



解説

新しい牛群検定成績表について(その67)

－乳中ケトン体について－

情報分析センター 部長 相原 光夫

牛群検定では、現在、乳中ケトン体という新しい乳成分検査に取り組んでいます。準備を進めているところですが、牛群検定の新しい検査項目として、検定農家の皆様に順次お届けする予定です。ご覧になった方は、まだ少ないかも知れませんが、これから検定農家にお届けする乳中ケトン体について、どういったものなのか？ どういった使い方をするものなのか？などを紹介したいと思います。

なお、紹介する内容は、乳用牛群検定全国協議会が、公益財団法人全国競馬・畜産振興会の助成により行った乳用牛群飼養管理技術向上対策事業（平成29～31年度）によります。

1 乳中ケトン体への取組状況

新しい乳成分値になりますので、乳成分の分析所のご協力が必須となります。これまで、試験的に幾つかの分析所で測定を実施して頂き、その結果を牛群検定データとして利用出来るかどうかなど検証しておりました。今後、準備が整った分析所から、乳中ケトン体データの提供を開始します。当面は図1のような乳成分速報として繁殖台帳WebシステムやFax、メール等でお知らせする予定です。

なお、これから乳成分速報を希望される場合は、送料などの実費が発生するので、別途申し込みが必要です。最寄りの検定組合にお問い合わせください。

2 分娩後の栄養不足

酪農研修会などに参加されたことのある酪農家の方は、「分娩後の食い込み、栄養不足に気をつけなさい」と、それこそ耳にタコが出来るほど聞かれています。乳中ケトン体という乳成分値は、この栄養不足を判断する値です。「ケトン」という言葉で、ピーンと来た方も多いと思いますが、乳牛の代表的な栄養障害である「ケトosis」と密接に関係のあるものです。図2示したように、乳中ケトン体(BHB)が0.13mM/L(ミリモルパーリットル)以上の場合に、栄養不足としてケトosisが疑われる目安としています。

図1

FAX: 0356218922

送信日: 2019年08月27日

検定農家コード: 20-01-001

1 / 1枚

検定農家氏名: 牛群太郎

乳成分検査日: 2019年07月25日

乳成分の分析結果速報

No.	サンプル瓶番号	個体識別番号	搾乳夜朝	FAT (%)	PRT (%)	SNF (%)	LCT (%)	SCC (千/ml)	MUN (mg/dl)	BHB (mM/L)	FFA (BDI)
1	0180	99999-1265-1	1	3.82	3.37	8.83	4.53	118	10.1	0.02	0.99
2	0180	99999-1265-1	2	3.65	3.40	8.86	4.54	117	9.4	0.00	0.73
3	0181	99999-1392-1	1	4.60	3.80	9.32	4.65	99	9.3	0.00	3.37
4	0181	99999-1392-1	2	3.96	3.83	9.38	4.66	78	9.2	0.00	3.17
5	0205	99999-1313-1	1	4.34	3.44	8.79	4.49	▲1679	9.5	0.05	4.92
6	0205	99999-1313-1	2	5.00	3.51	8.89	4.49	▲1326	11.8	0.01	3.41
7	0212	99999-1377-1	1	4.61	2.55	8.82	4.22	224	11.8	0.00	4.64
24	0240	99999-1140-1	1	3.40	3.11	※8.05	4.13	50	9.3	0.04	0.00
25	0247	99999-1167-1	1	3.62	3.30	※8.05	3.82	△1021	11.2	0.10	0.00
26	0247	99999-1167-1	2	※3.25	3.35	※7.91	3.63	▲2816	9.5	0.15	0.00
27	0248	99999-1189-1	1	3.36	3.17	8.53	4.49	41	8.1	0.03	0.86
28	0248	99999-1189-1	2	※2.11	3.23	8.64	4.56	28	9.3	0.00	0.00
29	0250	99999-1433-1	1	5.92	3.03	8.41	4.39	43	12.7	0.03	2.10
30	0250	99999-1433-1	2	5.59	3.13	8.53	4.44	193	9.8	0.05	0.55
各項目の単純平均				3.79	3.25	8.52	4.36	665.13	9.71	0.03	1.47

注) 検定員、または、検定組合によるエラーチェック前のデータです。ご注意ください。
牛個体識別番号は、サンプル瓶番号から牛コードを推定して付与しています。
搾乳夜朝: 2回搾乳(1:夜 2:朝) 3回搾乳(1:昼 2:夜 3:朝)
※: 乳脂率、蛋白質率、無脂固形分率が、それぞれ、3.3%、2.8%、8.3%以下
△: 体細胞数が283~1131 ▲: 体細胞数が1132以上

図2 BHB(β-ヒドロキシ酪酸)の見方

BHB: 0.13mM/L以上	栄養不足、ケトosisが疑われる(※)
BHB: 0.13mM/L未満	良好

※ 酪酸発酵サイレージを給与した場合もBHBは上昇します

3 乳中ケトン体とは

乳用牛は分娩後の急激な泌乳量の増加に対し採食量が伴わず、栄養不足状態となることが多く、ケトosisを発症する事例もあることが知られています。図3に、そのメカニズムを図示しました。栄養不足であれば、牛体は削瘦します。削瘦という言葉を詳しく解説すると、蓄えられたエネルギーを取り出すために体脂肪（いわゆる贅肉、中性脂肪）が分解されることを言います。分解された中性脂肪は遊離脂肪酸（NEFAと呼ばれます）となり、血液中を流れて肝臓に到着します。ここで、通常であればエネルギーが取り出されます。ところが、極端に激ヤセすると、遊離脂肪酸がドンドン肝臓に運ばれてくるため、肝臓のエネルギー処理能力を超えてしまいます。処理しきれない遊離脂肪酸は、図示したような変化を経て、ケトン体という物質になります。逆に言えば、ケトン体が多いと言うことは、栄養不足であることを意味するわけです。そして、極端に増えてしまった場合が、ケトosisと呼ばれる病気となります。栄養不足の状態から、更に乳量が低下し、飼料効率が低下します。第四胃変位や乳房炎、繁殖障害等が続いて発生することも知られ、低カルシウム血症と並んで、分娩後の泌乳初期の重要な飼養管理ポイントのひとつです。

4 BHB (β -ヒドロキシ酪酸)

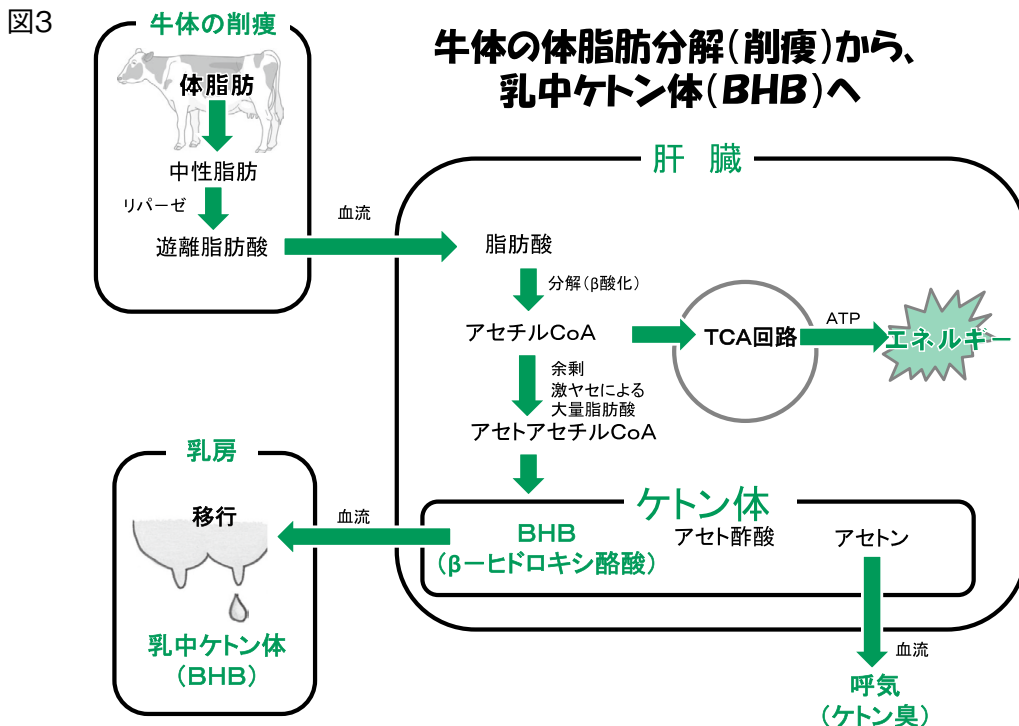
図3に示したようにケトン体は何種類かありますが、牛群検定ではBHB (β -ヒドロキシ酪酸)をターゲットにしています。ケトン体は揮発性が高く、呼吸はもちろん、牛体からも発散されるほどです。もちろん牛乳にも移行します。この乳中に移行した乳中ケトン体のうち β -ヒドロキシ酪酸はBHBと呼ばれ、揮発性がアセトン等と比べ比較的安定しているため、牛群検定で活用することも可能となるものです。

ちなみに、呼吸や牛体から発散するケトン体は、ケトン臭という酸っぱい果物の腐ったような臭いで、ケトosisの兆候のひとつです。酪農家は鼻が慣れてしまうので、検定員の皆さんは、牛群検定の立会の時に牛舎にケトン臭が充満していたら教えてあげてください。栄養不足でケトosisとなっている牛が多いことを意味します。

話が横道にズレますが、人間でも極端なダイエットで激ヤセするとダイエット臭という体臭が発生することが知られています。ダイエット臭とは、ここで紹介したケトン臭と同一のもので、

5 ケトン体試験紙

従来から、獣医師がケトosisを診断する材料のひとつにケトン体試験紙が用いられています。これは試験紙に乳汁を塗布するだけという大変簡易な検査です



から、酪農家でも利用されている方がいらっしゃる。この試験紙で測定しているものが、前述のBHB（β-ヒドロキシ酪酸）です。牛群検定で乳中ケトン体を情報提供するという事は、毎月の牛群検定において、搾乳牛全頭にこの検査を行うことと同じ意味となります。これまで「体調が変だな」と思った牛を検査していた農家であれば、全頭を一度に牛群検定で検査できることは、大きなメリットです。何と云っても、日頃の多忙な作業の中で、いつもの牛群検定で自動的に検査されること自体がメリットでしょう。

ケトン体試験紙では、BHBが0.2mM/L以上の場合をケトosis陽性（+）の目安にしています。牛群検定のそれぞれのBHB検査結果の関係を乳用牛群検定全国協議会で調査した結果を図4に示しました。これは、栃木県下の無作為の検定農家で調査したものです。全部で149検体を調査しました。試験紙の検査で、ケトosisでない（-または±）と判定された132検体は、牛群検定の検査結果でも全頭BHB0.13mM/L未満となり、結果は一致しました。しかし、牛群検定の検査でBHB0.13mM/L未満となった144検体には、試験紙の検査でケトosis陽性（+）となった事例が12検体ありました。この12検体の牛がケトosisかど

うかは獣医師に診断して頂くしかありません。この試験結果としては、どちらかに8%程度（=12検体÷149検体）の誤差があったこととなります。逆に、牛群検定において0.13mM/L以上となる栄養不足ケトosisが疑われるものは5検体でしたが、これは試験紙の検査でも全部が陽性（+）となり一致しました。

これらの結果から、牛群検定でBHBが0.13mM/L以上となった場合は栄養不足ケトosisが疑われることがわかります。ただし、0.13mM/L未満となった場合であっても、栄養不足ケトosisが含まれている危険性（誤差）が残ることを留意する必要があります。

6 牛群としての管理

BHB（β-ヒドロキシ酪酸）と牛群検定成績との関係を図5に示しました。BHBが0.13mM/L以上で栄養不足ケトosisが疑われる牛の検定成績は、総じて乳量が低く、体細胞数が高いことがわかります。乳成分値では乳脂率が高いため、従来から牛群検定成績での栄養不足の目安としていたP/F比が0.7以下となっています。BHBは、従来のP/F比と同様の活用もできることを意味しています。

全乳期での調査では、BHBが0.13mM/L以上で栄養不足ケトosisが疑われる牛の頭数比率は、都府県で4.3%程度ですが、分娩後60日以内では10.9%と跳ね上がります。これは10頭に1頭という高い比率であり、問題の深刻さを示しています。BHBの活用として、この頭数比率の考え方は大きなポイントです。乳房炎を示す体細胞数の場合は、乳質を示す値として乳価に反映していますが、BHBは特に乳価に使われているわけではありません。すると、体細胞数のようにBHBにおける牛群平均（バルク乳平均）には大きな

図4

牛群検定サンプルによるBHB測定値とケトン体試験紙の対比試験

BHB計測値 mM/L	ケトン体試験紙	ケトン体試験紙		小計
		「-」「±」 正常または擬陽性	「+」 陽性	
0.13未満	132	12	0	144 (96.6%)
		12		
0.13以上	0	2	3	5 (3.4%)
		5		
計	132 (88.6%)	14 (11.4%)	3	149

乳用牛群検定全国協議会

図5 BHBと牛群検定成績の関係

①分娩後60日以内

BHB (β-ヒドロキシ酪酸)	都府県						件数	頭数比率
	平均乳量	平均乳脂率	平均蛋白率	平均P/F比率	平均体細胞			
BHB ≥ 0.13	16.11	4.85	3.08	0.64	456.00	14,963	10.9	
BHB < 0.13	17.49	3.83	3.09	0.81	214.00	122,148	89.1	
計	17.34	3.94	3.09	0.79	238.50	137,111	-	

②全乳期

BHB (β-ヒドロキシ酪酸)	都府県						件数	頭数比率
	平均乳量	平均乳脂率	平均蛋白率	平均P/F比率	平均体細胞			
BHB ≥ 0.13	12.19	4.65	3.27	0.70	717.20	39,707	4.3	
BHB < 0.13	14.56	3.93	3.37	0.86	255.70	884,701	95.7	
計	14.45	3.96	3.36	0.85	272.40	924,408	-	

意味はないこととなります。牛群管理としては、ケトーシスを疑われる牛の頭数を示す「頭数比率」の方が、むしろ大事なポイントとなります。[図5の例から分娩後60日までの頭数比率で、おおよそ10%以上となる場合は、牛群全体で要注意となります。](#)海外の指導事例では、分娩後60日以内で15%以上は改善が必要と示されているものもありますが、これは海外よりも日本国内の各地域の飼料基盤により異なるものです。将来、データが蓄積されれば、「〇〇県下では」といった指導目安も作成されることでしょう。

7 飼養管理への活用

BHB（ β -ヒドロキシ酪酸）の活用は、これまでの牛群検定成績と同じように個体と牛群とで若干異なります。

まず、個体のBHBが0.13mM/L以上を示した場合、これはケトーシスが疑われる訳ですから、まずは個体の観察が必要です。重篤であれば、当然、獣医師の診断と治療が必要となるものです。元気がないといった程度であれば糖蜜などを与えますが、各地域での指導に従って下さい。

牛群としてBHBを活用する場合、前述したBHB0.13mM/L以上となる頭数比率、特に分娩後60日以内に注目して下さい。10%以上となるようでしたら、牛群としての以下のような飼養管理を点検する必要があります。

・サイレージ

サイレージを利用している場合は、酪酸発酵を点検して下さい。酪酸発酵したサイレージはケトーシスを誘発することが知られています。

・BCS（ボディコンディションスコア）

特に乾乳期にBCS3.5以上の過肥になった牛は、分娩後の体脂肪分解が激しく進むことがあります。すると、前述したように肝臓でのエネルギー処理が追いつかずケトーシスを誘発する原因となってしまうことが知られています。

・移行期（クローズアップ期）の管理

分娩前3週間程度を移行期と言います。この期間でルーメン環境を整えるように細心の飼養管理が必要となります。この管理がうまくいかないと、食い込みが悪く、飼料の利用性も悪くなってしまい、栄養不足からケトーシスを誘発します。

・飼料設計

あまりに、BHB0.13mM/L以上となる頭数比率が多い場合は、飼料設計そのものも見直す必要があります。地域の指導者や飼料会社に相談してみてください。

8 さいごに

乳中ケトン体の牛群検定利用は、まだ始まったばかりです。今回は基礎となるようなところを紹介させて頂きました。現在、技術は日進月歩であり、遺伝的改良といったような新しい研究も盛んに行われているところです。今後は、ますますその活用の幅が広がることと考えられます。

<補足>

図1において、BHBの欄の隣に、FFAという項目があります。これはオプション項目となっており、分析所により表示される場合とされない場合があります。FFAとは、乳中の遊離脂肪酸を示すものです。注意点は、図3で示した血中の遊離脂肪酸とは異なるもので、乳中なので体脂肪が分解されたものに由来はしません。FFAは、牛乳中の乳脂肪が分解され発生する遊離脂肪酸です。BDI法という検査方法でのFFA表示では、単位がmM/100gFat（ミリモルパー100グラムファット（脂肪））です。乳脂肪の分解により不快臭ランシッドが発生します。北海道などでは、バルク乳でFFAが2.0を越えるとランシッドのリスクが高いとされています。ランシッドの発生は、牛乳の泡立ちや凍結といった取扱いでの脂肪球膜の破壊、濃厚飼料比率の増加、暑熱での消瘦、多回搾乳等が関与するとされています。