

第2章 ルーメン（第1胃）について

具体的な飼養管理の改善を検討する前に基本となるルーメンについて考えます。

A. ルーメンを考える

1) ルーメン発酵を意識した飼養管理

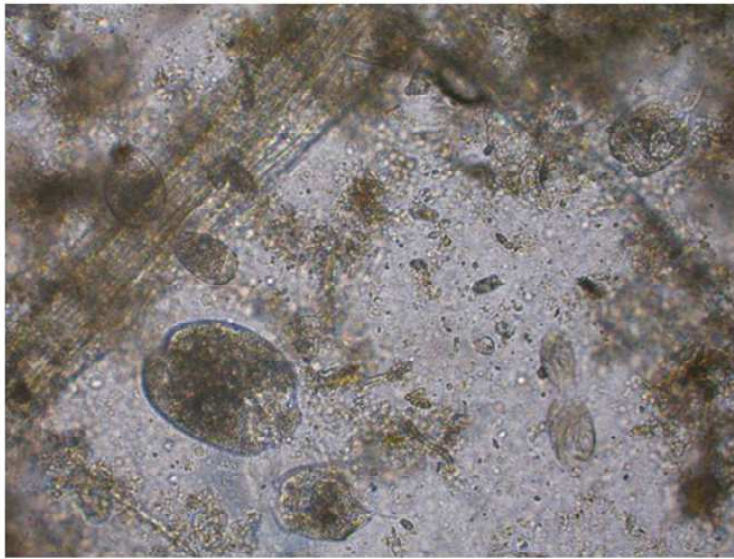
- ・牛はルーメン微生物が繊維を分解し、その発酵産物をエネルギーとして利用しています。
- ・ルーメン微生物の体を構成するタンパク質は牛にとって非常に良いタンパク源です。
- ・黒毛和種繁殖雌牛の場合、必要な栄養のほとんどをルーメンの発酵産物でまかっています。
- ・従って、牛に飼料を給与することは、ルーメン微生物にエサを与えて増殖させ、その微生物や微生物の生産物を牛に利用してもらうことになります（図 2-A-2-1）。
- ・「飼料給与は間接的に牛に栄養を与えている」ということを念頭においた飼養管理が重要です。
- ・飼養管理を考える場合は常にルーメンについて考える必要があります。

2) ルーメン内微生物の増殖（図 2-A-2-1,2）

ア. 微生物増殖のための条件

- ・ルーメン内微生物は繊維やデンプンを分解する細菌と原虫（プロトゾア）に分けられます。
- ・微生物増殖のためにはエネルギー源と材料、そしてその環境が重要です。
- ・微生物が増殖するのに必要なエネルギー源は繊維やデンプン、必要な材料はアンモニアです。
- ・従って、飼料成分としては繊維質（NDF など）、デンプンとして非繊維性炭水化物（NFC）、アンモニアのもとになる粗タンパク質（CP）が重要になります。
- ・これら微生物にエネルギーを供給するとともに、微生物が機嫌良く増殖してくれるようにルーメン内を良い環境に保つ必要があります。
- ・微生物が増殖しやすい環境は個々の微生物によって異なりますが、牛にとって有用な微生物が好む環境の pH は概ね中性といわれています。

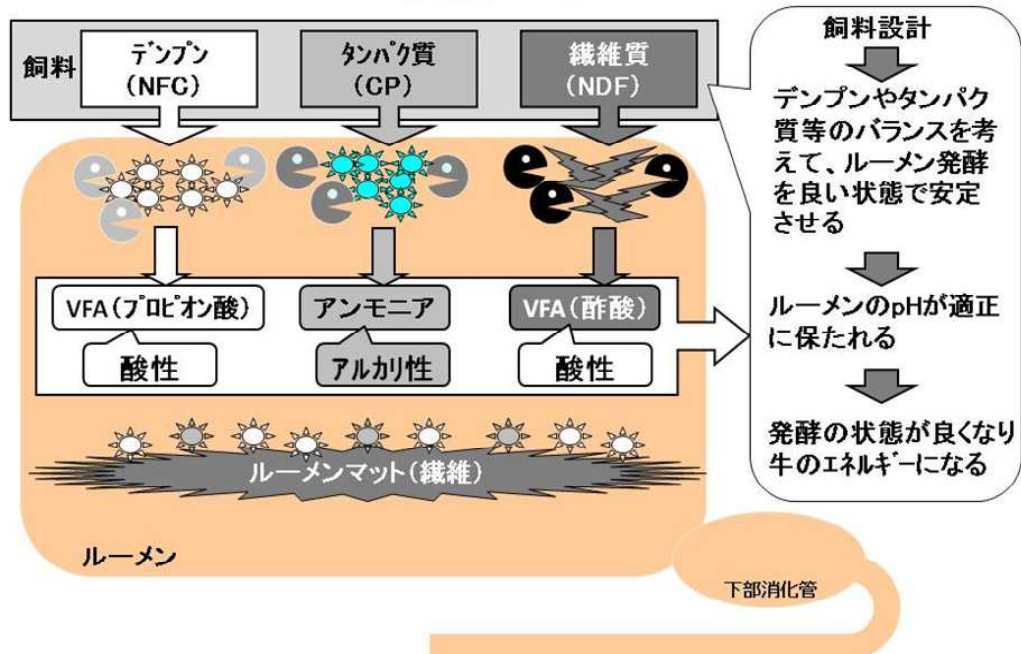
実際のルーメン内



多くの飼料片とともに原虫(プロトゾア)が存在しています。初めて見ると感動しますし、改めて牛がルーメン発酵により栄養を得ていることを実感できます。

(図 2-A-2-1)

ルーメン発酵のイメージ



(図 2-A-2-2)

イ. ルーメンの pH

- pH が中性の環境を保つためには NFC（主にデンプン）や CP（粗タンパク質）のバランスが重要になります。
- ルーメン内微生物は飼料中の繊維やデンプンを分解して揮発性脂肪酸（VFA）を作ります。
- VFA は牛のエネルギー源なのですが、VFA はその名の通り「酸」ですので、これだけではルーメン内は酸性に傾いてしまいます。
- しかし、ルーメン内微生物は CP をアンモニアまで分解します。アンモニアはアルカリ性ですので、酸を中和して中性になります。
- つまり NDF（総繊維）や NFC と CP のバランスがルーメン内微生物のエネルギー源と環境を同時に調整する重要な要素となります（図 2-A-2-2）。
- また、NDF は反芻を促すだけでなく、飼料をルーメンにとどめることで他の飼料の消化性を上げてくれることから重要な項目となります。
- 黒毛和種繁殖牛の飼料は粗飼料が中心ですので、配合飼料を多給するようなよほど極端な給与メニューにしないかぎり、NDF が不足するようなことはほとんどありません。
- そのため NFC と CP のバランスが基本になります。

第3章 繁殖雌牛の繁殖性や生産性低下を引き起こす主な飼養管理要因

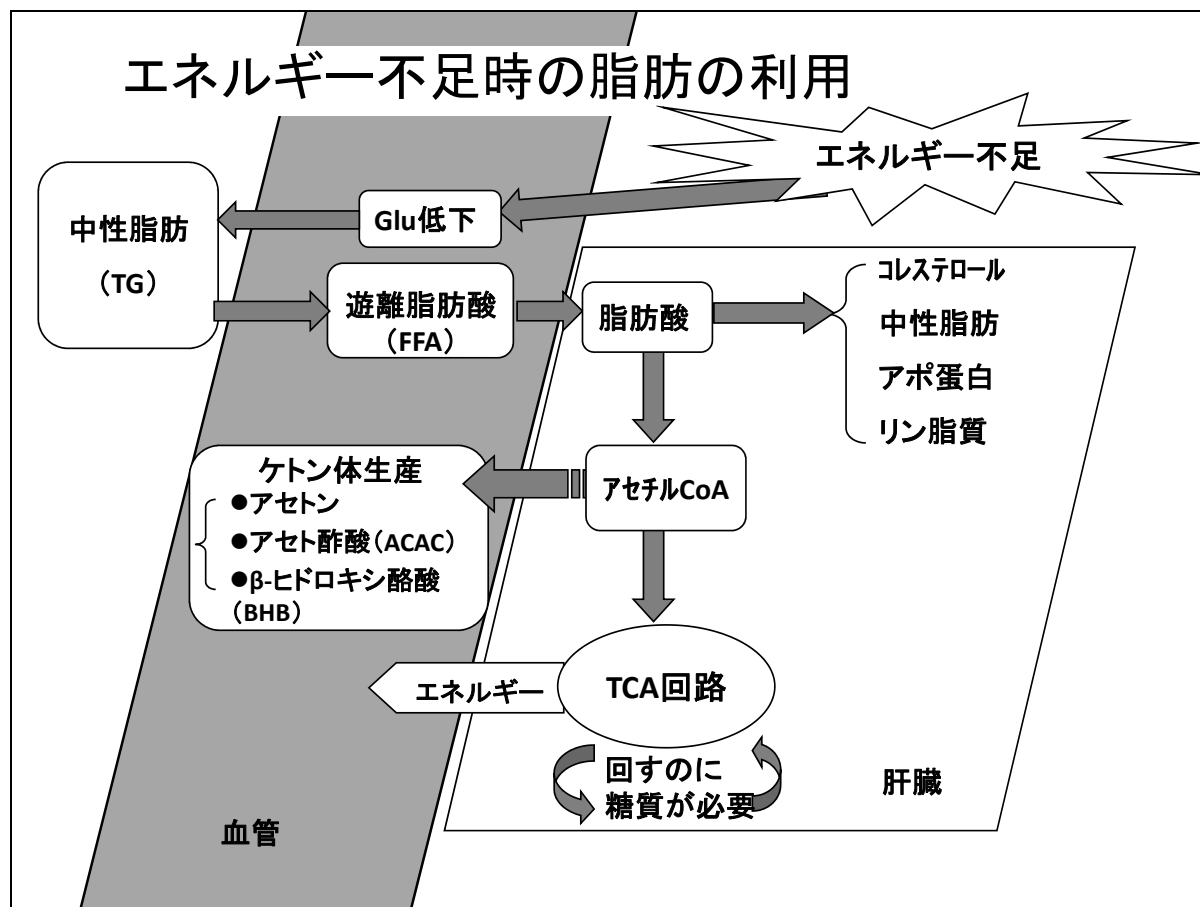
飼養管理の問題点が発生した時の体内の反応をみていきます。以下のような問題点はMPTによりある程度把握できます。

A. エネルギー不足

体重を維持するために必要な栄養に比べ、摂取した栄養が少なければ当然エネルギー不足になります。

1) エネルギー不足が始まると、(図 3-A-1)

- ・ 摂取エネルギーが少なくなると体内の血糖 (Glu) が低下し始めます。
- ・ Glu は脳の重要なエネルギー源ですので、体内では何としてでも Glu が下がらないようにしようとさまざまな反応がおこり、つじつまを合わせようとします。
- ・ その反応の1つが体脂肪の燃焼です。
- ・ 体脂肪は遊離脂肪酸 (FFA) となり肝臓に運ばれてエネルギーとなります。これにより一時的にエネルギー不足が解消されますが、脂肪を燃焼させるとケトン体 (β -ヒドロキシ酪酸 (BHB)、アセト酢酸 (ACAC) 等) が生産されます。
- ・ つまり、血中の FFA、ケトン体 (BHB、ACAC) は上昇することになります。



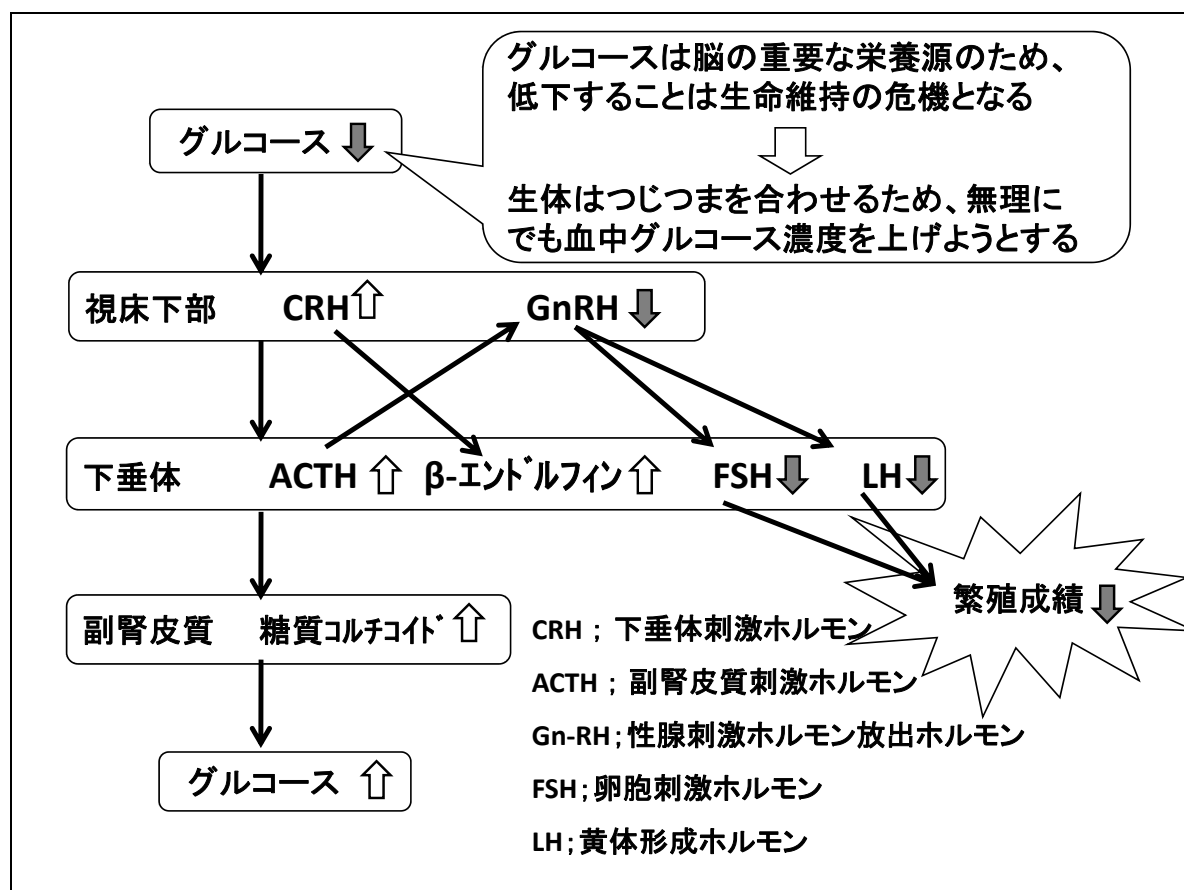
(図 3-A-1)

2) ケトーシス

- ・大量の脂肪の燃焼または長期間の脂肪の燃焼によりケトン体が大量に血中に放出されると「ケトーシス」といわれる病気になります。
- ・ケトーシスは乳牛でよく聞かれる病気ですが、和牛でもエネルギー不足になるとケトーシスになります。
- ・ただし、その程度は乳牛に比べ軽いことが多く、顕著な症状としては現れにくい傾向があります。
- ・このような状態は、一見すると症状が軽いため問題にならないように思われますが、実際には分娩後の子宮回復が遅れたり、泌乳中であれば乳質が悪化し、子牛の下痢発症の引き金となっているケースがあります。
- ・また、エネルギー不足時の生体反応の多くは肝臓で行われるため、長期間のエネルギー不足は肝臓機能の低下を招きます。

3) エネルギー不足と繁殖 (図 3-A-3)

- ・エネルギー不足になると脳の間脳視床下部に信号が送られ、下垂体からホルモンを分泌するよう指令が出されます。
- ・これらホルモンは上述のように血中の Glu を上げようとしませんが、この下垂体は性腺刺激ホルモン等繁殖にかかわる様々なホルモンも分泌する部分です。
- ・そのため、下垂体に余計な仕事をさせてしまうと繁殖のためのホルモン分泌が低下し、繁殖性が低下する可能性があります。



(図 3-A-3)

B. ストレス

ストレスが牛に良くないことは容易に想像できると思います。

1) ストレスを受けると

- ・ ストレスを受けると脳の間脳視床下部に信号が送られ、下垂体からストレスに対抗するホルモンを分泌するよう指令が出されます。
- ・ これらのホルモンはストレスに対応できるよう内分泌系に働きかけ、Glu を上げる作用もあります。
- ・ つまりエネルギー不足と同じような反応が起こります。(図 3-A-1) (図 3-A-3)
- ・ そのため、ストレスがかかっている牛群は、エネルギー不足の牛群 (3-A. エネルギー不足、参照) と同じように発情行動が不明瞭になることが多くあります。

2) 牛のストレス

牛にはどんなストレスが存在するのでしょうか。これらを理解しておくことは、飼養管理をする上で重要です。牛にかかるストレスはさまざまなものがあります。

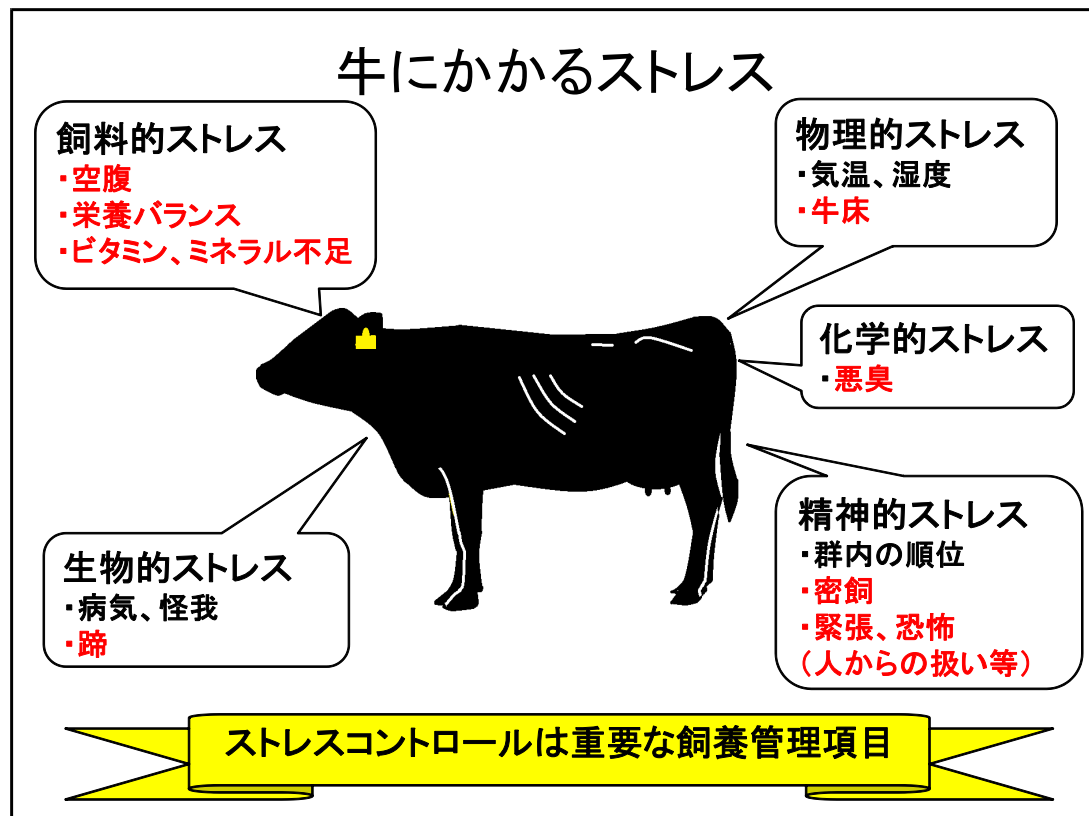
(図 3-B-2-2)。

- ・ 暑熱・寒冷ストレス：人がコントロールすることが難しいです。
- ・ 人からの扱い、蹄、群編成等によるストレス：管理している人がある程度コントロールできます。密飼い等の場合、牛は横臥せず常に立った状態でまわりを気にしています。
- ・ 乾物摂取量（DMI）の不足：空腹ストレスにつながります。
- ・ 空腹ストレスが強い場合、牛は落ち着きがなくなるだけでなく舌遊びや柵舐めを繰り返す等の異常行動をします。
- ・ ある程度 DMI が充足し牛群の密度が適正で敷料が良い状態ならば、飼料摂取後しばらくすると牛は横臥して反芻します。
- ・ お昼過ぎ頃の牛の観察は発情行動が少ないため観察のメリットが少ないと思っている方もおられるかもしれませんが、牛のストレスを調べるには絶好の機会です。

(図 3-B-2-1)



(図 3-B-2-1)



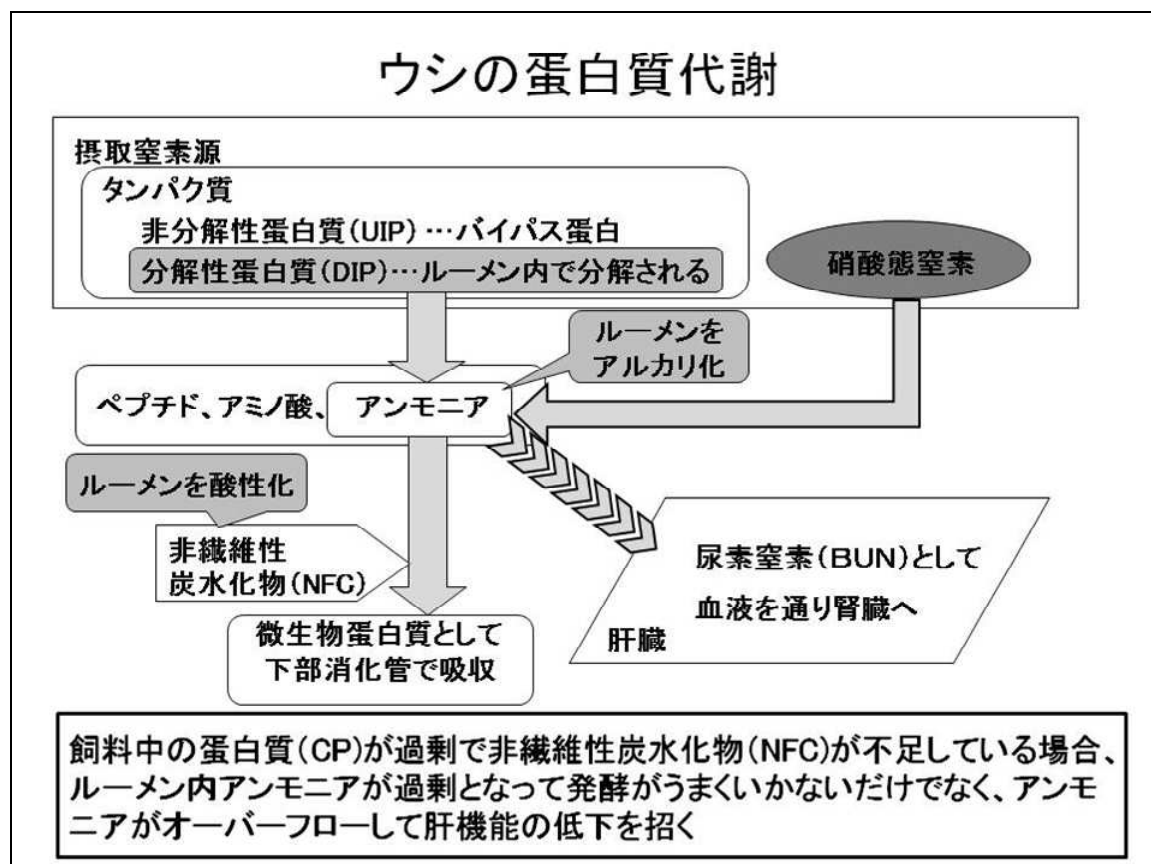
(図 3-B-2-2)

C. ルーメン発酵不良

粗タンパク質（CP）の過剰摂取でも繁殖性は低下します。（図 3-C-1）

1) CP 過剰によるルーメンの pH 不良 （(2-A-2) も参照）

- ・ 飼料中の CP はルーメン内で代謝され主にアンモニアになります。
- ・ アンモニアは「アルカリ性」です。
- ・ 一方、飼料中の非繊維性炭水化物（NFC）すなわちデンプンはルーメン内で代謝され、主に揮発性脂肪酸（VFA）になります。VFA は「酸性」です。
- ・ ルーメンでは微生物が大量に培養されており、その増殖は pH が中性に近い方で盛んになります。
- ・ つまり NFC と CP はルーメンの pH 調整の役割も担っていることになります。
- ・ CP が過剰な場合、ルーメン内はアンモニアが多くなるためアルカリ性に傾き、ルーメン発酵不良となります。
- ・ CP 過剰によるルーメン発酵不良はエネルギーの元となるルーメン内 VFA の生産量も低下しているため、最終的には Glu の低下が起こるケースが多く見られ、(3-A. エネルギー不足)の項で示した症状と同じことが起こります。



(図 3-C-1)

2) アンモニア

- ・ CP 過剰により発生した過剰なアンモニアはルーメンからオーバーフローして血中に入ります。
- ・ アンモニアは体内では毒ですので肝臓で無毒な尿素窒素に変換されますが、肝臓に負担をかけ肝機能が低下します。BUN (血液尿素窒素)は上昇します。
- ・ 最終的には肝臓実質に障害が起こるため、血中のアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST) 等が高くなります。

3) 肝機能の急激な低下

- ・ CP 過剰の場合はエネルギー不足による肝臓利用と同時に、アンモニアの無毒化による肝臓利用が重なるため、肝機能が急激に低下することがあり注意が必要です。

4) CP 過剰によるコスト高

- ・ CP の高い飼料を給与するとエネルギー不足となるため、体を維持するための TDN 量が余分に必要となることも報告されています。
- ・ CP の過剰給与はエネルギー不足及び肝機能低下による受胎率低下だけでなく、余分に飼料を給与しなくてはならないため、経済的な損失も大きくなります。

5) CP と NFC (非繊維性炭水化物、デンプン) のバランス (繰り返しです)

- ・ 微生物はアンモニアをもとに菌体 (タンパク質) を作り、この菌体は第 4 胃で消化され牛のタンパク源となります。
- ・ アンモニアを食べる微生物は NFC がエネルギー源ですので、NFC があればアンモニアの発生も抑えられます。
- ・ しかし、NFC が多すぎるとルーメンは酸性に傾きます。
- ・ CP は低ければよいというものでもありません。
- ・ CP が低い場合もルーメン発酵の材料が少なくなりますので、ルーメン発酵不良によるエネルギー不足に陥ることがあり、これも繁殖性低下につながります。
- ・ つまり、どんなものでも「過不足なく給与する」ことが大切です。

D. 過肥

エネルギー過剰により過肥となってしまうと繁殖性は低下します。

- ・ エネルギーを脂肪に変換するのは肝臓ですので、過肥の牛群は脂肪肝等により肝機能が低下していることが多く、前述の AST や γ -グルタミルトランスペプチダーゼ (GGT) が高くなっていることがあります。
- ・ 過肥は難産を引き起こすと言われています。
- ・ 過肥をなくすため給与量を減らしますが、その場合一時的に遊離脂肪酸 (FFA) が上昇し、(3-A. エネルギー不足) のような状態となります。
- ・ FFA が高い時は繁殖性が良くないと言われています。
- ・ 初めから過肥にならないような管理が重要です。
- ・ 人工授精や受精卵移植をする場合にも直腸検査がやりにくくなってしまいます。繁殖技術のミスの元になります。
- ・ 脂肪は VFA の酢酸 (VFA の 7 割を占めます) から各組織で直接作られる場合があります。

E. 飼料の品質

飼料の品質が悪ければ繁殖性が低下します。

1) 発酵不良サイレージ

- ・ 発酵不良のサイレージにはケトン体の 1 つである酪酸が多く含まれている場合があり、このような飼料を摂取すると血中のケトン体濃度が上昇してケトosis となります。

2) カビ毒

- ・ 乾草、サイレージともカビに注意しなくてはなりません。
- ・ 保管状態の悪い濃厚飼料でも多くみられます。
- ・ カビ毒を摂取することにより、肝機能が低下します。
- ・ カビ毒は様々なものがあり、中には急激に肝機能を低下させるものがあります。
- ・ 肝臓は体内に入ってきた毒物を無毒化しますが、肝臓に大きな負担がかかります。
- ・ 成牛に比べ若い牛は肝機能がまだ発達していないためか、影響を受けやすい傾向があります。

3) 飼料の品質チェック

- ・ 飼料の品質チェックの基本は目視やにおいによる毎日のチェックです。
- ・ これによりかなりの確率で悪い飼料を選別することができます。
- ・ 現場で毎日飼料を給与していると品質の良いものばかり給与できるわけではない

ことも事実です。しかし、このような事例があることを知っておくことは重要です。

4) 硝酸態窒素

- ・粗飼料には硝酸態窒素が過剰に含まれている場合があります。
- ・このような飼料は死亡ないしは体調不良、繁殖性の低下を引き起こす恐れがあります。
- ・飼料中の硝酸態窒素濃度が 1000 ppm 以下なら繁殖性は低下しないようですが、低い方が間違いなくリスクは低減します。
- ・飼料分析の際には硝酸態窒素濃度も分析してもらい、過剰給与にならないよう注意します。

F. ビタミン、ミネラル類 (図 3-F-1)

ビタミンやミネラルの欠乏により繁殖性が低下する場合があります。

- ・黒毛和種繁殖雌牛では主にビタミン A、コバルト、銅、セレン等の欠乏が報告されています。
- ・これらの項目も飼料設計に取り入れられればより確実な設計が可能となります。しかし、必要量が微量なものもあり、設計の労力に対して精度が合わないことも考えられます。
- ・そのため、欠乏したときの症状を理解しておき、必要だと判断した時に血液等について検査してもらうことが実際的な方法だと考えられます。
- ・検査料は高いかもしれませんが、農場の飼養管理パターンは毎年大きく変化するものではありません。そのため、一度発生した欠乏症は再発する可能性が高いと考えられ、事前に添加剤の給与や注射等で予防することも可能となります。
- ・ミネラルの中でもカルシウム等は摂取量が充分でもルーメン環境が悪い場合あるいは栄養状態が悪い場合、血中カルシウム濃度が上がらないケースがあります。
- ・いくつかのミネラル成分は他の成分と拮抗関係にありますので、不足だけでなく過剰によるへい害の可能性もあります。
- ・ビタミンやミネラルはその給与により繁殖性が改善されたとの報告がありますが、それはあくまで欠乏していた場合であり、栄養もビタミン、ミネラルも「過不足なく給与する」ことが重要です。

ミネラル欠乏の例(銅欠乏)



目の周りの毛が退色してメガネをかけたように白くなる。



ひどくなると脱色は全身に見られるようになる。



銅の補助給与により約一ヶ月で毛色の改善が見られた。血液中銅濃度も改善が見られた。

(図 3-F-1)

G. 肝機能の正常化が重要

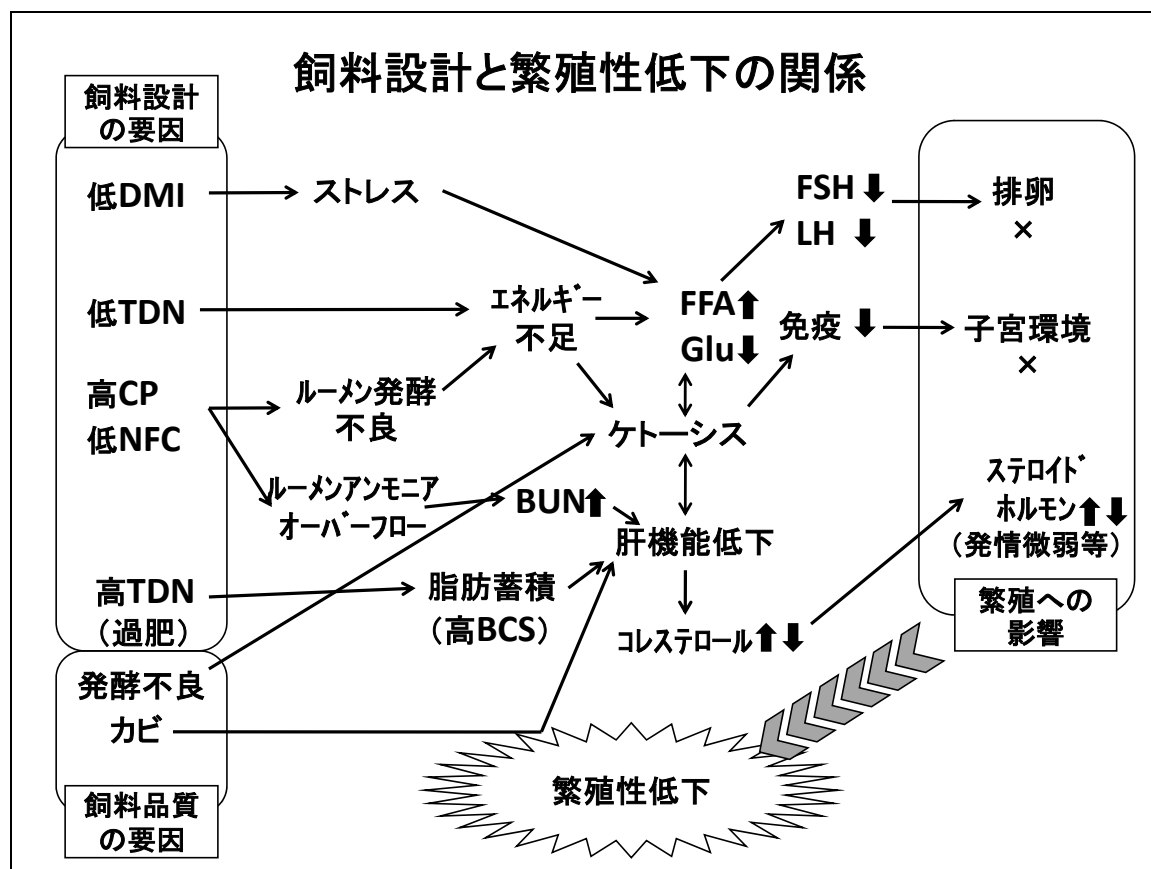
上記の要因（エネルギー不足、ストレス、CP 過不足によるルーメン発酵不良、過肥及び飼料の品質）はすべて肝臓が関わっています。

1) 肝臓の役割

- ・肝臓はエネルギーの出し入れや解毒作用の他にもさまざまな化学反応を行う器官です。
- ・生体に重要なコレステロールを生産するのも肝臓ですが、これを分解するのも肝臓です。そのためコレステロールを作り出す機能が低下すると血中濃度は低くなり、分解する機能が低下すると血中濃度は高くなります。
- ・ブドウ糖やアルブミンの生産も多くが肝臓で行われ、同様のことが考えられます。
- ・同じようなことが繁殖関連ホルモンについても起こっている可能性があると言われています。

2) 肝機能低下と繁殖性 (図 3-G-2)

- ・実際に繁殖性が低下している牛群では、肝機能が低下しているケースが多く見られます。
- ・飼養管理の失敗は、牛に肝臓を酷使させることになってしまうケースが多いからだと考えられます。
- ・牛の発情行動や排卵は発情時のホルモン分泌量が急激に変動することがシグナルとなりますが、肝機能の低下はその変動パターンを狂わせるとされており、これが受胎率の低下（排卵遅延、無発情等）につながると考えられています。
- ・実際に受胎率が低い牛群や平均空胎日数の長い牛群で血液生化学検査を実施すると、肝機能の低下だけでなく肝臓実質に障害が出ているケースも見られます。
- ・これらのことから、繁殖性低下を防ぐには栄養充足を意識し、ルーメン環境を適正に保ちつつ肝機能を低下させない飼養管理が重要になります。



(図 3-G-2)