

## ウマの消化機能の特徴

—育成馬の飼養管理—

北海道大学大学院農学研究科 教授 近藤 誠司

### 1. ウマは草食動物

今更いうまでもないことであるが、ウマは草食動物 (Herbivore) である。いわゆる草を食べて生きる。現在のわが国で草だけを食べて生きているウマは少なく、通常はご存じのように乾草やゴク (穀類)、配合飼料を給与されて生きている。ただし、ウマは本来、草類を食べて生きてきたわけで、ウマの消化機能を理解するためには、「草を食べて生きる」ということを理解すべきであろう。それには飼料としての草の組成を理解する必要がある。

我々哺乳類の体は内部に強い骨格を持ち、その周りを柔らかな肉が取り囲んでいる構造である。単純に建築物に例えて比較すると、柱を立ててその周りに粘土を張り付けたような構造物である。一方、植物は全体が細胞壁という強力な構造物を持った細胞からできており、建物に例えると煉瓦を積み上げたような構造になっている。であるが故に、巨木は空中高くそびえることができ、また辺りの野花でも茎の力で葉や花を空中に掲げることができる。

我々ヒトや猫や犬が、草だけを食べて生きてはいけないのは、まさにこの植物を支えている細胞壁が問題なのである。もちろん、細胞壁の中身は柔らかな細胞内容物で、栄養含量は高い。我々が植物体のみを摂取して生きていくためには、この細胞壁という鉄壁の守りをうち砕き、細胞壁構成成分と内容物をもろともに消化吸収する必要がある。この細胞壁のおもな構成物質は構造的炭水化物といわれるもので、セルロース、ヘミセルロース、リグニンなどである。いわゆる繊維成分といわれる物質である。

シロアリを除いて、あらゆる動物はこうした繊維成分を消化する酵素を分泌しない。もちろん、菌でかみ砕くことによって幾分かの栄養分が消化吸収できる。しかし、これでは十分な栄養摂取はできない。では草食動物はどうやってこの細胞壁の守りをうち砕き、草から栄養を摂取しているのだろうか？

その秘密は体内に棲む微生物の作用にある。消化管内にこれら微生物、すなわちプロトゾア (原生動物) やバクテリア (細菌) およびカビ類 (真菌) を棲息させ、これらに細胞壁を発酵分解させて、その産物を消化吸収しているのである。そして、この微生物が多量に棲息している場所が消化管の前部の胃にあるか、もしくは消化管後部の大腸付近にあるか、で草食動物を分けることができる。前者は前胃発酵動物であり、ウシやヒツジなど反芻動物がその代表で、後者は後腸発酵動物とよばれ、ウマやウサギなどが挙げられる。そこで、ここでは前者の代表としてウシを取り上げ、こうした反芻動物と比較することにより、本稿の主題である後腸発酵動物のウマの消化機能を考えてみよう。



写真1 放牧採食中のウマ



## 2. ウシの胃とウマの腸

図1に我々ヒトやブタの消化管と、ウシなど反芻家畜の消化管およびウマの消化管の構造の模式図を示した。どの種類の動物も、基本的に口から食道が胃につながり、胃から十二指腸、小腸、大腸を経て肛門へ至っている。厳密にいうと小腸は空腸と回腸からなり、大腸は盲腸、結腸および直腸からなっている。

反芻動物は胃がいくつかに分れており、ウシでは4部位からなる。1番目と2番目の胃を合わせて反芻胃といい、この部分に微生物が棲息し摂取された飼料（食塊という）を発酵分解する。ウシの反芻胃は200ℓにも及び巨大な発酵槽を形成している。図で分かるようにこれら反芻胃などを除いた第4胃以降は我々ヒトの消化器官と変わらない。その作用も第4胃以降はヒトやブタ、犬猫と同じと考えてもいいだろう。

摂取された植物体は反芻胃で微生物の攻撃を受ける。問題の細胞壁を構成する構造的炭水化物のうちリグニン以外は、微生物によってバラバラに分解発酵し揮発性脂肪酸となり、胃壁から吸収されてウシの主要なエネルギー源となる。構造的炭水化物以外の消化しやすい炭水化物も当然微生物の攻撃を受け発酵する。もちろん全てではなくそのまま第4胃に流れ込む炭水化物もある。

この発酵槽はタンパク質も合成する。タンパク質はアミノ酸の化合物であり、アミノ酸は粗々にいえば窒素と炭水化物から出来上がっている。ヒトやブタ、猫も犬もタンパク質を食べなければアミノ酸を摂取できない。しかし、発酵槽をもった動物は微生物がアミノ酸合成を行える。すなわち、摂取した飼料に窒素化合物があれば、微生物はこれらをアンモニアにかえ、このアンモニアと炭水化物を食べてアミノ酸として自らの体を作り上げる。そして、微生物体として第4胃に流れ込む。もちろん、ここでアンモニアとして反芻胃から吸収されてしまう窒素もある。

なお、反芻胃ではタンパク質として摂取されたものも一旦分解されてしまう。もちろん炭水化物と同様に反芻胃で分解されず、第4胃に流れ込むタンパク質も

ある。いずれにせよ、第4胃以降に流れ込んだ飼料由来のタンパク質や微生物体タンパク質は、我々が肉を食べたときと同様に胃で消化され、小腸以降で吸収される。反芻胃はこのほかビタミンB群も合成するという優れたものの器官だ。

一方、ウマなど後腸発酵動物では胃から小腸までが我々ヒトやブタと同じ消化器官を持っている（図1）。すなわち、摂取された草は歯でかみ砕かれて、小腸を通過するまでは我々が草を食べた時と同じような消化吸収の過程を受ける。草に含まれたタンパク質や構造的炭水化物以外の炭水化物、たとえばデンプンや糖類などは我々と同じように消化吸収されることになる。ウシの反芻胃と同じような構造的炭水化物の発酵分解と蛋白質の合成は大腸に入ってから行われる。すなわち、ウマでは微生物による主要な発酵分解は消化管の後ろの方で行われる。

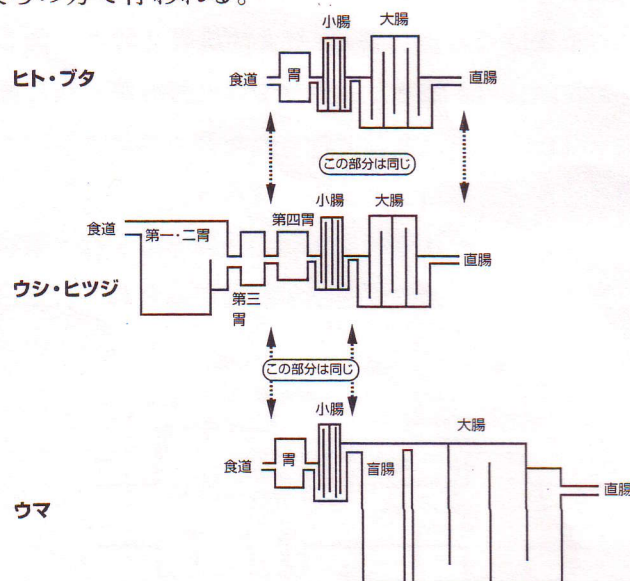


図1 各動物の消化管模式図

## 3. ウマが食べた草の消化吸収

ウマの消化機構について模式的に図2に示した。上の図が摂取された飼料中の炭水化物の運命を示し、下の図がタンパク質の行く末を表している。摂取された飼料中の炭水化物のうち、糖類、デンプン、脂肪などは小腸で分解吸収される。一方、草類が含む構造的炭水化物、すなわち我々ヒト消化管だと消化されずに糞中に排出されてしまうセルロース、ヘミセルロース、



ペクチンなどは大腸に棲む微生物の発酵分解作用を受けて揮発性脂肪酸（VFA）となり腸管壁ごしに吸収される。草類を主体に摂取したときは、ウマが必要とするエネルギーのうち、かなりの部分がこの揮発性脂肪酸でまかなわれる。

一方、タンパク質を含む窒素化合物は摂取されたのち、胃で消化酵素と混ぜ合わされ、小腸でアミノ酸として吸収される。ここまでで分解されなかったタンパク質や小腸内の微生物態タンパク質、さらに非タンパク態窒素などは大腸に流れ込み、この巨大な発酵槽で微生物の発酵分解作用を受ける。

大腸に流入した窒素化合物（タンパク質および非タンパク態窒素）は微生物の発酵分解作用を受けて、アンモニアとなり一部は腸壁ごしに吸収されるが、ウシの反芻胃と同様に微生物体にとりこまれる窒素も多い。ところがウシなど反芻家畜では作られた微生物体タンパク質はその後、第4胃および腸管で我々と同じ消化吸収の過程を経るが、ウマでは発酵分解の後には直腸と肛門しかない。ここで作られた微生物体タンパク質はどうやって利用されるのであろう。

ウサギなど、やはり草食動物で後腸発酵を行う動物は、食糞という一種の栄養摂取行動がみられる。通常

の糞と匂いも形状も異なるソフトフィーシズ（軟らかい糞）と呼ばれる盲腸糞をだし、これを摂取する。すなわち、後腸の発酵分解で作られた微生物体タンパク質を一旦体外に排出し、もう一度食道→胃→小腸→と通過させ、消化吸収しようとするものだ。

ところがウマは子馬を除いて通常は食糞しない。とすると、作られた微生物体タンパク質はどうなるのであろう。現在までの研究はこの辺りのメカニズムを明確に説明していない。こうして作られた微生物体タンパク質はウマ自身の栄養バランスには余り大きな貢献はしていないだろうというのが一応の結論である。なお、子馬の食糞は親のそれしか食べないとされ、微生物相を移植するためだろうといわれている。

## 4. 終わりにかえて

以上のように、同じ草食動物でも、ウシとウマでは大きく異なる消化器官の構造をもっている。この構造の違いはそれぞれの草食動物の給与飼料を考える上で、異なる点があることを示唆する。例えば、タンパク質に関していえば、ウシなど反芻家畜では摂取されたタンパク質は一旦分解されアミノ酸が再合成されるから、飼料中のアミノ酸構成を考慮してもそのままウシが吸収するとは限らない。

一方ウマでは、飼料中の分解されやすいタンパク質のアミノ酸は直接消化吸収される。従って、ウマの給与飼料についてはタンパク質含量のみならず、アミノ酸組成についても考慮する必要があるかもしれない。米国のウマ養分要求量（NRC）では、特に育成馬のリジンについて留意するよう示されているのはこうした理由だろう。

エネルギー要求量についても、草食動物とはいいいながらも消化管の前半は我々の消化管と近似した構造をもつ。NRCもわが国の軽種馬飼養標準（JRA総研編、1988）も、エネルギー源について炭水化物を糖類と構造性炭水化物に分けて検討してはいないが、こうした炭水化物の構造の違いについても一層の研究を進める必要はあるだろう。

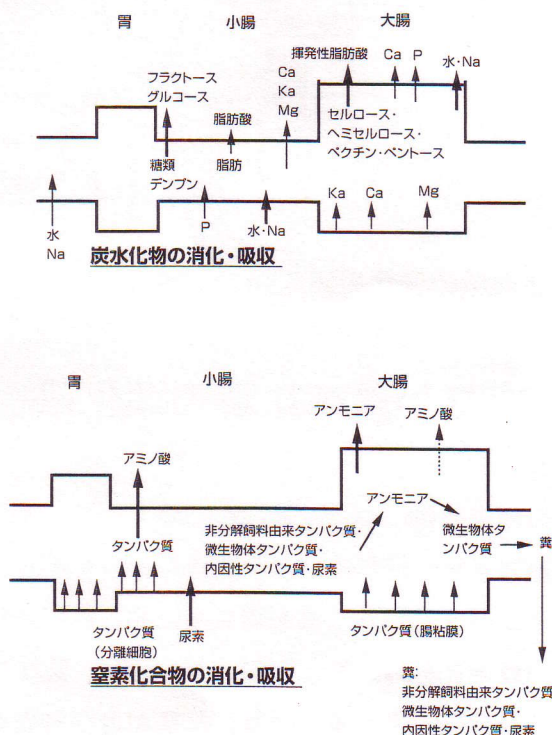


図2 ウマの消化機構模式図  
(Meyer,1986より改編作図)