

講演 5

乳牛における飼料品質と血中ビタミンA、 β カロテン濃度と健康の関係

帯広畜産大学畜産フィールド科学センター 木田 克弥

1. はじめに

サイレージなどの粗飼料品質の悪化に伴い乳中体細胞数が増加したり、受胎性が低下したりすることが、酪農現場では古くから経験されています。その理由として、飼料の変質に伴うタンパク変性物（窒素化合物）すなわち飼料成分としての溶解性タンパク質の増加、有害微生物の増殖、マイコトキシンの産生、ビタミンAの破壊、そして採食量（乾物摂取量）そのものの低下に伴う栄養不足などがあげられます。粗飼料は通常、同一飼料が牛群中のすべての牛に一齐に給与されるため、例えば、溶解性タンパク質の過剰摂取は乳房炎のリスクを高めるなど、飼料の品質悪化は牛群レベルの問題として酪農経営そのものに与える影響が大きいという特徴があります

(図1)。

乳牛の栄養においてビタミンAは、必要不可欠な微量栄養素の1つであり、皮膚、粘膜、腺、網膜、正常上皮組織の維持、繁殖に関わるホルモンの生産、そして疾病に対する抵抗

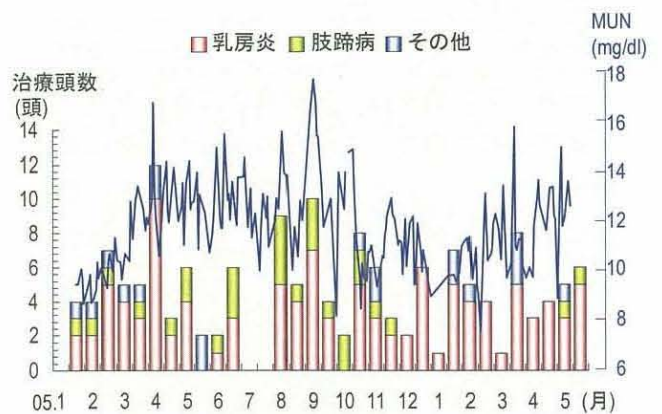


図1 乳中尿素値と疾病発生の関係
(産業動物獣医学会 2006)

性や細胞性免疫の増強など、その役割は重要です。乳牛の1日当たりのビタミンA必要量は6～10万単位（日本飼養標準2006年版）ですが、乾草やトウモロコシサイレージなどの貯蔵飼料中にはプロビタミンAとしてのβカロテン含有量が少ないため、飼料添加が推奨されています。しかし、個々の酪農家において、飼料中のビタミンAやβカロテン含有量を知ることが容易ではなく、粗飼料の品質変動が大きいと添加の効果も判然としません。そのため、飼料価格高騰が酪農経営を圧迫している今日、コスト低減を理由に、これらビタミンの飼料添加がますます行われなくなっている状況も見受けられます。

そこで、本講演では、季節毎に変動する飼料の品質と乳牛の血中ビタミンAやβカロテン濃度および乳房炎などの疾病発生との関連性を検討し、ビタミンAやβカロテンの飼料添加の意義と重要性について考察します。

2. 飼料品質と血中ビタミンA、βカロテン濃度の季節変動と乳房炎の発生との関係

1) 調査方法

調査は2007年6～10月に帯広畜産大学畜産フィールド科学センター（FSC）で行われました。FSCの牛群は、フリーストール牛舎で、常時、牧草サイレージとコーンサイレージの等量混合物（乾物で各7～10kg）に2～3kgの濃厚飼料を加えたTMRを自由採食の上、自動給餌機で個体ごとに配合飼料を給与されています。また、調査期間中は日中4～5時間、青草に放牧されました。なお、6月末と9月末には、サイロの切り替えに伴う給与メニューの修正が行われました。

TMRの品質：毎日TMR製造直後にpHと水分を測定し、TMR品質や牛の健康状態に影響を及ぼすと考えられるFSC周辺の外気温についても記録しました。

牛群の健康状態：毎月1回代謝プロファイルテストを実施し、その中から泌乳中期～後期に該当する牛10頭を任意に選定し、血中ビタミンAおよびβカロテンを測定しました。

また、乳房の健康状態を評価するために、潜在性乳房炎の指標として毎週4回バルク乳の体細胞数（SCC）と乳中NAGase活性値を測定し、さらに臨床型乳房炎の指標として乳房炎の診療件数を月ごとに集計して搾乳頭数に対する比率（発症率）を求め、ビタミンA、βカロテン濃度との関係を検討しました。

2) 調査結果

牛群の血清ビタミンA濃度：6月の最低値（66IU/dL）から、10月には最高値（142IU/dL）を示し、6月と10月の間には有意差（ $P<0.05$ ）が認められました（図2）。

血中βカロテン濃度：有意ではありませんが、毎月変動が観察されました（図3）。

バルク乳の体細胞数：6月に高値を示し、7月は低値で推移しましたが、8月に上昇し、9月後半以降は再び低下しました（図4）。

バルク乳のNAGase活性値：体細胞数と概ね同様の傾向で推移しました（図5）。

臨床型乳房炎の発症率：6月の新規、再発あわせて25%以上の高い発症率から、10月には新規発症が1.6%まで低下しました（図6）。

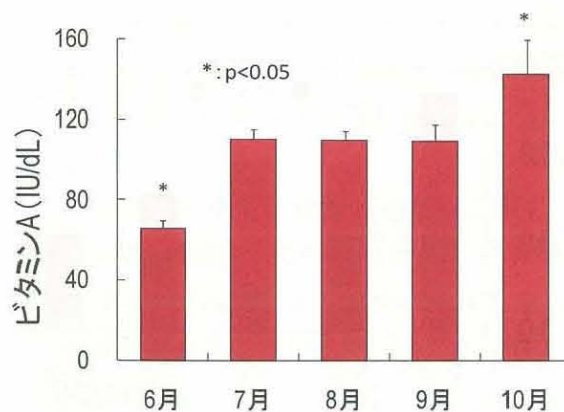


図2 牛群の平均ビタミンA濃度の推移

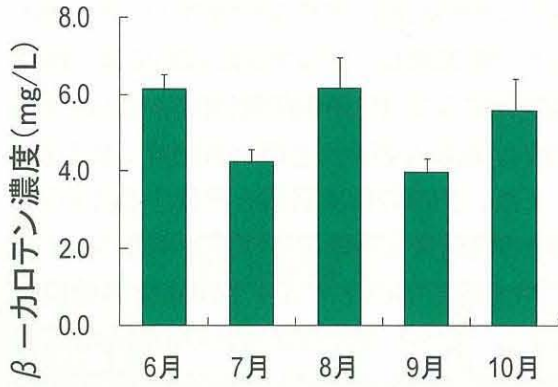


図3 牛群の平均βカロテン濃度の推移

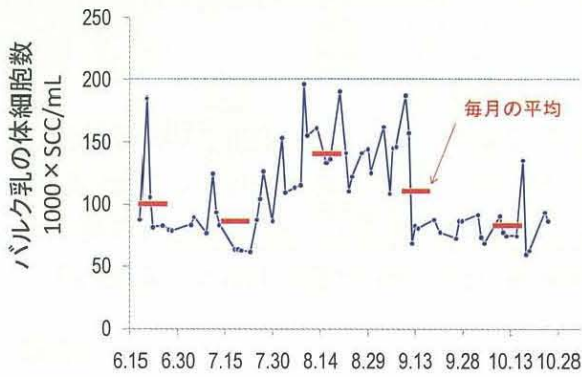


図4 バルク乳中体細胞数の推移

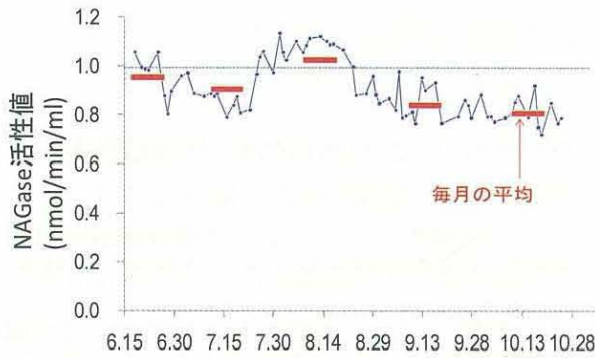


図5 バルク乳中 NAGase 活性値の推移

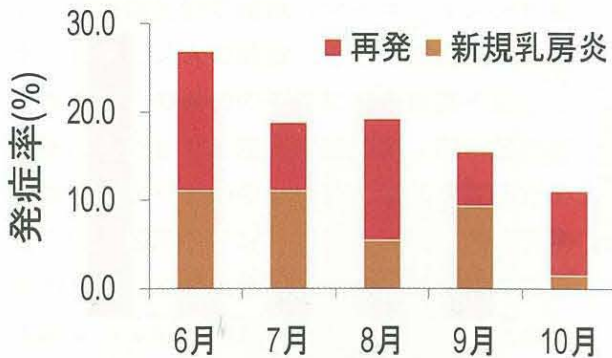


図6 搾乳頭数に対する乳房炎発症率

TMR の pH、水分と外気温の関係：TMR の pH は水分と密接な関係を保ちながら推移しました (図7)。そこで、両者を相関分析で検討したところ、決定係数 $R^2=0.770$ と極めて強い正の相関が認められました (図8)。このことは、予乾不足による不良発酵や雨水が浸水したサイレージでは、pH が上昇し品質が低下していることが示唆されました。

ところで、TMR の pH の変動を詳細に見ますと、調査開始時の6月下旬には、pH が 4.5 以上と品質が低下していました。これは、牧草サイレージのバンカーサイロが終わりに近づき、品質が低下していたことを反映しています。6月末に新しいサイレージに切り替わった後は一旦 pH4.5 以下と良好になりましたが、7月下旬から8月いっぱいには再び上昇し、9月以降は次第に低下しました。特に、9月下旬に再度、新しいサイレージに切り替わった後は、極めて低い pH (高品質) を維持していました。ちなみに、このときの牧草サイレージは、乳酸発酵を促進させるために糖蜜飼料を添加して調製したもので、発酵品質は極めて良好なものでした。

TMR 製造後の品質 (バンクライフ) は空気が混ざることに加え、外気温の影響を受けて低下しますので、TMR の pH と毎日の最高気温との関係についても検討してみました。その結果、水分ほどではありませんが両者が並行して変動する傾向が認められ (図9)、相

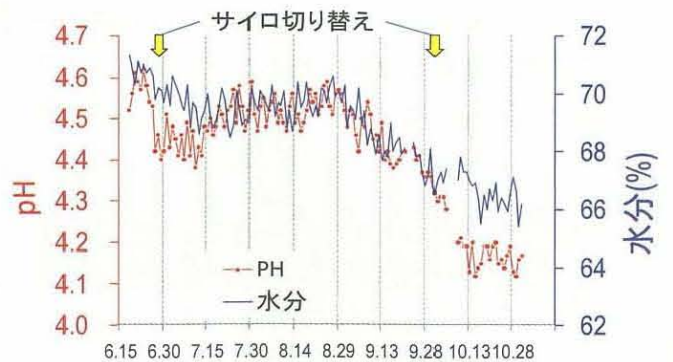


図7 TMR の pH と水分の推移

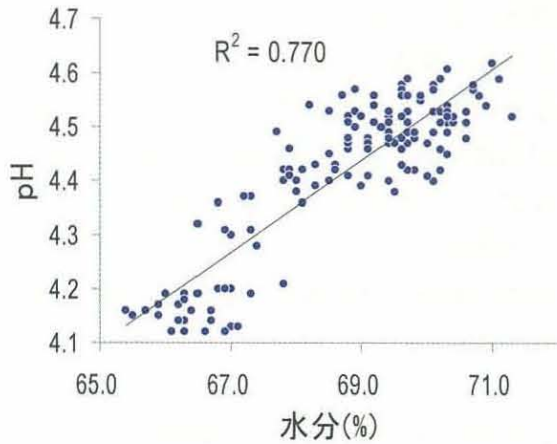


図8 TMRのpHと水分の関係

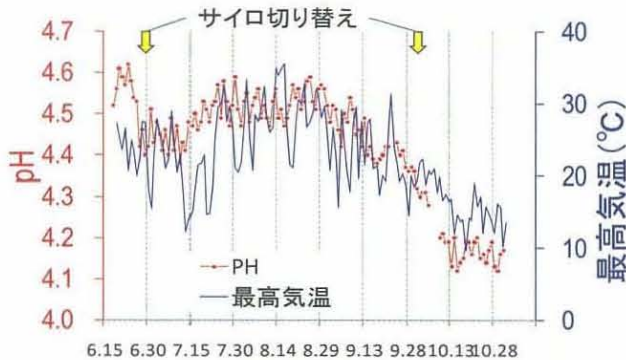


図9 TMRのpHと最高気温の推移

関分析でも決定係数 $R^2=0.53$ と高い相関関係が確認されました。7月末～8月のpH上昇は、高い気温の影響であると考えられます。これらのことから、サイレージの品質は、水分と外気温に大きく影響を受けることが再確認されました。

以上のことから、臨床型乳房炎の発症率は、牛群の平均血清ビタミンA濃度と反比例の関係で変動し、ビタミンA濃度は、TMRのpHが上昇する、すなわち品質低下に伴って減少していくことが確認されました。

一方、潜在性乳房炎は、6月下旬のように、TMRの品質低下によっても増加しますが、併せて、8月のような暑熱ストレスが大きくなることによっても増加することが確認されました。暑熱ストレスにより生体の免疫力が低下して体細胞数が増え、さらに摂取飼料の

品質低下に伴うビタミンAの低下が起きることで、臨床型乳房炎に転化していくのかもしれない。

3. 周産期の乳牛のビタミンAおよびβカロテン濃度と乳房炎の関係

1) 調査方法

2007年6～7月に分娩予定の経産乳牛14頭について、分娩前後のビタミンAおよびβカロテン濃度を測定し、乳房炎の発生要因について検討すると共に、代謝プロファイルとの関係を調査して、これらのビタミンの血中濃度の変動要因について検討しました。

2) 調査結果

乳房炎の有無と血中ビタミンA、βカロテン濃度の関係：分娩後に乳房炎を発症した牛は、発症前からビタミンA濃度が有意に低下し、発症後は、その差が、より大きくなりました（図10）。しかし、βカロテン濃度には、発症牛と非発症牛との間に有意差は認められません（図11）。このことは、乳房炎の発症要因として、βカロテンの摂取量には差がないものの、臨床的に症状が顕在化する前から生体内ではビタミンAの消費が亢進している可能性が示されました。

血中ビタミンA、βカロテン濃度と代謝プロファイルの関係：ビタミンAやβカロテン濃度が低下する牛では、いったい何が起きているのでしょうか？

血液代謝プロファイルとビタミンAおよびβカロテン濃度との相関分析の結果から、有意な相関が認められた項目を表1、2に示します。

負のエネルギー状態（遊離脂肪酸↑、βヒドロキシ酪酸↑）の牛ではビタミンAが低下し、健全な肝機能（コレステロール↑）を有し、十分な採食をしている牛（マグネシウム↑）では増加しています（表1）。γ-GTPとの正の相関は、分娩後の採食増加に伴う生理的な変

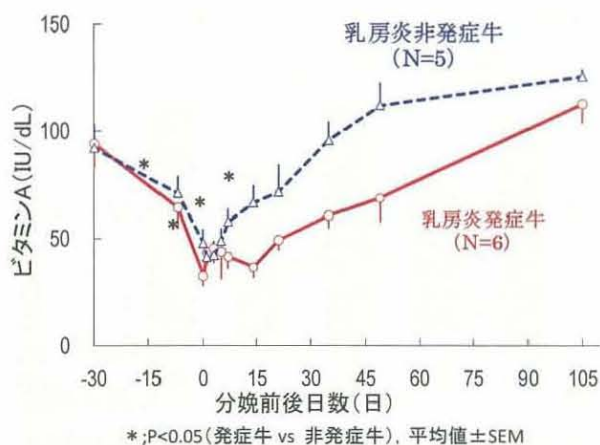


図 10 乳房炎発症と非発症牛のビタミン A 濃度

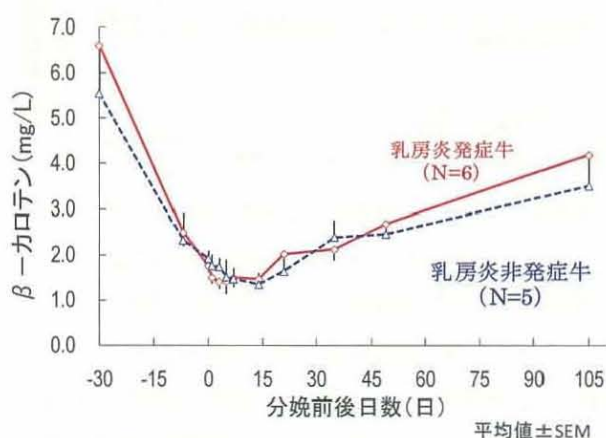


図 11 乳房炎発症と非発症牛のβカロテン濃度

表 1 ビタミン A と代謝プロファイルの相関

項目	相関係数 (r)	P 値
遊離脂肪酸	-0.294	**
総コレステロール	0.348	**
βヒドロキシ酪酸	-0.263	**
マグネシウム	0.325	**
γ-GTP	0.262	**

** : P < 0.01

動を反映しているもので、大きな意味はないと考えられます。

一方、βカロテン濃度との相関分析では、血液濃縮（ヘマトクリット↑）や溶解性タンパク質の過剰（尿素窒素↑）および肝機能障害（AST↑）牛で低下し、健全な肝機能（コレステロール↑）の牛で増加することが確認され

ました。このことから、ルーメン発酵の異常により消化障害（下痢）を呈するような牛ではβカロテンの吸収が低下し、生体内では消費が亢進していることが考えられます。なお、アルブミンとの正の相関は、炎症性のグロブリンの増加によってアルブミンが低下している牛で、βカロテンも低下しているものと思われる。（表 2）

表 2 β カロテンと代謝プロファイルの相関

項目	相関係数 (r)	P 値
ヘマトクリット	-0.374	**
アルブミン	0.233	**
尿素窒素	-0.251	**
総コレステロール	0.399	**
AST (GOT)	-0.226	**

** : P < 0.01

4. まとめ

乳牛の血中ビタミン A 濃度の低下は、臨床型乳房炎の発生に強く影響しています。一方、血中ビタミン A 濃度の季節別推移は、給与 TMR の品質（pH）変動に極めて近似しています。TMR の水分と pH は極めて強い相関を有しており、このことは取りも直さず TMR の原料としてのサイレージの品質低下が、乳牛の血中ビタミン A 濃度を減少させ、健康を損ねる結果、牛群としての生産性をも低下させてしまうことを意味します。

暑熱ストレスは、潜在性乳房炎の発生リスクを高め、その際、給与飼料の品質悪化によるビタミン A の低下が起きると、一気に臨床型乳房炎に転化してしまいます。

さらに、周産期の乳牛は、生理的にビタミン A 濃度が低下しており、このこともまた周産期における乳房炎のリスクファクターと言えるでしょう。

したがって、乳牛の健康を確保するためには、給与飼料の品質をできる限り高水準に安定確保することが大切であることは言うまで

もありませんが、不幸にも品質の低下が観察される場合や、暑熱期そしてクローズアップ期の牛に対しては、ビタミンA並びにβカロテンの飼料添加が不可欠と思われます。

5. 謝辞

本研究は、鍛冶村亜矢さん（2008年3月、畜産科学科卒業）並びに、青木和也君、見山

徳征君（2008年3月、草地畜産専修別科卒業）が卒業研究として取り組まれ、まとめられたものです。

βカロテンの測定には、DSM ニュートリションジャパン株式会社から i-Check®を御提供いただきました。

衷心より感謝を申し上げます。