

黒毛和種繁殖雌牛における
代謝プロファイルテスト診断マニュアル

独立行政法人 家畜改良センター

鳥取牧場

平成 28 年 12 月

本文中の略号について

TDN: Total digestible nutrients 可消化養分総量

CP: Crude protein 粗蛋白質

DMI: Dry matter intake 乾物摂取量

NFC: Non-fibrous carbohydrate 非纖維性炭水化物 (主にデンプン)

ADF: Acid detergent fiber 酸性デタージェント纖維

NDF: Neutral detergent fiber 中性デタージェント纖維

TMR (mixer): Total mixing ration (mixer) ティーエムアール (ミキサー)

飼料攪拌機

MPT: Metabolic profile test 代謝プロファイルテスト

VFA: Volatile fatty acid 揮発性脂肪酸

Glu: Glucose 血糖・ブドウ糖

FFA: Free fatty acid 遊離脂肪酸

BHB: β -hydroxy butyric acid β -ヒドロキシ酪酸

BUN: Blood urea nitrogen (血液)尿素窒素

Alb: Albumin アルブミン

T-cho: Total cholesterol 総コレステロール

AST: Aspartate aminotransferase アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ

GGT: γ -Glutamyltranspeptidase γ -グルタミルトランスペプチダーゼ

Ca: Calcium カルシウム

NH3: Ammonia アンモニア

ACAC: Acetoacetic acid アセト酢酸

PL: Phospholipid リン脂質

LA: Lactic acid 乳酸

BCS: Body condition score ボディ・コンディション・スコア

RS: Rumen size ルーメンサイズ

DG: Daily gain 日増体量 (kg/日)

はじめに

牛の繁殖を担当したことがある獣医師や人工授精師の多くは、農場や時期により人工授精 (AI)や受精卵移植 (ET)の受胎率が違うことを経験します。これは受胎率や繁殖性は AI・ET 技術そのものだけでなく、様々な要因の影響を受けているためと考えられます。その中でも毎日の栄養管理を含む飼養管理は繁殖性に大きな影響があると考えられます。しかし、肉用牛繁殖雌牛では牛群の栄養状態をモニタリングする手法が少なく、農場の飼養管理や牛群の栄養状態が適切かどうかを客観的に評価する基準がほとんどありません。そこで、家畜改良センター鳥取牧場 (以下、鳥取牧場)では、乳用牛群の栄養状態のモニタリングに利用されている代謝プロファイルテスト (MPT)を黒毛和種繁殖雌牛群に利用し、飼養管理の改善を行いました。その結果、受胎率の向上がみられたほか、子牛の損耗率が減少しました。このことから、肉用牛繁殖雌牛群における飼養管理のモニタリング手法として、MPT は有効であると考えられます。

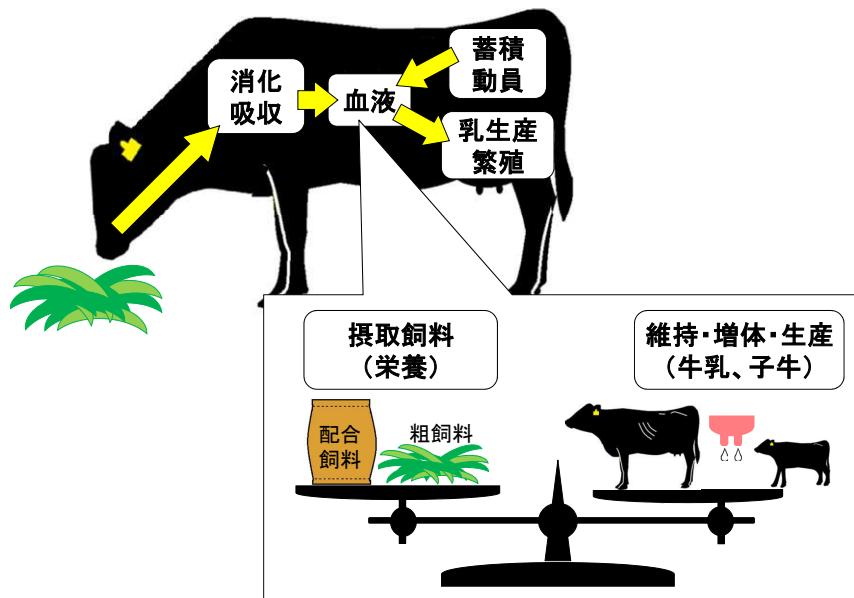
MPT は対象となる農場と同じ地域の優良農場との相対評価により診断することも可能ですが、肉用牛繁殖雌牛の MPT はまだ実施事例が少なく、比較対象となる血液データの報告も少ないのが現状です。そこで鳥取牧場では、場内において繁殖性や子牛損耗率の良好な牛群から回収した MPT データを用いて、繁殖ステージ(妊娠末期、泌乳前期、泌乳後期、乾乳期)、各血液生化学検査項目毎の適正範囲を設定し、MPT 診断の基準とし、自場の牛群はもちろん、他の農場の診断にも利用し、栄養状態や繁殖性との関連を検証してきました。そして、一定の成果が得られたことから飼養管理方法、MPT の適正範囲や診断事例をとりまとめ、平成 27 年に「多頭飼養における黒毛和種繁殖雌牛生産性向上のための代謝プロファイルテストを用いた飼養管理マニュアル」としてマニュアル化しました。今回のマニュアルは、この 27 年のマニュアルを元に MPT 診断を中心としたものに再編集するとともに、平成 27 年以降に得られた知見なども追加しました。

本マニュアルが国内の肉用牛繁殖雌牛の生産性向上や増頭に貢献できれば幸いです。

●代謝プロファイルテストとは

代謝プロファイルテスト (MPT)は、主に乳用牛で実施されている血液生化学検査を主体とした牛群の栄養モニタリング手法です。摂取栄養量と維持および生産のための栄養量のアンバランスに由来する生産病（主に周産期病）について、血液生化学検査値から代謝が破綻を起こす前に異常をとらえて改善させることを目的としています。近年ではボディ・コンディション・スコア (BCS)等も併せて調査することで、牛群の栄養状態をより正確に把握し、飼料設計等の改善に活用しています。

代謝プロファイルテスト(MPT)の概念



●肉用牛繁殖雌牛における代謝プロファイルテストの考え方

MPT は牛群の栄養状態を把握するとともにバランスを崩している場合の要因を推測することが可能です。栄養状態の適正化がなされていない牛群は、体内の代謝活動を正常に維持するために様々な器官に負荷がかかり、このことが生産性低下の大きな要因となっていることも考えられます。乳用牛では主に周産期病の予防に MPT が利用されていますが、肉用牛繁殖雌牛の場合、周産期病はそれほど多く発生しないため、肉用牛繁殖雌牛の MPT では牛群の栄養状態を適正化し、体内の栄養的な負荷やストレスの低減、代謝活動の正常化を図ることにより、繁殖性の向上や高位安定（発情微弱や無発情の防止、受胎率の高位持続）、子牛の疾病予防や損耗率の低下（虚弱子牛の低減、泌乳中における哺乳子牛の下痢（白痢）防止）を目指します。

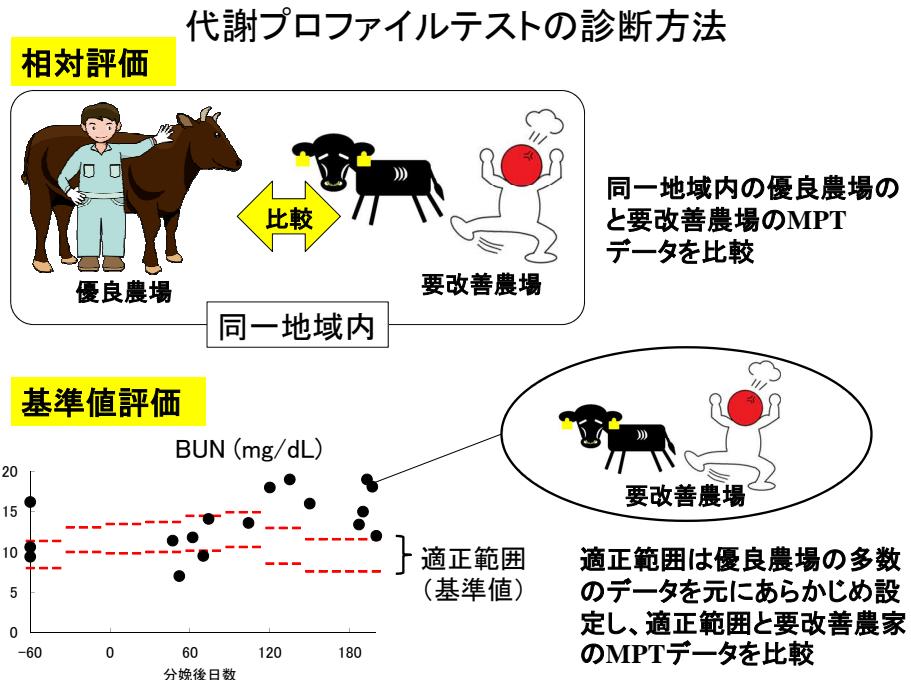
●代謝プロファイルテストの評価方法

MPT には様々な評価方法がありますが、大きく分けると相対評価と基準値評価に分類されます。相対評価は主に地域ぐるみで MPT を実施する場合に用いられ、地域の中の複数農場で同時に血液生化学検査や BCS を調査し、優良農場のデータを基準値として調査対象農場と比較する方法です。この方法は同一地域内の農場間比較になるため、飼養管理パターンが似ていることが多く（例えば粗飼料基盤が同じ等）、どのような改善が必要なのかポイントをつかみやすいことが利点としてあげられます。しかし、比較対象となる優良農家の成績が高位安定していることが求められ、優良農場の選定が重要となります。

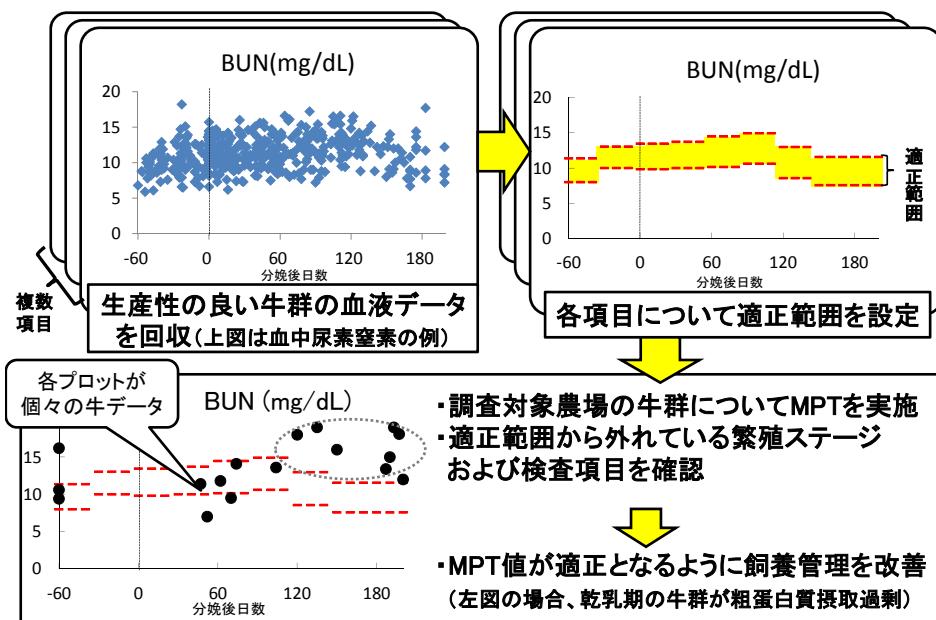
一方、基準値評価は優良農場の多数のデータから MPT の適正範囲（=基準値）を設定して比較する方法です。この方法はあらかじめ適正範囲が設定されているため、調査対象農場のみの血液生化学検査値や BCS 等を調べるだけで診断が可能です。

ただし、基準値を設定した農場と調査対象農場では給与飼料の成分や給与方法が大きく異なる可能性があるため、これらを考慮した診断が必要です。

本マニュアルでは、鳥取牧場で作成した適正範囲を利用した基準値評価での診断をご紹介しますが、実際の診断では、基準値評価を用いる場合に牛群内の繁殖ステージ（泌乳期、乾乳（妊娠維持）期、妊娠末期）間で比較することでより牛群の状態が正確に判断できる場合があります。



MPTによる飼養管理の改善イメージ(基準値評価)



1. 代謝プロファイルテスト実施前の確認事項等

(1) 調査対象農場の客観的なデータの把握

MPT を実施する前に農場の事前情報、すなわち客観的データが重要となります。客観的データとは牛群の平均空胎日数や受胎率といった繁殖成績、子牛の治療件数および損耗率(死亡率)等です。農場のどこに問題が生じているかを数値に基づいて把握することができるため、MPT を実施する際には事前にこれらデータを調査しておくことが重要です。

また、MPT は血液生化学検査の結果をもとに牛群の栄養状態を改善させる手法であることから、MPT 実施後は必要に応じて飼料設計の修正を行う必要があり、給与している飼料成分や飼料給与量、栄養充足率(日本飼養標準 2008)を事前に把握しておくことも重要です。

①具体的な確認事項

ア、生産性

- ・平均空胎日数や周年繁殖の有無、受胎率、繁殖障害(子宮内膜炎、卵胞のう腫等)発生率、発情の状況(発情発見率、発情行動の明瞭さ等)
- ・子牛(特に自然哺育牛)の治療履歴や損耗率

イ、飼養管理体制

肉用牛繁殖農場では飼養管理に様々なパターンがあります。特に泌乳期間については農場毎に離乳時期が異なりますし、人工哺乳を行い早期離乳をしている農場もあります。また、泌乳期と乾乳（妊娠維持）期では繁殖雌牛が必要とする飼料の質や量が異なるため、きちんと増飼を行っているかどうかを確認します。MPT を利用して牛群の栄養状態をより正確に診断するためには、飼養管理体系の確認が重要となります。

- ・採材の時期（泌乳期、乾乳期、妊娠末期）
- ・自然哺乳、人工哺乳の別
- ・離乳時期
- ・放牧の有無

ウ、給与飼料

- ・給与飼料の種類、成分、量
- ・増飼の時期および量

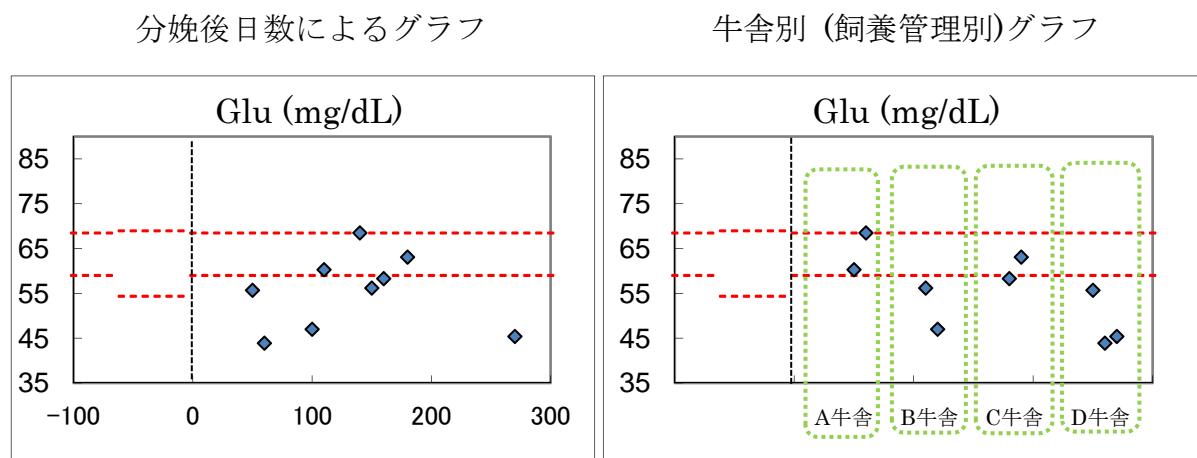
（2）MPT 対象牛の選定

- ①臨床的に異常がないことが必須です。
- ②泌乳期、乾乳（妊娠維持）期、妊娠末期毎に無作為に抽出します。
- ③検査頭数は牛群のうち 1～2 割の牛を対象とします。
- ④選定牛各個体に必要なデータ
 - ・分娩後日数（分娩予定日まで 100 日以内であればマイナスで表記します）
 - ・哺乳の有無（分娩後日数が同じでも、人工哺乳している場合があります）
 - ・繋養している牛舎（牛舎により飼料設計や飼養管理者が異なる場合は必須です）

（3）データのグラフ化

MPT のデータはグラフ化して視覚的にとらえる方法が効果的です。グラフ化の方法は大きく分けて 2 種類あります。一つ目はグラフの横軸に分娩後日数、縦軸を血液生化学検査値等とするグラフです。このようなグラフは、農場の飼養管理パターンや牛群の繁殖ステージ（泌乳期、乾乳（妊娠維持）期、妊娠末期）毎の栄養管理の良否を評価する場合に有効です。もう一つはグラフの横軸に飼養管理の異なる牛群、縦軸は血液生化学検査値等とするグラフです。例えば人工哺乳を行い繁殖ステージ毎の飼養給与がほぼ一定で、体格や BCS で群分けして飼養給与を変えている農場では、栄養状態を繁殖ステージで比較するよりも牛群別にみた方が診断精度が向上します。

下の図は人工哺乳をしている牛群の同じデータです (Glu : グルコース)。左のグラフは横軸を分娩後日数にして作成したグラフです。このグラフだと、Glu は全体的に適正範囲から逸脱していると判断してしまいます。しかし、右のグラフのように分娩後日数を無視して牛舎ごとにデータを振り分けてみると、適正範囲から外れている牛群は特定の牛舎に偏っていることが明確となってきます。このように、牛舎により給与飼料や給与量が異なるような農場では、飼養形態別の見方が必要になる場合があります。



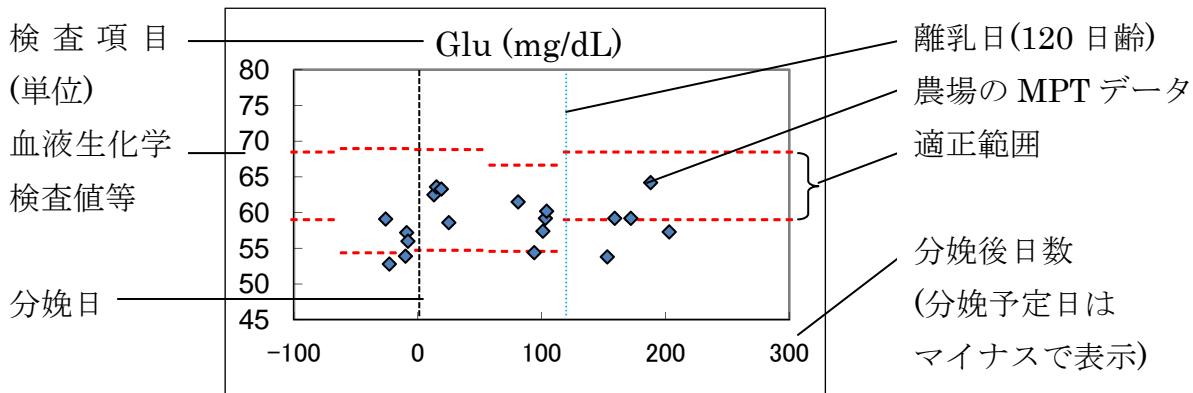
2. 代謝プロファイルテスト用血液サンプル採取時の注意点

- ・採血時間：朝の給餌後 4 時間目が目安です。
- ・ストレス：ストレスにより値が大きく変わるものがあることからできるだけ興奮させないように採血します。
- ・血液の分析：常時検査を行っている機関に依頼するのが賢明です。

3. 代謝プロファイルテストの診断手順

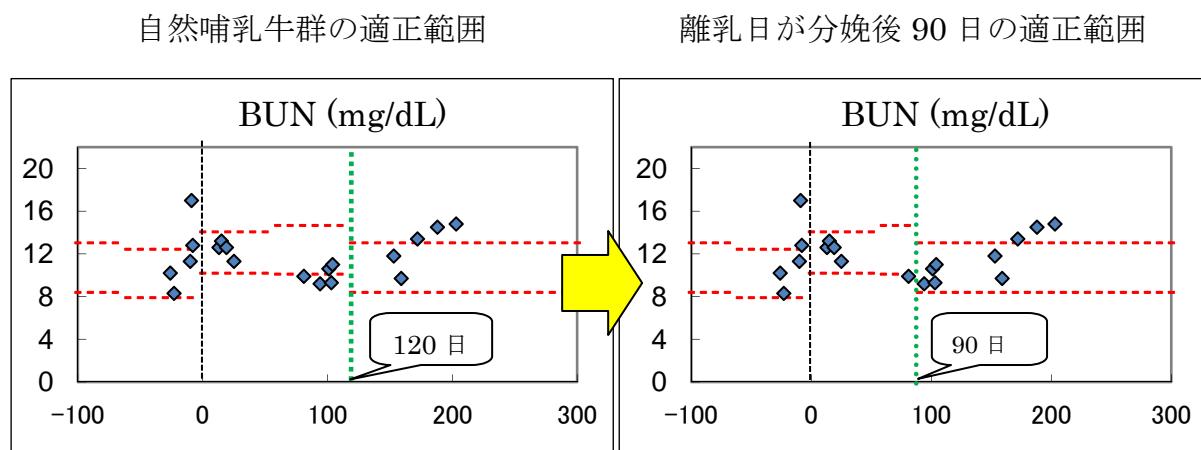
- (1) 農場の状況確認 (前述)
- (2) 採血、BCS およびルーメンサイズの測定
- (3) 血液処理 (詳細については先に発行された本マニュアルを参照)
- (4) 血液の分析(検査機関へ依頼))
- (5) 血液生化学検査値および BCS のグラフ化

①前述の通り、横軸を分娩後日数とし、縦軸を血中濃度等にしたグラフが最も一般的なグラフ化の方法です。このグラフに適正範囲 (赤い点線)と農場のデータ (青いプロット)を併せて表示することで適正範囲とのかい離状況を視覚的に把握します。

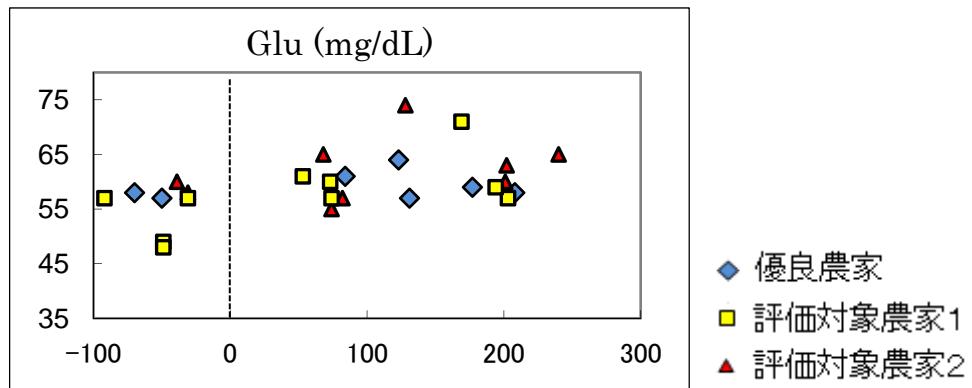


なお、当マニュアルで例示している上記のような分娩後日数を横軸としたグラフでは、分娩後 300 日以上経過している個体はグラフ内に表示されません。このような場合は、横軸の 300 のところに値をプロットします。

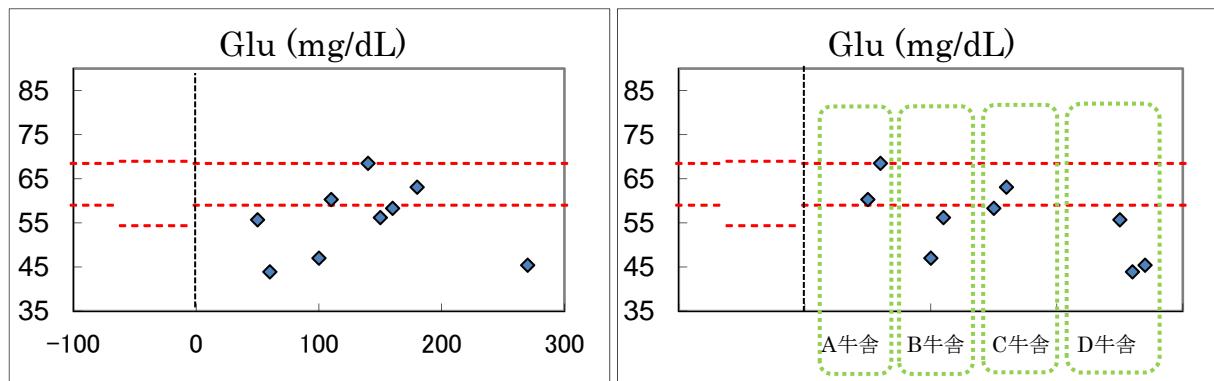
また、当マニュアルでは離乳時期を 120 日として自然哺乳牛群の適正範囲を下記左図のように定めています。このため、当該値を用いて基準値評価を行う場合は、調査対象農場の離乳時期に合わせ下図右のように離乳時期を左右にずらして利用する必要があります。



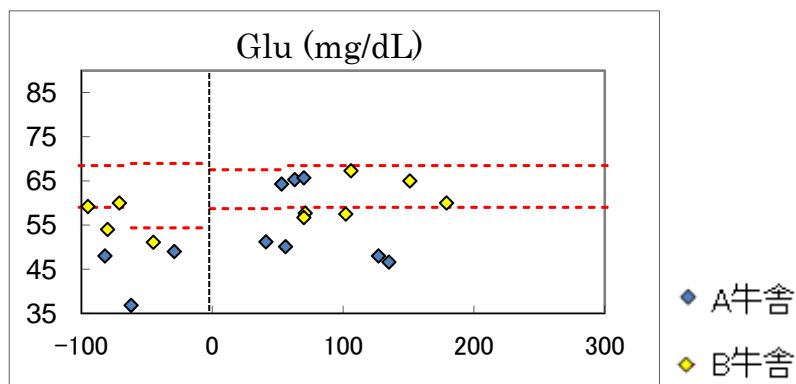
②同一地域内において優良農場と評価対象農場を比較する場合、同一グラフ内に多数の農場データを表示すると相対評価がしやすくなります。ただし、このような場合でも、適正範囲を記載したほうが理解や比較が容易になります。



③大規模農場で牛舎ごとに飼養管理が異なる場合は、横軸を牛舎にし、牛舎ごとにデータを区分したり色分けして表示することも有効です。特にBCSの調整等を目的として、牛舎ごとに大きく飼料設計を変更している場合は必須です。必要に応じて、分娩後日数のグラフと両方を作成して多面的に診断します。



*上記グラフの適正範囲は人工哺乳時



*上記グラフの適正範囲は自然哺乳牛群

*自然哺乳牛群において牛舎ごとの比較をしたい場合、分娩日を無視して牛舎ごとにプロットを横並びにしてしまうと、適正範囲がずれてしまいます（繁殖ステージによる適正範囲の変動があるため）。このため、牛舎ごとにデータのプロットの色を変えると

牛舎毎、繁殖ステージ毎の診断に有効です。

4. 各血液生化学検査値の診断方法

MPT は各血液生化学検査値単独で診断するのではなく、関連する複数の血液生化学検査値から牛群の代謝活動等を評価した後、総合的に栄養状態を診断します。

評価する代謝活動等は、大きく分けてエネルギー代謝、タンパク質代謝、脂質代謝、肝障害、ミネラルに加え、BCS について行います。

なお、本マニュアルの評価事例では、理解しやすくするため代表的な 2~3 の関連する血液生化学検査値等をもとに代謝活動等を診断していますが、本来は更に多くの検査値から牛群がどのような状態にあるのかを総合的に判断する必要があります（なお、事例の診断時、血液生化学検査項目の説明が止むを得ず一部前後する場合があります。ご了承ください）

(1) エネルギー代謝の評価項目

動物は栄養物を摂取してエネルギーに変換し、生命活動の維持や生産（体温保持や様々な行動等）をしています。このため、必要なエネルギー量に対して不足・適正・過剰を判断し、エネルギー代謝が良好な状態にあるのかを診断することは非常に重要になります。

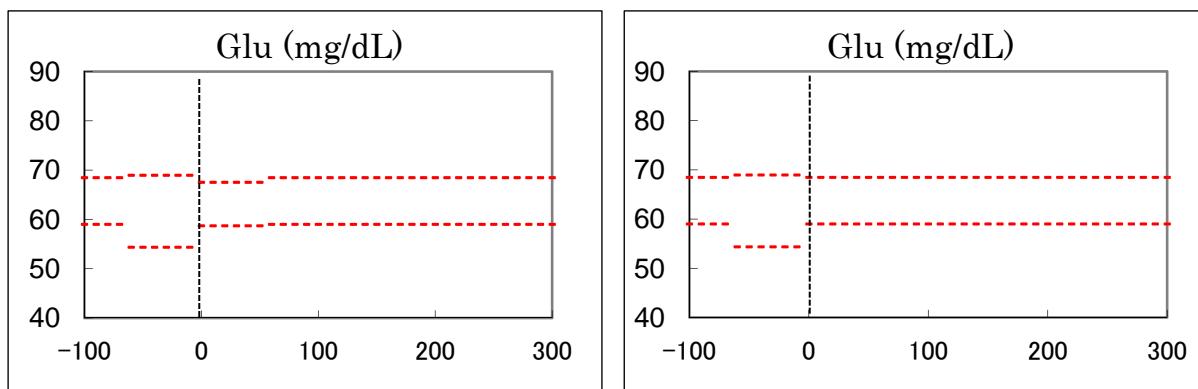
評価に用いる血液生化学検査項目：血糖、遊離脂肪酸、 β -ヒドロキシ酪酸

①血糖 (Glu、グルコース)

Glu の適正範囲

自然哺乳牛群用

人工哺乳牛群用



(注) 適正範囲繁殖ステージ毎に牛の状態や必要とする養分量も大きく変わるために、本マニュアルでは 4 つの区分（妊娠末期：-60～0 日、泌乳前期：分娩後 0～60 日、泌乳後期：分娩後 60～120 日、乾乳期：分娩後 120 日～）に繁殖ステージを分け適正範囲を設定しています（以下の適正範囲のグラフは全て同じです）。

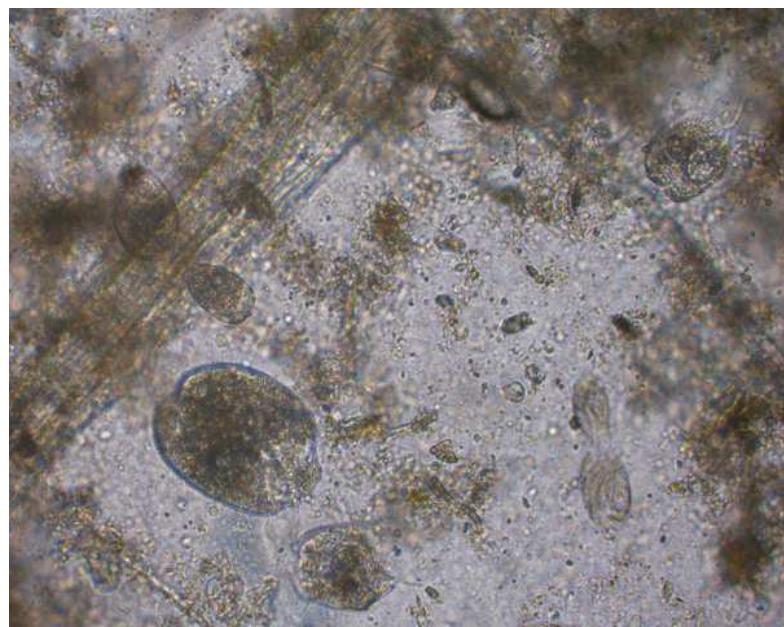
Glu は体各部位 (特に脳の活動) の重要なエネルギー源となっており、ほとんどが肝臓で作られます (糖新生)。肉用牛繁殖雌牛では、繁殖ステージによる変動は大きくありません。Glu は恒常性が高いため、基本的に変化が少ない項目です。

エネルギー不足の初期には脂肪の燃焼に併せて上昇しますが、エネルギー不足が慢性化すると低下します。飼料設計に大きな問題を抱えている牛群では Glu が適正範囲から外れることがあります。Glu の低下は視床下部からの Gn-RH (性腺刺激ホルモン放出ホルモン) の分泌が抑制され発情微弱や無発情が生じるなど繁殖性の低下につながることが多いため、この値を適正範囲に収めるのが牛群の生産性向上のために最重要です。

Glu が高い場合はエネルギー不足の初期やストレスが考えられますが、低い場合は一定期間エネルギー不足等があった可能性があります。また、デンプン (NFC : 非纖維性炭水化物) 飼料の多給でも上昇することがあります。

<参考>

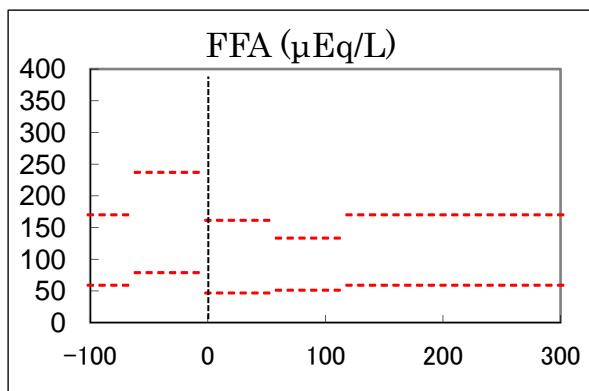
牛では摂取した飼料はルーメン (第一胃) 内で微生物により分解され (ルーメン発酵)、生産されたプロピオン酸が肝臓で糖新生に利用され Glu に変換されます。このため、Glu の不足は摂取飼料 (栄養) の不足かルーメン発酵不良が疑われます。



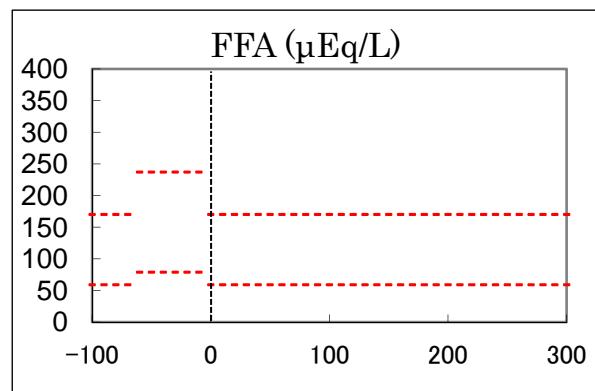
②遊離脂肪酸 (FFA)

FFA の適正範囲

自然哺乳牛群用



人工哺乳牛群用



FFA は主に体脂肪をエネルギーに変換する過程で生じる成分です。1 食抜いても値が上昇するほどエネルギー不足に鋭敏に反応します。エネルギー不足の初期には高い値になり、さらにエネルギー不足が続くとその後低下します。また、ストレスでも上昇します。

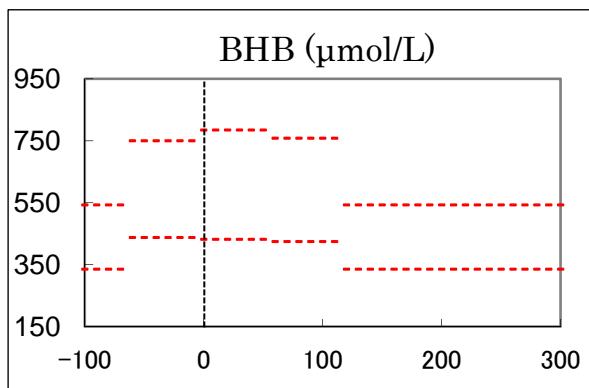
一方、エネルギー不足が慢性化すると低下することから、Glu や脂肪代謝の過程で生じるケトン体の評価項目 (β -ヒドロキシ酪酸(BHB)、アセト酢酸(ACAC))と併せて診断する必要があります。FFA をエネルギーに変換するためには肝臓が利用されるため、FFA が高い場合は肝機能に過度の負荷をかけていないかを注意する必要があります。

なお、FFA が低すぎる牛群でも繁殖性が良くないことがあり、Alb (アルブミン)が低い牛群でよくみられます。FFA は慢性的なエネルギー不足では低下する傾向があるため、FFA が極端に低い牛群も注意が必要です。また、FFA は給与する飼料によってはルーメン内 VFA (酢酸、プロピオン酸、酪酸)と相関がみられる場合もあることから、FFA が極端に低い牛群はルーメン発酵不良の可能性があることにも留意します。

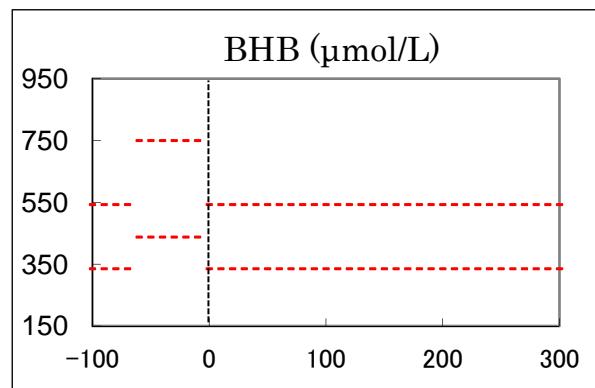
③ β -ヒドロキシ酪酸 (BHB)

BHB の適正範囲

自然哺乳牛群用



人工哺乳牛群用

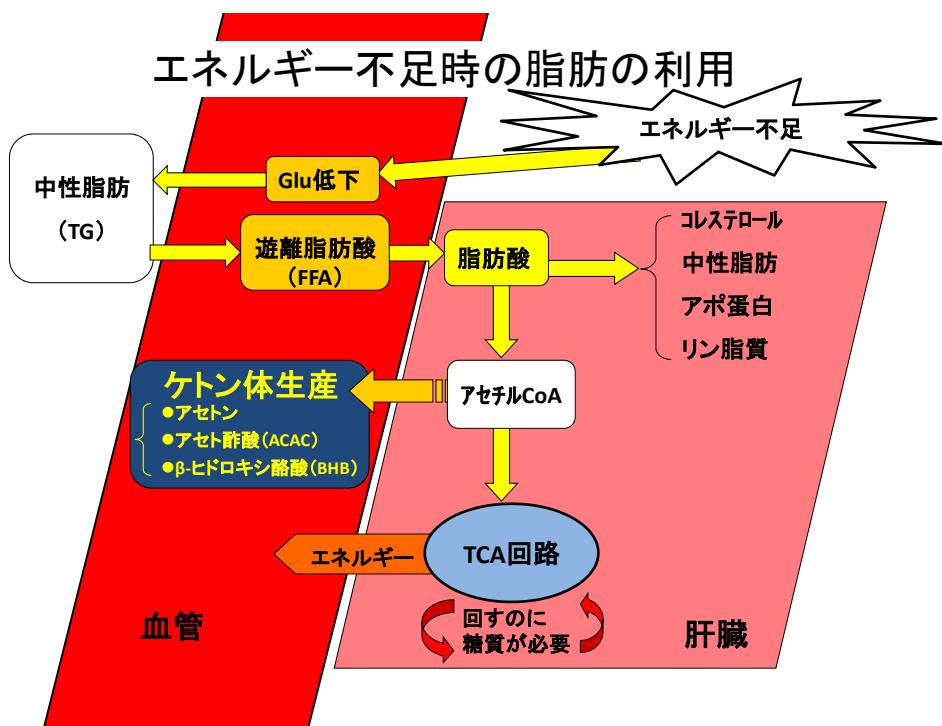


ルーメン発酵産物である VFA のうち、酪酸がルーメン壁から吸収され血液中に入ると BHB になります。また、エネルギー不足により脂肪が燃焼しても BHB となります。このように BHB はルーメン発酵産物と脂肪の代謝産物という両面があることから、診断がやや難しい項目です。なお、泌乳期や分娩前では濃厚飼料の増飼によりルーメン発酵が盛んになりグラフ中の適正範囲が高くなっていると考えられます。

分娩後の牛で BHB が高い牛群において、低 Glu を伴うと潜在性子宮内膜炎等を発症し分娩後の発情回帰が遅れ、子宮の回復も遅延する傾向があります。また、泌乳している場合、子牛が下痢を発症しやすくなる傾向がみられます。

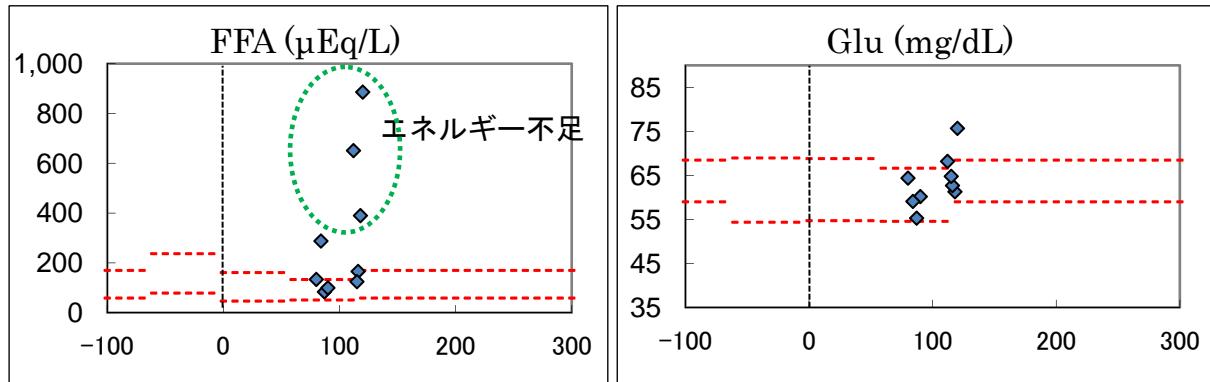
なお、酪酸発酵してしまった低品質サイレージの摂取で高くなったり（食餌性ケトーシス）、双子妊娠牛の妊娠末期など多くのエネルギーが必要となる場合非常に高くなることがあります。

その他、乾草や低水分サイレージ主体で粗飼料の切断長が長い場合、ルーメン内では酢酸型発酵が持続するため相対的に VFA の酪酸比率が低くなり、これに伴い BHB が低くなる場合があります。このため一見ルーメン発酵不良のように思われますが、総 VFA 量は変わりないことからルーメン発酵不良とはいえず、生産性も高いケースがみられます。



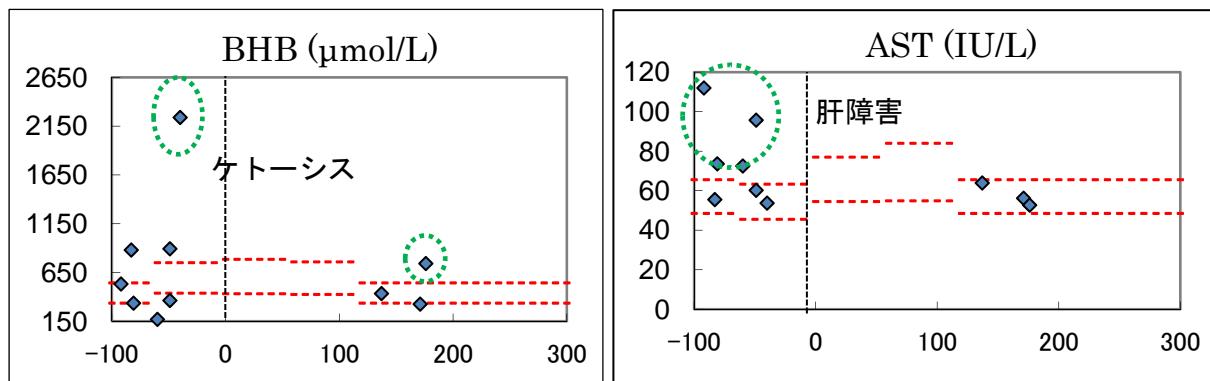
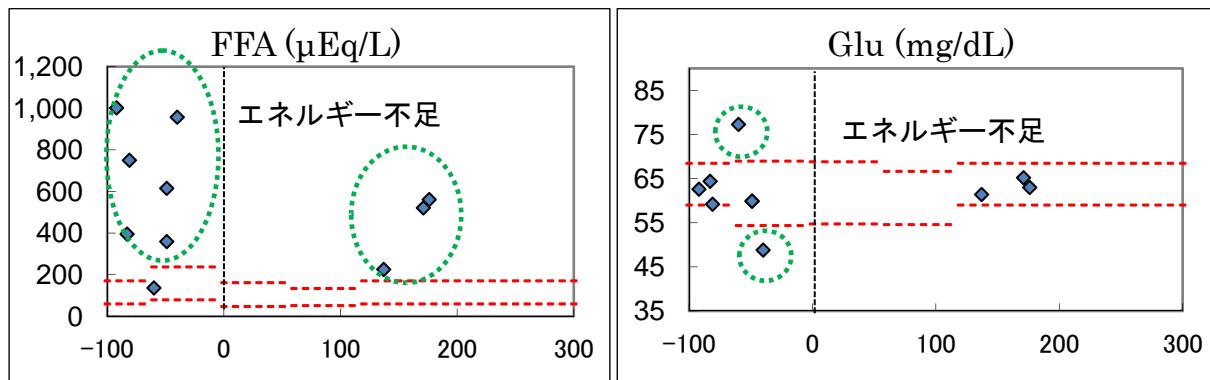
④エネルギー代謝の診断事例

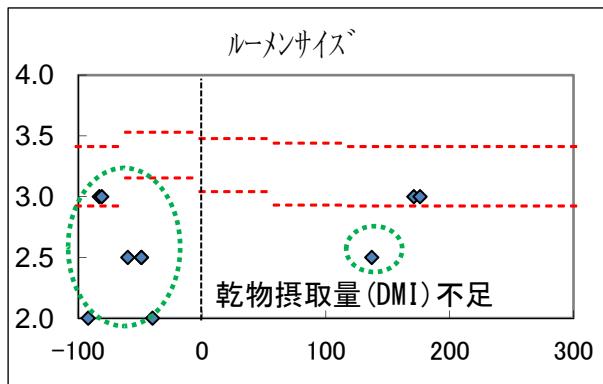
●事例 1



この事例は FFA が分娩 120 日前後に極端に高くなっています。この牛群では分娩後 120 日を目安に離乳していますが、離乳前に配合飼料の給与量を極端に減らしていたため泌乳牛がエネルギー不足になったと考えられます。Glu もややバラツキがみられることから、エネルギー不足の初期と考えられます。離乳時の飼料給与方法を検討する必要があります。

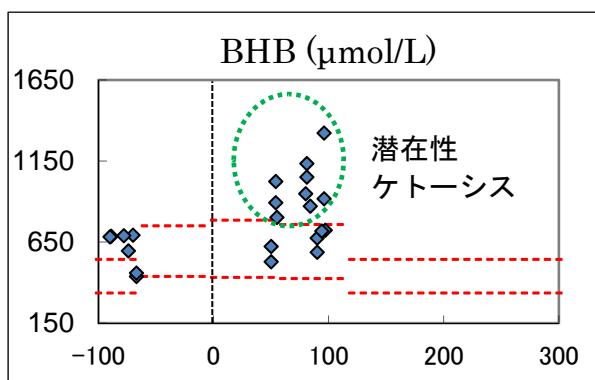
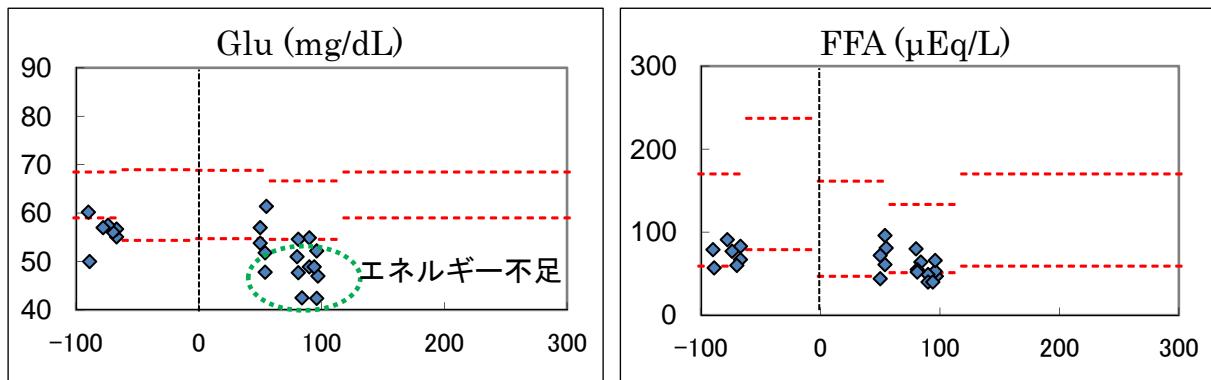
●事例 2





妊娠末期の牛群について、FFA が高いことや Glu も高低のバラツキがみられることがからエネルギー不足が疑われるほか、BHB が高い個体もいることからケトーシスになりかけている（まる印の 1 頭はケトーシス）と考えられます。AST (AST は後述) が高いため肝障害も考えられます。また、乾乳期の牛群も同様の傾向がみられるためエネルギー不足の初期と考えられます。ルーメンサイズが低いことから、原因は給与飼料の不足が考えられます（ルーメンサイズは後述）。このような例では、全体的に飼料給与量を増やすとともに、分娩末期の増飼を適切に行う必要があります。

●事例 3



この事例では泌乳牛において BHB が高く、Glu は低下していますが FFA は高くな

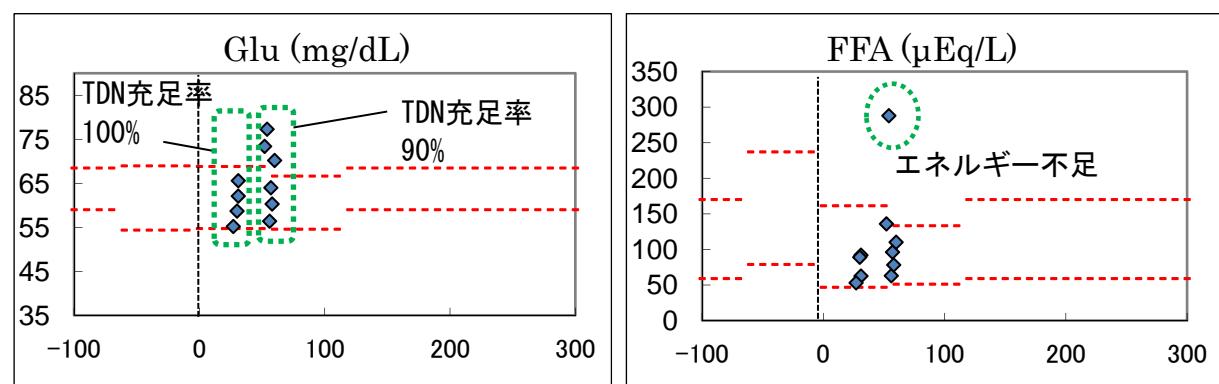
つていません。エネルギー不足の初期では FFA が高くなりますが、この事例ではそのような状態を過ぎてしまい FFA が低下していると考えられます。また、この状態に至るまでの FFA 代謝などにより肝機能が低下したため、わずかな FFA も肝臓で代謝（処理）できず BHB が増加していると考えられます。つまり、肝機能低下による潜在性ケトーシスが疑われます。このような牛群では、分娩後の子宮回復が遅く、受胎率の低下がみられるほか、乳質低下により授乳子牛に下痢が多発し、発育に悪影響を与えている可能性があります。

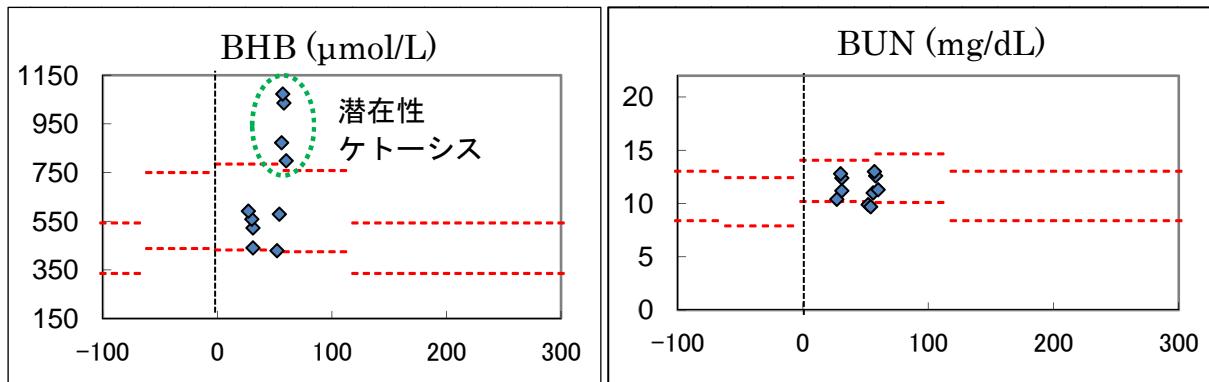
この事例では分娩後のエネルギー不足の可能性が高いですが、分娩前の飼養管理の失敗による肝機能低下が原因の可能性もあるため、分娩前後の栄養充足率の確認が必要です。

また、泌乳牛の BHB の値が総じて高いことから食餌性ケトーシスの可能性も考えられるため、給与飼料がサイレージの場合は、サイレージの発酵品質を確認する必要があります。サイレージの品質が悪い場合は、給与を中止するか他の粗飼料と併用する等の対策が必要です。

なお、黒毛和種繁殖雌牛群ではこのような潜在性ケトーシスが比較的多く見受けられます。しかし、潜在性ケトーシスは牛自体に臨床症状が出ないことが多いため、肝障害に関する項目と併せて診断します。

●事例 4

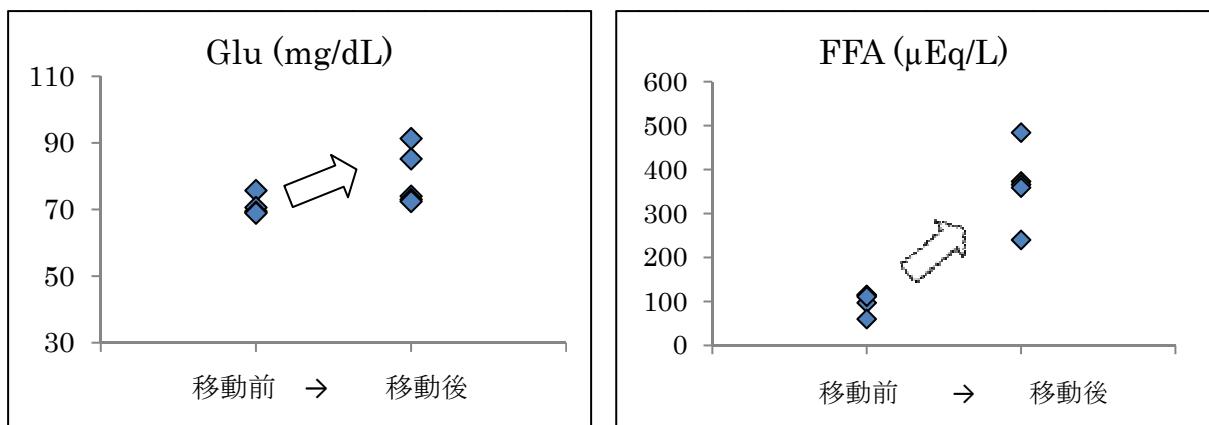


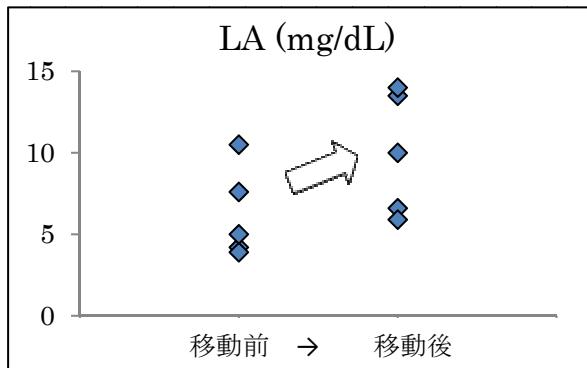


この事例は分娩後の栄養充足率が異なる飼料給与をした牛群のデータです。Glu のグラフに記載してあるように、左側のプロットが TDN 充足率 100%、右側のプロットが TDN 充足率 90% で飼料設計をしています。TDN 充足率 100% の牛群は Glu、FFA および BHB が適正範囲内ですが、TDN 充足率 90% の牛群は BHB が高い個体が多く、潜在性ケトーシスです。なお、TDN 充足率 90% の牛群のうち FFA の高い 1 頭は BHB (ケトン体) が適正範囲内だったことから、この牛群は分娩後エネルギー不足となり、FFA は高くなつた後に低下し、BHB が高くなっている状態と考えられます。このような牛群では乳質低下による授乳子牛の白痢が発生しやすくなります。TDN 充足率 90% の牛群が適正範囲から逸脱している原因はエネルギー不足ですので、TDN 充足率を高めてエネルギー不足を解消させる必要があります。

なお、BUN は適正範囲内のため飼料設計や群内の乾物摂取量が均一化されていると考えられます (BUN については後述)。このような牛群は、飼養管理改善の効果が比較的早く現れる傾向があります。

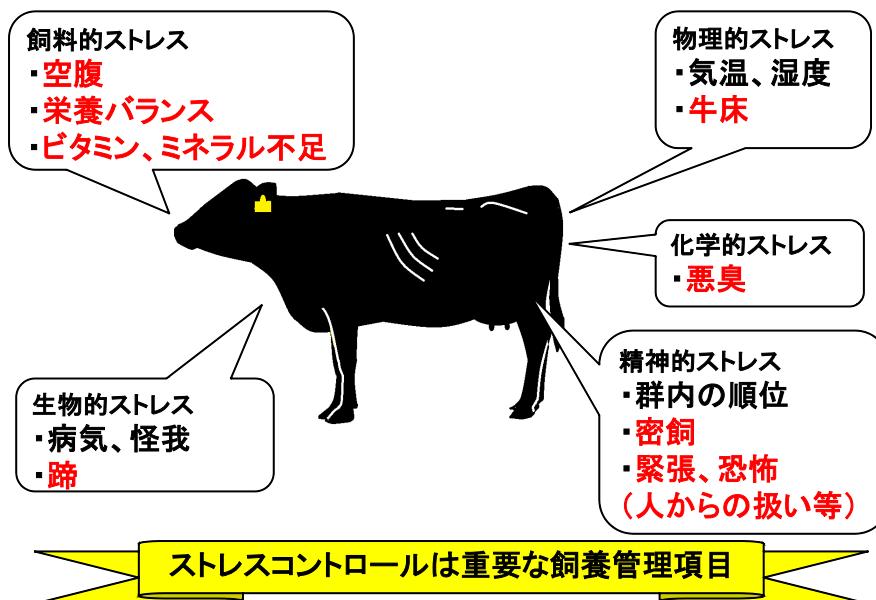
<参考>





上記例は牛をトラックで 20 分間の運搬をする前と運搬した後のデータです。このように Glu、FFA や乳酸 (LA) はストレスに敏感に反応します。このため、精度の高い診断をするためには採血作業時の保定や採血等で牛に大きなストレスを与えないよう十分な注意が必要です。

牛にかかるストレス



(2) タンパク質代謝および肝障害の評価項目

タンパク質は体の主要な成分となっているほか、各種ホルモンや抗体等を構成する等、生命現象の本質的な役割を果たしているため、タンパク質代謝が良好な状態であるかを診断することは非常に重要となります。特に牛のような反芻動物は摂取した飼料中タンパク質がルーメン内で微生物発酵を受けてアンモニアに分解され、微生物態タンパク質に再構成された後、吸収されることから、ルーメンの環境診断にも利用できます。

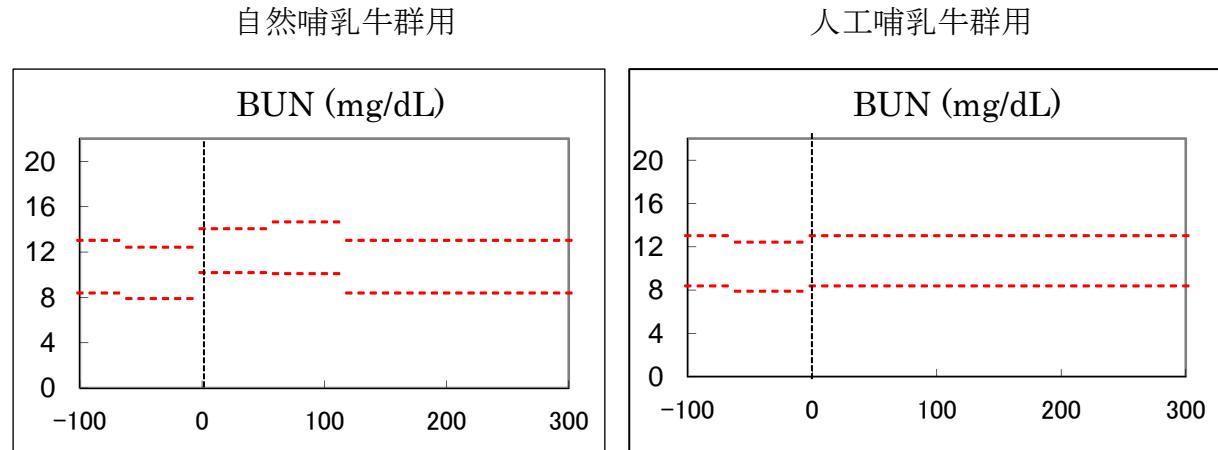
また、エネルギーや摂取タンパク質の過不足によるルーメン環境の悪化は肝機能低下につながり、肝障害を引き起こすこともあることから、肝障害の評価も併せて行います。

評価 (タンパク質代謝)に用いる血液生化学検査項目：尿素窒素、アルブミン

評価 (肝障害)に用いる血液生化学検査項目：アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、 γ -グルタミルトランスペプチダーゼ

①尿素窒素 (BUN)

BUN の適正範囲



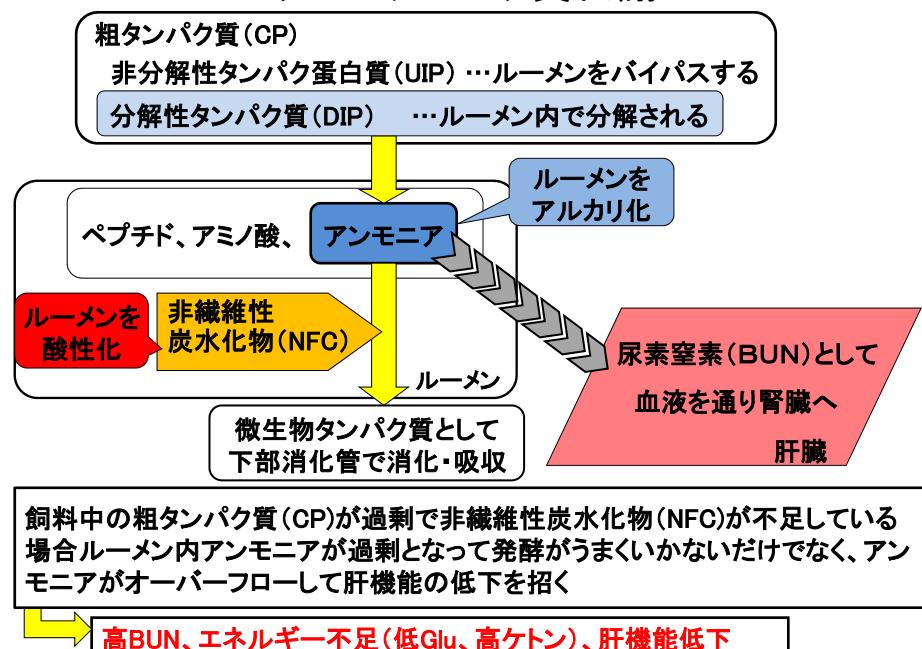
摂取された飼料中のタンパク質はルーメン内でアンモニア(NH3)に分解され微生物に利用されますが、NH3 が過度に発生した場合、肝臓で分解され BUN が生成されます。このため、粗タンパク質 (CP)摂取量や CP 充足率と正の相関があり、短期的なタンパク質代謝の指標となります。また、一定の CP 含量飼料を摂取している場合、乾物摂取量の指標にもなります。

なお、飼料中の CP と NFC のバランスが悪い場合、ルーメン発酵が不良となり BUN が適正範囲から外れることから、BUN はバラツキが少なくかつ適正範囲内に収まっていることが重要です。BUN は飼料の摂取量や品質の影響を受けやすいため、変動やバラツキが大きい項目ですが、逆にこの値が範囲内に収まっていれば、飼養管理が牛群に行き届いていると考えられます。

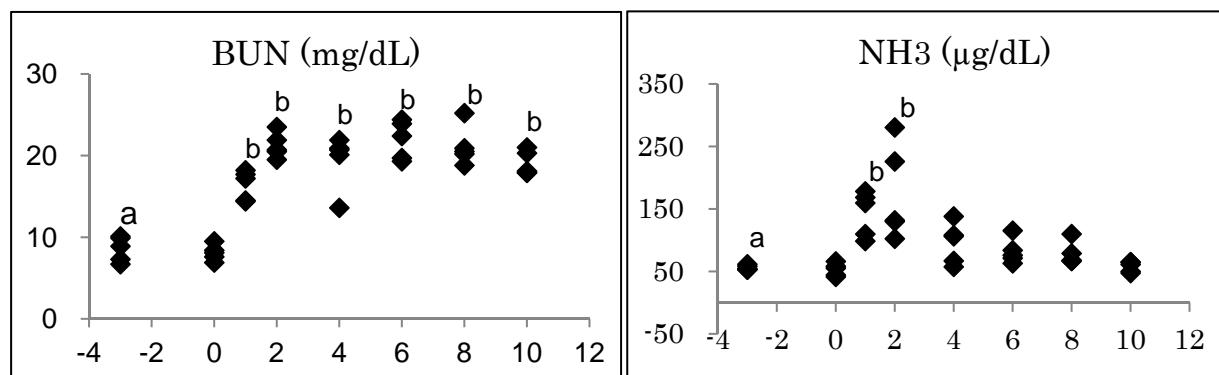
高 BUN 牛群ではルーメン発酵不良によりエネルギー不足となり卵胞のう腫の発生等により受胎率が低下するほか、流産率が高くなる傾向があります。このため、Glu、ケトン体、肝機能の値に注意が必要です。

BUN は高くても低くても繁殖性が低下するとの報告もありますが、我々の経験では高い時の方の弊害が大きいことを経験しています。逆に適正範囲より低い場合は、長期的に CP が不足している可能性があるため、Alb (後述)の値を確認します。

ウシのタンパク質代謝



<参考>



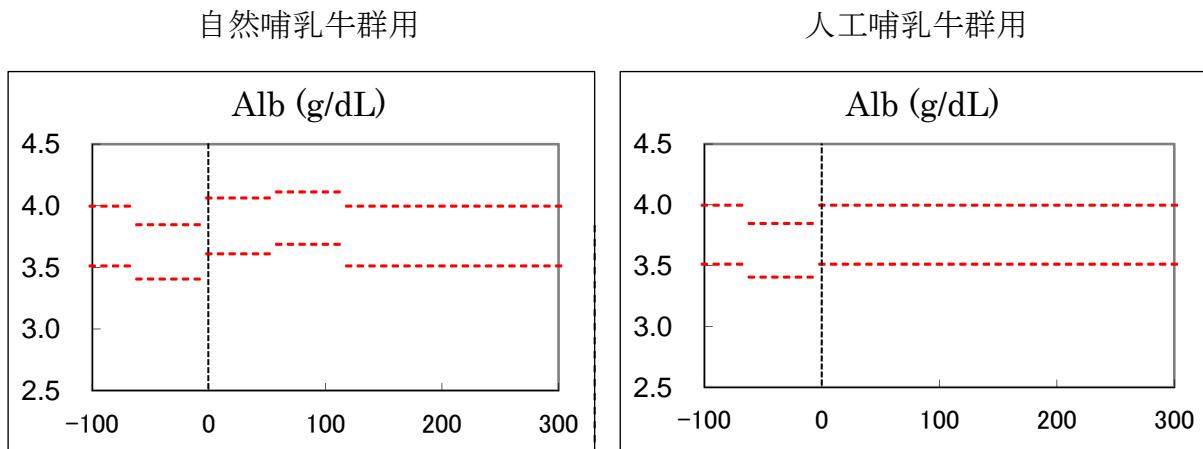
*各グラフの横軸は飼料設計変更日を 0 日とした経過日数（変更前はマイナスで表示）、縦軸は血中濃度。

*グラフ内の異符号間に有意差あり(a,b : p<0.01)

上記グラフは 0 日（横軸）に飼料設計を変更し、CP 充足率を 95%から 250%まで上げた事例です。BUN は CP 充足率変更の翌日から上昇し、高い値を維持していますが、アンモニア (NH3)は 3 日目以降下降しています。このことからも BUN は NH3 よりも CP 充足率を的確に反映していると考えられます。

②アルブミン (Alb)

Alb の適正範囲

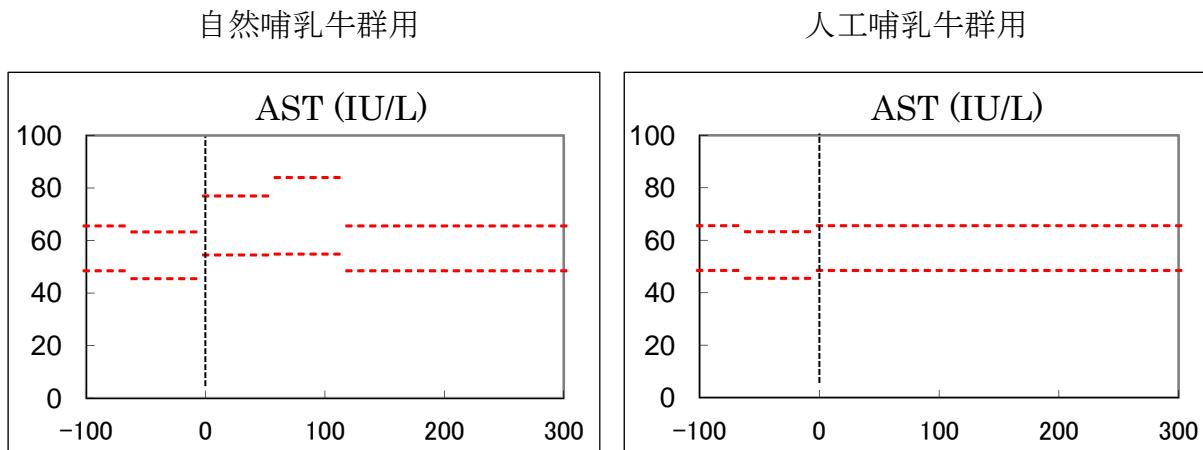


Alb は血液中の重要なタンパク質であり、半減期が長いため（約 2 週間）比較的安定した血液生化学成分です。このため、Alb が低い場合は長期のタンパク質不足が疑われるほか、Alb は主に肝臓で作られるため肝機能低下の指標にもなります。また、エネルギー不足で糖原性アミノ酸が消費された場合も低下するといわれています。

Alb が高い場合は脱水を疑います。なお、肉用牛繁殖雌牛ではまれですがルーメンアシドーシスによる脱水でも Alb は高くなるため、Alb が高い場合は飲水施設の確認や水槽の汚れの他、飼料中の NFC 濃度も確認します。一方、長期の CP 不足や肝機能低下、ルーメンアシドーシスで Alb が低下していても、脱水が起こっている場合は値が適正範囲内になることがあるため注意が必要です。

③アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ (AST)

AST の適正範囲



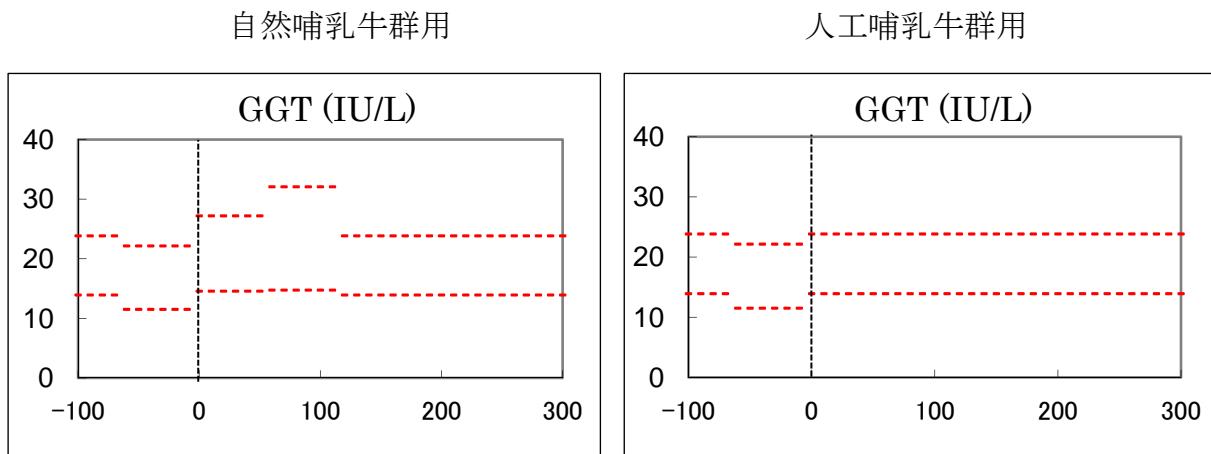
AST は肝細胞、心筋、骨格筋等に存在し、これらの細胞が破壊されると血液中に流出することから、肝臓の実質障害の目安として用いられます。泌乳期で適正範囲が高

いのは、泌乳や増飼により肝臓に一定の負荷がかかっているためと考えられます。

エネルギー不足や過肥、高 CP 飼料摂取等、不適切な飼養管理が長期間続いた場合には、群全体が高い AST 値を示します。また、毒草等の摂取でも高くなります。

④ γ -グルタミルトランスペプチダーゼ (GGT)

GGT の適正範囲

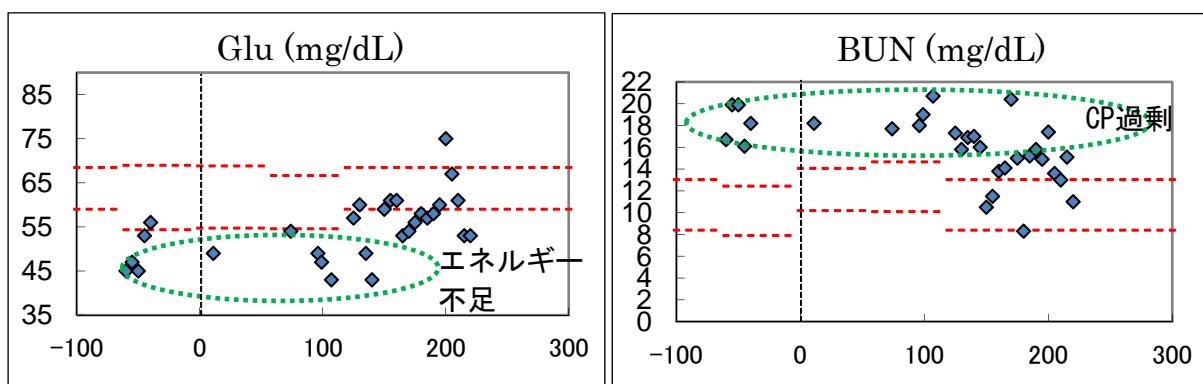


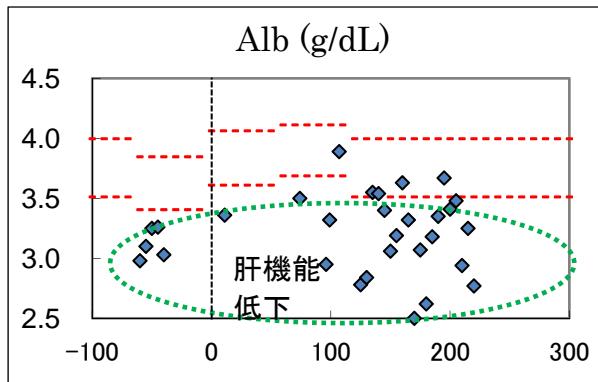
GGT は主に胆管系から出現する酵素で肝細胞が破壊されると血液中に流出します。AST と同様に長期間の不適切な飼養管理 (高 CP 飼料の長期間摂取や過肥) で高くなります。また、肝蛭症でも高くなります。泌乳期で適正範囲が高いのは、泌乳や増飼により肝臓に一定の負荷がかかっているためと考えられます。

肝機能が低下して T-cho (T-cho は後述) や Alb 等が低下しても AST や GGT が上昇しないケースがあります。AST や GGT は上述したように肝細胞が破壊された際に上昇するため、必ずしも肝機能が低下した際に同時に上昇するわけではありません (逆に肝細胞の一部が破壊されていても、残りの細胞でフォローできる場合は、肝機能低下の値を示しません)。

⑤ タンパク質代謝および肝障害の診断事例

● 事例 1



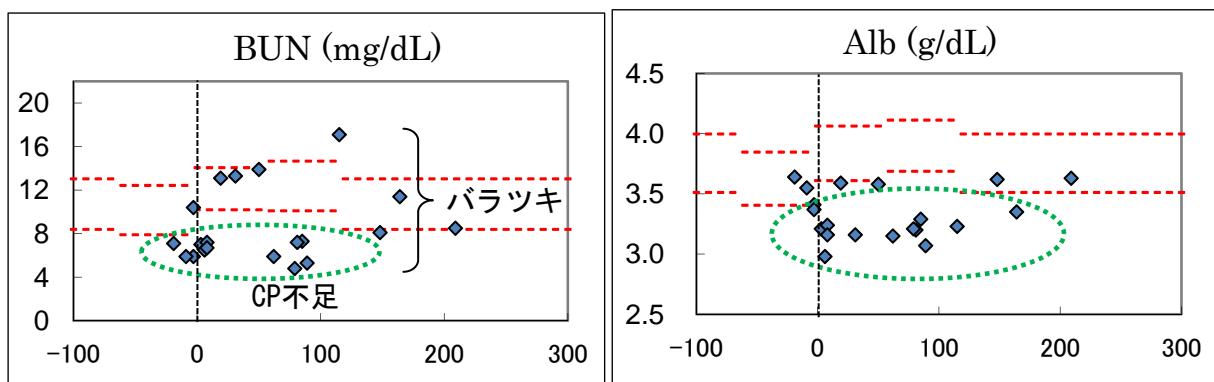


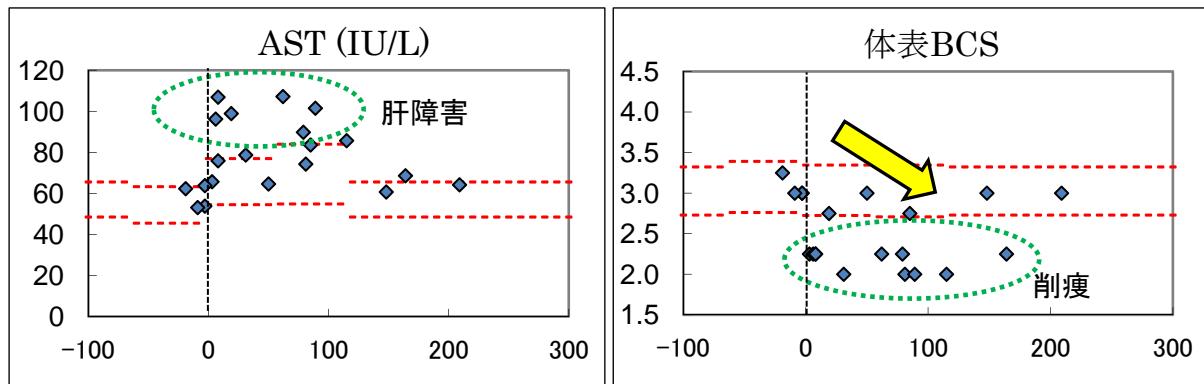
牛群の Glu が低い場合、その原因を探すことが重要です。単純な栄養不足であれば、飼料給与量を増やせば良いのですが、ルーメン発酵不良等による低 Glu の場合は飼料設計の根本的な見直しをする必要があります。そのためには、Glu のみで判断せず他の項目と併せて判断する必要があります。

上記事例の牛群は分娩前後を中心に低 Glu がみられていることからエネルギー不足と考えられますが、牛群の繁殖ステージ毎の TDN 充足率は 120% と高かったことから、単純な飼料給与量不足ではないと考えられます。一方、BUN はかなり高い値であったことから、CP の過剰摂取によるルーメン発酵不良 (NH3 が過剰に発生する) がエネルギー不足の原因と考えられます。このような状態が長期間続いているため、Alb が低くなっていると考えられます。

上記事例では飼料の CP の過剰摂取により高 NH3 となることが主な原因と考えられるため、飼料設計で調整が可能であれば CP 充足率を下げる必要があります。フスマや大豆粕のような CP が比較的高い飼料を給与している場合は中止または減量します。また、粗飼料の CP が高い場合、低 CP の粗飼料と併せて給与する必要があります。粗飼料が高 CP のものしかない場合は、TDN 充足率に注意しながらトウモロコシのような低 CP かつ高 NFC 飼料を同時に給与することで、BUN を抑える必要があります。

●事例 2





この事例は BUN が高い個体がいるものの全体的に低い傾向があり、加えてバラツキが大きい傾向があります。このことから、CP 不足と飼料摂取量の均一化ができるいないことが考えられます。また、Alb が低いことから長期的な CP 不足に加え、AST も高いことから肝機能低下が疑われます。BCS も泌乳期に低くなる傾向があることから、泌乳期のエネルギー不足も重なっている可能性があります。上記事例では、CP 不足だけでなくエネルギー不足の可能性も高いことから、牛群全体の飼料給与量や泌乳期の増飼量のほか、群飼であればスタンチョン利用の有無など、個々の牛が均一に飼料を摂取できる環境にあるかを確認する必要があります。このように、BUN は飼養環境を判断する目安になることもあります。

＜参考＞

乾物摂取量の均一化：せっかく飼料設計をして給与するので、同じ牛群の各個体には同じ量の飼料を食べさせることが重要です。強い牛が弱い牛の飼料をとらないように飼料給与時にはスタンチョンを利用したり、飼槽に飼料を均一に給与するなど全頭が同じ量の飼料を摂れるようにします。良い飼料も食べすぎや思うように食べられない個体が多ければ意味がありません。

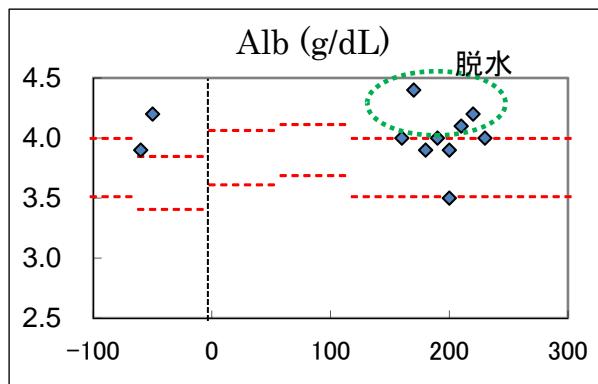
飼料給与とは設計した飼料の栄養素を牛に伝える事



どんなに良い飼料も設計も牛に伝わらなければ意味がない

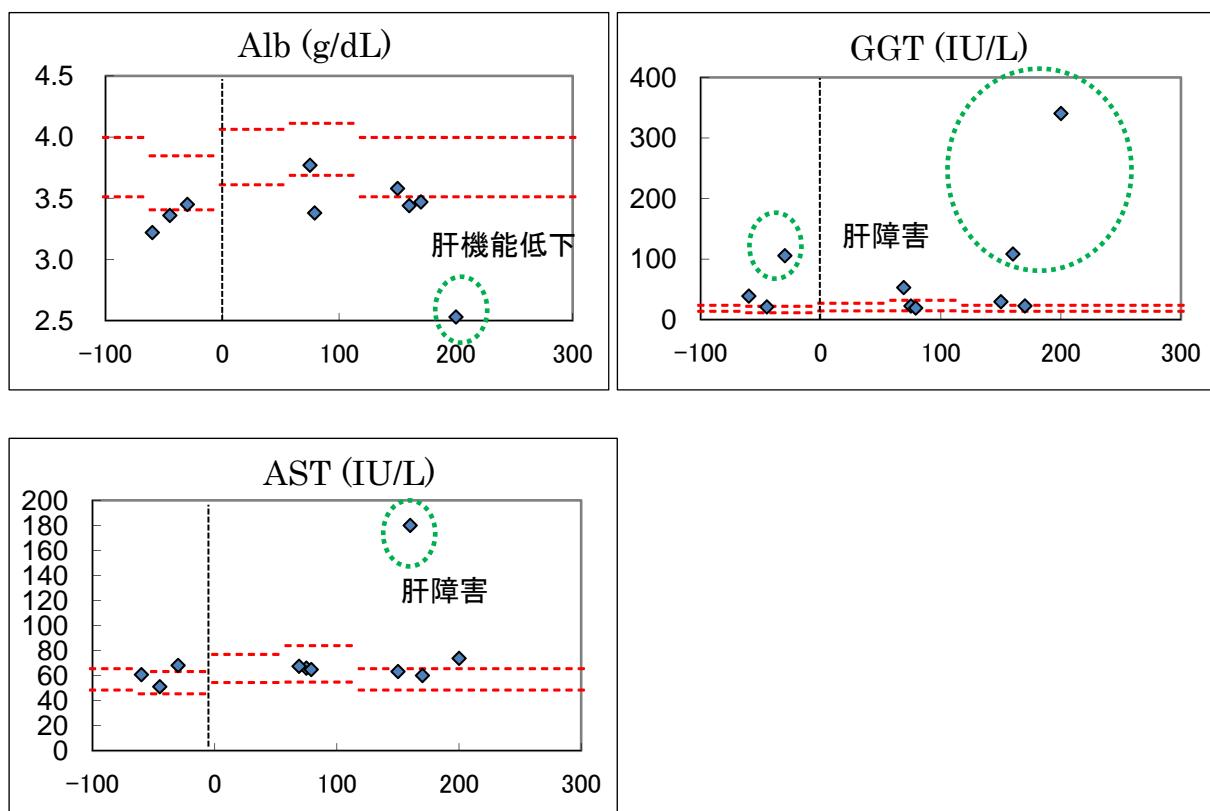


●事例 3



この牛群は、日中はパドックで運動させていましたが、パドックに飲水施設がなかったため脱水傾向がみられた事例です。一時的な運動場の場合でも、飲水施設の設置が必要です。

●事例 4

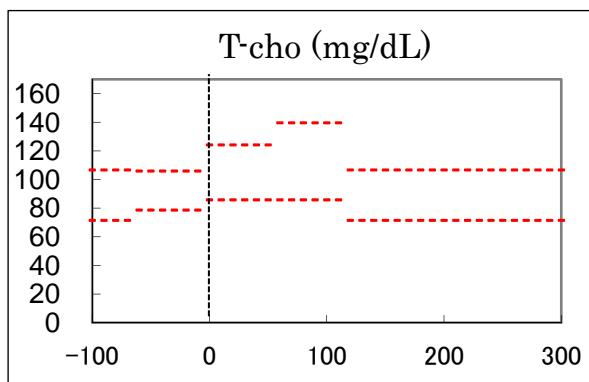


牛群中に AST や GGT が高い個体がいることや調査牛全体的に Alb が低いことから肝障害による肝機能低下が疑われますが、GGT の値が異常に高いことから、このような場合には肝蛭症も疑います。放牧の有無や飼養環境、摂取飼料の確認が必要です。

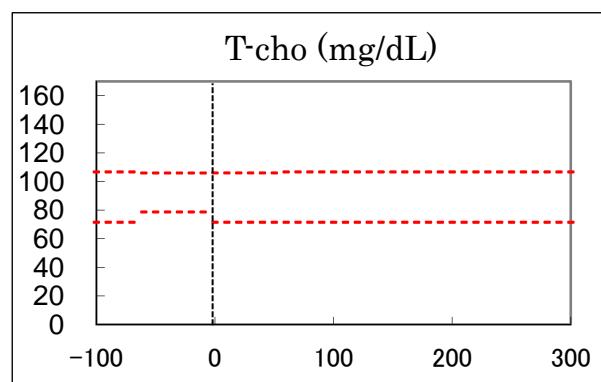
(3) 脂質代謝の評価項目 (総コレステロール(T-cho))

T-cho の適正範囲

自然哺乳牛群用



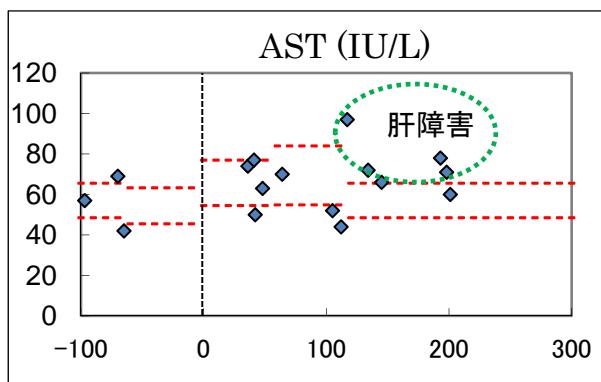
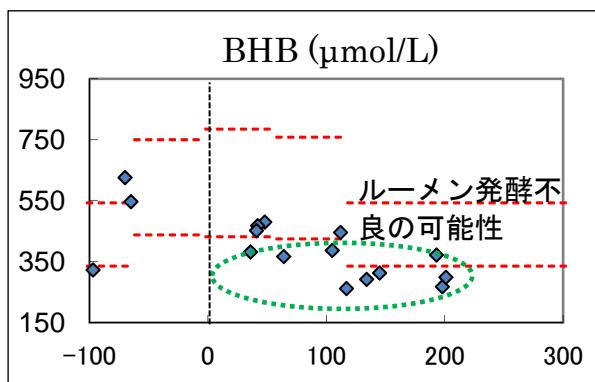
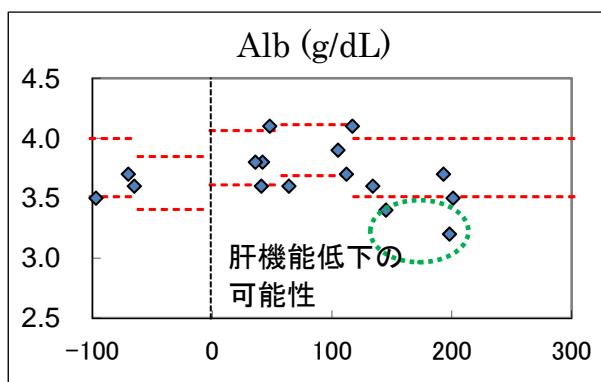
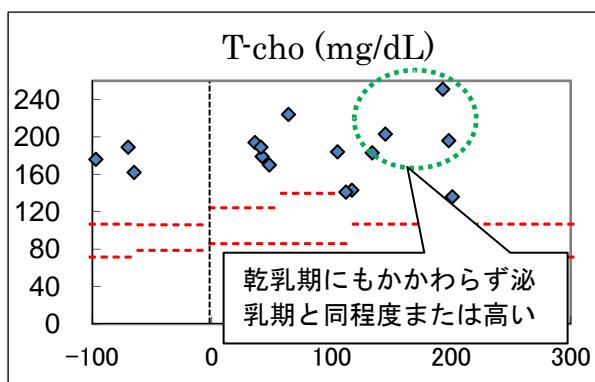
人工哺乳牛群用



T-cho はエネルギー充足の指標になります（粗飼料主体の肉用牛繁殖雌牛では乾物摂取量と相関が高い場合もあります）。また、T-cho は主に肝臓で合成されるため、摂取エネルギーに対して T-cho が高いあるいは低い場合は肝機能の低下を疑います。なお、飼料中の油脂が多い場合に値は高くなります（脂肪酸カルシウム、米ぬか等）。

コレステロールはステロイドホルモンの材料ですので、低下すると繁殖性に影響を与えるといわれており、発情がダラダラ続いたり、排卵遅延が生じる場合があります。

●事例 1



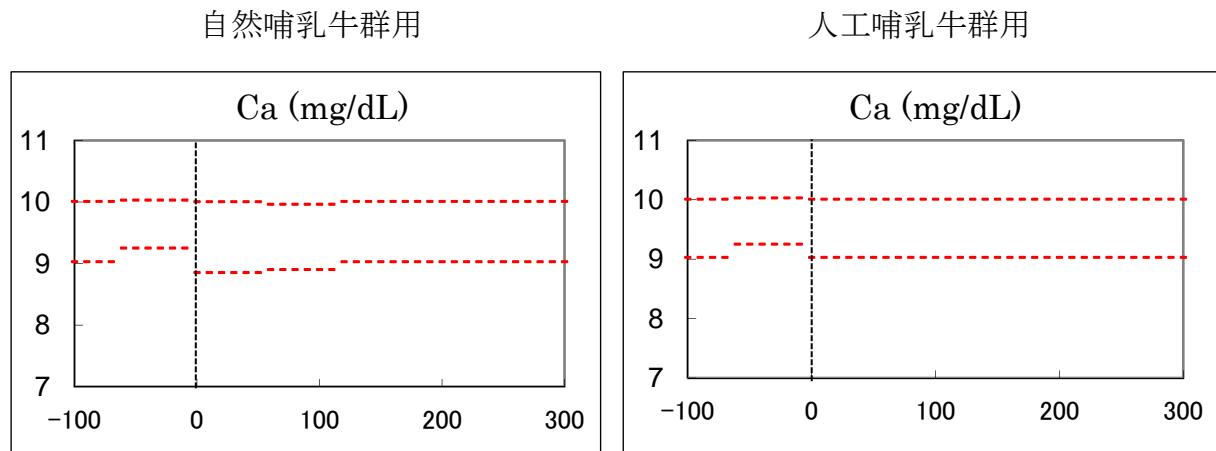
この事例は米ぬかの給与により T-cho が高くなっているケースです。通常であれば群全体で T-cho が高いことから肝機能の異常が疑われますが、肝機能の指標となる Alb や肝障害の指標となる AST は群全体に異常がほとんどみられません。このため、飼料中の油脂（粗脂肪）が高くなっている可能性が考えられ、実際に調査した農場では米ぬかを給与していました。このようなケースでは、本マニュアルで示した適正範囲と単純に比較しても適正な診断はできませんので、前出のように群内での相対評価をしつつ診断します（牛群全体が必ずしも異常とは考えません）。

なお、飼料由来による高 T-cho の場合は生産性に影響が無いケースもみられますが、油脂の過剰な給与はルーメン発酵不良となる可能性があり、当事例でも BHB が低くなっているので他の評価項目と併せて診断する必要があります。

T-cho は他の項目が適正範囲に収まっているれば、極端に高値や低値になりにくい傾向があります。牛における T-cho の制御については不明な点も多いのですが、バラツキが大きい牛群は飼養管理に問題を抱えていることが多いようです。

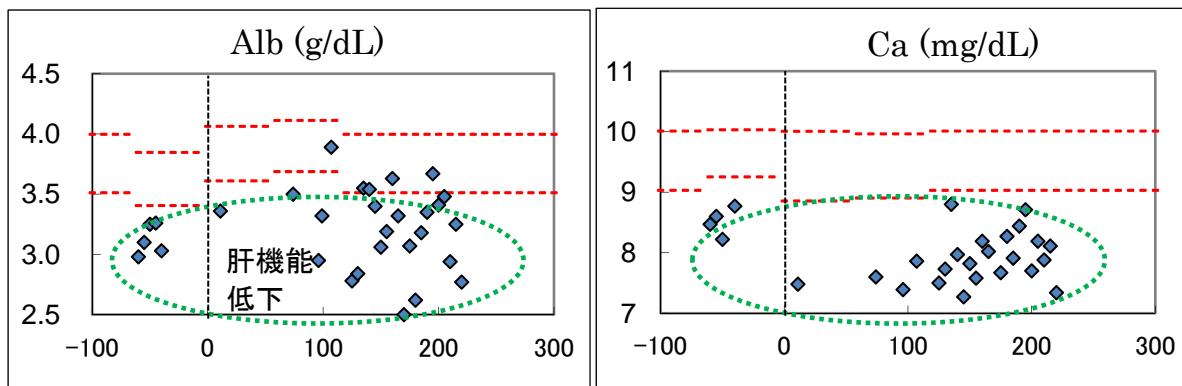
（4）ミネラルの診断項目（カルシウム(Ca)）

Ca の適正範囲

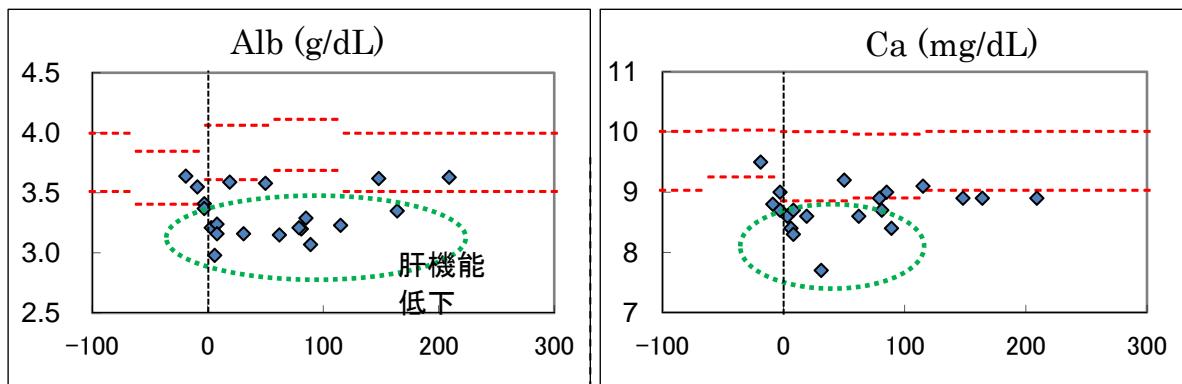


自然哺乳牛群と早期離乳牛群でも適正範囲はほとんど変わらず、繁殖ステージでも変動が見られないように、Ca は恒常性が非常に強く変動が少ない項目です。従って、安定してバラツキが少ないことが重要です。Ca 納入量の不足やリンの過剰給与で減少するといわれているほか、ルーメン環境不良でも Ca が低くなることがあります。また、Ca は Alb と複合体を形成しているため、Alb が低い牛群で低くなる傾向があります。このことから、Ca は CP 充足率や BUN、肝機能評価項目と併せて診断します。低 Ca は難産や後産停滞、繁殖性低下と関連があるといわれています。

●事例 1



●事例 2



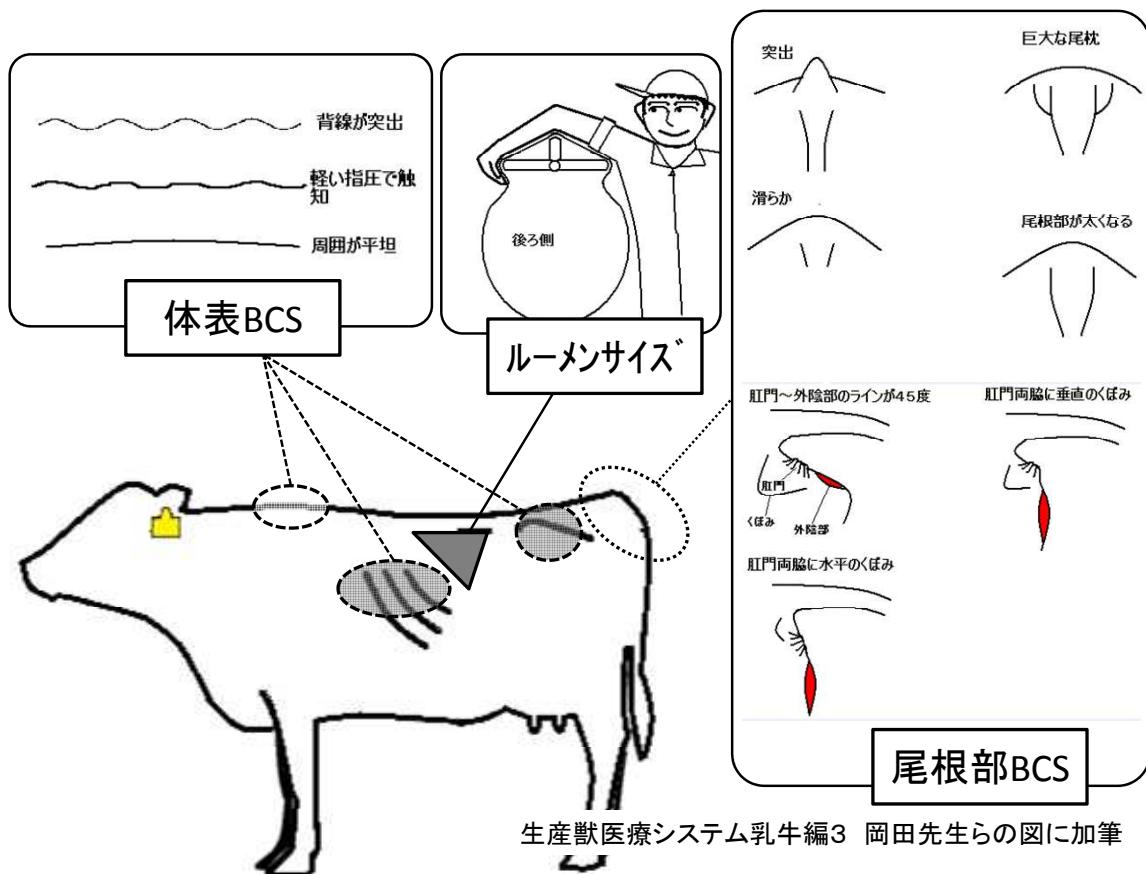
どちらの事例も Ca と Alb が同じような分布をしています。Ca の一部は Alb と結合しているため、一定の条件下では同じような分布となります。このような事例では、単純な Ca 不足を疑いつつも Alb の値の改善対策であるルーメン環境の適正化と肝機能の改善を優先させるべきと考えられます。上記のような状況で単純に Ca を増給するとマグネシウム (Mg) の吸収低下をもたらす等、良い結果が得られない可能性が高くなります。Ca レベルの是正は必ず飼料設計と併せて行うようにします。

(5) ボディ・コンディション・スコア(BCS)とルーメンサイズの評価項目

血液成分では内分泌的な牛体の状況から栄養状態を評価しますが、実際それらの影響を受け、体各部位にどのような変化を起こしているのかを診断するのが BCS やルーメンサイズになります。

BCS 等の評価項目：体表 BCS、尾根部 BCS、ルーメンサイズ

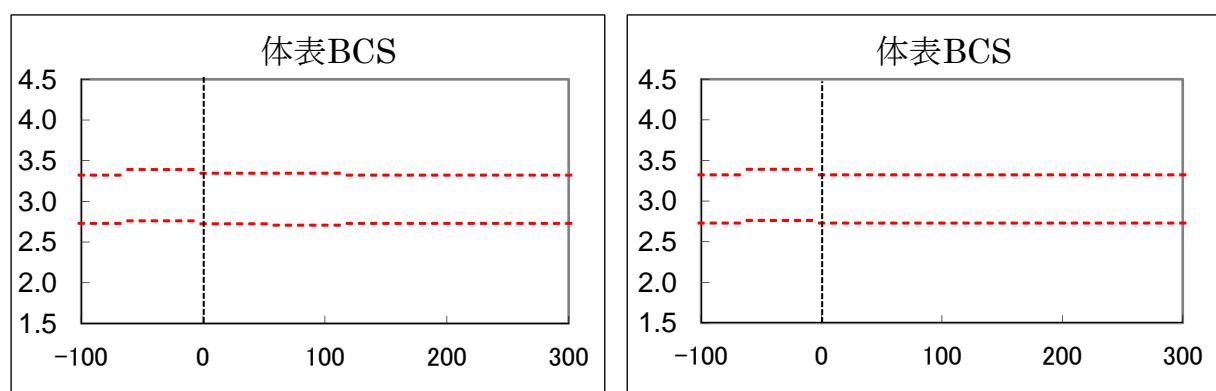
BCS の測定方法

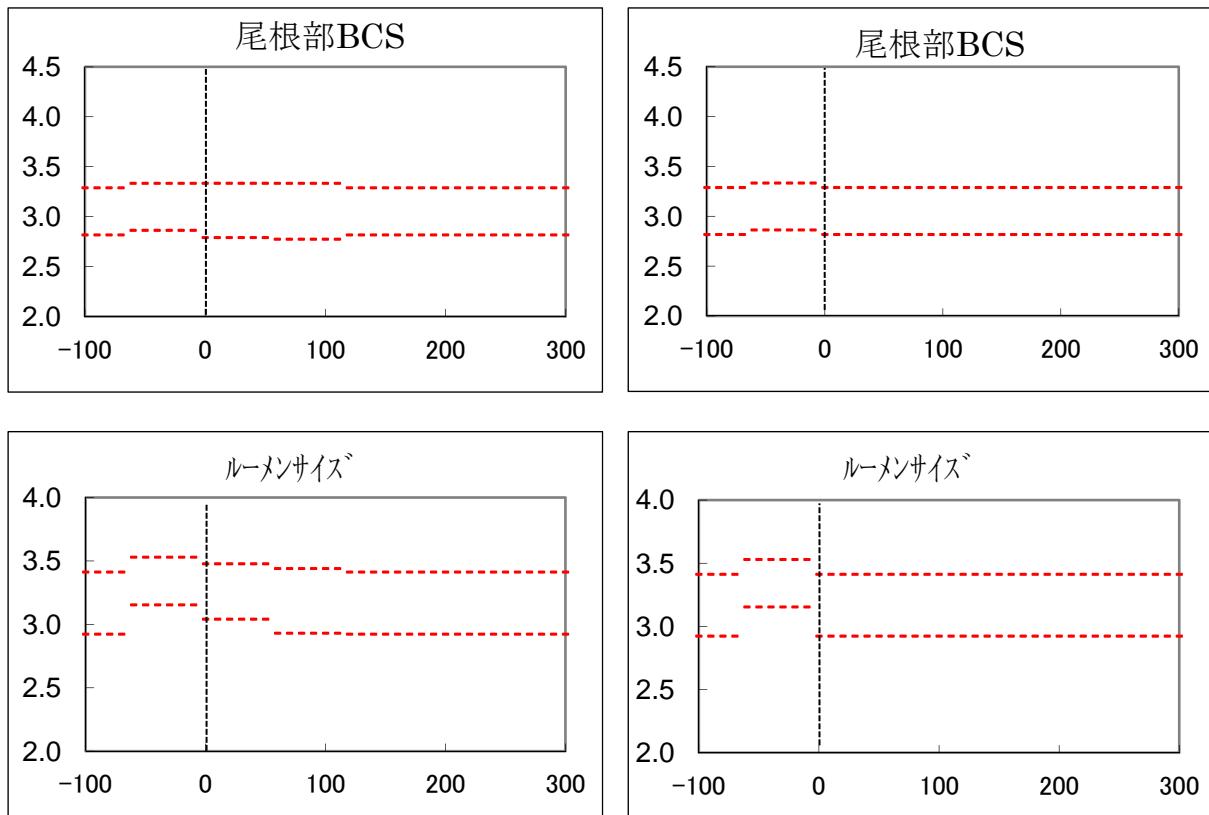


BCS とルーメンサイズの適正範囲

自然哺乳牛群用

人工哺乳牛群用



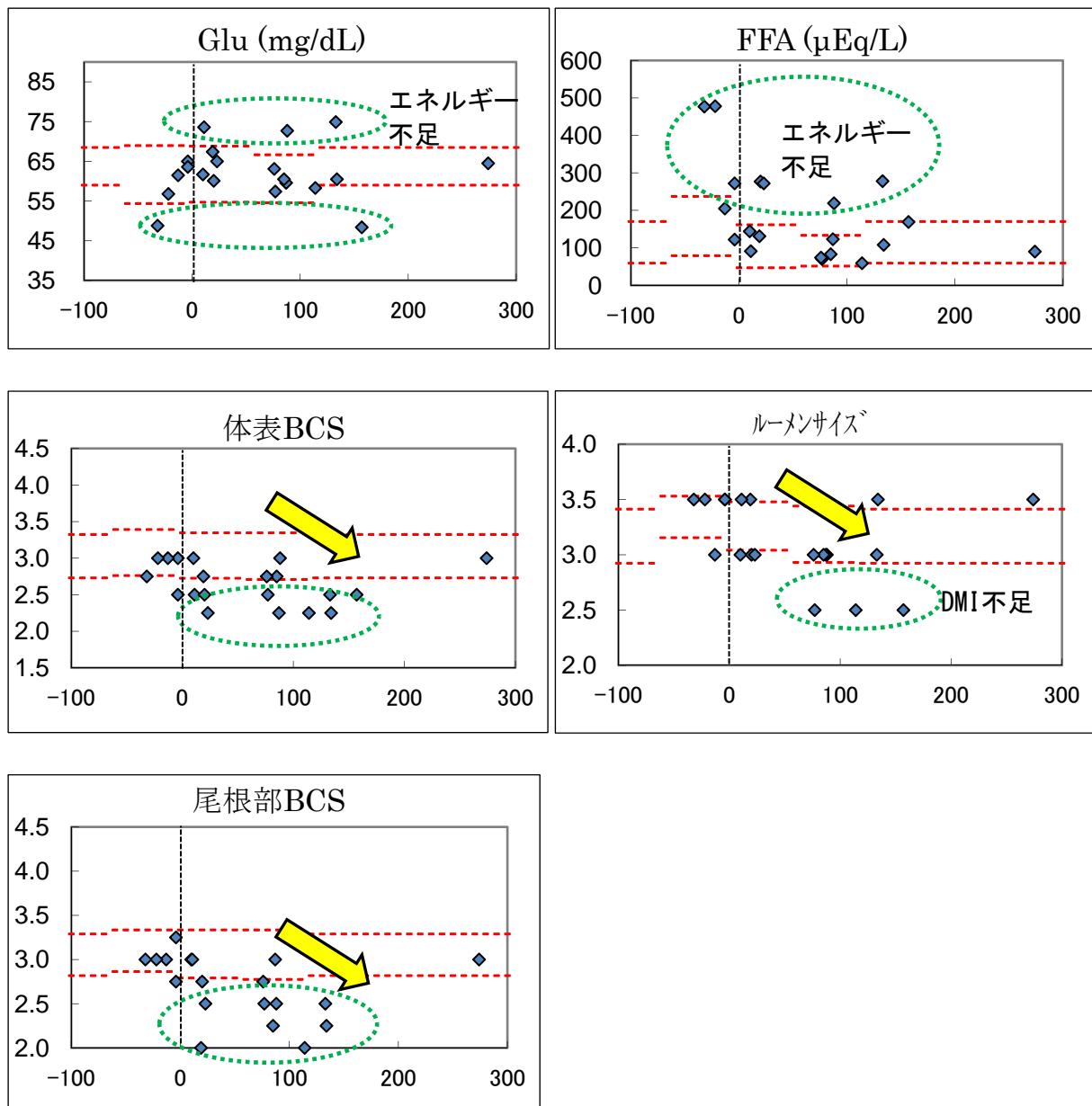


BCS は血液生化学検査と併せて実施すると効果的であり、牛群の栄養状態や農場の飼養管理の特徴が視覚で把握できることから、農場指導を行う場合、問題意識の共有が可能となるため重要な項目です。BCS は調べる手間はかかりますがコストはかかりないため、是非実施してほしい項目です。BCS のとり方は様々ありますが、客観性があればどの方法でも問題はありません。肉用牛繁殖雌牛の場合、泌乳量が多くないため妊娠末期、泌乳期、乾乳期で変動が無いことが重要です。

BCS の調整、特に BCS を下げる場合、妊娠末期や泌乳期等の必要とする栄養量が多い時期に給与量を減らせば簡単に実現できますが、この時期の BCS 低下は子牛への影響が大きいことから実施すべきではありません。BCS を下げる必要が生じた場合、妊娠の安定期に少しずつ下げることが重要です。なお、BCS を上げる場合はどの時期でも問題はありませんが、妊娠末期は乾物摂取量が低下しやすい時期（特に若い牛）のため、飼料を摂取できているかよく確認し、母体や子牛への悪影響を少なくする必要があります。

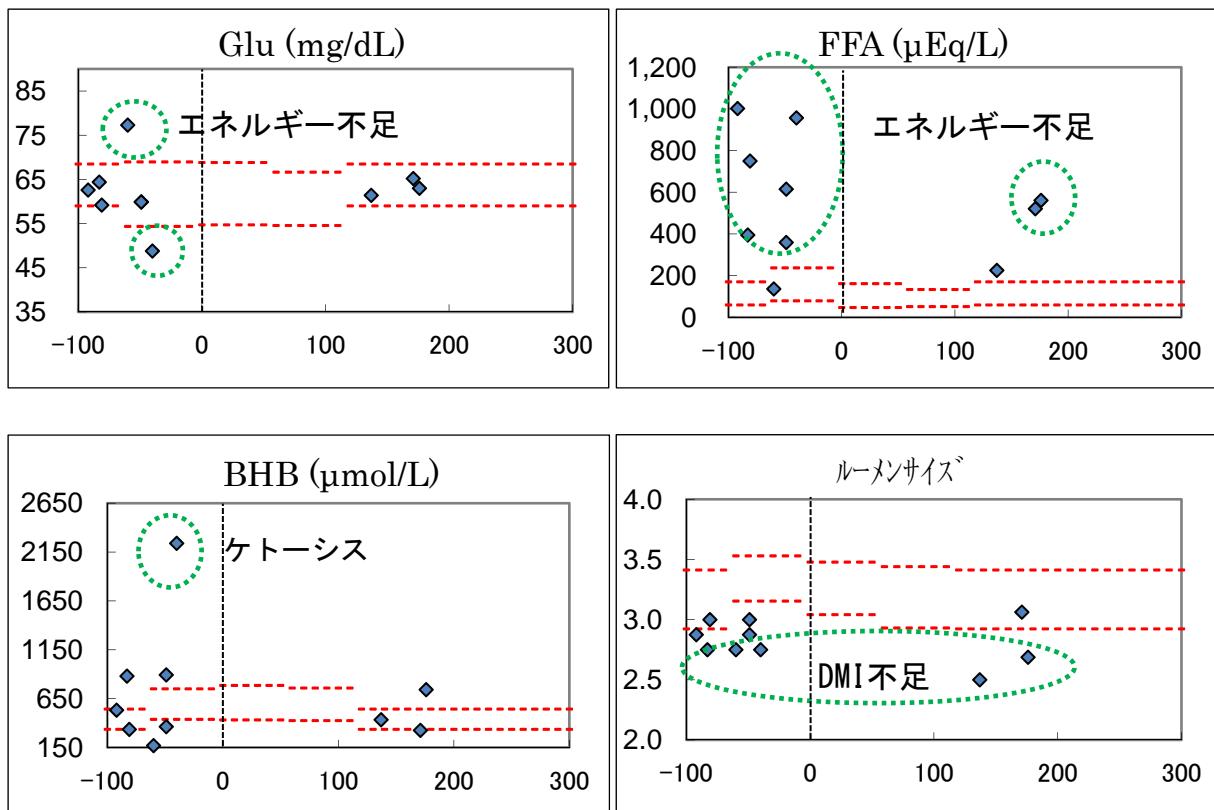
BCS 調整に当たっては飼料設計による飼料給与量と牛の飼料摂取量が一致していなくては意味がないため、スタンチョン等の活用が欠かせません。

●事例 1



FFA や Glu からエネルギー不足の個体が散見される事例です。ルーメンサイズから乾物摂取量の均一化ができていない可能性があります。体表 BCS は全体的にやや低めですが、泌乳後期に体表および尾根部の BCS の低下が顕著です。尾根部 BCS は特に泌乳期ではエネルギー不足の初期に低下する傾向があり、エネルギー不足の初期段階を知る手がかりになります。この事例では、分娩前後、特に泌乳期のルーメンサイズが低いことやエネルギー不足であることから、泌乳期の飼料給与量を確認する必要があります。

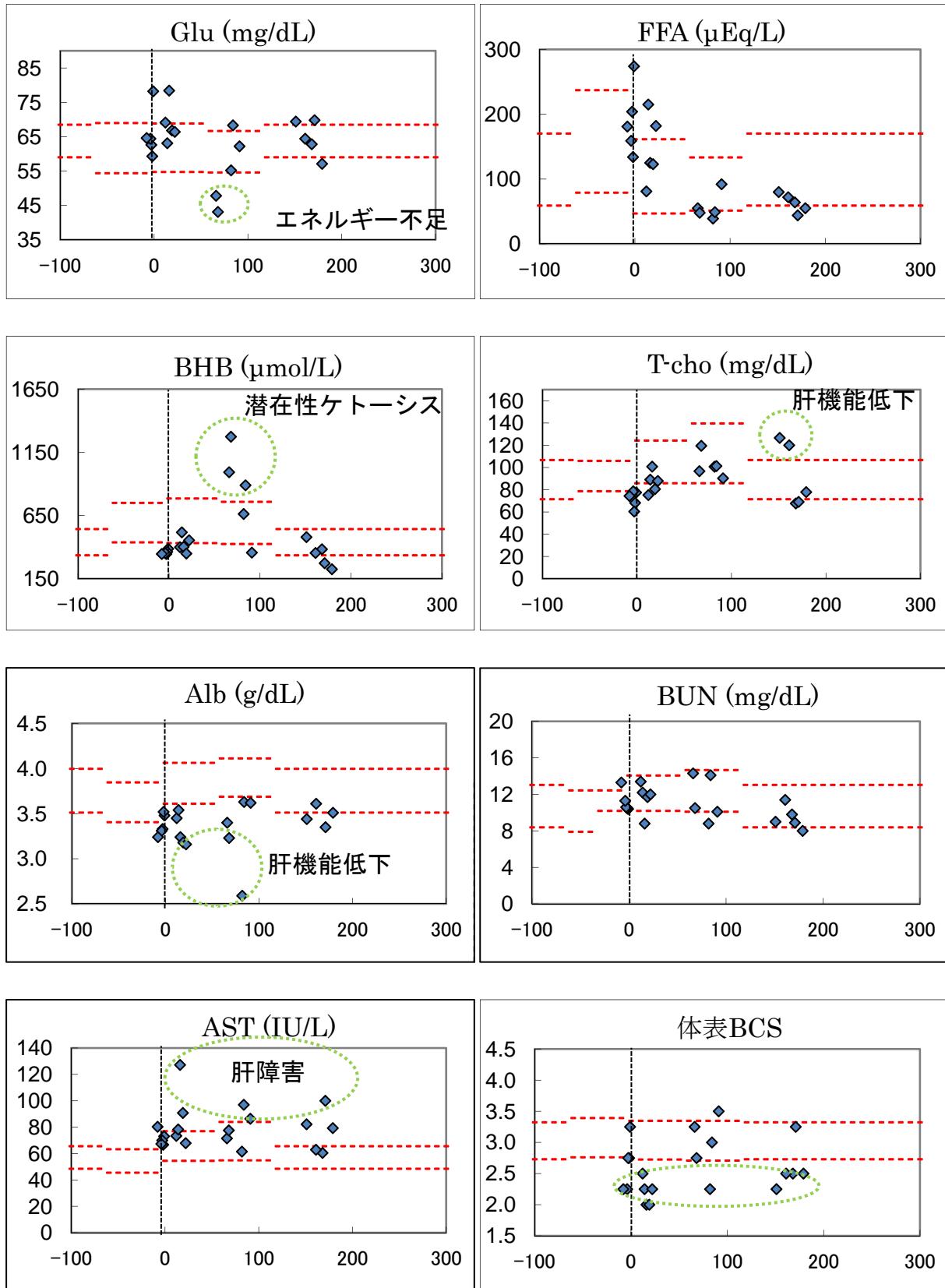
●事例 2



この事例は特に妊娠末期でエネルギー不足の牛群です。ルーメンサイズが低いことから乾物摂取量を確認する必要があります。

5. 農場毎の診断事例

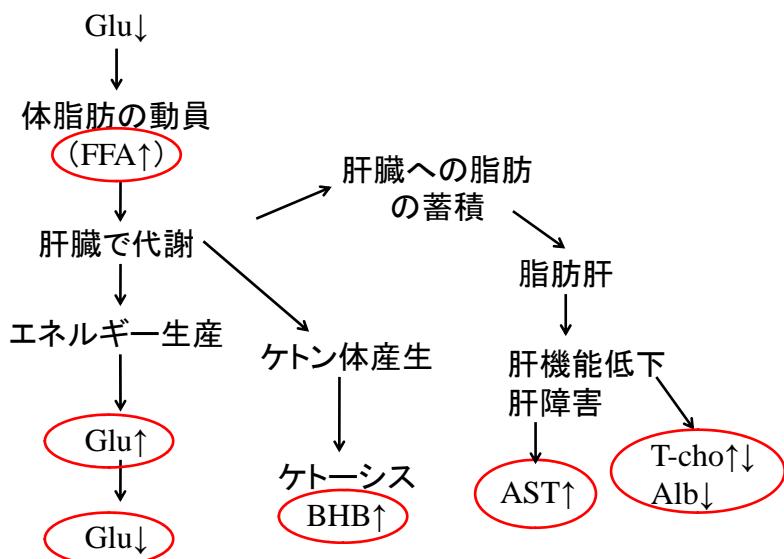
●事例 1



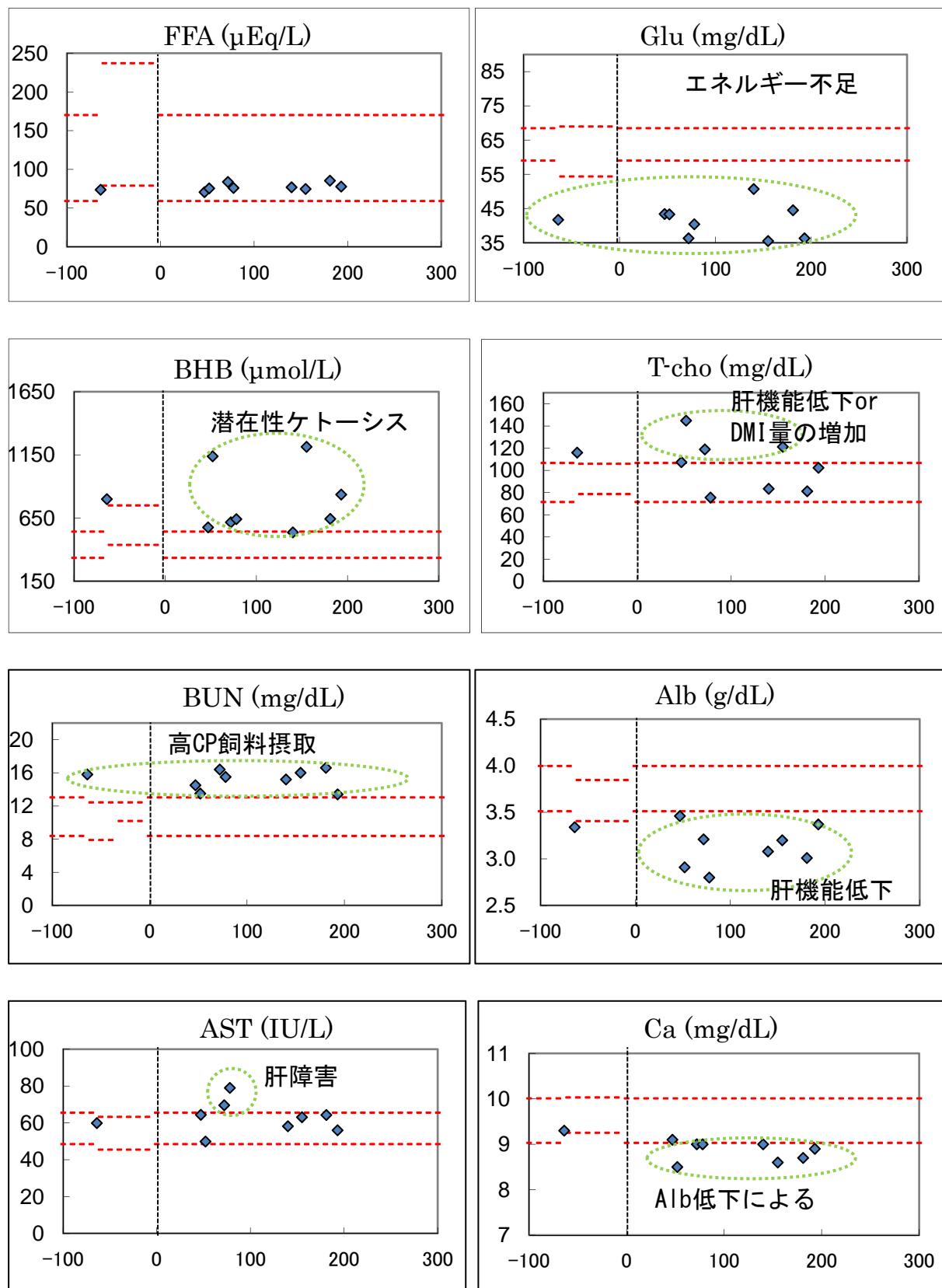
エネルギー代謝の評価項目については分娩前後および泌乳期にエネルギー不足の傾向がみられます。ただし、FFA や Glu の値は分娩直後ストレスの影響を強く受けている可能性があるため、正確な評価は困難です（通常の MPT では分娩直前・直後の個体は対象から外した方が賢明です）。一方、泌乳期は潜在性ケトーシスの傾向があり、高 BHB、低 Glu、低 Alb の傾向があります。特に Alb は全体的に低く、極端に低い個体も存在しています。MPT には臨床的に問題が無い個体を抽出して実施しているにもかかわらず、このような値を示す個体が存在することは、群内でも同様な傾向が予想されます。このため、重点的に飼養管理の見直しを図る必要があります。なお、泌乳期の潜在性ケトーシスは食餌性の可能性もあることから、摂取飼料の種類（サイレージか乾草か）や品質を確認する必要があります。ただし、BUN は適性範囲内でありバラツキも少ないとことから、乾物摂取量の均一化は意識されている農場と考えられます。このような農場は、問題点を認識すれば改善が早い傾向があります。

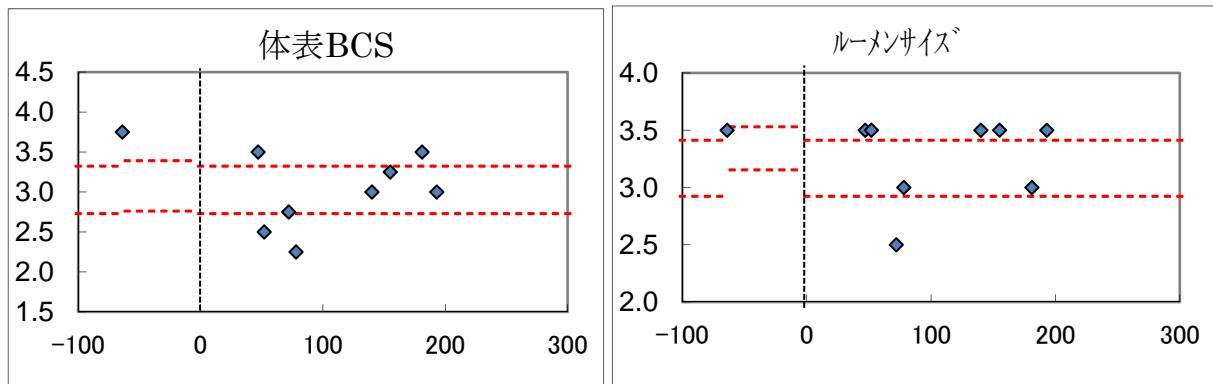
改善策としては、分娩前後から泌乳期の TDN 充足率を確認し、必要に応じて TDN 充足率を高める必要があります。また、泌乳期の牛群に給与している飼料の量、品質の確認が必要です。

エネルギー不足時の血液の動き



●事例 2

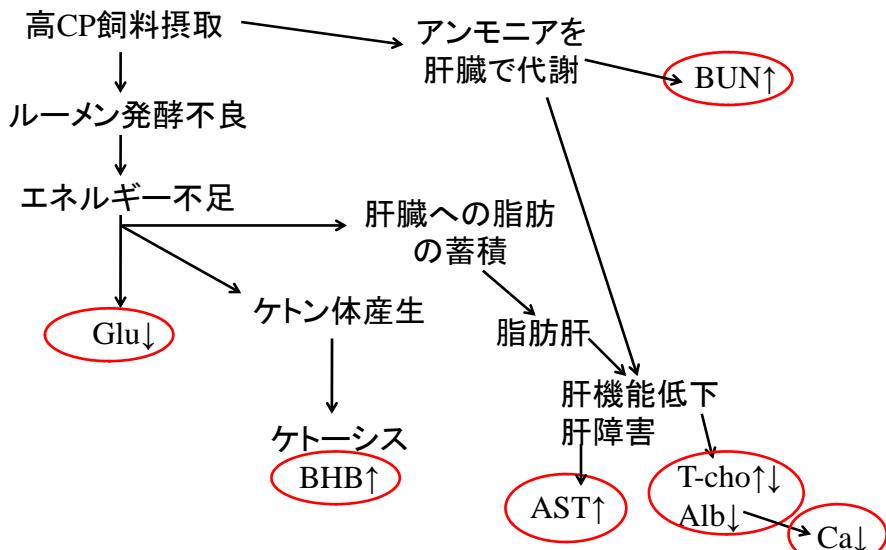




典型的な高 CP 飼料給与の例です。全ての繁殖ステージにおいて高 BUN、低 Glu から CP 摂取量の過剰によるルーメン発酵不良が疑われます。その結果、肝機能低下により低 Alb、高 T-cho となり、AST が高くなり始めています。まだ、AST の上昇が顕著ではありませんが、既に FFA が低値で Glu はかなり低下していることから、このような状態が一定期間続いていると考えられるため早急な対応が必要です。同様な事例は高 CP 粗飼料給与や牧草地での放牧でよくみられます。

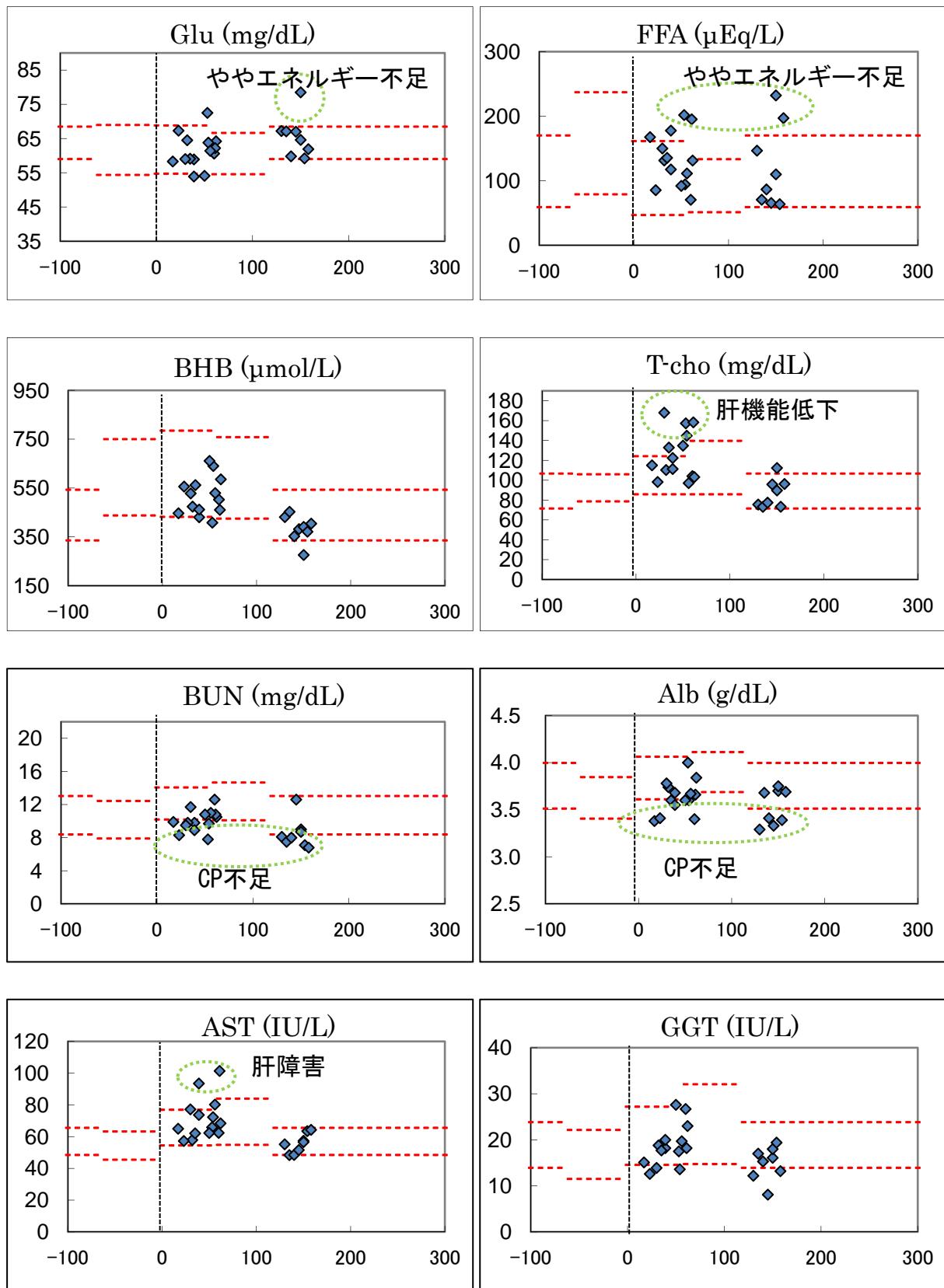
飼料の CP 濃度および CP 充足率を確認する必要があります。改善策としては、高 CP 飼料の給与量を減らすとともに、CP 充足率を確認しつつ高 NFC 低 CP の飼料を同時に給与する等です。放牧の場合は事前に放牧草の飼料成分を分析する必要があります。

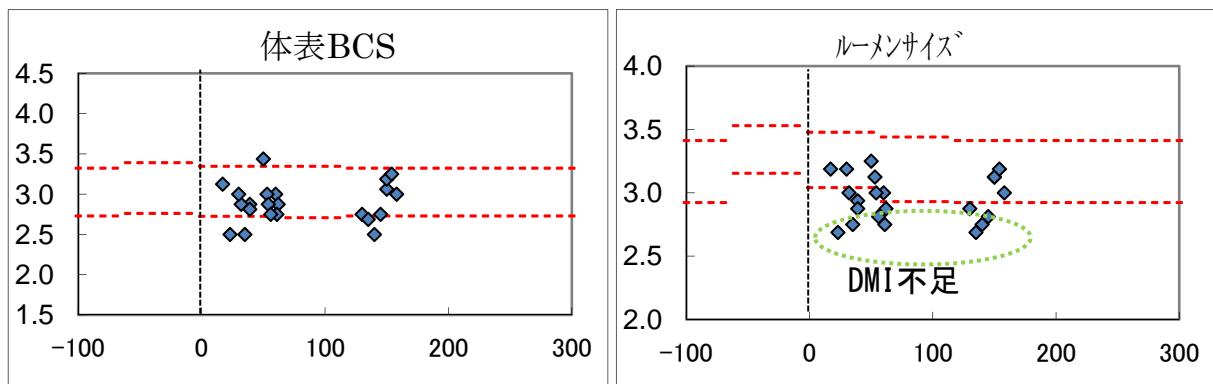
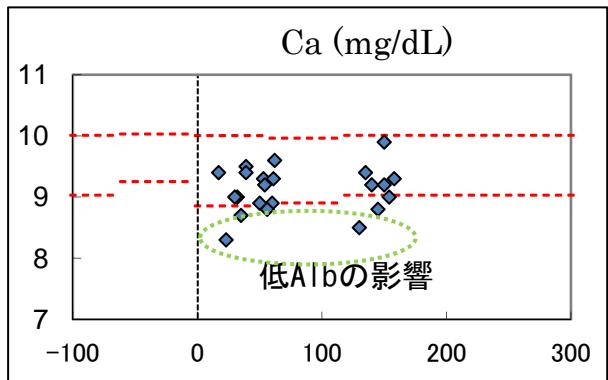
高CP飼料摂取時の血液の動き



○はMPTでみることができる項目

● 事例 3





上記事例は鳥取牧場の例です。鳥取牧場は年2回、各2ヶ月間の季節交配を行っているため、交配期間の前にMPTを実施し、その結果を基に飼料設計を調整してから交配期間に入るようにしています。

GluおよびFFAから泌乳牛および乾乳牛でややエネルギー不足の傾向があり、泌乳牛の一部でT-choやASTが高い個体がみられますが、適正範囲から大きく外れていません。ただし、BUNが全体的に低く、Albも低いことからCP不足の傾向があります。また、ルーメンサイズが全体的に低いことからDMI不足が疑われます。このような場合、CPの高い飼料を補助的に給与すべきと考えがちですが、CP不足はわずかであること、高CP飼料の給与は逆に高BUNを引き起こすリスクがあること、ルーメンサイズが低いことを考慮すると、現在給与している飼料の量を多くすることで対応できると考えられます。また、各血液データにバラツキが少ないことは、現在の飼料設計が牛各個体に伝わっていることになります。このような牛群では、飼料設計に多少の問題があったとしても、修正した後には改善されやすい傾向があります。

なお、上記事例では飼料給与量（粗飼料）を少し増やしてから胚移植を実施した結果、繁殖供用率は100%（61/61）、体内新鮮・凍結胚の受胎率は75.0%（57/76）と良好でした。

6.まとめ

		適正範囲より		バラツキが大きい
		高い	低い	
エネルギー 充足関連	Glu	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー不足の初期 ストレス デンブン飼料の多給 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー不足 (一定期間経過) 	DMI均一化不足
	FFA	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー不足の初期 ストレス 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー不足 (一定期間経過) ルーメン発酵不良 	
	BHB	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー不足 肝機能低下 (ケトーシス) 飼料の品質 (食餌性ケトーシス) 	<ul style="list-style-type: none"> ルーメン発酵不良 	
脂質代謝 関連	肝機能	<ul style="list-style-type: none"> 肝機能低下 摂取エネルギー(DMI)過多 粗脂肪摂取量過剰 	<ul style="list-style-type: none"> 肝機能低下 摂取エネルギー(DMI)不足 	DMI均一化不足
		<ul style="list-style-type: none"> 脱水 (ルーメンアシドーシスを含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 長期のCP不足 肝機能低下 	
タンパク代謝 関連	Alb	<ul style="list-style-type: none"> CP過剰 	<ul style="list-style-type: none"> CP不足 	DMI均一化不足
	BUN	<ul style="list-style-type: none"> 肝障害 高CP飼料の長期間摂取 エネルギー不足 毒草の摂取 肝蛭 		
	AST	<ul style="list-style-type: none"> 肝障害 高CP飼料の長期間摂取 エネルギー不足 毒草の摂取 肝蛭 		
肝障害 関連	GGT	<ul style="list-style-type: none"> 肝障害 高CP飼料の長期間摂取 エネルギー不足 毒草の摂取 肝蛭 		
	Ca	<ul style="list-style-type: none"> 脱水 (高Albによる) 	<ul style="list-style-type: none"> Ca不足 ルーメン環境不良 肝機能低下(低Albによる) 	
ミネラル	体表、尾根部		<ul style="list-style-type: none"> エネルギー過剰 	DMI均一化不足
	ルーメンサイズ		<ul style="list-style-type: none"> DMI過多 	DMI均一化不足
BCS				

<参考>

MPT はグラフを作成して適正範囲と比較するため、適正範囲の数値が必要になります。そこで、当マニュアル上の各血液生化学検査項目毎の適正範囲の数値を以下に示しておきます。

		繁殖ステージ			
測定項目		泌乳前期	泌乳後期	乾乳期	妊娠末期
Glu	(mg/dL)	62 ± 7*	61 ± 6	64 ± 5	62 ± 7
FFA	(μEq/L)	104 ± 57	92 ± 41	115 ± 56	158 ± 79
BHB	(μmol/L)	608 ± 177	592 ± 167	439 ± 104	594 ± 156
ACAC	(μmol/L)	25 ± 12	23 ± 10	16 ± 5	20 ± 8
BUN	(mg/dL)	12 ± 2	12 ± 2	11 ± 2	10 ± 2
Alb	(g/dL)	3.8 ± 0.2	3.9 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.6 ± 0.2
NH3	(μg/dL)	66 ± 18	63 ± 13	62 ± 15	59 ± 11
T-cho	(mg/dL)	102 ± 23	113 ± 27	89 ± 18	92 ± 14
AST	(IU/L)	66 ± 11	69 ± 15	57 ± 9	54 ± 9
GGT	(IU/L)	21 ± 6	23 ± 9	19 ± 5	17 ± 5
Ca	(mg/dL)	9.4 ± 0.6	9.4 ± 0.5	9.5 ± 0.5	9.6 ± 0.4
LA	(mg/dL)	5.9 ± 4.5	5.2 ± 3.5	5.8 ± 3.8	5.9 ± 3.2
体表BCS		3.1 ± 0.3	3.0 ± 0.3	3.0 ± 0.3	3.1 ± 0.3
尾根部BCS		3.1 ± 0.3	3.1 ± 0.3	3.1 ± 0.2	3.1 ± 0.2
ルーメンサイズ		3.3 ± 0.2	3.2 ± 0.3	3.2 ± 0.2	3.3 ± 0.2
体重	(kg)	490 ± 61	476 ± 56	472 ± 48	498 ± 53

* : 平均 ± 標準偏差

泌乳前期 : 分娩後0-60日、泌乳後期 : 分娩後61-120日、

乾乳期 : 分娩後120日から分娩予定日の61日前、妊娠末期 : 分娩予定日の60-0日前

おわりに

鳥取牧場では、MPT を利用した飼養管理の改善により繁殖性や子牛生産性が向上しました。このことから MPT は肉用繁殖牛においても生産性向上のツールとなり得ると考えられます。しかし、MPT は飼養管理の評価方法に過ぎず、基本となる毎日の飼養管理や牛群の観察が重要であることはいうまでもありません。このことを念頭において本マニュアルを利用していただければと思います。本マニュアルが国内の肉用牛繁殖雌牛の生産性向上に、少しでもお役に立てば幸いです。

なお、本マニュアルは繁殖和牛の MPT 診断を中心にまとめていますので、飼養管理全般のマニュアルにつきましては家畜改良センター鳥取牧場のホームページ上の「多頭飼養における黒毛和種繁殖雌牛生産性向上のための代謝プロファイルテストを用いた飼養管理マニュアル」を参照してください。

<http://www.nlbc.go.jp/tottori/>

★謝辞

本マニュアルを作成する上で、貴重な MPT データの提供および調査協力をしていただきました熊本県農林水産部生産局畜産課参事 前淵耕平氏、農研機構西日本農業研究センター畜産・鳥獣害研究領域長 山本直幸氏および業務課の皆様、長崎県農林技術開発センター畜産研究部門 大家畜研究室 山崎邦隆氏およびなんこう ET 研究会の皆様、家畜改良センター熊本牧場、宮崎牧場、鳥取牧場の皆様に深謝いたします。

〈参考文献〉

木田克弥. 2000. 生産獣医療における牛の生産病の実際 (内藤善久, 浜名克己, 元井葭子編). II 代謝プロファイルテストの実際 pp. 13-33. 文永堂, 東京.

農業・食品産業技術総合研究機構編. 2009. 日本飼養標準 肉用牛 (2008年版). pp. 34-35, pp. 58-59, pp. 135-136. 中央畜産会, 東京.

岡田啓司, 菊地薰, 三浦潔, 佐藤利博, 森田靖, 田高恵, 萩野朋子, 金田義宏. 1997. 黒毛和種子牛の白痢とアルコール不安定母乳の関係. 日本獣医師会雑誌 50: 74-79.

岡田啓司, 田高恵, 佐藤忠弘, 村田修, 伊藤真, 渡辺一雅, 下山茂樹, 佐々木重莊, 金田義宏. 1997. 黒毛和種繁殖母牛の栄養状態と子牛白痢の発生. 日本獣医師会雑誌 50: 209-213.

岡田啓司, 佐藤忠弘, 佐々木重莊, 赤坂茂, 下山茂樹, 佐々木洋子, 高橋覚志, 平田統一. 1997. 採食前後における乳牛血液成分の変動. 日本獣医師会雑誌 50: 220-223.

岡田啓司. 1999. 全国家畜畜産物衛生指導協会. 生産獣医療システム肉牛編. 第5部 代謝プロファイルテスト 第I章～第II章 pp. 183-194. (社)農山漁村文化協会, 東京.

岡田啓司. 2001. 全国家畜畜産物衛生指導協会. 生産獣医療システム乳牛編 3. 第1部 代謝プロファイルテストを基本とした栄養管理 第I章～第V章, 第VIII章 pp. 7-45. (社)農山漁村文化協会, 東京.

岡田啓司, 安田準. 2001. 代謝プロファイルテストのためのウシ血液の採取・保存方法の検討. 日本家畜臨床学会誌 24: 13-18.

岡田啓司, 志賀龍郎, 戸川晶子, 深谷敦子, 平田統一, 竹内 啓, 内藤善久. 2002. 黒毛和種牛における給与飼料変更後の胃汁および血液性状の変化と子牛白痢の発症. 日本獣医師会雑誌 55: 209-214.

岡田啓司. 2005. 獣医内科学 (川村清市, 内藤義久, 前出吉光監修). 第17章 生産獣医療システム 2 乳牛の生産獣医療 pp. 297-311. 文永堂, 東京.

Payne JM, Payne S. 1987. The metabolic profile test. Oxford University Press, Oxford. 日本語訳　臼井和哉　監修. 1992. 代謝病のプロファイルテスト. 学窓社, 東京.

渡邊貴之, 小西一之, 野口浩正, 大福浩輝, 岡田啓司. 2012. 黒毛和種受胎牛への高蛋白飼料給与が栄養状態と受胎率に及ぼす影響. 産業動物臨床医学雑誌 3: 7-12.

渡邊貴之, 小西一之, 熊谷周一郎, 野口浩正, 武井直樹. 2014. 良好的な生産性を保つ黒毛和種繁殖牛群における代謝プロファイルテストの値. 日本畜産学会報 85: 295-300.

渡邊貴之・熊谷周一郎・野口浩正・前田昌穂・小西一之. 2015. 黒毛和種繁殖雌牛における代謝プロファイルテストのための最適な採血時間の検討. 肉用牛研究会報 98:9-12

渡邊貴之・熊谷周一郎・野口浩正・池田隆敏・武井直樹・小西一之. 2016. 飼料成分の急激な変更が黒毛和種繁殖牛の血液生化学検査値におよぼす影響. 肉用牛研究会報 (印刷中)

渡邊貴之・熊谷周一郎・野口浩正・前田昌穂・小西一之. 2016. 黒毛和種繁殖雌牛におけるルーメン内揮発性脂肪酸濃度と血液生化学検査値の関係 (投稿中)