

# 反すう動物の適応可能性反すう胃除去山羊の作成とその成長

誌名	栄養生理研究会報
ISSN	02864754
著者	浜田, 龍夫
巻/号	18巻2号
掲載ページ	p. 73-80
発行年月	1974年

# 反すう動物の適応可能性

## — 反すう胃除去山羊の作成とその成長 —

農林省畜産試験場 浜田 龍夫

### 1. 緒 言

いうまでもなく反すう動物の最大特徴は反すう胃の存在であって、このため多量の飼料を短時間に体内に貯蔵し、後で反すうしながらゆっくり消化利用できるものであり、これは肉食動物からの逃亡者にとって都合のいい身体的適応とみられている。しかし、現代において反すう動物が注目を集めるのは、彼らが人間に必要な乳や肉や毛皮を生産できるからであり、人間はそのような生産に適した品種を選択改良し、多数繁殖させてきた。そして個々の家畜の生産効率をさらに高めるため、本来的には草の利用という目的に適応した消化機構をもつ反すう動物に対して、豚と同じような繊維質が少なくエネルギー含量の高い濃厚飼料多給方式をとらせるようになってきており、反すう動物は単胃動物型の飼養方式にも適応せねばならなくなってきた。しかし、この適応は必ずしもうまくいくとは限らず、ルーメンバクテリオシス、低乳脂率牛乳、低受胎成績などの問題とも関係しており、改めて反すう動物の異なった飼養形態への適応可能性を栄養生理の見地から見直そうという機運が生じてきた。そのため過去10年間多くの研究がなされてきたが、まだ未解決の問題が多く残されており、現在および将来の重要な研究テーマにもなっている。ここにとりあげた反すう胃除去山羊の作成もそのような問題に対する一つの研究手段となりうる。すなわち、反すう動物の最大特徴である反すう胃の存在を逆に奪うことによって、反すう動物が単胃動物として生存できるかどうかをためし、その場合の栄養生理的な適応性はどのくらいであるかを検討することである。これらの研究の主要な成果はすでに発表しており (Hamad, 1973)，本論文では反すう胃除去動物の技術的作成法に主として焦点をあてて記述した。

### 2. 反すう胃除去手術例 (類似手術を含む) について

幼令反すう動物の反すう胃除去手術に関する諸文献の要約を示すと以下の通りである。

Trautmann and Schmitt (1931) は9頭の子山羊 (2~4週令) の第1胃または第2胃を切除して、4~6ヶ月間にわたってレントゲン撮影によって胃の部分を観察し、切除した部分の再生を記録した。Wiseら (1946) は要約の形で4頭の子牛の第1胃切除を行なったが、そのうち2頭が手術後長期にわたって生存でき、いずれも第1胃組織の再生があったことを報告した。

カナダ農務省の Sauer (1961) と Lupien ら (1962) は子牛の1-3胃切除術式とそ

これらの栄養生理試験結果を示した。まず、2～3週令のホルスタイン子牛7頭について、第1～3胃と第4胃の一部と脾臓とを切除した。そのうち3頭は10日以内に死亡したが、4頭は99, 102, 112, 199日間生存でき、それぞれ18.0, 10.5, 9.0, 39.5Kgの体重増加を示した。これら4頭のうち1頭は第4胃潰瘍で死亡したが、後の3頭の死亡原因は不明で、いずれの牛もわずかに切除胃の再生を示していた。また、剖検では腎臓組織に病変がみられた。1～3胃除去子牛は下痢、痙攣、食欲欠乏をしばしばおこした。術後の絶食時の血液成分(血糖、ケトン体、VFA)は、対照牛とあまり変らなかったが、30週令の絶食時血糖値のみは85mg%と対照牛の56mg%より高かった。初期の血糖値の低下は1～3胃除去牛でも同様にみられた。

オクラホマ州立大のWilliamsら(1966)はSauerらの改良法で3週令の子牛5頭の第1～3胃と第4胃の一部を切除した。彼らはとくに迷走神経腹側枝と脾臓をそのまま残した。このうち3頭は10日以内に死亡したが、他の2頭は162日と210日間生存した。仏国立獣医学校のRuckebusch and Laplace(1967)は1胃除去めん羊(4ヶ月令)の飼料摂取と反すうパターンについて検討した。すなわち、対照動物の胃容積の17ℓが第1胃除去により5ℓに減少し、対照に比べて飼料摂取時間が約2倍、反すう時間が約 $\frac{1}{2}$ になった。また、ミネソタ大学のAnderson(1969)は第1～2胃切除手術の方式を血管、神経系との関連において説明した。1～3週令の子めん羊10頭にこの手術を施行して、7頭が生存できたとしているが、術後経過や栄養的処理の記述はない。

以上が第1胃、第2胃、第1～3胃の除去手術例であるが、類似手術として、食道～第4胃吻合手術がある。すなわち、メリーランド大学のStewartら(1966)は4～20日令のホルスタイン子牛41頭と20～30日令のめん羊6頭についてこの手術を施行した。この術式では食道は第4胃と吻合され、第1～3胃はそのまま生体内に残される。術後3ヶ月間はよく成長したが、200日令までにほとんどの動物が死亡し、1頭のめん羊のみが330日令まで生存できた。術後には、ミルクの吐出、下部消化管のガス貯溜、食欲停止がよくみられた。残された反すう胃内には手術前に食べた繊維質飼料が残っており、容積は拡大していたが、筋層はうすく、パピラは消失していた。手術後も前と同様な繊維質飼料を食べようとした。とくに問題点はこれらの動物の成長に適した嗜好性の高い飼料を開発することであると指摘している。

ジョージア大学のHuberら(1969)は上のStewartらの方法をさらに改良しようとした。すなわち、食道の噴門部分を傷つけないで第4胃に吻合するようにして、この部分の括約筋としての機能を維持して、牛乳の吐出などがおこらないように配慮した。また、迷走神経もそのまま残した。8～18日令の子めん羊6頭について手術を施行し、4ヶ月間正常に成長させたとしているが、術後処理についてのくわしい記述はない。

大体以上が著者の見た限りの文献例であるが、畜試大森ら(1963)は千葉大医学部第2外科の協力を得て、成山羊の1-3胃除去手術を施行した。しかし、2-3日令以上生存させることができず、記録としては残されていない。また、1967年3月にメリーランド大学で反すう胃除去や類似手術のシンポジウムが開催されたが、それらも製本印刷されていない。

### 8. 反すう胃除去手術の要領

著者は千葉大医学部肺癌研究施設の藤沢武彦氏の技術的協力を受けて、以下に示すような方法で反すう胃除去手術を実施した。図1に1-3胃切除手術を図式的に示した。まず、1-3胃切除術のやり方を説明する。

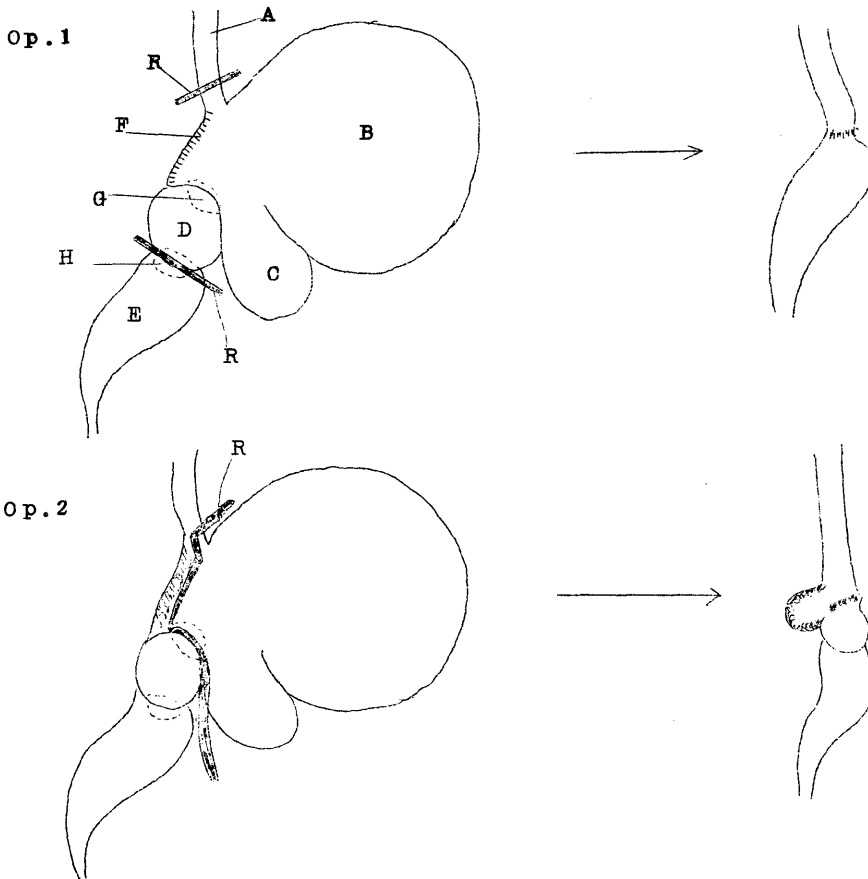


図1. 手術の模式図

Op. 1. 1-3胃切除手術, Op. 2. 1-2胃切除手術.  
 (A. 食道; B. 第1胃; C. 第2胃; D. 第3胃; E. 第4胃;  
 F. 食道溝; G. 第2-3胃孔; H. 第3-4胃孔; R. 切除ライン.)

- (1) 供試動物として哺乳中の在来肉用またはザーネン種の山羊を用いた。始めは朝飼を与えずに手術したが、後の手術では手術前2-3時間に牛乳0.2~0.3ℓを飲ませ、栄養を補給しておいた。
- (2) 麻酔はネプタール(Pentobarbital sodium)の静注(約25mg/kg)によって行ない、麻酔の足りない場合はさらに筋注によって補なう。
- (3) 皮膚、筋肉の切開は左肋骨の後(左季肋部)を背から腹にかけて行ない、大網膜を処理して、第1-4胃を視野におさめる。
- (4) まず第4胃と第1胃の間をクーバーを使ってうまくはがす。その時左胃大網動脈(Left gastroepiploic artery)の分枝が上の第2-3胃方向に入っており、これを止血するが、第4胃の動脈はそのまま残すように注意する。

つぎに第1-2胃の裏側を周囲の組織から剝離してくると、脾臓のみえる所でルーメンに入る大きな血管が現われる。つぎに反対の脾臓側にもどり、脾臓をはがし、食道にいたるまでクーバーで横隔膜のつけ根部分を傷つけないように、むしろ漿膜を切るようにして分離していく。この部分には血管はないが、胸膜が破れないように注意し、万一破れたらすぐ縫う。第1-2胃を周囲の組織から剝離させる要領は、第1-2胃をもちあげつつ、つっぱる所をクーバーで少しずつはがすようにし、もし出血すればすぐ止血することである。

このように胃全体の大部分を周囲の組織から分離させておいて、第1-3胃に入る血管を結さつて切断する。腹腔動脈から右第1胃動脈、第2胃動脈が入っており、とくに注意する点は脾動脈をそのまま残すことである。
- (5) 第1-3胃を除去する。まず、第3胃と第4胃の接合部分を2本の鉗子ではさみ、第4胃側の組織を切断し(第4胃のわずかな部分のみ3胃につく)、同様に食道の噴門(Cardia)のすぐ上を切断し、内容物がこぼれないように注意して第1-3胃を除去する。
- (6) 食道と第4胃とを端々吻合する。この時第4胃の切口が食道より広いので、第4胃の口をせばめた上で、食道と第4胃とを全層吻合し、さらに漿膜吻合する。口から肉厚の胃チューブを胃内に入れて連絡を確認する。
- (7) 水溶性ペニシリン10万単位、ストレプトマイシン適当量とリンゲル液約0.1~0.2ℓを腹腔内に挿入して、筋肉を縫い、サルファ剤をふりかけて皮膚を縫う。
- (8) ビタミン剤、ブドウ糖、アミノ酸混合液、リンゲル液を筋注し、油性ペニシリンも筋注し、保温マットに寝かせる。普通翌朝には起立しており、牛乳も飲めるようになる。抗生物質の投与は4~5日間続け、術後2-3日は牛乳給与を $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$ とひかえ目にし、1日に体重の10%程度補液するようにリンゲル液と上述の栄養剤とを注射により補給する。

つぎに1-2胃切除術について説明する。この術式は1-3胃切除手術が食堂を通過している迷走神経を切断するので、食堂、噴門、食道溝、第3胃、第4胃の連結を保つことによって迷走神経腹側枝を残すことを意図して考案された。

上述の(5)~(6)が異なるが、(4)のところでは第2胃動脈はなるべく残すようにする。血管結さつ後まず2本の鉗子で第1-2胃組織と食道-食道溝-第3-4胃組織→との間をはさみ、その間をメスで切断し第1-2胃組織を切除する。切断する前にその下にガーゼをしき、内容物で他の組織が汚染しないように注意する。つぎに残った鉗子はずして、ペアンで止血して血管を結さつする。第1-2胃組織の再生をふせぐため、噴門から食道溝にかけて、完全に第1-2胃組織をとり除く。その際とくに第2胃の上皮組織を食道溝から完全に除くように注意する。その結果食道~食道溝~3胃~4胃だけが残る。上の操作において、第4胃からの内容物の逆流汚染の危険がある場合には、第4胃の入口にガーゼをつめておく。つぎに食道と第4胃とが直接連結するように縫合する。すなわち、第1-2胃を切除したことにより細長くたてにひらいた傷口を、直径の長い方の食道と第3-4胃とを直接癒着するように縫合していく。この要領は図1の模式図をみるとわかり易いが、たてに走る食道溝をよこに圧縮する形になる。このとき飼料の通過をよくするため、第4胃の上端を少し切開して、食道と第4胃とを直接連結した例もあり、これは第3胃孔が細いので有効な方法である。この縫合後、口から肉厚のゴム管を通して食道から第4胃内にスムーズに管が入ることを確認する。

これらの手術を施行した後で諸文献を検討した結果、過去の例と比較した場合、1-3胃切除手術はSauerら(1961)と似ているが、彼らと異って脾臓と第4胃の全体を残した。また、1-2胃切除手術はAnderson(1969)と類似であるが、Andersonのように第2胃動脈や迷走神経全体の確認と保存にとくに注意しなかった。しかし、本法で迷走神経腹側枝が残されたと考えている。本報の手術では切除する組織に入る血管と神経は切断したが、それ以外のものはできるだけ傷つけないで残すように注意した。あらかじめ文献を検討してから手術をしたのではなく、結果をまとめる段階で諸文献の方法を知ったのであり、将来は以上のような問題点に十分注意する必要がある。

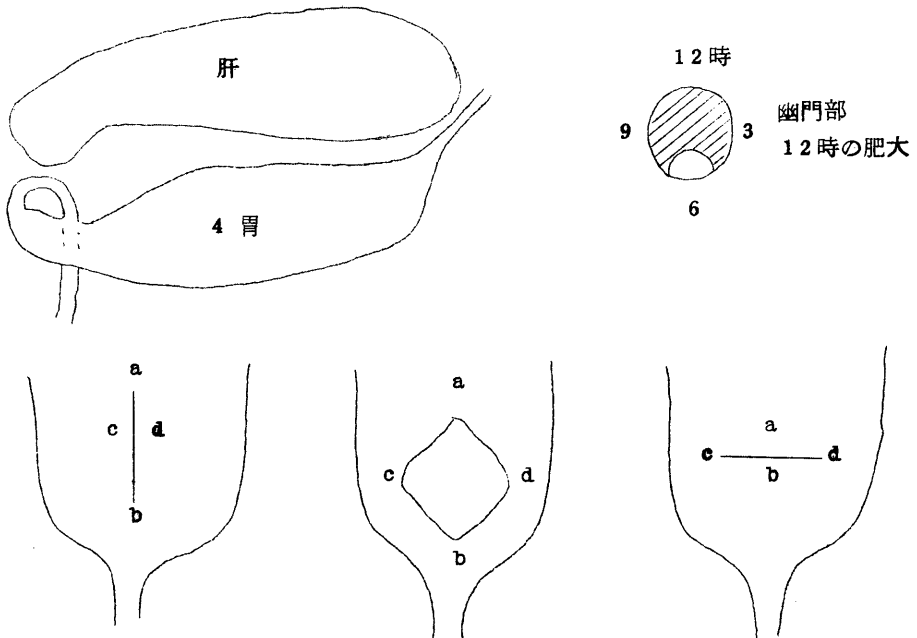
#### 4. 術後の成長と問題点

1-3胃切除手術は5頭の34~62日令の山羊に施行し、そのうち3頭は術後5, 46, 92日目に死亡し、他の1頭は食欲不振のため97日目に屠殺したが、残る1頭は380日間生存し、最後に内臓検査のため屠殺された。上の死亡原因としては、1頭は下痢、2頭は突然の第4胃内出血であった。1-2胃切除手術は27, 66, 119日令の3頭の山羊に施行した。

119日令の山羊はかなり発達した反すう胃を有しており、手術ストレスが大きかったためか、手術の翌日牛乳を飲ました直後に呼吸困難を呈して死亡した。他の2頭は278日と290日間生存し、最終的に屠殺されたが、そのうち1頭は常に食欲欠乏を示し、ほとんど増体しなかった。したがって、うまくいったのは1-3胃除去山羊1頭(34日令手術、ザーネン種雄)と、1-2胃除去山羊1頭(27日令手術、在来肉用種雄)で、それぞれ380日と290日間生存し、最終的に屠殺された。この期間の増体量はそれぞれ、11.2と11.5kgであった。

この期間の飼料給与は始め牛乳と固形飼料を与えたが、その後固形飼料のみを自由摂取させた。固形飼料は子豚用人工乳のように栄養価と嗜好性の高いものを数種試作した。(詳細は緒言で示した別の論文で説明した。)これらの反すう胃除去山羊を同じ飼養法で育成し比較したが、反すう胃除去により固形飼料摂取に要する時間が著しく長くなり、1日の固形飼料総摂取量も300~350gが限度であった。反すう胃除去山羊はひんばんに反すうするようにあごを動かし、歯をぎしぎしかみ合わせていたが、この行動の意味は不明で、唾液分泌促進と関係するかもしれない。

1-3胃除去山羊は(380日生存)は術後5ヶ月目に突然牛乳を飲まなくなった。胃チューブを使って第4胃内に牛乳を注入すると、直ぐ吐きだしてしまう。約5日間栄養液の注入によって生命を維持していた。そして、千葉大医学部第二外科の小高通夫氏に相談したところ、迷走神経を切断した場合、3週間目頃から胃の幽門閉塞が生じやすく、幽門リングを広げる手術をするという助言を得た。また、その場合薬としてはプリンペランとパントールを用いる。6日目に山羊は胃内出血をおこしたので、180mlの健康な山羊の血を輸血し、7日目に藤沢氏の協力のもとで開腹し、幽門部を切開したところ、図2に示すように肛門から腸を見た場合、12時側が



ポリーブ様に拡大して、第4胃内容物が小腸に流れないことが判明した。そこで図2に示すように、まず幽門部をたてにa-b方向に切開し、肥厚部の内側を切除し、小腸への通過口を広げるようにc-d方向に縫合した。そして、縫い目を漿膜下に内包するようにした。その間、さらに200 mlの輸血と栄養液の注入を行なった。幽門形成術施行後山羊は徐々に健康と食欲を回復し、約1週間後に元の状態に復帰できた。その後離乳して固形飼料のみを自由摂取させていた約12ヶ月令で、ふたたび食欲を失ない、胃チューブによって牛乳を第4胃内に挿入しても、すぐ吐出した。そこで第2回目の幽門形成術を施行したところ、ふたたび固形飼料を食べれるようになった。1-2胃除去山羊には幽門閉塞が生じなかった。

これらの1-2胃除去、1-3胃除去の長期生存山羊は最終的に屠殺され、胃組織の再生について検討された。その結果、切除部分の組織の再生は認められず、1年前後の実験期間を通して完全に単胃動物として生存できたことを確認した。固形飼料の第4胃以下での消火能力の尺度としての消化率は、蛋白質75%、エネルギー82%で、豚によるそれらの消化率は約90%なので、豚に比べれば低いけれども、第4胃以下でもかなり高い消化能力のあることを示しており、これは亀岡(1964)の反すう胃分離山羊の実験においても認められている。1-3胃除去山羊は朝飼給与後4、5時間後に屠殺されたが、その間150gの固形飼料を摂取し、屠殺前の静脈血のグルコース濃度は $119\text{ mg/dl}$ であった。東大農学部本好茂一氏のところでその時の血漿インシュリン濃度を測定したが、 $400\ \mu\text{u/ml}$ と極めて高い値を示した。このことはこの山羊が単胃動物に近い糖代謝に適応していることを示唆する。

Ballardら(1972)は反すう動物に第4胃や静脈から多量のグルコースを投与して肝や脂肪組織の脂肪合成に関する酵素を測定した結果、反すう動物はラットと異ってグルコースからの脂肪合成に必要なcitrate cleavage pathwayの2酵素活性が欠除しているが、グルコース投与への適応としてそれらの酵素活性が出現し増加することを示している。我々の現在の研究目標も反すう動物が広汎な飼料給与方式への適応として、どのような酵素レベルでの代謝の制禦機構の変化をなしうるかということである。反すう胃除去山羊の成長試験はそれ自体が非常に難しく、なかなか代謝研究の手段とはかなり難しいが、適応問題の研究では長期間の処理の影響を検討することが大切であり、このような実験手法もそのために有効であると思う。反すう動物に特異的なホルモン、酵素レベルでの制禦機構がどのくらい反すう動物に特異的な栄養基質供給に依存しているかを検討する手段として、このような反すう胃切除山羊が役立つことを期待している。



## 文 献

- (1) Anderson, W. D., Amer. J. Vet. Res., 30:1631(1969)
- (2) Ballard, F. J., O. H. Filsell, and I. G. Jarrett, Biochem. J., 126:193(1972)
- (3) Hamada, T., J. Dairy Sci., 56:473(1973)
- (4) Huber, T. L., J. Kittrell, and M. Adsit, J. Anim. Sci., 28:34(1969)
- (5) 亀岡<sup>喧</sup>一. 日本畜産学会報. 35:123(1964)
- (6) Lupien, P. J., F. Sauer, and G. V. Hatina, J. Dairy Sci., 45:210(1962)
- (7) 大森昭一郎. 滝川明宏. 亀岡<sup>喧</sup>一. 農林省畜試未発表成績(1963)
- (8) Ruckebusch, Y., and J. P. Laplace, Wissenschaft und Fortschritt, 5:222(1967)
- (9) Sauer, F., and G. J. Brisson, Amer. J. Vet. Res., 22:990(1961)
- (10) Stewart, W. E., G. E. Henning, and J. H. Nicolai, J. Dairy Sci., 49:1543(1966)
- (11) Trautmann, A., and J. Schmitt, Arch. Tierernähr. Tierzucht, 7:421(1931)
- (12) Williams, E. I., D. E. Williams, D. D. Goetsch, and P. O. Frith, Amer. J. Vet. Res., 27:1777(1966)
- (13) Wise, G. H., R. P. Link, W. W. Thompson, and M. J. Caldwell, J. Dairy Sci., 29:543(Abstr.)(1946)