

---

代謝プロファイルデータ分析ツール  
利用マニュアル

---

乳用牛版

Ver.1.1

栃木県畜産酪農研究センター

令和2年2月27日

## 目次

はじめに .....	1 ページ
1 標準値の作成 .....	1 ページ
2 代謝プロファイルテストデータ分析ツールの使い方 .....	5 ページ
3 各項目の解説とポイント .....	7 ページ

## ○ はじめに

本分析ツールは、NOSA I とちぎが使用している Microsoft® Excel®の結果報告用プログラムを基に、公益社団法人畜産技術協会主催代謝プロファイル研修会テキスト(H30.1.24 於：栃木県畜産酪農研究センター)、生産獣医療システム乳牛編3(2001年)、主要症状を基礎にした牛の臨床、家畜共済における臨床病理検査要領、LIAJ ニュース連載「新しい牛群検定成績表について」を参考に、代謝プロファイルテスト(MTP)検査結果の分析がしやすく、検討会資料として分かりやすいものとなることを目標に作成した。

## 1 標準値の作成

### (1) 使用データ

- a ヘマトクリット(HCT)、尿素窒素(BUN)、アルブミン(Alb)、血糖(Glu)、マグネシウム(Mg)、総コレステロール(T Cho)、カルシウム(Ca)、無機リン(IP)、非エステル型脂肪酸(NEFA)、アスパラギン酸トランスアミナーゼ (AST)、ガンマグルタミルトランスペプチダーゼ (GGT)

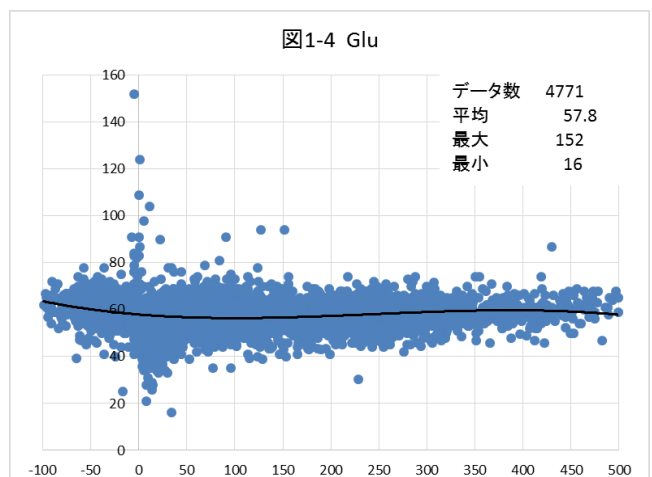
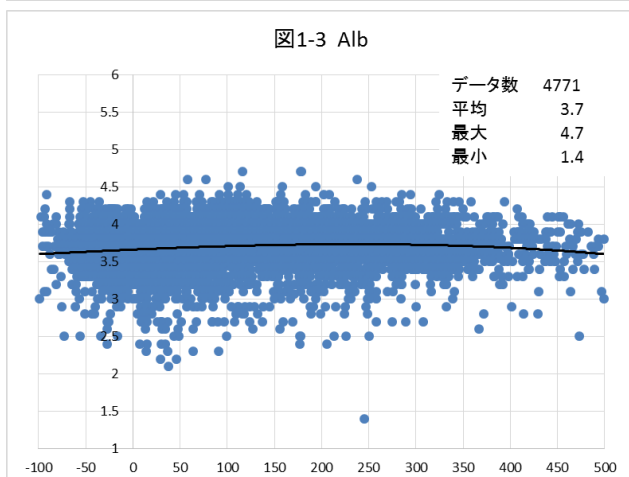
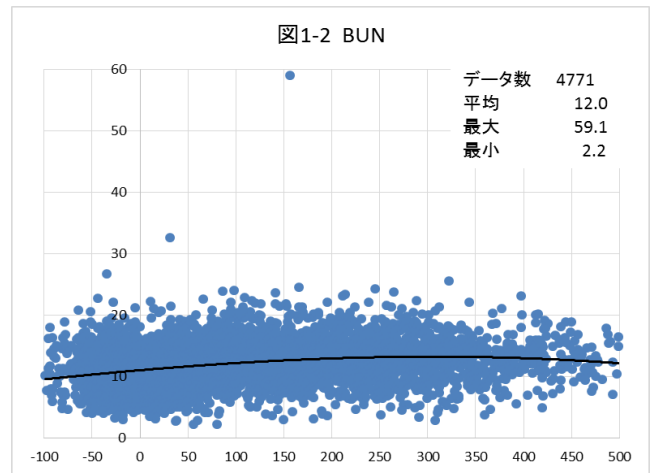
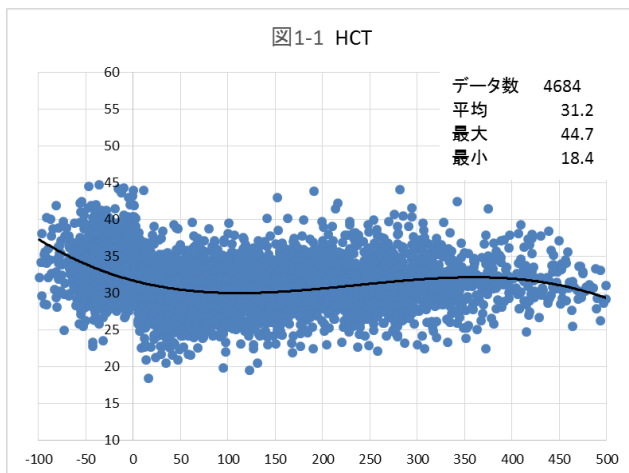
平成 21 年度から平成 30 年度までに NOSAI とちぎが家畜共済損害防止事業で検査した乳用牛中で、分娩予定日前 100 日から分娩後 500 日の間のデータ。なお、当該事業では分娩日ではなく分娩予定日が記録されているため、採血日に分娩予定日を過ぎていた牛は一律予定日前 5 日として計算した。

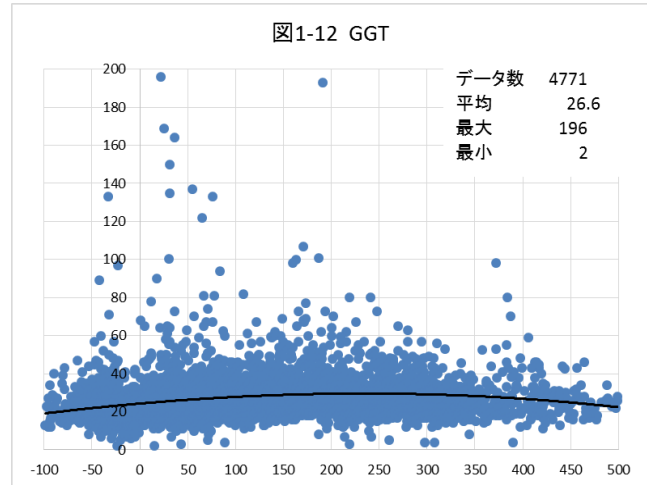
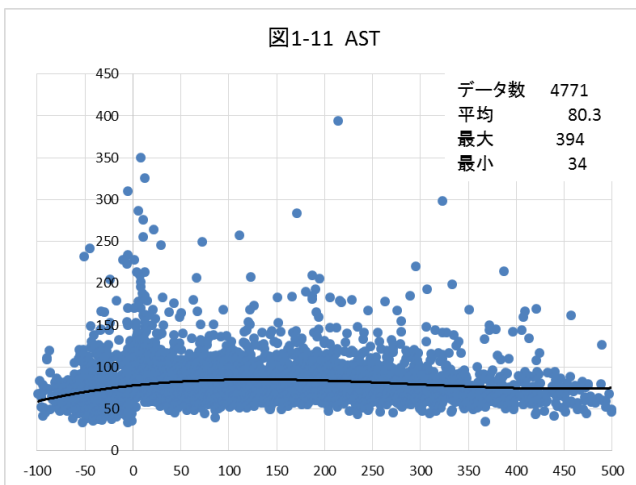
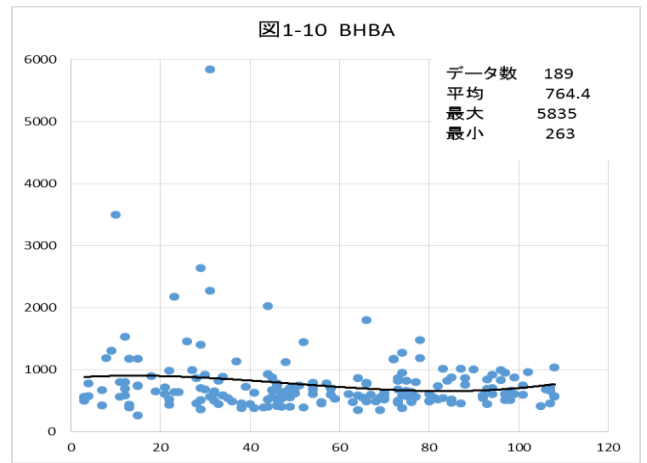
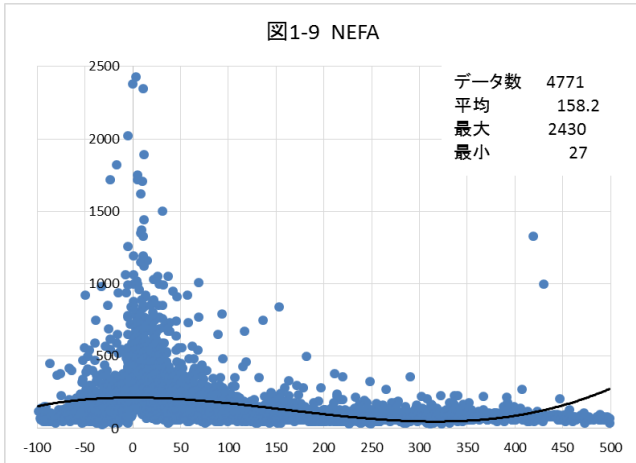
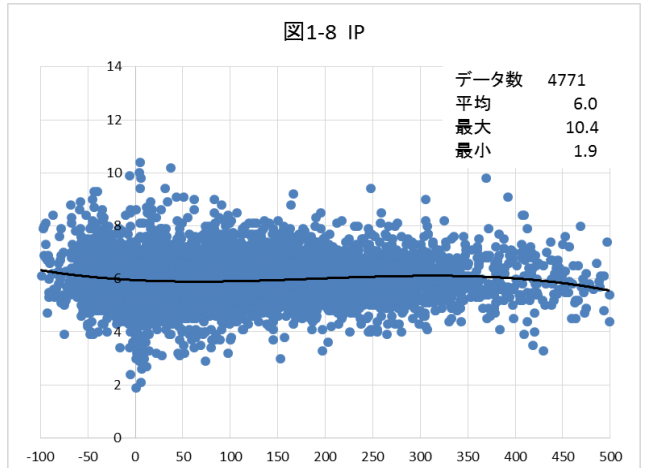
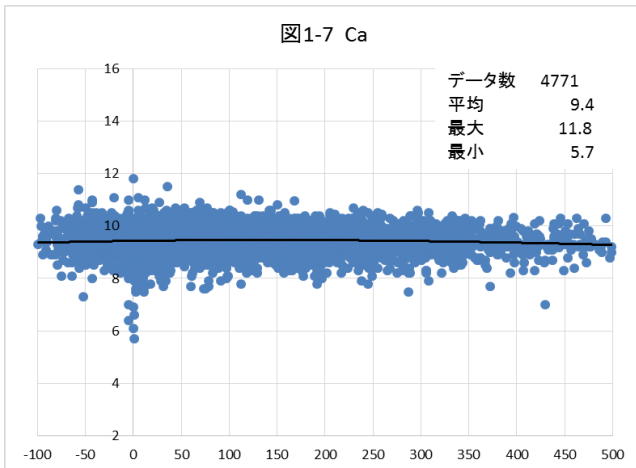
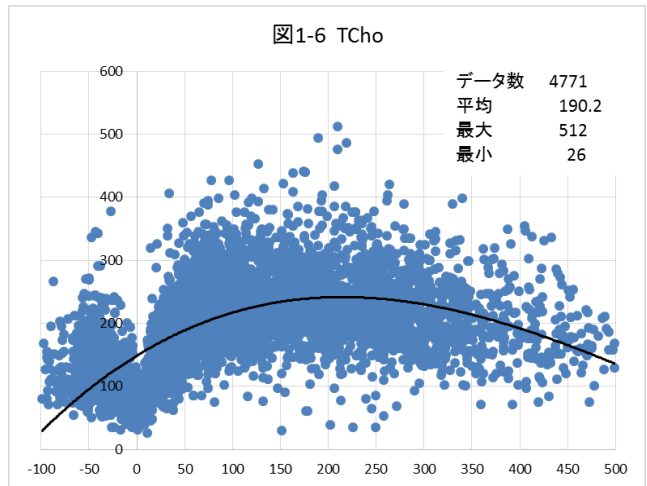
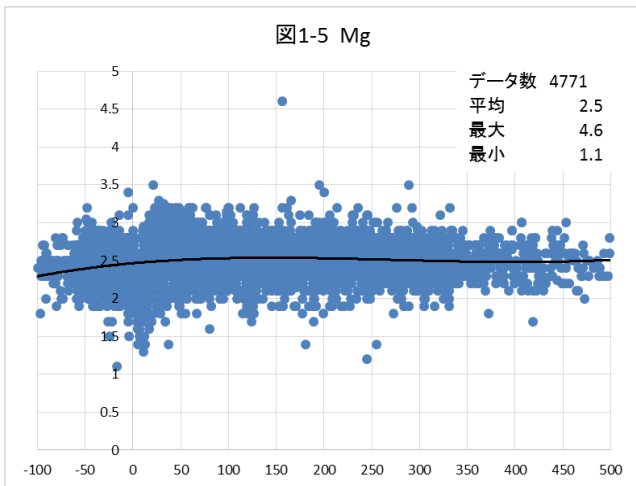
- b  $\beta$ ヒドロキシ酪酸(BHBA)

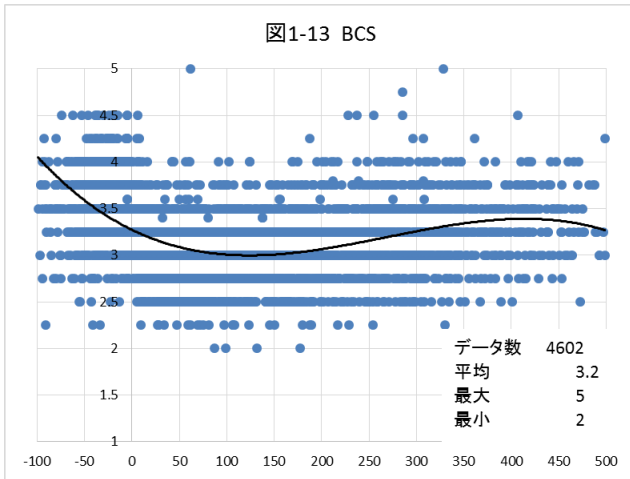
平成 26 年度から 30 年度までに当センターが実施した分娩後 3 日から 108 日までのデータ。

- c データ数、平均値、最大値、最小値

図 1-1 から図 1-13 に各検査項目の分布、データ数、平均値、最大値、最小値を示した。なお、実線で 3 次近似曲線を表示した。







(2) 優良牛群のデータとの比較

MPTの標準値は地域の優良牛群の検査結果を用い設定すべきだが、今回使用したデータはMPTのために採材されたデータであり、MPTに不適な牛は採材されていないが優良牛群を選定したものである。そこで、表1-1、1-2、1-3に「生産獣医療システム乳牛編3」に記載されている「優良牛群の成乳牛の乳期別血液成分標準値」を併記したので背景として参考にしていただきたい。

表1-1 血液成分等の乳期別平均値-1

【 】内は「生産獣医療システム乳牛編3」に記載されている優良牛群の標準値

	HCT	BUN		Alb		Glu		Mg
前期	30.1±3.4	10.7±3.3	【15±3】	3.6±0.4		54.3±8.9	【57±5】	2.5±0.3
最盛期	29.8±2.9	12.4±3.2	【14±3】	3.7±0.3		57.5±5.6	【57±5】	2.6±0.2
中期	30.7±3.1	12.9±3.7	【15±3】	3.7±0.3	【4.1±0.2】	57.3±5.7	【57±4】	2.5±0.3
後期	31.4±3.2	12.9±3.4	【14±3】	3.7±0.3		58.5±5.2	【58±6】	2.5±0.2
乾乳期	33.6±3.3	10.7±3.4	【13±3】	3.7±0.3		60.5±6.0	【61±5】	2.4±0.2

表1-2 血液成分等の乳期別平均値 -2

【 】内は「生産獣医療システム乳牛編3」に記載されている優良牛群の標準値

	TCho		Ca	IP		NEFA		
前期	150.5±58.4 (12.0±2.4)	【181±46】	9.4±0.6	5.8±1.1		343.2±287.7 (2.42±0.31)	【225±173】	
最盛期	230.7±53.9 (15.1±1.8)	【224±45】	9.5±0.5	5.9±0.9		135.2±91.7 (2.07±0.20)	【146±61】	
中期	238.3±59.9 (15.3±2.0)	【245±50】	9.5±0.5	【10.4±0.6】	6.1±0.8	【5.3±0.9】	97.0±54.9 (1.96±0.15)	【135±42】
後期	219.4±60.7 (14.7±2.1)	【203±52】	9.4±0.5		6.0±0.8		89.9±57.1 (1.92±0.14)	【130±47】
乾乳期	113.6±44.8 (10.5±2.0)	【111±31】	9.4±0.5		6.0±0.9		158.1±161.7 (2.09±0.27)	【185±77】

( ) : 指数変換(Tcho)、対数変換(NEFA)後計算した値

表1-3 血液成分等の乳期別平均値 -3

【 】内は「生産獣医療システム乳牛編3」に記載されている優良牛群の標準値

	BHBA		AST		GGT		TP	BCS
前期	843.6±745.5 (2.85±0.23)	【711±175】	89.0±30.8 (1.93±0.12)		25.7±14.4 (1.38±0.16)	【28±3】	7.4±0.7	3.1±0.3
最盛期	696.8±248.3 (2.82±0.14)	【708±145】	81.4±18.7 (1.90±0.09)		27.0±10.9 (1.41±0.14)	【34±6】	7.6±0.7	3.0±0.3
中期		【743±163】	85.0±23.2 (1.92±0.10)	【70±14】	30.1±12.0 (1.45±0.14)	【33±5】	7.6±0.6	3.1±0.3
後期		【665±117】	79.5±24.8 (1.89±0.12)		28.2±10.2 (1.43±0.15)	【34±5】	7.5±0.6	3.2±0.4
乾乳期		【572±146】	69.0±23.9 (1.82±0.12)		22.3±8.6 (1.32±0.15)	【28±3】	7.4±0.7	3.5±0.4

( ) : 対数変換後計算した値

※表中の乳期の区分

泌乳前期（前期）：分娩日から分娩後 49 日まで 【分娩後 7 日から 49 日】

泌乳最盛期(最盛期)：分娩後 50 日から 109 日まで 【分娩後 50 日から 109 日】

泌乳中期(中期)：分娩後 110 日から 209 日まで 【分娩後 110 日から 219 日】

泌乳後期(後期)：分娩後 210 日から 500 日まで 【分娩後 220 日から乾乳(365 日まで)】

乾乳期：分娩予定日前 100 日から分娩予定前日(分娩予定日を過ぎた牛は予定日前 5 日とした)

【分娩 305 日以降に乾乳した牛で、分娩予定 1 週間前までの牛(425 日まで)】

(3) 標準値の計算方法

a 計算間隔とデータ数 (図 1-14)

(a) HCT、BUN、Alb、Glu、Mg、TCho、Ca、IP、NEFA、AST、GGT、TP、BCS

データ数を確保する観点から分娩予定前 100 日から 60 日を 40 日間隔、分娩後 340 日から 359 日までを 20 日間隔、360 日から 449 日までを 30 日間隔、450 日から 499 日までを 50 日間隔とし、分娩予定前 61 日から分娩後 339 日までは 10 日間隔で計算した。

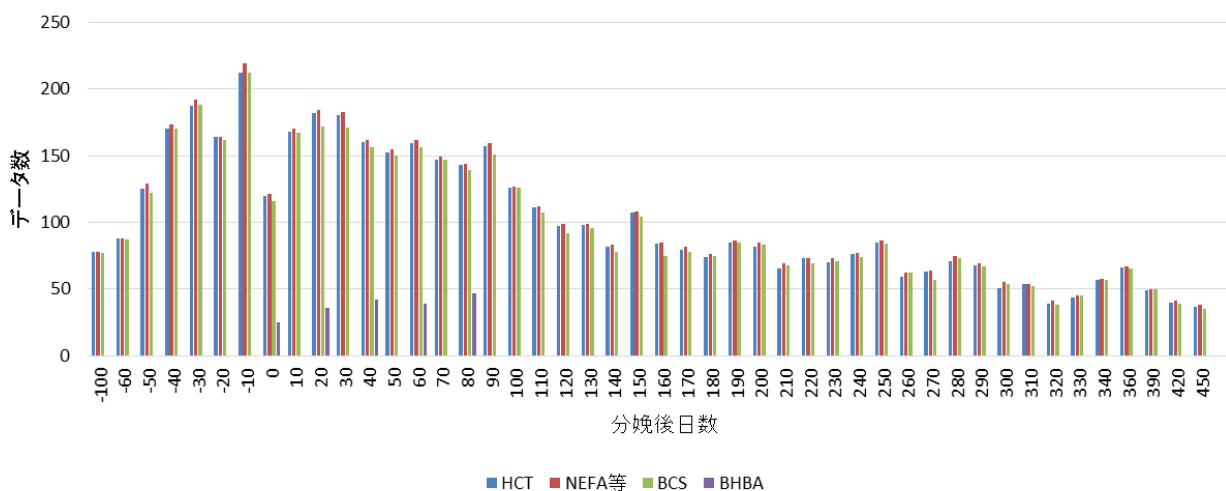
データ数は、分娩予定前 100 日から分娩後 319 日までの間は 51 から 219 頭になったが、320 日以降は 35 から 67 頭となった。

(b) BHBA

分娩日から分娩後 79 日まで 20 日ごと、残りは 80 日から 108 日まで 1 区間とした。

データ数は、25 から 47 頭となった。

図1-14 標準値計算間隔とデータ数



b 標準偏差の計算

(a) HCT、BUN、Alb、Glu、Ca、IP、BCS

期間ごとに Excel®の STDEV.P 関数で算出した。

(b) TCho

指数変換後、Excel®の STDEV.P 関数で算出した。

(c) NEFA、BHBA、AST、GGT

対数変換後、エクセルの STDEV.P 関数で算出した。

(d) 標準偏差の + 値側を標準値の上限に、- 値側を下限とした。

## 2 MPTデータ分析ツールの使い方

### (1) ツールの構成

本ツールは Excel® で作成し、図 2-1 の 5 枚のシートで構成した。データの入力は『入力シート』にまとめてあり、『サンプル平均値計算』、『グラフ用データ』、『T t e s t』で自動的に計算し、『検査結果シート』と『MPT グラフ』に結果を表示する。リンクが多数張ってあるので、背景を黄色にした部分の関数等を削除しないように注意していただきたい。

図 2-1 エクセルのシート構成

#### a 入力シート

No、農場名、検査日、牛番号から備考までは N O S A I とちぎの報告書の様式を用いているので、コピー&ペーストを用いれば簡単に入力できる(水色のセル)。B H B A は別途検査した場合に手入力が必要となる。また、牛群検定成績、BCS も同様に手入力が必要で、県の成績はインターネットホームページ「家畜改良事業団牛群平均情報」から入手できる。

なお、セルを黄色に着色した部分(乳期判定、分娩後日数、P/F比)には関数が入力してあるので上書きしないよう注意していただきたい。

図 2-2 N O S A I とちぎの報告書を用いた部分

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z									
1								血液検査結果報告書																											
2	No.	T 牧場																																	
3	農場名	2018/1/3																																	
4	検査日																																		
5																																			
6		牛番号	WBC	RBC	HGB	HCT	NEFA	GLU	TCHO	BUN	GOT	GGT	Ca	IP	Me	TP	Ab	BCS	最終分娩	分娩予定日	乳期判定	備考													
7	1	574				36.0	188	63	11.9	13.5	51	1.9	9.9	5.5	9.2	7.9	3.7	3.95		2018/9/97	08乳期														

図 2-3 MPT グラフ作成ツールで追加した部分

AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AJ	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
		個体检定日成績					牛群成績								
BHBA	分娩後日数	乳量	乳脂率	蛋白質率	MLN	P/F比	平均乳量	T 牧場	県2産以上		乳脂率	蛋白質率	MLN	P/F比	
306	49						21日以下	53.5	34.8		4.92	3.49	8.7	0.81	

#### b 検査結果シート

入力シートにデータを入力すると自動的に作成される。N O S A I とちぎの報告書には W B C (白血球数)、R B C (赤血球数)、H G B (ヘモグロビン)も表示されるが、本シートでは表の見やすさを優先してそれら 3 項目を省略した。

検査結果の下に成書に記載されている正常値とデータを見る際の着眼点を記載した。

正常値は主に「牛の臨床」から、N E F A のみ「臨床病理検査要領」から引用し、測定値については、正常範囲内は黒字、下限値未満は青字、上限値を超える場合は赤字で表示されるようにした。

着眼点は、代謝プロファイルテスト研修会資料の 26 ページ「MPT で何がわかるか」を参考に項目を作成し○をつけた。

さらにその下に、検査結果と標準値データ間の乳期ごとの t 検定(分散が等しくない場合、片側検

定)結果を表示し、t 値 0.05 以下のセルを強調文字で背景を緑にした。

図 2-4 正常値、着眼点

39	32					
40						
41				単位	%	
42		正常値 (牛の臨床、)	「は臨床病理検査要領)		24-46	
43	着 眼 点	栄養管理の点検	栄養不足・栄養過剰		○	
44			蛋白とエネルギーのバランス			
45			粗飼料と濃厚飼料のバランス		○	
46			油脂の給与			
47		潜在的な病牛の摘発	慢性炎症		○	
48	代謝病(ケトン症など)					
49	飼料中毒、有毒植物など					
50						

図 2-5 t 検定結果

51						
52					HCT	BUN
53	t検定(測定値と標準値データ間)	初期	0.447	0.365	0.082	
54		最盛期	0.160	0.131	0.068	
55	データの見方は平均値だけではありませんしバラツキ	中期	0.089	0.340	<b>0.024</b>	
56	が大きく差が出ないこともあります。判断の一助となる	後期	0.311	0.229	<b>0.005</b>	
57	よう記載しました。	乾乳期	0.333	0.202	0.219	

c MPT グラフ

「MUNと蛋白質率」と「牛群P/F比」以外はX軸が分娩予定日前100日(-100)から分娩後500日までの日数を表示しY軸がそれぞれの検査値を表示しているが、Y軸を0から表示すると関数が入っている場合、検査結果が無くても0をポイントしてしまう(例 NEFA)ので極力0から始まらないようにした。なお、検査結果がY軸の範囲を超えてしまうと表示されないため範囲を広げる必要がある。また、各乳期の検査データが1例の場合は平均値のポイント(赤色■)と重なり各データの(黒色●)が表示されないため要注意。

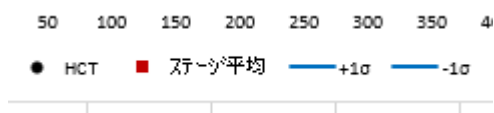
(a) 血液検査結果

各検査結果を黒色●、各乳期の平均値を赤色■、標準値の平滑線を青実線で表示した。

平均値と標準値について、NEFA、AST、GGT、BHBAは対数変換、Tchoは指数変換し算出したが、測定値分布の感覚的なわかりやすさを目的に真数に戻してグラフ化した。

また、標準値は1σの平滑線を表示したが、生産獣医療システム乳牛編3では0.8σを使用している。どちらでも表示できるようにデータは入力してあるので、0.8σを使用したい場合は、グラフツール・デザインでデータを選択していただきたい。

図 2-6 血液検査結果グラフの凡例

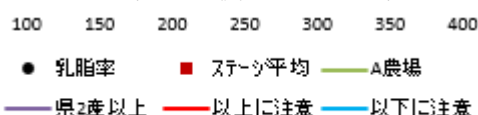


(b) 牛群検定成績

検定成績については検定成績表を用い分析すべきだが、血液検査結果分析の参考にしやすいように乳量、乳脂率、乳蛋白質率、MUN、P/F比、牛群成績のMUNと蛋白質率、P/F比をグラフ化した。

なお、農場および県2産以上の実線は検定日乳量階層の表をグラフ化したもの、以上・以下に注意の実線は、LIAJ Newsの「解説 新しい牛群検定成績表について」を参考に記載した。

図 2-7 検定成績グラフの凡例





### 3 各項目の解説とポイント

- (1) **ヘマトクリット(HCT)** 脱水の指標 栄養状態全般の指標  
血液中に占める赤血球の体積の割合で、低値は貧血、高値は血液濃縮を意味する。  
**増加する場合**：脱水、飲水不足、繊維不足、濃厚飼料過剰など。  
**低下する場合**：貧血、長期的栄養不足(特に蛋白)
- (2) **尿素窒素(BUN)** 蛋白の指標  
飼料中の窒素の最終代謝産物で、蛋白の摂取量と正の相関があり、短期の蛋白質代謝を反映する。  
**増加する場合**：飼料中蛋白過剰、ルーメンでのアンモニア利用率低下(蛋白に対するデンプン不足)。  
**減少する場合**：採食不足、蛋白給与不足、低品質飼料。
- (3) **アルブミン(Alb)** 蛋白の指標 脱水の指標  
肝臓で合成される。半減期が2週間なので長期の蛋白質代謝を反映する。乳量、繁殖成績と正比例する。  
**増加する場合**：飲水不足、ルーメンアシドーシス、下痢。  
**減少する場合**：長期的な肝機能の低下、極端な蛋白質不足・デンプン過剰・繊維不足。
- (4) **血糖(Glu)** エネルギーの指標  
牛ではグルコースはほとんど吸収されず、VFAの1種であるプロピオン酸などを原料に肝臓で新生される。恒常性が強く大きく変動した場合はかなりの無理がかかっている。  
**増加する場合**：ストレス(副腎皮質ホルモン・分娩時高血糖など)、エネルギー(濃厚飼料・デンプン)過剰、糖新生の亢進(エネルギー不足の初期)。  
**減少する場合**：エネルギー不足、肝機能低下。血糖が低下すると乳量、蛋白質率が低下する。GnRH分泌が抑制され繁殖成績が低下する。
- (5) **マグネシウム(Mg)** 無機物の指標  
骨、血清、赤血球、筋肉中に存在する。Caイオンと拮抗的に働き、濃度もCa低下時はMgが増加するので、血清Ca濃度、血清K濃度にも注意する。Ca、IPと異なり摂取状況をよく反映する。  
**増加する場合**：過剰摂取、腎障害。  
**減少する場合**：Mg摂取不足(その背景として乾物摂取不足)、吸収障害。
- (6) **コレステロール(T Cho)** エネルギーの指標  
食餌、肝臓、体脂肪に由来する。肝臓、腸管、脂肪組織で合成される。乳量と正の相関があり、高泌乳時に増加し乾乳期に減少する。  
**増加する場合**：エネルギー過剰、脂質(油脂)の多給、肝機能低下(脂肪肝)。  
**減少する場合**：乾物摂取量不足、エネルギー不足、肝機能低下。血中ではリポ蛋白に含まれるので、飼料蛋白不足で低値を示す。減少すると繁殖成績低下が見られる。乾乳期の過剰低下は周産期病の多発につながる。
- (7) **カルシウム(Ca)** 無機物の指標  
飼料中カルシウム及び骨からの動員に由来し、恒常性が強い。  
**増加する場合**：ビタミンD過剰、低リン飼料給与。  
**減少する場合**：カルシウム給与不足、リン過剰給与。血中ではアルブミンとの複合体で運搬されるので、アルブミン減少に伴い減少することがある。

(8) **無機リン (IP)** 無機物の指標

濃厚飼料、特に穀類に多く含まれるので、濃厚飼料の摂取量を反映する。健康牛でのリンの診断的価値は低い。

**増加する場合**：濃厚飼料多給、飢餓。

**減少する場合**：カルシウム不足、リン不足、マグネシウム過剰給与、

(9) **非エステル型脂肪酸(NEFA)**=遊離脂肪酸(FFA) エネルギーの指標

体脂肪からの脂質の動員、食餌性、リポ蛋白の代謝等に由来する。反応が鋭敏で、急性のエネルギー不足の指標となる。

**増加する場合**：負のエネルギーバランス(ケトーシス、脂肪肝、第四胃変位など)、飢餓、高脂肪食。高値の場合は、血糖、ケトン体と併せて判断する。

**減少する場合**：削瘦、低アルブミン血症で低下する。診断的価値は低い。

(10)  **$\beta$ ヒドロキシ酪酸(BHBA)** エネルギーの指標

ケトン体の一つ。肝臓のTCAサイクルで処理されなかった遊離脂肪酸からできるので、肝臓の脂質代謝能を推定できる。グルコースと負の相関がある。

**増加する場合**：肝臓の能力を超えた脂肪酸の流入(高泌乳・エネルギー不足時)、脂肪の多給、肝臓の脂質処理能力低下。食餌性で増加する場合もある(酪酸発酵サイレージ)。

**減少する場合**：ルーメンでのVFA産生や吸収の低下。診断的価値は低い。

(11) **AST(GOT)** 肝機能障害・炎症の指標

心筋、肝臓、骨格筋、腎臓の順に多く分布し、細胞の損傷・膜透過性の亢進で血清中に増加する。

**増加する場合**：急性肝障害、体組織障害、中毒。

**減少する場合**：診断的意味はない。

(12) **GGT( $\gamma$ GTP)** 肝機能障害・炎症の指標

腎臓で最も活性が高く、膵臓、肝臓は腎臓の1/10から1/30、脾臓、小腸、脳にもわずかに存在し、胆道系への排泄障害による血中への移行と慢性活動性肝疾患による障害肝組織における生成亢進で上昇する。

**増加する場合**：慢性的肝障害、ケトーシスの後遺症。

**減少する場合**：診断的意味はない。

(13) **A/G比** 肝機能障害・炎症の指標 (グラフにはありません)

血液中の蛋白であるアルブミンとグロブリンの量の比。グロブリンは数十種類の蛋白質の集合でそれぞれに機能を有する。 $\alpha$ -、 $\beta$ -グロブリンは脂溶性ビタミンやホルモン等の輸送を行い、 $\gamma$ -グロブリンは生体防御の主役となる。 $\gamma$ -グロブリンは肝障害の比較的早期から増加し、進行するとアルブミン、 $\alpha$ -、 $\beta$ -グロブリンが減少する。

(14) **ボディコンディション(BCS)** エネルギーの指標 栄養状態全般の指標

乳期に応じた体脂肪の蓄積をとらえる。特に乾乳時の過肥、中後期のリバウンドに注意する。乾乳期のBCS調整は流・死産誘発の可能性があるので、中後期までの調整が望ましい。

(15) **乳量**

エネルギーに由来し、エネルギーの充足状況(TDN充足率、エネルギーと蛋白質のバランス、飼料給与方法、暑熱ストレスなど)に影響される。

飛び出し乳量(分娩後初回の検定成績)が低い牛群は乾乳期に問題があり、その乳期の全乳量が低くなる。

泌乳最盛期にピークのない牛群、ピークが中期にずれる牛群は移行期に問題がある。

(16) **乳脂率**

VFA のうちの酢酸と酪酸(50%)、飼料中の脂肪(40%)、体脂肪(10%)に由来し、粗飼料の量や質、ルーメン微生物叢の状態に影響される。

**高値**：脂肪の過剰給与(食餌性脂肪肝の危険性あり)、体脂肪の激しい動員(飢餓性脂肪肝の危険性あり)、泌乳初期に5%以上：脂肪肝による肝機能障害。

**低値**：ルーメン微生物叢の状態が悪い、肝からの脂肪放出不良、泌乳最盛期に3.2%以下：粗飼料摂取不足、ルーメンアシドーシス。

(17) **蛋白質率**

微生物が飼料由来の蛋白質をアンモニアに分解しさらに微生物体蛋白質に作り替える。微生物体蛋白質はアミノ酸として小腸から吸収され、乳腺で乳蛋白質に合成される。分解されずに吸収され直接乳蛋白質になるものもある(非分解性蛋白質)。

**高値**：泌乳後期に3.5%以上＝濃厚飼料多給→過肥に注意。

**低値**：泌乳初期に2.8%以下＝分娩前後の食欲不振によるエネルギー不足。

泌乳期の前半に全頭が3%以下＝乾物摂取量不足、エネルギー不足。

極端に低い牛がいるよ＝ケトーシスなどの代謝障害。

泌乳最盛期以降に上昇しない＝エネルギー不足大または長期の不足。

(18) **MUN**

蛋白質合成に使われなかったアンモニアが肝臓で尿素となり乳中に分泌されたものをMUNといい、血中尿素窒素(BUN)と高い関連がある。

**増加する場合**：飼料の分解性蛋白質が多い、ルーメン微生物の機能低下(粗飼料不足・低品質、ルーメンアシドーシス)、血中アンモニアやBUNも高く繁殖に悪影響(受胎率低下)を及ぼす。

**減少する場合**：蛋白質率も低いことが多く、エネルギー不足から受胎率が低下する。

8以下＝受胎率低下、卵巣のう腫、黄体遺残などの恐れ、初産牛の場合発育不良。

8から16：適正。

16以上：繁殖障害、受胎率低下。

(19) **P/F比**

生乳中の蛋白質率(P)と乳脂率(F)の比率。蛋白質率は飼料のエネルギー利用状況を乳脂率は粗飼料の利用状況を反映するので、P/F比はルーメン発酵の状態を推察できる。

0.7以下　：Pが低い＝エネルギー不足、ケトーシス、Fが高い＝脂肪肝、低乳量、泌乳初期の体脂肪大量動員。

0.7から1.0：適正。

1.0以上　：ルーメンアシドーシスなどの代謝障害など。

P、Fともに低い：乾物摂取不足。

(20) 牛群・MUN と蛋白質率

区分		MUN		
		10未満	10から14	14以上
蛋白質率	3.1以下	分解性蛋白質不足 糖・デンプン不足	糖・デンプン不足	分解性蛋白質過多 糖・デンプン不足
	3.2から3.4	分解性蛋白質不足	適正	分解性蛋白質過多
	3.5以上	分解性蛋白質不足 糖・デンプン過多	糖・デンプン過多	分解性蛋白質過多 糖・デンプン過多

蛋白質率は季節的変動に注意

(21) 牛群・P/F 比

0.8 以下 : 飼料のエネルギー不足。  
0.8 から 0.9 : 適正。  
0.9 以上 : 粗飼料の劣化、飼料急変。  
P、F ともに低い : 飼料給与量不足。