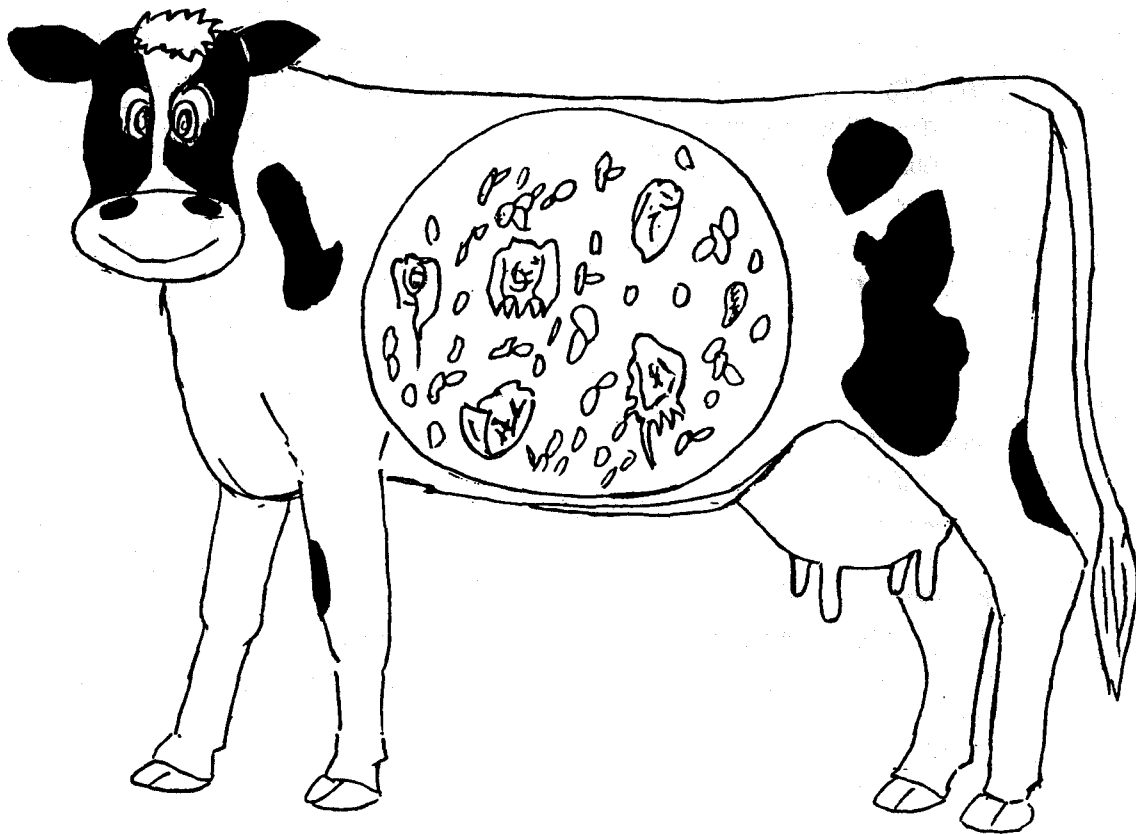


# Ⅸ. 生 理

～生理を知って技術の幅を広げよう～



# 1. 消化管のはたらき

## 唾液

- ・通常、1日に100~190ℓ分泌されます。
- ・第一胃内の酸を中和し、胃内の酸性化を防ぎます。
- ・咀嚼く飼料にぬめりを与え、食道の損傷を防ぎます。
- ・唾液中には、尿素が存在し、窒素化合物を再利用しています。

## 反すう

通常、1回の反すう時間は40~50分で、それが1日8~9回、合計8時間程度が反すうに当てられています。飼料中のNDF含量と関係が深く、NDF含量が高くなる程反すう時間やかみ返しの回数は多くなります。これらを確認することで、粗飼料と濃厚飼料のバランスがどうなっているかの判断材料となります。

## ルーメン微生物

ルーメン内は、様々な嫌気的な微生物にとって住みやすい環境であるため、莫大な数の細菌やプロトゾア（原生動物）が生息しています。

ルーメン微生物は、飼料中のデンプン、糖、繊維やタンパク質等を利用し増殖しますが、菌によって利用するものが異なり、分解後生産されるものも違います。

デンプン分解菌は、増殖が速いためpHを下げやすく、比較的低いpHでも増殖できます。しかし、繊維分解菌は、増殖はゆっくりで、pHが低いと死んでしまいます。

そのため、濃厚飼料を一度に多給すると、ルーメンのpHは急速に低下し、繊維分解菌の活動が低下し、その回復に時間がかかるため、発酵の効率が悪くなってしまいます。一般に、飼料中に繊維が多いと酢酸が、デンプンが多いとプロピオン酸が多くなります。

## 第一、二胃(ルーメン)のはたらき

第一胃は、大きな発酵槽といわれています。容積は100ℓ程度と、かなり大きなものです。乳牛に摂取された飼料は、第一胃で微生物によって分解され、VFA（揮発性脂肪酸~酢酸、酪酸、プロピオン酸等のこと）となります。このVFAは、乳牛の主要なエネルギー源となります。

第一胃と二胃の内容物は、常に行ったり来たりしており、消化過程でも、第一胃と二胃のはたらきは殆ど同じです。

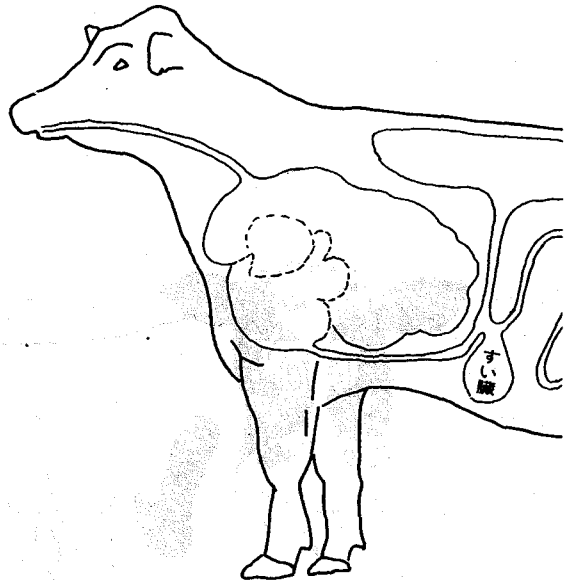


図1

## ルーメンマット

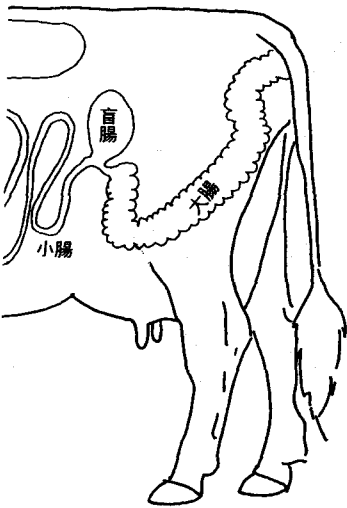
第一胃内で、繊維状の飼料はマットを形成します。このマットには、微生物が生息したり、濃厚飼料がひっかかり、反すうされます。粗飼料が短かすぎたり、摂取量が少なすぎるとマットがしっかりと形成されず、飼料がどんどん下の方へ逃げていってしまい、飼料の利用効率が悪くなってしまいます。

### 第三胃のはたらき

- ・水分やVFAなどの発酵産物や塩類を吸収します。これによって第四胃での消化を助けます。
- ・粗い飼料片を選別し、第二胃へもどすなど、第二胃からの内容物の流入を調節しています。

### 第四胃のはたらき

- 人間の胃と同じように、塩酸やペプシンを分泌し、タンパク質の消化を行います。
- 第四胃のpHは2位と、強い酸性です。そのため第一胃から流れてきた細菌やプロトゾアは死滅し、消化され、腸から吸収されます。



### 小腸のはたらき

- ・消化酵素による飼料の消化と栄養素の吸収を行います。
- ・十二指腸では、すい液が分泌されます。すい液には、タンパク質分解、脂肪分解、炭水化物分解の酵素や重炭酸塩などが含まれています。

### 肝臓のはたらき

- ・糖の再合成  
グルコースは乳牛のエネルギー源として重要な物質です。しかし、飼料中のグルコースは、第一胃内で微生物に利用し尽され乳牛は吸収できないため、肝臓で合成しています。  
グルコースは、プロピオン酸や乳酸、アミノ酸等からつくられます。
- ・アンモニアからの尿素の合成  
第一胃で微生物に利用されなかったアンモニアは胃壁から吸収され、肝臓で尿素に合成され唾液として再利用されたり尿として排泄されます。尿素の合成には、多くのエネルギーを必要とします。また、肝臓の処理能力にも限界があるため、処理能力を越えるようなアンモニアの吸収はアンモニア中毒の原因となります。
- ・遊離脂肪酸からのケトン体の生成。
- ・解毒～体内に入った毒物を無毒なものに再合成したり、排泄したりします。
- ・グリコーゲンの合成、分解と貯蔵。
- ・蛋白質、脂質、核酸の合成。
- ・アミノ酸の代謝、変換。

このように乳牛の肝臓は、様々な働きをする大切な部分です。この肝臓の機能が低下すると、乳牛に色々と障害が生じてきます。

乳牛を急激にやせさせない等、肝臓にできるだけ負担をかけない乳牛管理が大切です。

### 大腸のはたらき

- ・大腸では、VFA、アンモニアや水、その他の無機物が吸収されます。
- ・消化酵素の分泌はなく、主に微生物による分解と栄養素の吸収が行われます。  
第一胃発酵や小腸での消化をうけなかったセルロース、ヘミセルロースやデンプンは、大腸内で微生物による分解をうけ吸収されます。

## 2. タンパク質の消化

### (1) タンパク質の分画

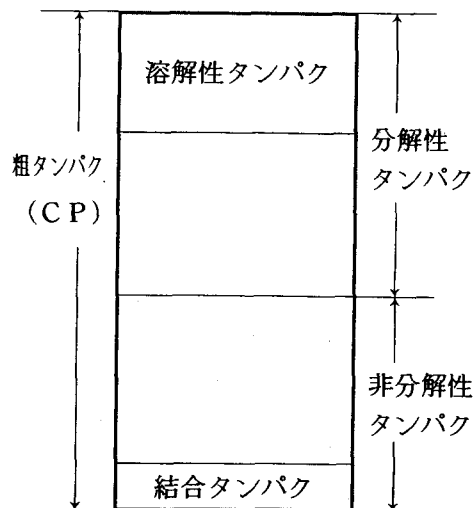


図2 タンパク質の分画

- 溶解性タンパク (SIP)

第一胃ですぐに溶けるタンパクのこと。尿素、アンモニア、硝酸態窒素などの非タンパク態窒素 (NPN) とグロブリンなどすぐに第一胃溶液にとけ出す蛋白質のこと。
- 分解性タンパク (DIP)

第一胃ですぐに溶ける溶解性タンパクと、第一胃内で微生物によって分解をうけるタンパクを合わせたもの。
- 非分解性タンパク (UIP)

第一胃内で微生物による分解を受けず、第一胃を素通りし第四胃まで行き、そこで胃液によって消化されるタンパクのこと。一般にバイバスタタンパクと呼ばれているもの。
- 結合タンパク (BP)

非分解性タンパクの中で、第四胃以下でも消化、吸収されず、糞として排泄されるタンパク。発熱した乾草やサイレージでは、タンパクが熱によって変性し、結合タンパクの割合が多くなる。

### (2) タンパク質の消化

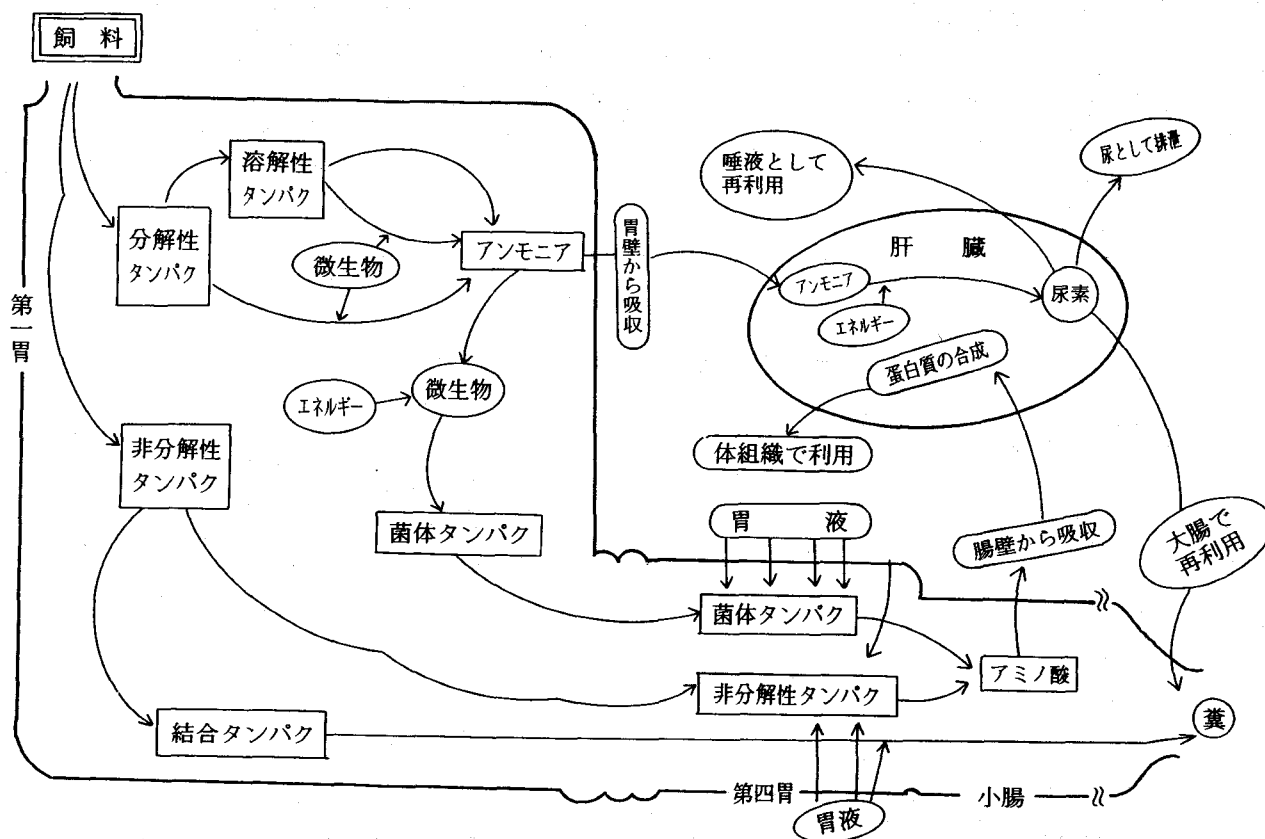


図3 タンパク質の消化の流れ

### ① 分解性タンパクの消化

前ページの図3のように摂取された分解性タンパクは、第一胃で微生物によって分解されアンモニアとなります。微生物は、このアンモニアと炭水化物を利用し増殖していきます。そのため、分解性タンパクが少ないと炭水化物の消化が悪くなり、糞に繊維や穀物のツブが出るようになります。逆に、分解性タンパクが多すぎると、余ったアンモニアは第一胃壁から吸収され肝臓で尿素に合成されます。この尿素は、唾液や第一胃、大腸である程度は再利用されますが多くは尿として体外へ排泄され無駄になってしまいます。また、アンモニアを尿素へつくりかえるのには、多くのエネルギーを必要とするため栄養分のロスも大きくなり肝臓への負担も大きくなります。肝臓で処理できない程アンモニアができると、アンモニアは血液によって体中にまわりアンモニア中毒を起こし乳牛に害を与えてしまいます。タンパクとエネルギーのバランスをとることが大切です。

### ② 非分解性タンパクの役割

第一胃でつくられる微生物からの菌体タンパクの生産量には限界があります。そのため、産乳量が多くタンパクの要求量の多い牛などは、タンパクの要求量を菌体タンパクで満たすことができず非分解性タンパクの要求量が多くなります。また、乳量が多くなると菌体タンパクだけでは、乳牛に絶対に必要な必須アミノ酸を十分に供給することが難しくなってきます。そのため、不足しやすい必須アミノ酸を第一胃で分解されない形（第一胃で分解されるとアンモニアになってしまいます）で含んだ飼料の給与も考える必要があるでしょう。

### ③ 硝酸態窒素の消化

硝酸態窒素は下図のように第一胃内で微生物の作用を受け亜硝酸となり、さらに作用を受けアンモニアとなり乳牛に利用されます。つまり、硝酸態窒素も微生物の作用を受けスムーズにアンモニアになれば、乳牛の栄養源となるのです。しかし、その量が多すぎたり微生物に十分なエネルギーが供給されていないと、アンモニアへの移行がスムーズに進まず第一胃に亜硝酸がたまり第一胃からそのまま吸収され血液中に入ります。血液中で亜硝酸は赤血球と結合し、赤血球が酸素を運搬できなくなってしまいます。そのため、体内では酸欠が起り、食欲不振や繁殖障害などの悪影響を与えひどい場合は死んでしまいます。

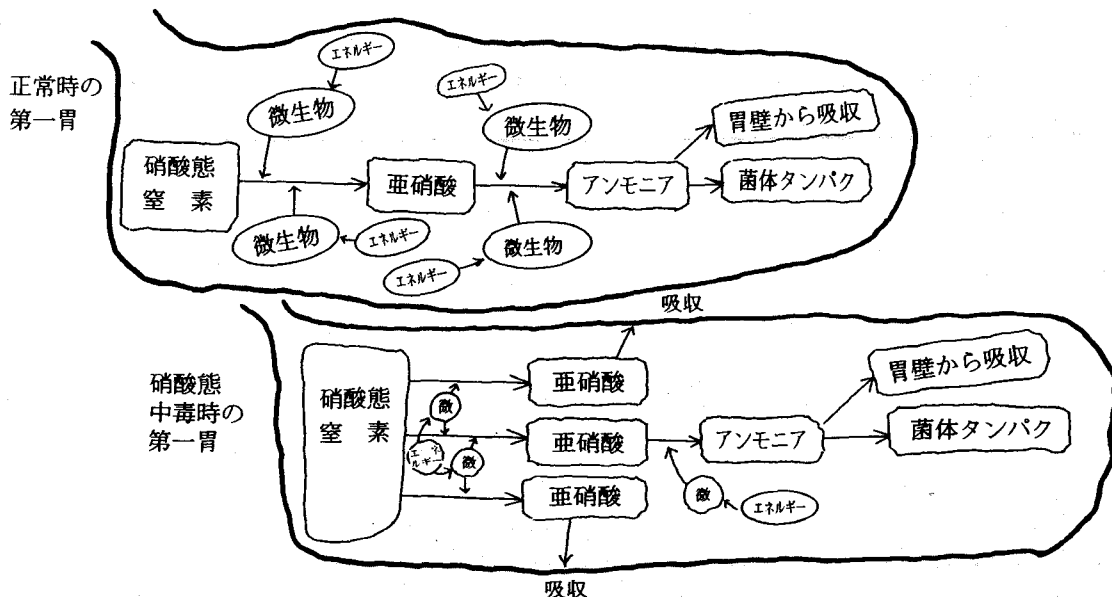


図4 硝酸態窒素の消化

### 3. 炭水化物の消化

#### (1) 炭水化物の分画

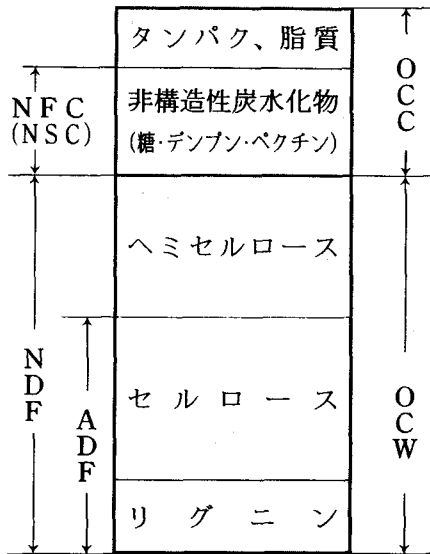


図5 炭水化物の分画

◦細胞内容物中の炭水化物

糖、デンプン、ペクチンは、第一胃内で微生物によって急速に分解される。

◦構造的炭水化物（繊維）

ヘミセルロース、セルロースは、第一胃内で微生物によってゆっくり分解される。

リグニンは乳牛にも微生物にも分解、利用されず、そのまま糞として排泄される。牧草の生育が進む程、牧草中のリグニンが多くなりし好性、採食量は低下します。

◦NDF、OCWは総繊維のことで、セルロース、ヘミセルロース、リグニンを合計したもので飼料のガサを表しています。

#### (2) 第一胃での炭水化物の消化と利用

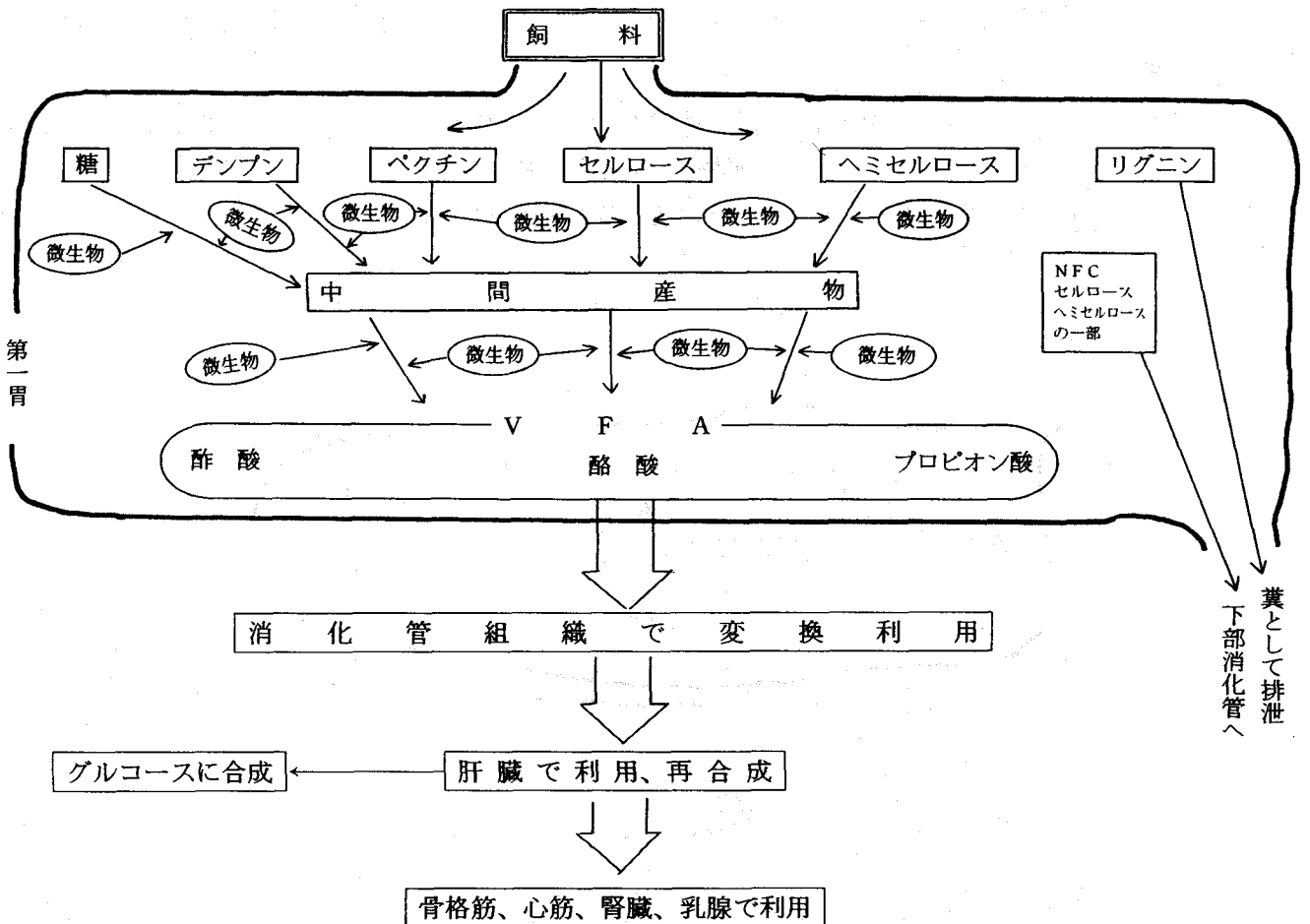


図6 炭水化物の消化と利用

飼料中の炭水化物は、第一胃で微生物による分解を受け酢酸や酪酸、プロピオン酸などのVFA（揮発性脂肪酸）となります。第一胃でつくられたVFAは、胃壁から吸収され乳牛のエネルギーとなったり牛乳になったりします。主なVFAは、牛体内で主に次のように使われます。

- 酢酸～乳牛のエネルギーとなったり、乳脂肪の原料となる。
- プロピオン酸～そのまま、又は肝臓でグルコースに合成され乳牛のエネルギーとなる。グルコースは乳糖の原料となる。
- 酪酸～胃壁から吸収される時に、殆どがケトン体となる。ケトン体は、乳牛のエネルギーとなったり乳脂肪の原料となるが多すぎると乳牛に悪影響を与える（ケトーシス）。

一般的には、飼料中の繊維が多くなると酢酸、デンプンが多いとプロピオン酸の割合が高くなると言われています。

## 4. 代謝病

### (1) ルーメンアシドーシス

正常時の第一胃

pHは6.5～7.0位で、デンプンから乳酸、乳酸からプロピオン酸への微生物による分解がスムーズに行われている（図7）。

アシドーシス時の第一胃

乳酸生成菌により、第一胃内に多量の乳酸が生成されpHが低下する。このため、乳酸分解菌が死滅し増々pHが低下する（図8）。

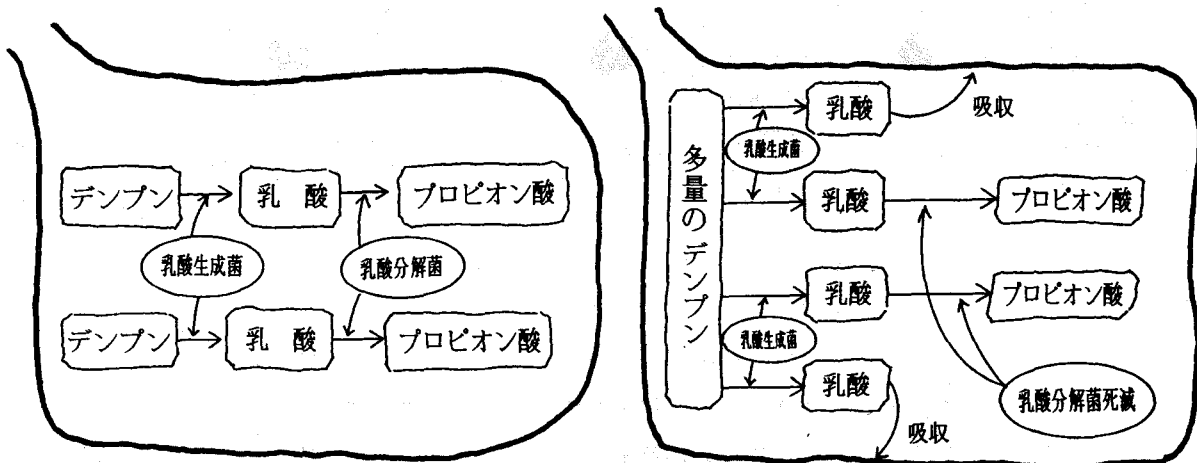


図7

図8

濃厚飼料を多給したり一時に多量に給与したりすると、第一胃で多量の乳酸が生産されます。そのため、第一胃のpHは急激に低下し乳酸を分解する菌が死滅してしまいます。そうすると、第一胃内の乳酸はプロピオン酸へ変換されなくなるため、第一胃に蓄積され第一胃内のpHを増々低下させてしまいます。蓄積された乳酸は、胃壁から吸収され血液pHの緩衝能力限界を越えると、血液のpHを低下させ酸血症を起こしています。

症状としては、足を痛がるように背を丸めて歩きひどい時には跛行する。蹄冠部が赤く腫れる。

(2) 第四胃変位

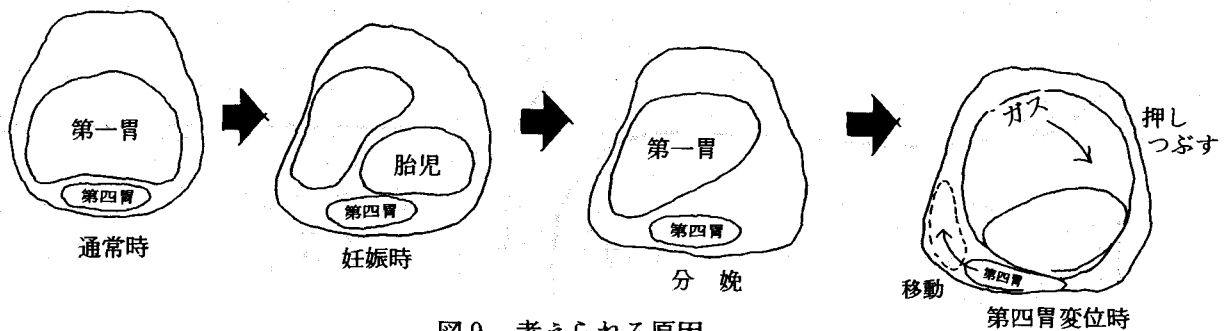
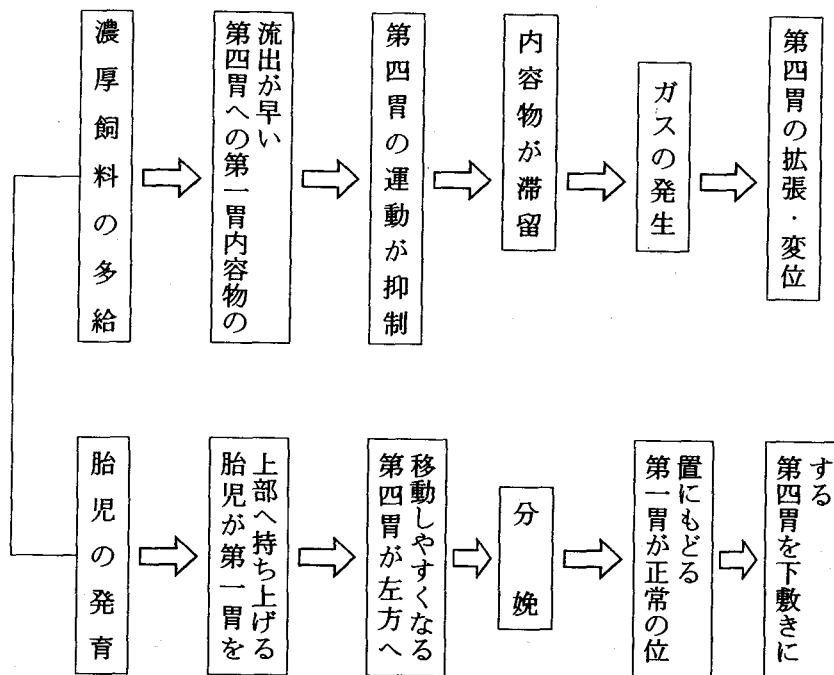


図9 考えられる原因

第四胃変位は図の様に、濃厚飼料の多給により第四胃のガス発生による拡張、変位。胎児の発育によって持ち上げられた第一胃が、分娩によって正常な位置にもどる時に第四胃を押しつぶす。また、分娩後の食い込みの回復不良によって、第一胃が移動しやすくなる。ストレス等、様々な要因が重なって発生するといわれています。

症状としては、食欲の減退、乳量の極端な減少、排糞量の減少などがあります。

予防としては、サイレージの切断長を、ルーメンマットを形成するのに十分な長さにする。

- ・濃厚飼料と粗飼料のバランスを考え、一時に大量に給与しない。
- ・良質な粗飼料を十分に与える等、分娩後の飼料摂取量を最大にする乳牛管理を行う。等が考えられます。