



## 新しい牛群検定成績表について（その81）

### ～ 脂肪酸組成（FAO）～

情報分析センター 部長 相原 光夫

今回は牛群検定において、最も新しい情報である脂肪酸組成（FAO：Fatty acid origin）の概要と活用方法について紹介します。近年の乳成分の分析技術は目を見張るものがあります。従来はガスクロマトグラフィー（GC）でしか分析できなかった高度な乳成分分析である脂肪酸組成が、牛群検定の乳成分分析で採用している赤外線分光法（FT-IR法）においても高い信頼性のもと（決定係数0.967）で可能となりました。言い換えれば、これまで研究所内の学術的分野でしか利用出来なかったものが、牛群検定に参加すれば、脂肪酸組成をはじめとする様々な高度な乳成分情報を得られるようになったことを意味します。乳中ケトン体（BHB）なども記憶に新しいところです。新たな乳成分情報である脂肪酸組成は本年11月頃から乳成分速報として、牛群検定農家にお届けする予定となっております。

なお、乳中ケトン体についてはLIAJ News No.183 (<http://liaj.lin.gr.jp/>) をご参照ください。

### 1 脂肪酸組成の活用

紹介の順序としては、逆転してしましますが、最初に脂肪酸組成の活用を紹介したいと思います。用語解説や理論等は後述させていただきます。

#### (1) 情報の提供

検定農家の方には次の2通りのものを「乳成分速報」として、本年11月頃から情報提供開始を予定しています（無償）。

- ①繁殖台帳Webシステムによるもの（図1）
- ②メールまたはFax<sup>(注)</sup>による自動配信によるもの（図2）

（注）別途当団にお申し込み下さい。Faxについては通信料実費相当をご負担頂きます。また、紙切れなどのエラーも発生する可能性があることをご承知おき下さい。

図1 繁殖台帳Webシステム

| サンプル<br>検番号 | 搾乳<br>(区別) | 乳成分<br>検定日 | FAT<br>(%) | PRT<br>(%) | SNF<br>(%) | LCT<br>(%) | SCC<br>(千/ml) | MUN<br>(mg/dl) | BHB<br>(mM/L) | FFA<br>(BDI) | DnM<br>(%) | DnF<br>(%) | MiM<br>(%) | MiF<br>(%) | PrM<br>(%) | PrF<br>(%) |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|---------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 0258      | 1          | 2022/07/12 | 4.51       | 3.68       | 8.83       | 4.37       | 41            | 11.5           | 0.00          | 0.74         | 1.30       | 30.4       | 1.40       | 32.6       | 1.50       | 35.0       |
| 2 0267      | 1          | 2022/07/12 | 4.56       | 3.93       | 9.16       | 4.40       | 160           | 9.6            | 0.02          | 1.35         | 29.7       | 1.53       | 32.4       | 1.68       | 35.6       |            |
| 3 0276      | 1          | 2022/07/12 | 5.1        | 3.49       | 8.94       | 4.65       | 58            | 9.7            | 0.63          | 1.29         | 26.4       | 1.32       | 27.0       | 2.08       | 42.7       |            |
| 4 0278      | 1          | 2022/07/12 | 4.4        | 3.21       | 8.26       | 4.30       | 697           | 4.3            |               | 1.01         | 28.3       | 1.13       | 32.7       | 1.19       | 34.6       |            |
| 5 0289      | 1          | 2022/07/12 | 3.5        | 3.1        | 8.58       | 4.60       | 51            | 4.1            |               | 0.97         | 28.4       | 1.05       | 30.6       | 1.29       | 37.7       |            |
| 6 0282      | 1          | 2022/07/12 | 4.10       |            | 8.82       | 4.52       | 43            |                |               | 1.14         | 29.2       | 1.29       | 33.2       | 1.35       | 34.7       |            |
| 7 0287      | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 8 0288      | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 9 0291      | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 10 0294     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 11 0298     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 12 0300     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 13 0307     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 14 0312     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 15 0315     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 16 0316     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 17 0319     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 18 0320     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 19 0321     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 20 0323     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 21 0325     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 22 0326     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 23 0327     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 24 0328     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 25 0329     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 26 0331     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 27 0333     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 28 0335     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 29 0338     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 30 0339     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 31 0340     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 32 0342     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 33 0345     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 34 0346     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 35 0347     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |
| 36 0348     | 1          | 2022/07/12 |            |            |            |            |               |                |               |              |            |            |            |            |            |            |

図2 自動配信による乳成分速報

FAX :  
 検定農家コード : 20-01-001  
 検定農家氏名 : 脂肪酸組成見本  
 乳成分検査日 : 2022年10月25日

送信日 : 2022年11月01日

乳成分の分析結果 速報

| 番号 | サンプル<br>瓶番号 | 個体識別番号       | 搾乳<br>夜朝 | 乳脂率  | 蛋白質<br>率 | 無脂<br>固形分<br>率 | 乳糖率  | 体細胞<br>数<br>(千/ml) | MUN<br>(mg/dl) | BHB<br>(mM/L) | FFA<br>(BDI) | DnF<br>(%) | PrF<br>(%) | DnM<br>(%) |
|----|-------------|--------------|----------|------|----------|----------------|------|--------------------|----------------|---------------|--------------|------------|------------|------------|
| 1  | 0185        | 12345-6789-0 | 1        | 4.80 | 4.29     | 9.81           | 4.52 | △ 287              | 5.4            | 0.13          | 1.17         | 18.3       | 47.3       | 1.00       |
| 2  | 0185        | 12345-6789-0 | 2        | 4.82 | 4.31     | 9.84           | 4.53 | 274                | 4.2            | 0.15          | 1.21         | 15.0       | 52.4       | 0.82       |
| 3  | 0205        | 12345-6789-0 | 1        | 4.22 | 2.81     | 8.84           | 5.03 | 7                  | 3.4            | 0.09          | 1.54         | 23.2       | 44.2       | 0.94       |
| 4  | 0205        | 12345-6789-0 | 2        | 4.19 | 2.83     | 8.87           | 5.04 | 9                  | 3.6            | 0.06          | 1.54         | 21.4       | 46.0       | 0.89       |
| 5  | 0210        | 12345-6789-0 | 1        | 3.86 | ※ 2.77   | ※ 8.15         | 4.38 | 31                 | 5.8            | 0.11          | 1.69         | 28.7       | 36.3       | 1.21       |
| 6  | 0210        | 12345-6789-0 | 2        | 3.88 | ※ 2.78   | ※ 8.17         | 4.39 | 25                 | 5.7            | 0.10          | 1.71         | 30.0       | 37.2       | 0.96       |
| 7  | 0212        | 12345-6789-0 | 1        | 3.91 | 3.10     | 8.58           | 4.48 | △ 650              | 4.0            | 0.07          | 1.50         | 31.3       | 44.7       | 1.01       |
| 8  | 0212        | 12345-6789-0 | 2        | 3.98 | 3.10     | 8.58           | 4.48 | △ 676              | 4.4            | 0.08          | 1.51         | 23.5       | 43.9       | 0.99       |
| 9  | 0216        | 12345-6789-0 | 1        | 3.82 | 3.54     | 8.84           | 4.30 | 56                 | 4.2            | 0.10          | 1.48         | 31.5       | 40.8       | 1.11       |
| 10 | 0216        | 12345-6789-0 | 2        | 3.85 | 3.54     | 8.85           | 4.31 | 63                 | 5.0            | 0.14          | 1.62         | 24.1       | 41.3       | 1.01       |
| 11 | 0217        | 12345-6789-0 | 1        | 4.83 | 2.94     | 8.35           | 4.41 | 23                 | 3.0            | 0.13          | 1.73         | 23.4       | 54.3       | 0.96       |

## (2) 活用方法

脂肪酸組成はデノボ脂肪酸、プレフォーム脂肪酸、ミックス脂肪酸と3通りの脂肪酸があります（詳細後述）。表示方法はそれぞれ全脂肪酸による表示（FA）と乳量による表示（Milk）の2通りがあります。種類と表示で3×2=6項目となりますが、この6項目のなかで、とりわけ活用していただきたいのは次の3項目です（図3）。

図3 脂肪酸組成の良好を示す指標

| 脂肪酸      | 分娩後    |       |
|----------|--------|-------|
|          | ～60日   | 61日～  |
| デノボFA    | 22%以上  | 28%以上 |
| プレフォームFA | 50%以下  | 40%以下 |
| デノボMilk  | 全乳期    |       |
|          | 0.9%以上 |       |

### ①デノボFA（DnF）

図1または2のデノボFA（デノボ脂肪酸の全脂肪酸による表示という意味、以下同様）が、分娩後60日以内では22%未満、分娩後61日以上では28%未満が要注意となります。デノボ脂肪酸は、主に粗飼料の利用性を示していますので、この場合に当てはまる牛の飼養管理上のポイントとしては、粗飼料不足や品質の低下を確認する必要があります。また、暑熱期は粗飼料の食い込みが低下するので、暑熱対策なども確認する必要があります。

### ②プレフォームFA（PrF）

図1または2のプレフォームFAが、分娩後60日以内では50%以上、分娩後61日以上では40%以上が要注意となります。プレフォーム脂肪酸は、濃厚飼料の利用性を示すと共に牛体についての体脂肪分解（削瘦）を示します。この場合に当てはまる牛の飼養管理上のポイントとしては、濃厚飼料の多給やTMRでの選び食い、牛舎の過密頭数、分娩初期の牛の削瘦などを確認する必要があります。また、濃厚飼料の多給であれば、肢蹄の腫れ、蹄葉炎なども注意する必要があります。

### ③デノボMilk（DnM）

図1または2のデノボMilkが0.9%未満が要注意となります。デノボMilkは、ルーメンの発酵を示します。また、同じデノボ脂肪酸の表記の違いなので、デノボFAと連動することも多いものです。この場合に当てはまる牛の飼養管理上の確認ポイントは、乾物摂取量そのものが低く、低乳脂率、低タンパク質率となっていることがあります。デノボFAとあわせて活用して下さい。

## (3) その他

現在、脂肪酸組成は牛の飼養管理に利用出来る新しい乳成分値として、全国の研究機関で注目されています。例えば、牛の過肥や削瘦、乾乳期の管理に役立てたり、牧草の刈り取り期の違い、牛群全体での低デノボ牛の出現率など多岐にわたります。今後、新しい知見が発表等されれば、また追って紹介したいと思います。

## 2 乳牛の脂肪酸組成

### (1) 乳脂肪と飼料の関係

図4にあげたのは、飼料と乳成分を示すものとして、これまでも何度も本連載に登場したものになります。そのうち、乳脂肪に関する矢印は数多く、いろいろなところから矢印が延びています。従来の乳成分分析技術では、この矢印をしっかりと区分して詳細な飼料との関係を示すことが出来ませんでした。冒頭に示した技術革新により、牛群検定においても乳脂肪のもととなる脂肪酸を詳細に分析することが可能となりました。改めて、各種脂肪酸から図5のように飼料との関係を示すことが出来ます。

### (2) 乳脂肪について

乳脂肪も一般に言われる脂肪（油脂）と相違ありません。脂肪は、図6に示した通り、3個の脂肪酸と1個のグリセリンから成り立ちます。脂肪酸は、炭素が繋がり鎖のようになっています。例えば、オレイン酸は炭素が18個で二重結合を1つもつのでC（18：1）のように表記します。この炭素の数から、デノボ脂肪酸、プレフォーム脂肪酸、ミックス脂肪酸の3種の脂肪酸グループに分類されます。

### (3) デノボ脂肪酸（C4：0～C14：1）

デノボ（De novo）とはラテン語で「新たに」という意味になります。粗飼料がルーメンで分解されたVFA（揮発性脂肪酸）である酢酸や酪酸をもとに乳腺細胞が生合成していることからこの名があります。一般的には炭素数6個以下の脂肪酸を短鎖脂肪酸と呼んでいます（FOSS社分析機では10個以下）。このデノボ脂肪酸は短鎖脂肪酸を多く含むことが大きな特徴です。何故なら自然界では短鎖脂肪酸を含むものは極めて少なく、反芻動物の乳すなわち牛乳にしか存在しないといっても過言ではありません。牛が粗飼料を反芻、発酵することで生成される脂肪酸がデノボ脂肪酸です。このことから、前述したような粗飼料に関するモニタリングによる活用が可能となります。

なお、短鎖脂肪酸は近年、健康物質として注目されており、いろいろな病気の予防等に役立つとして、様々な分野で研究されています。

### (4) プレフォーム脂肪酸（C18：0～およびC15：0、C17：0）

プレフォーム（Preformed）とは英語で、「前もっ

図4

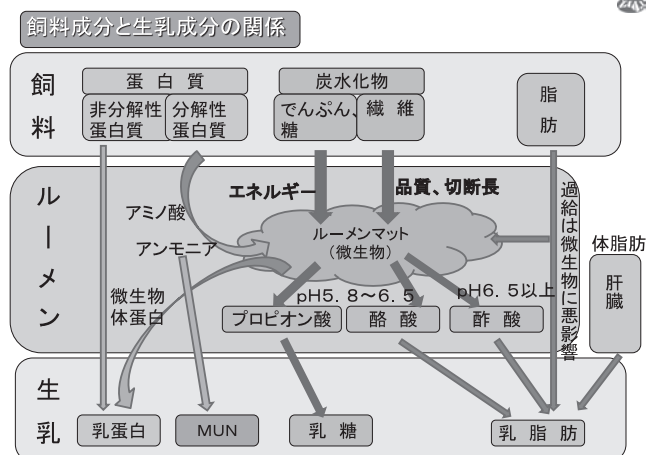


図5

## 脂肪酸組成の由来

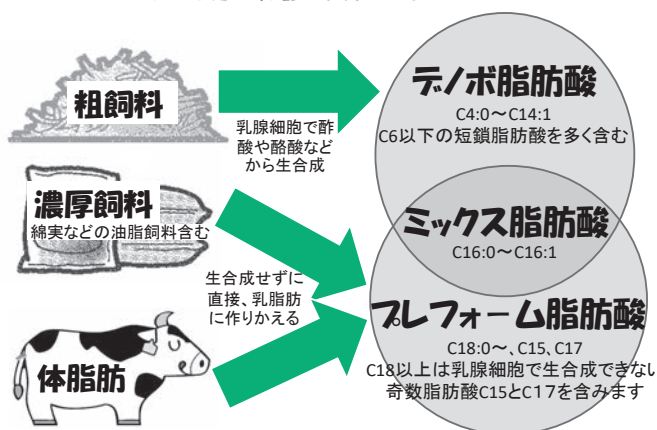
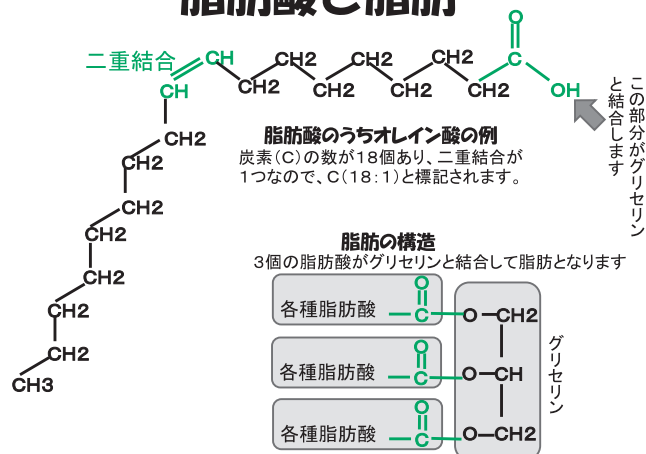


図6

## 脂肪酸と脂肪



て作られた」という意味になります。乳腺細胞が生合成できる脂肪酸は、炭素数18個未満であることが分かっています。ですから、炭素数18個以上であるプレフォーム脂肪酸は乳腺細胞で生合成されたものではありません。これまでの研究から、油脂飼料などの濃厚飼



料や牛体についた体脂肪に含まれた脂肪酸が、分解されることなく乳腺細胞で利用されて乳脂肪へと作りかえられていることが分かっています。このことから、前述したような濃厚飼料や過肥消瘦に関連するモニタリングによる活用が可能になります。

なお、分析機の特性上炭素数15個と17個のものも、このプレフォームの範疇に含まれます。この脂肪酸は奇数脂肪酸と呼ばれるもので、前述の短鎖脂肪酸以上に自然界では希少な脂肪酸で、やはり反芻動物特有のものです。これも健康物質として様々な研究が行われています。

#### (5) ミックス脂肪酸 (C16:0～C16:1)

ミックス (Miked) とは英語で、「混合した」という意味になります。デノボ脂肪酸が牛乳特有の短鎖脂肪酸を中心としたもの、プレフォーム脂肪酸が濃厚飼料と体脂肪による脂肪酸を中心としたものとなると、その間の炭素数16個はデノボ脂肪酸とプレフォーム脂肪酸の両方の性質をもった脂肪酸と言えます。

#### (6) 単位と表記

脂肪酸組成の単位は2通りあります。脂肪の構成をみたものという考え方から全脂肪酸100gに対しての脂肪酸重量をパーセントとして表す方法、および乳量全体からみたものという考え方から乳100gに対しての脂肪酸重量をパーセントとして表す方法です。図7にまとめておきました。「組成」という名称に違和感があった方もいると思いますが、まさに構成する割合すなわち組成であることをご理解頂けると幸いです。

2通りの表記があるのには理由があります。データ活用を考えたとき、全体として低乳成分であった場合などは、乾物摂取量そのものを見直す必要があります。このような場合は、乳量100gからの値を検討する必要があります。また、粗飼料の食い込み不足など粗飼料と濃厚飼料の割合に関することは、全脂肪酸100gからの値を利用するのが良いでしょう。

図7 脂肪酸組成の単位と表記

| 全脂肪酸100gに対して脂肪酸重量 |            |            |            |
|-------------------|------------|------------|------------|
| 略式記述              | デノボFA      | ミックスFA     | プレフォームFA   |
| 記号                | DnF        | MiF        | PrF        |
| おおよその範囲           | 2.0～3.5%程度 | 2.5～4.0%程度 | 3.5～5.0%程度 |

| 乳100gに対して脂肪酸重量 |            |            |            |
|----------------|------------|------------|------------|
| 略式記述           | デノボMilk    | ミックスMilk   | プレフォームMilk |
| 記号             | DnM        | MiM        | PrM        |
| おおよその範囲        | 0.8～1.4%程度 | 1.0～1.5%程度 | 1.4～2.0%程度 |

※良く測定されるおおよその範囲です。良し悪しを示すものではありません

#### (7) バルク乳

バルク乳において測定された脂肪酸組成を群管理に利用出来ないかどうかとの検討等も行われています。バルク乳における脂肪酸組成は、牛群検定の個体別の脂肪酸組成を乳量や乳脂肪で重み付けをした平均値になります。図8のとおり分娩後60日以内ではデノボFAとプレフォームFAともに正規分布していないことや、図9のとおり分娩後日数によって変化が著しいことから、バルク乳の検査結果を牛群管理に活かすことは難しい面があります。バルク乳では牛群全体での乾物摂取量の過不足程度の利用にとどめ、飼養管理へ詳細に活かすには、やはり牛群検定による個体別の脂肪酸組成を利用する必要があります。

群管理の指標としての利用法は、バルク乳よりも頭数割合を重視すべきという報告もあります。例えば、

図8

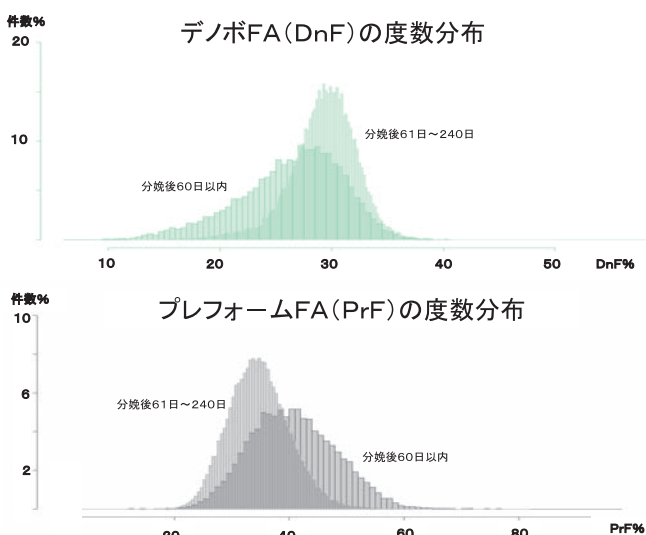
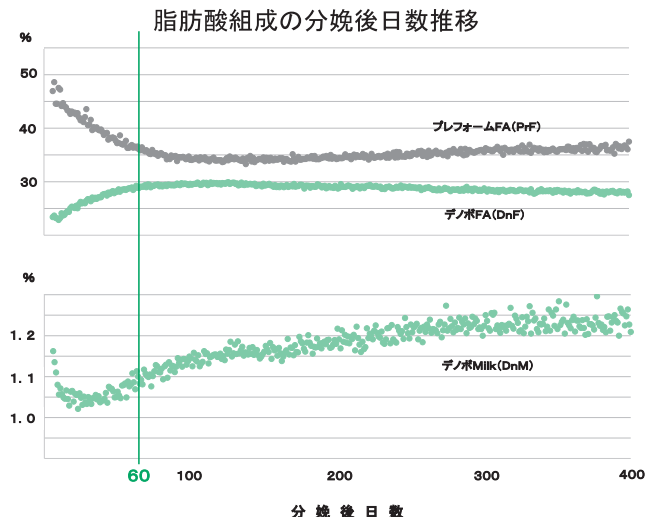


図9



大規模牛群の多い北海道では、分娩後60日以内の牛が20頭いれば、デノボFAが22%未満の牛の頭数割合が5頭以下すなわち25%以下を目安に群管理するという指標が報告されています。

### 3 その他の脂肪酸組成の活用

脂肪酸組成はまだまだ新しい指標であり、今後どんどん研究が進み、いろいろな応用性が見つかると考えられます。現在考えられている応用について十分ではないかも知れませんが記しておきたいと思います。

#### (1) BHBとの関係

図1および2の乳成分速報にはBHB（ベータヒドロキシ酪酸）が表記されています。BHBは、乳中ケトン体として、ケトーシスという周産期病と密接に関係するものです。飼養管理面の活用としては、飼料の食い込み不足、栄養不足をモニタリングすることが出来ますので、今回紹介している脂肪酸組成の活用と似ているところがあります。これはどちらが正しいとか選択するものではなく、両方をご活用頂くのが最も良い方法となります。両者の違いを記しますと、脂肪酸組成はルーメン内のVFA（揮発性脂肪酸）などの発酵、微生物に大きくかわかるもので、ルーメンの状況をモニタリングしているものと言えます。これに対し、BHBは肝臓での代謝による生産物であるケトン体のうち乳中に移行したものを測定している訳なので、肝臓をモニタリングしていると言えます。

例えば、ケトーシスを発症しやすい産褥期に、デノボFAが22%未満、プレフォームFAが50%以上であり、BHBが0.13mM/L以上であれば、ルーメンと肝臓の両方から、栄養不足すなわちケトーシスの信号が出ていると言うことになります。

#### (2) BCS

BCS（ボディコンディションスコア）は、牛体の過肥や消瘦を判定できる極めて有効な手段です。プレフ

ォーム脂肪酸は牛体の体脂肪由来のものを含ましますので、プレフォームFAが50%を超える様であれば、牛体の消瘦が考えられることになります。このように脂肪酸組成からBCSについても推定が出来るわけです。しかし、こういった牛を実際に観察してBCSを判定することは重要であり、省略することはできません。

#### (3) 飼料効率

飼料効率は、乾物摂取量1kg（DMI）あたりの乳量であり、酪農における極めて重要な技術指標です。しかし、飼料効率は乾物摂取量を測定することが必要となり、通常の牛群検定では極めて困難です。そこで、牛群検定で各種検定成績から乾物摂取量を推定して、飼料効率を求めています。

現在の乾物摂取量の推定はBCSを中心に用いたものであることから、情報提供されている飼料効率はBCSを測定している農家に限ります。今後、脂肪酸組成の研究が進み、上述のようなBCSや体重との関係が明らかになれば、広く飼料効率を提供できると考えられます。

#### (4) 繁殖

脂肪酸組成により、栄養状態や過肥消瘦を把握出来ることは前述の通りです。このことは、当然ですが授精適期にも当てはまります。脂肪酸組成の状態と授精の関係等も研究が進んでおり、分娩後1カ月以内のデノボFAが22%以下の場合に未授精牛や除籍牛が多くなると言う報告もあります（(公社)北海道酪農検定検査協会）。

#### (5) その他

その他にも粗飼料の食い込みが低下する「暑熱」、濃厚飼料過多による「アシドーシス」、蛋白飼料の過不足等をみる「MUN」、さらには、体細胞数（乳房炎）や乳量そのものへの影響など、脂肪酸組成が乳牛の飼養管理等に影響することも広く知られており、今後様々な新技術が提唱されていくこととなるでしょう。