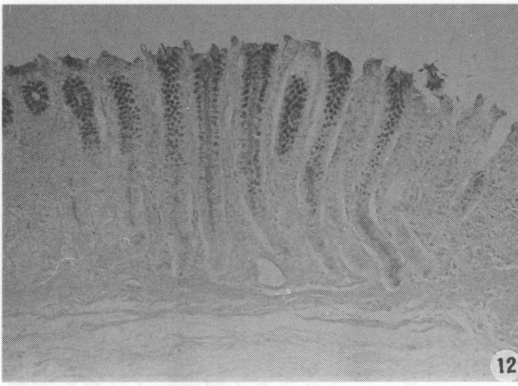


図 12 前腺囊部の組織化学的反応を示す。粘膜固有層の単一管状腺の上半部腺細胞の分泌物は PAS 反応に強陽性を示している。PAS ×150

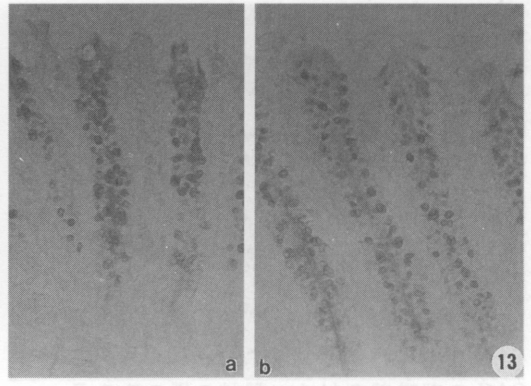


図 13 前腺囊部の腺細胞の分泌物は ABpH 1.0 (a) および ABpH 2.5 (b) に強陽性に反応を示す。a: ABpH 1.0 ×200, b: ABpH 2.5 ×200

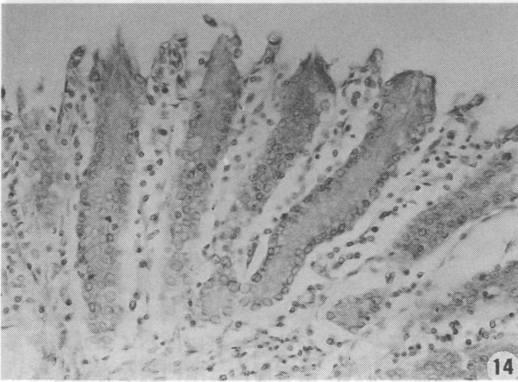


図 14 噴門腺の腺細胞の分泌物は PAS 反応に弱陽性を示す。PAS ×400

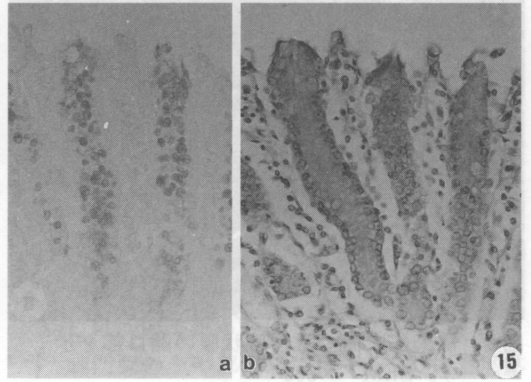


図 15 噴門腺の腺細胞の分泌物は ABpH 1.0 (a) および ABpH 2.5 (b) に弱陽性反応を示す。a: ABpH 1.0 ×400, b: ABpH 2.5 ×400

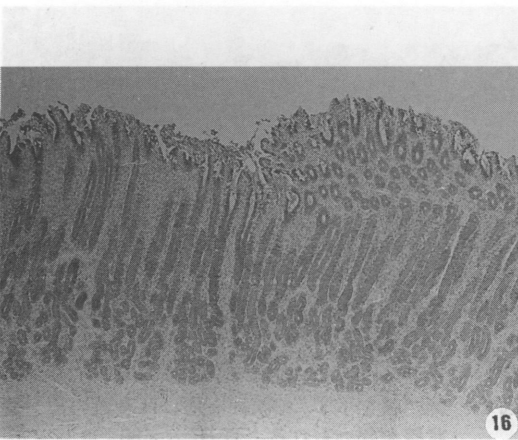


図 16 幽門腺の上半部の細胞の分泌物は PAS 反応に強陽性を示し、下半部の細胞の分泌物は弱陽性の反応を示す。PAS ×60

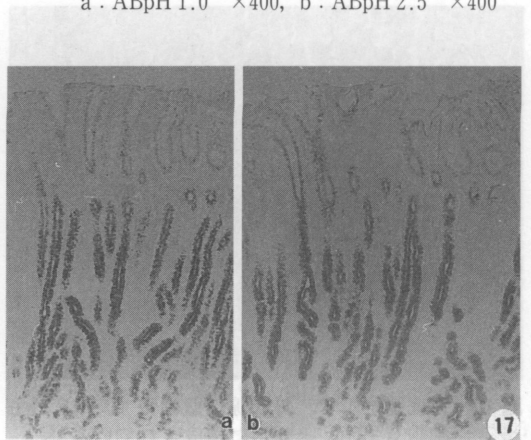


図 17 幽門腺の上半部の細胞の分泌物は ABpH 1.0 (a) および ABpH 2.5 (b) に弱陽性に反応し、下半部の細胞の分泌物は強陽性の反応を示す。a: ABpH 1.0 ×80, b: ABpH 2.5 ×80

眼的にフタコブラクダの胃は第一室、第二室および第三室の三室に区別することが出来た。フタコブラクダはラマと同じく有胎盤垂綱 (*Placentalia*) 偶蹄目 (*Artiodactyla*) 核脚垂目 (*Tylopoda*) ラクダ科 (*Camelidae*) ラクダ属 (*Camelus*) に分類される。このラクダ科は分類学的に早期に偶蹄目 (*Artiodactyla*) より分かれ、それに続いてシカ科 (*Cervidae*)、キリン科 (*Giraffidae*) などが分かれ最後にウシ科 (*Bovidae*) が分けられると報告されている [10]。フタコブラクダと同じくラクダ科のラマ属およびフタコブラクダよりウシに分類学的に近接するマメジカにおいて、すでに肉眼および組織学的に胃は三室により構成されていると報告されている [2, 5, 11]。第三室の前 2/3 を占める部位は粘膜が密生した葉状の薄いヒダで被われて、あたかも反芻動物の第三胃のような構造に似ていたが、ここには反芻動物と異なって噴門腺が存在し、表面上皮は単層円柱上皮であった。且つ、発達の悪い葉状のヒダの存在からこの部位を第三胃又は葉胃と見なして、ラクダの胃を四室に分けている報告もある [6, 8]。しかしながら、第三室噴門腺部は他の区域比べて乳頭が密生に存在しても反芻動物の葉胃の乳頭の形態構造および粘膜の色とまったく違っていた。以上のことからフタコブラクダの胃は形態学および分類学的にも三室により構成されるという考えが妥当である。

ラマでは噴門口が第一室の腹囊の右側に存在し、反芻類のように第一胃と第二胃の接続部に位置しないと報告されている [11]。フタコブラクダもラマと同様に第一室の前囊の右上に噴門口が位置していた。フタコブラクダの第一室は肉眼解剖学的にラマの第一室の構造と似て明らかな差が認められなかった。第一室で腺囊部を除いて粘膜表面には肉眼および組織学的に乳頭は観察されなかった。粘膜上皮特に角化層が他の草食獣より厚いのはラクダは、水分が少なく、粗く、繊維の含量が多く (主に *Slsola passerina*, *Artemisia* 属) 消化し難い植物を採食しており [7]、このような植物を消化するための一つの形態学的特

徴と考える。

ラクダ科の動物で、第一室における特徴的な構造として水囊部 (water sac area) の存在がすでに報告されている [1]。水囊部と呼ばれたのはここに水が保存されて、ラクダが耐渴性を持つと考えていた。しかし、この部位の粘膜固有層内に粘液細胞が多数存在することにより Hansen と Schmidt-nieisen [6] により腺囊部 (glandular sac area) と命名されており、本論文においても腺囊部という名称を用いた。この腺囊部の位置および数についてはフタコブラクダで第一室の腹側に、前腹側水囊部と背側には前背側水囊部および後背側水囊部の三つがあると報告されている [12]。しかし、今回のフタコブラクダの観察では第一室前囊の前腹側に存在する带状の前腺囊部および後囊の後腹側に存在する楕円形の後腺囊部の二つに区別することが出来た。ラマでは腺囊部の位置と大きさに基づいて左小腺囊部と右大腺囊部と命名されている [10]。本論文においてもそれぞれ前腺囊部および後腺囊部に相当する。第一室に存在する一次腺囊は大きく、その内に含まれる各腺囊はより細かく区別する事が出来た。また、フタコブラクダの胃は四室の複合胃で第二胃の食道溝の両側に一個ずつ腺囊部が存在することも報告されている [12]。この腺囊部の存在部位および数の違いについて品種と年齢による違いがあるかどうかは明らかにする事は出来なかった。腺囊部の粘膜には多数の枝分かれした一次および二次パーティションが認められ、一次腺囊、二次腺囊および三次腺囊を形成していた事についてはラマ [4, 5] と同様の結果であった。第二室の形態について腺囊の肉眼構造が第一室における腺囊と似ていることから第三腺囊部であると報告 [12] しているが、われわれはこの構造の独立した一つの胃囊で、外形と位置、背側を走行する胃溝 (第二室溝) の存在および三次パーティションの組織学的特徴などのことからラマと同様に複合胃の第二室として区分するのが適当と考えている。第三室は過去の報告 [4] と同様に長い管状の構造であった。この管状の構造

は第三胃と第四胃が融合したものと報告[12]されてるが、今回の観察において粘膜は明らかに異なる噴門部、胃底および幽門部に区別できた。組織学的にも噴門部と幽門部には粘液細胞で構成する管状腺および胃底部には胃底腺が認められた。このことより第三室は噴門腺、胃底腺、幽門腺を含んだ腺胃に相当するものであろう。

腺囊部の腺について Hansen と Schmidt-Nielsen らは第二の唾液腺であると報告 [6]しているに対し、Cummings [4] は腺の分泌物が胃内容物の pH の緩衝に関与していると報告しているが、この腺の発生、存在意義、生理機能について未だに不明な点が多い。今回の組織化学的反応の結果より腺囊の腺細胞は中性糖質、酸性複合糖質を含む分泌物を分泌していることが明らかになった。

一般に草食獣の噴門部は小領域を占めるに過ぎないが、フタコブラクダの第三室において噴門部が全体の半分以上を占めているのは特徴的であった。加えて高いヒダが密生して噴門部の表面積をさらに増加させていた。このことにより消化生理活動において他の草食獣に比べてフタコブラクダの噴門腺の作用は

極めて重要であることを示唆している。また、他の草食獣に比べてラクダの噴門部粘膜下組織は大量の集合リンパ小節で満たされていることも注目すべき点である。ラクダの消化管は胃を除いて粘膜下組織内にリンパ小節が少ないことからラクダ消化管に於いて噴門部の粘膜下組織内のリンパ小節が主な免疫の機能を果たしている可能性が考えられる。

要 約

フタコブラクダ (*Camelus bactrianus*) の胃を肉眼的、組織学的、組織化学的に観察し以下の結果を得た。

1. 胃は第一室、第二室および第三室より構成される複合胃であった。第一室には二つの腺囊部（前腺囊部と後腺囊部）が存在していた。
2. 第二室の大部分は第一室の腺囊部と類似した構造を持つ腺囊と胃溝からなっていた。
3. 第三室は噴門腺、胃底腺および幽門腺を含む腺胃で、噴門腺部の粘膜下組織には胚中心のないパイエル板が見られた。
4. 全ての腺囊粘膜固有層には粘液腺が認め

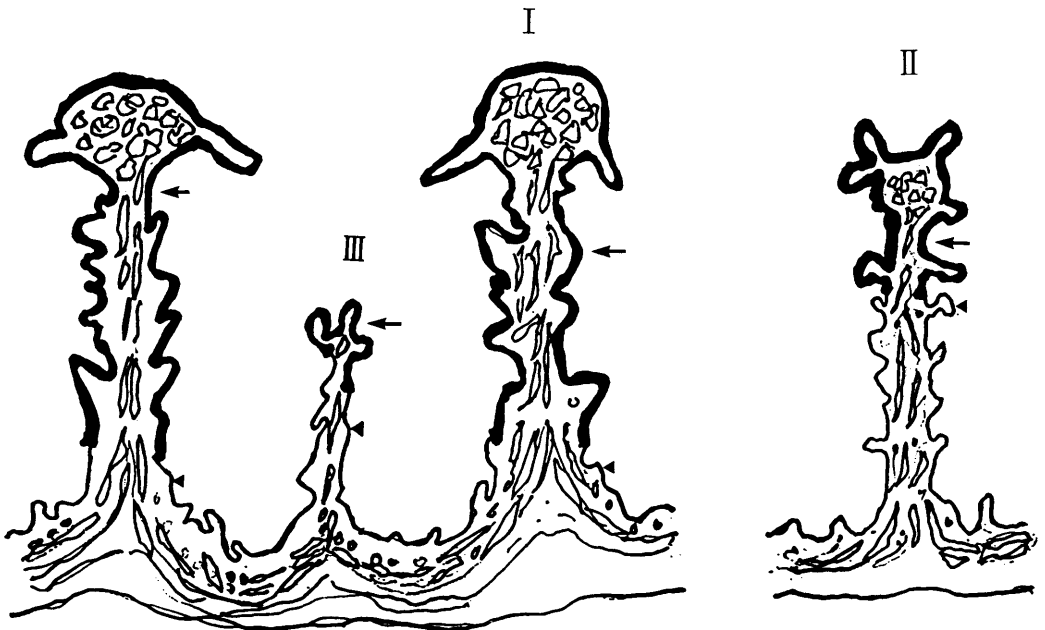


図 18 腺囊の各パーティションの粘膜上皮の種類を模式図に示す。I. 一次パーティション II. 二次パーティション III. 三次パーティション 重層扁平上皮 (矢印) 単層円柱上皮 (矢頭)

られ、その粘液腺の細胞には中性糖質と酸性複合糖質が含まれていた。

謝 辞

私費留学生奨学金奨学生として研究生活を支援いただいた財団法人酪農育英会に深謝いたします。本研究は1995年度酪農学園大学共同研究の助成を受けたものである。

文 献

1. Abdel, H. H. 1950. The stomach of the camel. *Brit. vet. J.* 106: 209-213.
2. Agungpriyono, S. 1995. Light microscopic studies of the stomach of the lesser mouse deer (*Tragulus javanicus*). *Eur. J. Morphol.* 33: 59-70.
3. Amasaki, H. 1987. Scanning electron microscopic observation on the epithelial surface of forestomach in bactrian camel. *Camelus bactrianus*. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 59: 527-531.
4. Cummings, J. F., Munnell, J. F., and Vallenias, A. The mucigenous glandular mucosa in the complex stomach of two new-world camelids, the llama and guanaco. *J. Morphol.* 139: 71-110.
5. Edward, S.C. and Iand, h. 1995. Comparative physiology of the vertebrate digestive system. 2nd ed. pp. 46-93. *In:*

The Mammalian Gastrointestinal Tract, Cambridge University Press, U. S. A.

6. Hansen, A. and Schmidt-Niesen, K. 1957. On the stomach of the camel with special reference to the structure of its mucous membrane. *Acta Anat.* 31: 353-375.
7. 賀新民 1982. 主要的天然牧草. pp. 134-158. *In:* 駱駝学, 中国駱駝育種委員会, 北京.
8. 加藤嘉太郎 1995. 胃の進化. pp.228-239. *In:* 家畜比較解剖図説・上巻, 養賢堂, 東京.
9. 寧蒙 1980. 駱駝の起源与品種類型. pp. 8-20. *In:* 養駝学, 農業出版社, 北京.
10. Peter, L. 1988. Macroscopic anatomy of the stomach of the tylopoda. pp: 109-130. *In:* The Mammalian Herbivore Stomach. Comparative Anatomy, Function and Evolution, Gustav Fischer. New York.
11. Vallenias, A. 1971. A gross study of the compartmentalized stomach of two new-word camelids. The llama and guanaco. *J. Morphol.*, 134: 399-423.
12. Zhang g. c. 1983. 駱駝胃の大体解剖. 中国甘肅農業大学学报 2 : 63-67.

Summary

A gross anatomical and, histological and histochemical study of camel (*Camelus bactrianus*) stomach was carried out.

The results are summarized as follows:

- 1) The stomach was composed of three components.
- 2) The first component consisted of two glandular sac areas (cranial and caudal).
- 3) The wide area of the second component of the stomach was similar in structure to the glandular sac area of first the component
- 4) The third component of the stomach comprised a cardiac gland area, a fundic gland area and a pyloric gland area.
- 5) The entire glandula sac area was madeup of mucous glandular. These gland cells contained both neutral and acid mucosubstance.