

牛乳の おいしさの 決め手は、 「風味」です。

“自発性
酸化臭”を
知っていますか？

Contents

1. 生乳の風味変化とは
2. 異常事例の紹介
3. 生産時の風味変化対策



一般社団法人 Jミルク
Japan Dairy Association (J-milk)

平成30年度 牛乳乳製品需要創出事業
独立行政法人 農畜産業振興機構 後援

はじめに

昨年、学校給食の牛乳において「いつもと違う味がする」「変な味がする」との児童・生徒からの指摘があり、「異味異臭」として大きく報道されました。その後も、大きく報道されてはいませんが同様の事案が散発しています。

これらのケースでは、明らかな製造上のミスもありましたが、多くの場合は、原因を明確に示すことが出来ませんでした。学校側は「説明が不十分」「安心できない」として、指摘のあった製品を出荷した工場からの供給を、受け付けられない事態も続きました。

私たち酪農乳業界関係者は、消費生活者のみなさんに、安心して飲食できる牛乳乳製品をお届けする使命を負っています。もし、それを果たすことができなければ、牛乳乳製品に対する信頼は損なわれ、ひいては産業としての酪農乳業が衰退してしまう可能性すらあります。ですから私たちは、この問題をこのままにしておくことはできません。

Jミルクでは、まずは学校教育関係者の方々に「牛乳の農産物としての特性」を理解頂くことが必要であると考えています。昨今の生乳需給情勢は不足基調にあり、常に一定地域の生乳を原料として確保することを許してくれません。産地や季節が変われば、飼料も環境も変わり、牛乳の風味と味も変化します。この事実が理解されたことにより、風味の変化を自然と受け入れた事例が報告されています。このことから「牛乳は農産物である」との理解促進は重要であり、取り組みを進めてまいります。

一方で「生乳自体が持つ異味異臭は実際に存在する」という事実があります。そしてその要因は、牛乳を製品として市場に供給するミルクサプライチェーンのそれぞれの拠点（生乳生産現場、集乳車両、中継施設、乳業工場、中継冷蔵庫、配送者、保管冷蔵庫など）において潜んでいます。ヒューマンエラーであったり、設備機械の不備であったり、化学的な構造問題であったりと、それらは様々な形で影響しています。私たちは、各拠点で発生し得る要因を探り、それを取り除いてゆく必要があります。

今回このリーフレットは、生産現場における異味異臭発生要因を少しでも減少させることを目的に制作しました。生産現場で発生し得る様々な要因と、その対策案を示しています。特に、一般にはよく知られていない厄介な課題である「自発性酸化臭」の実態を充分にご理解頂き、その対策を実践して頂くことは重要です。少し複雑な説明もありますが、これらは生産者のみなさんに是非知っておいて頂きたいことです。

私たちの使命である「安心して飲食できる牛乳乳製品を消費生活者のみなさまに送り届ける」こと。これを今一度心に刻んで、ミルクサプライチェーン関係者と伴に、新たな取り組みをお願いします。

2018年7月

一般社団法人Jミルク



監修

北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 助教
三谷 朋弘

アドバイザー

公益社団法人 北海道酪農検定検査協会 専務理事
熊野 康隆

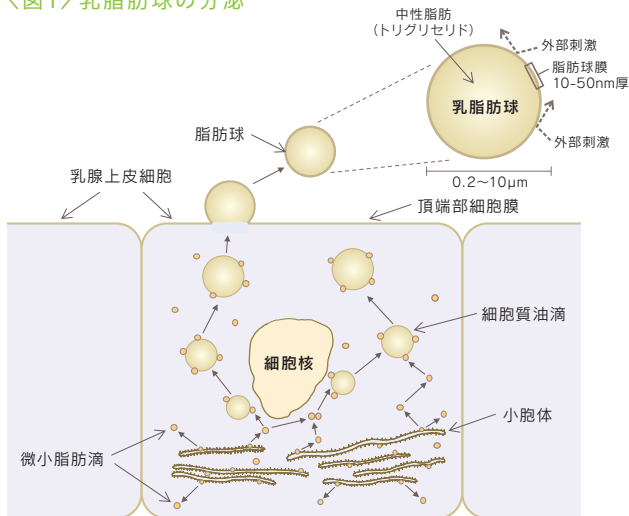
生乳に含まれる 脂肪のしくみと特性



異常風味の発生要因を知るためには、生乳のことを知る必要があります。まずは異臭発生に深く関わる乳脂肪についての解説から始めます。

生乳の異常風味である「自発性酸化臭」や「脂肪分解臭(ランシッド)」は生乳中の脂肪を舞台に発生します。乳脂肪は、直径0.2~10 μm (1 μm は、1/1000mm)の脂肪球の状態で乳汁中に分散しています。脂肪球は、10~50nm厚(1nmは、1/100万mm)の脂肪球膜で覆われており、内部は中性脂肪(トリグリセリド)の油滴となっています(図1)。脂肪球膜は、泌乳の際に乳腺細胞内で作られた油滴が細胞膜に包まれて分泌されたものです。この膜は外部からの化学的・物理的刺激から脂肪を守っている訳ですが、非常に薄い膜ですので物理的刺激に弱く、デリケートに扱う必要があります。脂肪球膜が崩壊した場合、内部の中性脂肪が露出、脂肪分解酵素(リパーゼ)により分解、遊離脂肪酸が発生します。これが脂肪分解臭の原因となります。

〈図1〉乳脂肪球の分泌



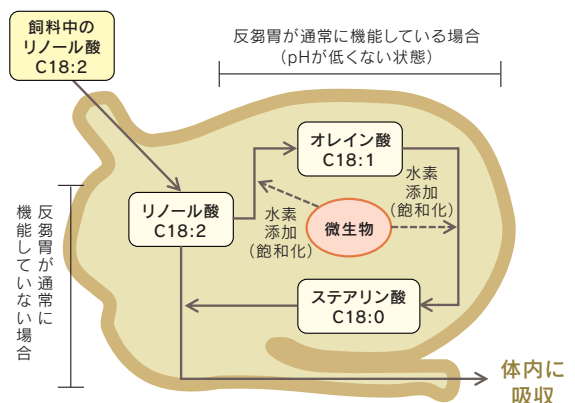
乳脂肪の特徴は脂肪を構成する脂肪酸で決定されます。脂肪酸の特徴は、構成する炭素の数と二重(不飽和)結合の数で決定されます。二重結合とは、炭素

同士の結合を表す言葉で、炭素が二重に結合した状態です。飽和結合と比較して不安定になり、活性酸素と反応すると過酸化脂質となります。二重結合の数が多ければ多い程結合が弱く、酸化されやすくなる特徴があります。

反芻動物では摂取した不飽和脂肪酸は反芻胃(ルーメン)内で水素が与えられ、飽和化されます(図2)。ただし、これはルーメンが通常に機能している場合であり、穀物を多給しルーメン内pHが低下するような状況では、この水素付与能力が落ち、不飽和脂肪酸の吸収量が増加してしまいます。また、飼料の種類によっても脂肪酸組成は異なり、一般的に穀物(コーン、麦、大豆など)はリノール酸(C18:2)が多く、牧草は α -リノレン酸(C18:3)が多い特徴があります。穀物多給下では、反芻胃が正常に機能せず乳中の多価不飽和脂肪酸が多くなるため、酸化に対するリスクが高まる可能性があります。

※脂肪酸はC○:△というように表現します。○は炭素の数、△は二重結合の数を示します。炭素数18二重結合2のリノール酸はC18:2と表現します。

〈図2〉反芻胃内における脂肪酸の飽和化





1 生乳の風味変化とは

異常風味には どんなものがあるの？（その全容）

異常風味の主な発生原因は、酪農技術の根幹である「反芻動物の栄養」、「乳の理化学的性状」などが関係しており、問題の解決にはもう一度基本に立ち返る必要があります。

異常風味の代表的な種類としては、酸化臭（脂肪酸酸化臭）、ランシッド（脂肪分解臭）があり、いずれも乳脂肪が深く関係しています。

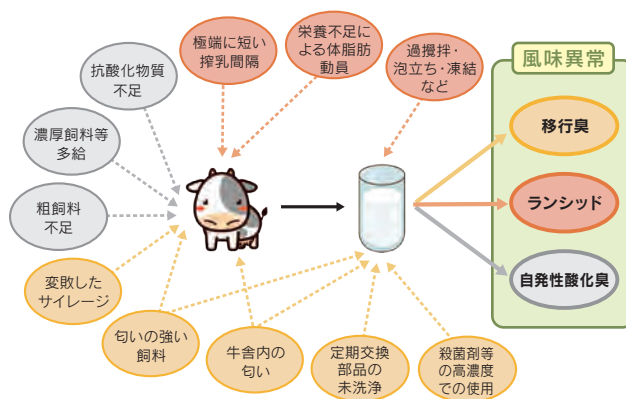
その他の事例としては、果実臭、サイレージ臭、牛舎臭などがあり、これらは異臭が牛の呼吸器から血液を介し乳へと移行する「移行臭」と考えられます。牛乳は臭いの付きやすいものですが、実は牛舎の臭いなどが呼吸器を通し牛乳に臭いが移るのです（図1）。

異常風味の発生を未然に防止するためには、根本となる要因についてある程度理解しておくことが大切です。また、異常風味発生の際の迅速な対応には、初期段階での原因の切り分けが重要となります。

表1は、米国やカナダの大学の文献を参考に異常風味の主な種類と原因・対策について、実際の事例をもとに整理したものです。

最近、他業種（肉牛生産など）から酪農への参入が増えています。前段で触れた事項の知識はもちろんのこと、衛生管理面（特に、搾乳衛生や搾乳器具の洗浄殺菌など）にも十分な留意が必要です。

〈図1〉 生乳の風味異常発生メカニズム
（北海道乳質改善協議会提供）



〈表1〉 異常風味の要因と対策

異常風味の種別	発生機序	要因	主な対策
酸化臭 (酸素があれば、時間経過とともに進む)	乳脂肪(不飽和脂肪酸)の酸化	・粗飼料不足 ・粕類飼料多給 ・濃厚飼料多給 ・ビタミンE不足	・新鮮で充分量の粗飼料を給与 ・飼料給与メニューの見直し ・ビタミンEの給与
ランシッド (脂肪分解酵素リパーゼは殺菌工程で失活され、それ以上は進まない)	リパーゼによる乳脂肪の分解(遊離脂肪酸の生成)	・搾乳間隔が短い(8時間未満) ・物理的衝撃による脂肪球膜の損傷 ・極端な栄養不良 ・搾乳の再冷却	・搾乳回数を3回/日以内に制限 ・搾乳・貯乳設備の点検(牛乳の凍結・泡立ちを防止する) ・飼料給与の見直し ・暑熱対策
サイレージ臭、果実臭、牛舎臭、不潔臭	環境・飼料の異臭が牛の呼吸器を介して牛乳へ移行する	・変敗したサイレージの給与 ・匂いのきつい飼料の給与 ・牛舎内の臭気	・劣化サイレージの給与中止 ・良質な粗飼料の給与 ・牛舎内の換気
薬品臭(塩素臭)	異物混入	・高濃度の殺菌剤などの混入	・洗浄・殺菌方法の点検
淡味	異物混入	・水の混入	・搾乳・洗浄設備の点検
チューブ移行臭(豆臭)	塩ビ製ミルクチューブからの可塑性溶出	・新品チューブの使用前予備洗浄の未実施 ・サードパーティ製チューブの使用	・新品チューブの初回使用前には予備洗浄を実施する ・搾乳機器メーカーの純正チューブを使用する
腐敗臭、果実臭、麦芽臭	細菌が産生する代謝物による臭気	・高度の細菌汚染	・洗浄・殺菌方法の点検 ・バルククーラー点検

自発性酸化臭を知る

生乳の異常風味の一種である「酸化臭」とは、乳脂肪に含まれる脂肪酸やタンパク質が酸化する過程で発生する臭いのことです。酸化とは物質に酸素が結合することを指し、「熱」、「光」、「時間」により促進されます。牛乳では、「自発型」と「誘導型」の酸化臭が知られています。誘導型酸化臭は光や熱により促進される酸化臭で、製品の製造過程や保存状態が問題となります。ここでは工場に搬入された後に酸化臭を発生してしまうことで厄介な問題を引き起こす「自発型」、すなわち自発性酸化臭について解説します。

自発性酸化臭は、時限爆弾の異常風味といわれます。集乳時に問題がない生乳でも数日後に異臭が発生することがあるためです。自発性酸化臭を生み出す基の物質は、乳脂肪に含まれる多価不飽和脂肪酸、特に脂肪球膜中のリノール酸であるといわれています(図1)。リノール酸は順を追って脂質ヒドロペルオキシドにまで酸化されます。これに金属(銅、鉄など)や酵素が反応することで、原因物質であるアルデヒドが生成されます。これが単発の反応で完了すれば大きな問題にはなりません、このケースでは最終物質が中間物質の生成を促進する連鎖反応を示します。したがって、一旦この反応が始まると、留まることなくリノール酸からの酸化が進み、数日後には酸化臭が数倍にまで進んでしまいます。

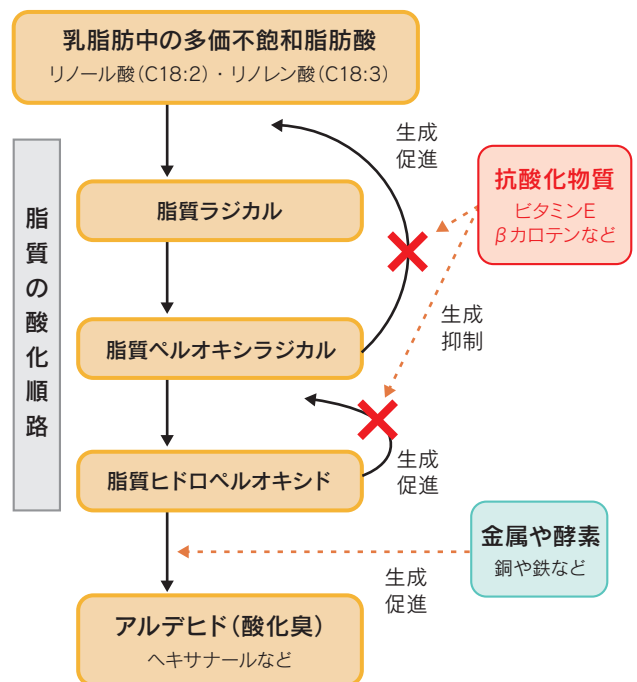
自発性酸化臭の発生は、多価不飽和脂肪酸、抗酸化物質、金属や酵素、それぞれのバランスが影響するとされており、またビタミンEなどの抗酸化物質は、連鎖反応を途中でブロックするといわれています。従って、乳中の多価不飽和脂肪酸が多く抗酸化物質量が少なければ発生リスクは高く、一方で多価不飽和脂肪酸が多くとも抗酸化物質量が多ければ、発生リスクが低下するということです。さらに、

ストレスによる活性酸素の増加も影響すると推察されています。

ただ、同じ条件において必ずしも発生する訳ではなく、その詳細ははまだ不明です。現状、発生した場合には給与飼料の見直し、ビタミンE剤の給与などが推奨されています。

多価不飽和脂肪酸、特にコーンや大豆などリノール酸を多く含むと考えられる飼料を給与する場合には、その量を考慮するとともに、併せて抗酸化物質を補給するなど、自発性脂肪酸を発生させない飼養管理を徹底する必要があります。

〈図1〉自発性酸化臭の生成経路





ランシッド（脂肪分解臭）について

ランシッドは脂肪分解酵素(リパーゼ)による脂肪分解の結果生じる異臭のことで、独特の不快感な臭気を発します。牛乳を口に含まなくても匂いで異常がわかるため、バルク乳の集乳や乳業工場での受け入れ時に行う官能検査において容易に判定が可能です。

①乳脂肪は繊細

ランシッドの発生を予防するためには先に述べたように、まず乳脂肪の構造を理解しておくことが重要です。搾乳間隔の短縮(頻回搾乳)や、搾乳・送乳などの際に乳を過度に泡立たせたり、凍結などによる物理的な衝撃が加わることによって(図1)、脂肪球膜が破壊され中の脂肪がむき出しになり、リパーゼの作用を受けやすくなります(図2)。従って生乳は出来るだけ“やさしく”取扱うことが重要になります。

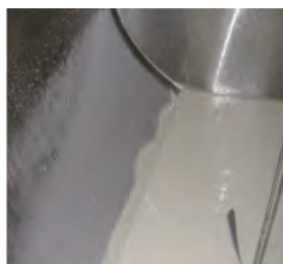
〈図1〉バルク乳の泡立ちや凍結

(バルク乳の冷凍機スイッチはアジテータが半分隠れてからON)

激しい泡立ち



バルク乳の凍結



②乳牛は草食動物(健康な管理)

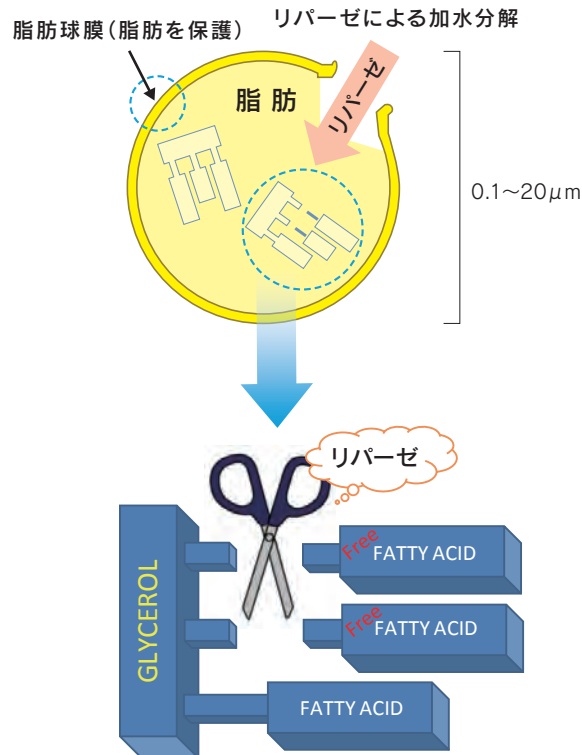
飼料給与面におけるランシッドの要因として、栄養充足率の低下が挙げられます。エネルギー不足によって体脂肪が動員されると、血液や乳中に体脂肪由来のパルミチン酸(C16:0)が増加します。パルミチン酸はリパーゼを活性化させる作用があるため脂肪分解を促進させます。すなわち、乳牛に十分な粗飼料とバランスのとれた配合飼料等が必要になります。

③脂肪分解はどのように起こるか

脂肪分子の化学構造はグリセロール(グリセリンとも

言われる3価のアルコール)に、3本の脂肪酸が結合した構造になっています。この結合部分に、リパーゼが働くと、脂肪酸がグリセロールから遊離します(図2)。酪酸(C4:0)などの比較的分子量の小さな脂肪酸は揮発性が強く、遊離すると匂いとして感じるため極端な場合に異常風味となります。遊離した脂肪酸をFFA (Free Fatty Acid: 遊離脂肪酸)と言いますが、この数値で脂肪分解の程度を判定することができます。FFAが2.0mmol/100g Fatを超えるとランシッドのリスクが増します。FFAをモニタリングすることで、異常風味の予防や発生時の原因の切り分けに役立てることができます(北海道では2017年からFFA情報を提供しています)。

〈図2〉乳脂肪の構造とリパーゼによる加水分解



異常風味の実際事例

以上、代表的な異常風味について解説しましたが、実際の発生事例を見ていきながら具体的な対策と予防策について考えてみましょう。

(1) 事例1：自発性酸化臭

①A牧場の概要

200頭飼養 フリーストール・ミルクパーラー
TMR (完全混合飼料) として、ベースとなる粗飼料、濃厚飼料の他に、油脂類の補強飼料として、しょうゆ粕、綿実、脂肪酸カルシウムを混合給与していました。

②発生経過

冬期より3回搾乳を開始し乳量は30%アップしました。しかし、牛に無理がかかり痩せてきて、心配していました。春先の5月に異常風味が発生し、数度にわたってバルク乳を廃棄することになりました。この時のバルク乳の乳成分には特に異常はありませんでした。

③改善対策

- 1) 栄養士と検討し、油脂類の給与を停止→改善せず
- 2) ビタミン類 (総合ビタミン剤) の給与量を増やす→改善せず
- 3) ポリフェノール (抗酸化物質) の給与開始→改善せず
- 4) ビタミンE (100IUを100g/頭) の給与開始→改善

異常風味が解消した後は、ビタミンEの給与量を40g/頭に減らし継続。一旦休止していた油脂類の給与を再開しましたが問題なく経過しています。

④まとめ

A牧場では、抗酸化物質であるビタミンEが不足していたため、給与していた油脂飼料由来の不飽和脂肪酸が酸化しやすい状況にあったと考えられました。

(2) 事例2：ランシッド

①B牧場の概要

80頭飼養 (フリーストール・ロボット搾乳:70頭、タイストール:10頭)

②発生経過

搾乳ロボットを導入して約1年後に異常風味が発生し出荷停止となりました。この時、バルク乳のFFA (遊離脂肪酸濃度) は、危険レベルの2.0mmol/100g Fatを超えており (図1)、ランシッドと考えられました。

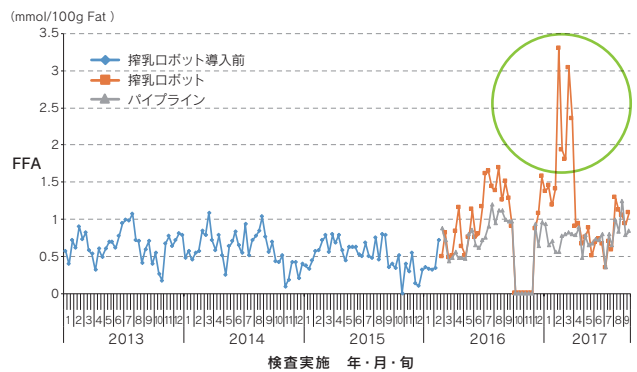
③改善対策

異常風味発生時の1日当たりの平均搾乳回数を調べたところ4.4回と極端に多いことが分かり、そのために搾乳間隔が短くなったことが原因と考えられました。そこで、搾乳ロボットの設定搾乳間隔を延長し、平均搾乳回数を3回/日まで減少させることで、異常風味は改善されFFAも正常レベルまで下がりました。

④まとめ

搾乳間隔を短くすることで、1日当たりの平均搾乳回数は増加します。多過ぎる搾乳回数はFFAを上昇させるため、ランシッドに繋がったものと考えられます。

〈図1〉バルク乳のFFA (遊離脂肪酸濃度)



(3) 事例3：ランシッドの未然防止 (高FFA)

①C牧場の概要

120頭飼養 フリーストール・ロボット搾乳

②発生経過

通常はメインバルク (10t) に貯乳し、集荷後の洗浄・殺菌時にサブタンク (1.5t) に切り替える運用を行っていました。当初はサブタンクの稼働時間を7時間に設定していましたが4時間に短縮したところ、FFAが6.0mmol/100g Fatまで急上昇しました。異常風味の発生が心配されたため原因調査を行ったところ、サブタンクの稼働時間を短縮したことによりタンク内の貯乳量が減少し、アジテーターの回転で生乳が泡立っていることが分かりました (図2)。

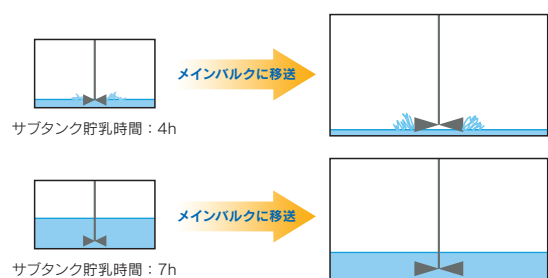
③改善対策

生乳の泡立ちを抑えるために、サブタンク稼働時間を当初の7時間に戻し、タンク内の泡立ちの発生が解消されたことを確認しました。

④まとめ

生乳の泡立ちによる物理的衝撃により脂肪球膜が損傷することで、脂肪が分解しFFAが上昇していたものと考えられます。FFAをモニタリングすることでランシッドの発生を未然に防ぐことができました。

〈図2〉バルク乳の液面が低いことによるアジテーター泡立ち



その他の異常生乳について (血乳、アルコール不安定乳他)

異常生乳は、移行臭や酸化臭・ランシッドによる異味異臭の事例だけではなく、その他の異常にも備える必要があります。ここではしばしば問題となる血乳、アルコール不安定乳を取り上げました。

異常生乳が発生した場合、多くの人々がまずエサを要因として考える傾向がありますが、飼料ばかりが原因ではありません。もちろん飼料は大きな要素ですが、環境やミルクカー、バルクなど周辺機器に問題がある場合もあります。要因を決めつけずに、様々な可能性を検討する必要があります。

(1) 血乳 (写真1)

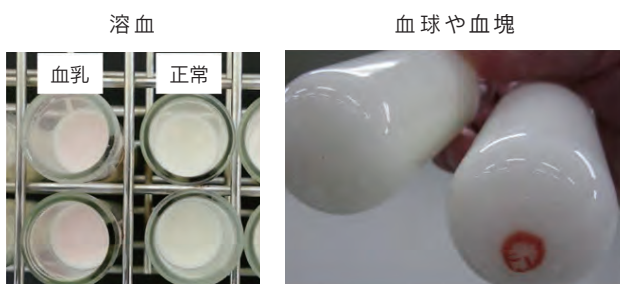
① 発生パターン

乳牛の血乳は乳房や乳頭を踏まれて発生する外傷によるケース、分娩直後の牛に限定して発生するケース、直近に分娩牛はいないのに突然「血乳検出」を通告される3つのパターンがみられます。

② 原因

乳房や乳頭の外傷以外による原因としては、牛の体内で作られた『活性酸素』という物質による酸化ストレスで血管がもろくなることが考えられます。特に分娩直後には、分娩前の急激な乳腺組織の発育のための血流の増加に血管造成が追いつかないことで、血圧上昇が起き、もろくなった血管が破裂します。

<写真1> 血乳いろいろ



③ 改善対策

飼料給与においては次の対策が有効です。

1) 活性酸素を解毒する酵素を働かせる

活性酸素を解毒する作用として、体内や牛乳中にはカタラーゼ(鉄を核とする)など数種の酵素が含まれています。この解毒酵素を活性するためには、鉄、銅、亜鉛、マンガン、セレンなどが必要になるので、飼料中にこれらの要求量を満たす必要があります。なお、多過ぎる鉄、銅などは酸化を強める作用があるので注意しなければなりません。

2) ビタミンの給与

活性酸素に対して抗酸化作用を持つビタミン(ビタミンE、ビタミンC、 β -カロテン)を給与します。

④ まとめ

最近の高泌乳牛では活性酸素を意識した飼養管理が重要です。酸化ストレスによって血乳ばかりでなく、免疫、繁殖、肢蹄、乳生産にも悪影響が及びます。

(2) アルコール不安定乳

生乳にアルコール(70%)を加えると、固まってしまう(凝固)ものをアルコール不安定乳といいます。アルコール不安定乳は法的に売買できません。その発生ケースとしては、次に挙げた二通りが考えられます。

① 細菌の増殖(高酸度アルコール不安定乳)

搾乳の際の乳頭清拭の不十分、搾乳器具の洗浄不良や、バルククーラーのスイッチの入れ忘れ等によって、生乳中の細菌が増殖し、それらが作る酸の影響によって牛乳が酸性状態になります。本来、牛乳のタンパク質(カゼイン)同士は互いに反発し合い凝固しづらい性質を持っています(図1-a)。酸の影響でお互いの反発力が弱まり凝固しやすく



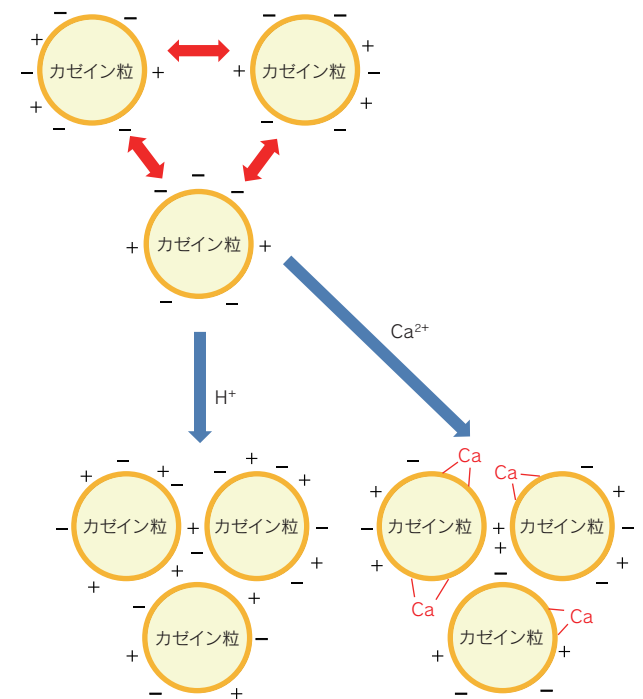
なります(図1-b)。牛床を乾燥させきれいにし、乳房・乳頭の汚れがないような対策が必要です。普通使われている殺菌剤は次亜塩素酸ソーダで、通常200ppmで使用しますが、濃度が高過ぎると酸化臭の原因となります。洗剤・殺菌剤は必要量を必ず守ることが重要です。

②牛の栄養不足(低酸度アルコール不安定乳)

牛が栄養欠乏状態やグラスステニー(低マグネシウム血症)になることで、飼料からのマグネシウム摂取量が不足すると、その反応として骨から血液中へカルシウムが動員されます。そして、このカルシウムは尿や乳に移行し、このカルシウムが影響してカゼイン粒子同士の間隔が狭まり凝固しやすくなります(図1-c)。最近、生産現場で発生するアルコール不安定乳のほとんどはこの事が原因であると推察されます。暑熱の影響、品質の悪い粗飼料の給与や飼料不足などで、乾物摂取量が極端に減ってしまうことが原因として挙げられます。このケースでは、牛の体脂肪動員によって、乳中にパルミチン酸というランシッドを促進させる脂肪酸が増えるため、ランシッドの発生にも注意が必要です。

〈図1〉カゼイン粒子の変化

a: カゼイン粒子の電気的な平衡状態 正常乳:pH6.7
(マイナスの電気でカゼイン同士は反発しあう)



b: 中温菌が増殖することで酸性になった状態(pH~4.6)
(プラスの電気が増え、反発力が弱まる)

c: 過剰なカルシウムイオンがカゼイン粒子に結合する
(カルシウムイオンが結合することでマイナスの電気が減る)

あかばね動物クリニック 代表取締役 鈴木 保宣



自発性酸化臭を発生させない乳牛管理

①自発性酸化臭を発生させない乳牛管理

生乳の異臭発生には、不潔臭などの移行や過剰な物理的刺激など、生産環境・生乳の取り扱い方に要因があるケースと、自発性酸化臭のように乳牛自体が要因となるケースがあります。乳牛自体が発生要因である場合は、「常に健康な状態になる」よう乳牛管理を見直します。

②濃厚飼料・副産物の多給をひかえる

多価不飽和脂肪酸(リノール酸・リノレン酸)濃度の高い牛乳では、酸化臭が発生しやすいと言われていいます。リノール酸は濃厚飼料の原料である穀物に、リノレン酸は牧草に多く含まれています。健康な乳牛であれば、これら多価不飽和脂肪酸は第一胃で飽和化されますので、飼料中の含量が高くても問題ありません。しかし、これらを飽和化する微生物は、第一胃内pHの低下で活性が下がり、摂取した脂肪酸は飽和化が不十分なまま、小腸で吸収されます。

第一胃内pHは、濃厚飼料の多給で低下します。また、食品工場からの副産物には豆腐粕のように高脂肪・高エネルギーのものがあ、こうした飼料を、高泌乳時や暑熱時の採食量不足を補うために多給すれば、結果として粗飼料採食量の低下を招きます。ビール粕のように、繊維質を含むと表示される飼料であっても、実際には粒度が細かく、物理的効果が乏しい副産物は利用時に注意し、第一胃内pHを常に良好なレベルに維持します。

③給与飼料が確実に摂取されるよう管理する

給与飼料が適切に設計されても、混合不十分なTMR(完全混合飼料)で選択採食が発生すれば、

濃厚飼料の採食割合が高まります。元来、群飼養におけるTMR給与は、飼料の粗飼料含量を維持し、第一胃内発酵を安定させる手段です。

採食量の不足による乳量の減少を、副産物含む濃厚飼料給与で補おうとすれば、粗飼料比率は低下し、酸化臭発生の危険性は高まります。適切な暑熱対策を施し、採食量の低下を防ぎましょう。飼料が、いつでも牛の採食可能範囲内にあるように餌寄せを効果的に行いましょう。密飼いなどにより、飼槽にアクセスしにくいと採食期回数は減少し、一度に多量の飼料摂取が起こります。これも、第一胃内pH低下の原因になります。

④自動搾乳システムでのPMR給与法の理解

自動搾乳システムでは、基礎混合飼料(PMR)とは別に、搾乳ロボット訪問のモチベーションを高めるため、ロボット内で濃厚飼料を給与します(図1)。つまり、牛舎飼槽で給与されるPMRの濃

〈図1〉PMRの考え方



※ロボット訪問のモチベーションのために、TMR内の濃厚飼料をロボット内の単体給与に分割。ロボット内濃厚飼料は個体管理だが、PMRは牛群単位の管理。PMR採食量の低下で、摂取する飼料の濃厚飼料比率は、自動的に高まる。

厚飼料比率は、TMRに比べ低下します。用いる粗飼料の品質が高ければ、PMR採食量は十分確保できます。

しかし粗飼料品質の悪さや暑熱などの理由で、PMR採食量が低下し、これをロボット内濃厚飼料で補おうとすると、濃厚飼料多給の問題が発生します。また、PMR採食量が低下しても乳量は同時に低下しませんので、濃厚飼料給与量は変化しません。つまり、一時的に濃厚飼料に偏った採食が行われます。

自動搾乳システムでは、こまめに管理者がPMR採食状況を把握し、PMR採食量低下の原因を排除することが、乳量や乳脂率を維持し、酸化臭の危険性低下につながります。反芻時間がモニタリングできれば、積極的にこれを活用すべきです。また、ルーメンフィルスコアやボディーコンディションスコアも、採食量の過不足を個体ごとに知る重要な指標です。

なお乳量増加を期待して、自動搾乳システムで多回搾乳が計画されることがあります。自動搾乳システムで、搾乳実施の最短間隔の基準を低くして、短すぎる間隔で搾乳されると、牛乳中の脂肪球は大きくなり、不安定になって、脂肪分解酵素の影響を受けやすくなると言われています。また、1回当たりの搾乳量が少なくなると、搾乳時に牛乳が受ける機械的ダメージが増えることが懸念されます。牛乳中FFA値を抑えて、風味異常のひとつであるランシッド発生を防止するために、例えば6時間以内のような「短すぎる間隔での搾乳」や、8kg以下のような「少なすぎる量での搾乳」は、搾乳実施基準を調整して、できる限り避けるべきでしょう。

⑤ ビタミンEの効果

酸化反応は、ビタミンEによって阻止することができます。酸化臭発生の危険性が増す時期のビタミンE添加は、発生防止に効果的であると言われています。ビタミンEは生草に多く含まれています。放牧地草

にリノレン酸が多いのかかわらず、放牧牛の牛乳で酸化臭が発生しないのは、ビタミンEの摂取量の多さに関係しているのでしょうか(図2)。

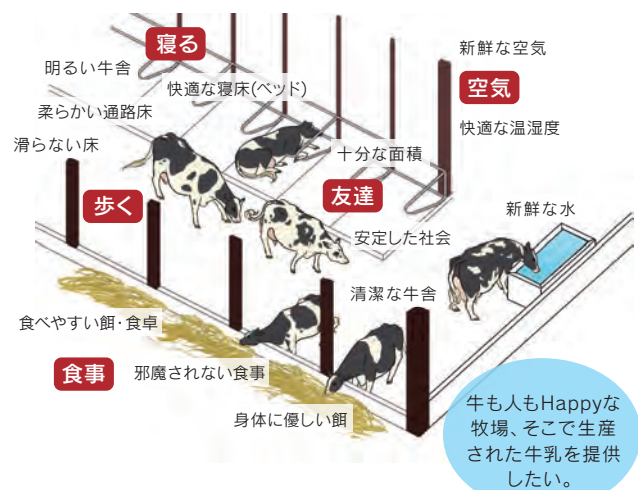
〈図2〉放牧地草からのビタミンE摂取



放牧地草はビタミンEを多く含む。

乳牛が各種ストレスを受けたときに、ビタミンE利用が高まります。暑熱や社会的競合、不良な休息場所など、牛の生活全般の質(QOL)を向上し(図3)、ビタミンE必要量を減らすことも、酸化臭の発生防止に効果があるでしょう。

〈図3〉牛の生活環境(QOL)のすべてを向上



バルク乳集荷から牛乳乳製品の出荷まで

今まではミルクサプライチェーンの酪農家に向けての話でしたが、次にバルクの集乳、クーラーステーションあるいは工場での受入れ、牛乳乳製品を製造する乳業工場の立場で考えてみましょう(図1)。

〈図1〉ミルクサプライチェーン

- 良いものを
- 適正な価格で
- お客様が欲しい時に
欲しい数量供給する

風味変化については、原因が一つではなく、要因が絡み合っています。対応には酪農、乳業、さらに普及員、獣医師、飼料販売業者等一体となって取組む必要があります。



(1) タンクローリー運転手の役割

タンクローリー運転手は酪農家のバルク乳を検査して、正常な生乳を集荷する第一の検査者(食品関連事業者)です。

まずは、①バルク乳の温度を確認(10℃以下)、②蓋を開け生乳の状況を見て(泡立ちがひどくないか、バター粒のようなものがないか、着色がないか)、風味も確認します(写真1)。一連の流れは中央酪農会議の「集乳業務担当者向け作業手順Manual」を見てください。

風味の中でもランシッドは集荷段階で分かりますが、何回かトレーニングが必要です。自発性酸化臭は時間を追って酸化が進みますので、この時点では分かりません。まずはランシッドを覚えましょう。きっとこれは知っている風味かもしれません。

〈写真1〉集乳時の確認



(2) クーラーステーションあるいは工場での受入れ

工場受入れ時には工場担当者がローリーの蓋を開け、正常かどうかを確認します。その後、エアーや手で攪拌してサンプリングして、成分、細菌数、体細胞数、抗生物質等の検査をします。この際、受入れ担当者、品質管理担当者により味覚や風味の官能検査も行い、正常であれば受入れします(写真2)。

〈写真2〉工場での品質検査



(3) 工場での品質検査を経て牛乳乳製品の出荷

工場では生乳を殺菌して牛乳として出荷するまでに数回の官能検査を行います。貯乳タンクごとに、殺菌し充填前に、また品質管理部署で最終的に官能検査を含む各種検査をします。検査担当者がダメだと言えば工場長がOKと言っても出荷できないシステムになっています。

最後に、牛乳の品質、美味しさをさらに向上させるためには、酪農家の取組みを支援する関係者の情報の共有、組織作りが大切です。

乳牛は草食動物(反芻動物)です。生乳は繊細なものです。乳牛の健康(飼料、ルーメン、肢蹄、繁殖管理、牛舎環境等)が最も必要です。

酪農家の皆さんを支援する関係者はいっぱいいます。すぐ近くにいるのはJA、NOSAI(獣医師)、人工授精師、削蹄師、機器メーカー、飼料会社、コンサルタント、指定団体、普及センター、乳業者、生乳検査所、行政、試験場等々。

本当はとなりの酪農家がどのようなことをしているのか知ることが一番かもしれませんね!

茨城県牛乳事業協同組合 技術顧問(トモエ乳業株式会社 専務取締役) 小川 澄男

牛乳の風味変化は、地域、飼料、季節、牛舎環境の変化で影響を受けます。だから、生乳の集乳路線が変わっただけで、いつものと味が違うということがありますが、酪農家が飼っている乳牛から美味しい牛乳を子供たち、消費者に飲んでもらいたいという気持ちを大切にしましょう。