

マネージメント情報

2014年10月



この記事は、機関誌や日常の出来事の中からわれわれが注目した話題を皆様に提供するものです。
ご質問、ご要望などなんでもお寄せくだされば、今後テーマとして取り上げたいと思います。

人数が増えると一人の貢献度は低下する！？

社会心理学でとても有名な実験があります。およそ100年前のドイツの心理学者リンゲルマンの「綱引きの実験」です。

綱引きをするときに1人で行った時の、力（貢献度）を100%として、順次綱を引く人の数を増やしていった、その時人はどれだけの力をだしているかというものです。1人より2人のほうが相乗効果によって、より強く引く力がでるという予想に反して、結果は反対のものでした。

すなわち、2人で綱を引くと、そのそれぞれは、一人の時の93%、3人のときは85%、8人のグループで綱を引いたときは、1人の時の49%としか力を発揮できていなかったということです。集団が大きくなればなるほど、個人の本来持っている力（貢献度）がどんどん低下するという現象で、これを「リンゲルマン効果」というそうです。

自分しかいない状況では、何かあればそれを乗り切るためにその人は持っている最大の力をもって、それを乗り切ろうとするのですが、それが何人にもなると、「それは誰かがやるかもしれない」、「自分でなくてもよいかもしれない」、「自分だけ頑張る必要があるの?」、「自分一人くらい」、「誰かが・・・」というような心理に陥りやすいということです。組織が大型化するときの最も陥りやすい現象だとリンゲルマンは警告しています。

私どもの周りにも巨大化した組織が次々にできています。このリンゲルマン効果を打ち消すことのできる企業が発展する企業なのです。組織内の一人一人が最大の力を発揮させるために何をすればよいのか？組織は真剣に考え実行しなければなりません。これらに関する答えもいろいろと論じられていますが、ここには書きません。

THMSも小さいながらも私一人から初めて20年になり、来年は獣医師10名、授精師1名の組織になります。どうすれば一人一人が最大に（へとへとになるまで）働く「漆黒のブラック企業」になれるのか、社長の最後の挑戦です。

次の論文は、11月下旬に開かれる大動物臨床研究会での教育講演の内容です。

図表ありませんが、興味のある人は是非お読みください。

黒 崎

飼養管理による乳牛の周産期低カルシウム血症予防を考える

黒崎尚敏

(株) トータルハードマネジメントサービス
(〒088-2722 野付郡別海町上春別旭町 22)

要 約

周産期低カルシウム血症は、臨床型及び非臨床型を問わず、他の周産期疾病と密接に関連している。搾乳牛として必ず通り抜けなければならない、いわゆる“Gate Way Disease”としての低カルシウム血症をいかに軽度に通り返けるかが重要な視点となる。栄養面における乾乳期のエネルギーコントロールによって、乳熱リスクは低下する。一方、蛋白質の動員も周産期には顕著となり、その動員は骨格筋を中心に行われる。これらの動員に備えての体蛋白（アミノ酸）の蓄積が乾乳期に求められ、この時期の十分に適切な代謝タンパク質の供給が推奨されている。Dietary cation anion difference (DCAD) の概念は、乳熱予防にとって世界的・常識的な手法として普及しているが、その有効性の一端としての骨細胞性骨溶解による「易交換性カルシウム」の蓄積という視点が加えられた。DCAD においては、陰イオン塩利用による DCAD 値に関心が集まるが、第一義的に重要なのは飼料中 K^+ 、 Na^+ の低減努力である。Mg は、カルシウム代謝及び乳熱予防にとって不可欠のミネラルである。こうした栄養的な対策と同様に、乾乳及び周産期における牛の精神的・肉体的安楽性（ストレスの除去）の影響は、極めて大きくこれらに失敗している農場が多い。飼養管理という総合的な視野にたった取り組みが、乳熱を筆頭とした周産期疾病予防には重要である。

キーワード：乳熱、低カルシウム血症、DCAD、栄養管理、周産期疾病

はじめに

Hibbs¹⁾によれば、乳熱という言葉が初めて文献に登場したのは、1793年 Eberhardt によるものである。そこから200年以上経過したが、いまだ確実な予防方法が確立したとは言いがたい。しかしながら、この10-15年間でその予防方法が飛躍的に進化したことも事実である。現在推奨される予防方法について、以下に述べたい。

1. 周産期臨床型低カルシウム血症と非臨床型低カルシウム血症

周産期低カルシウム血症 (Periparturient Hypocalcemia: 以下 PPHC) は、臨床型と非臨床型 (潜在性) に分けられる。特に非臨床型 PPHC の基準は、過去から 7.5mg/dl 以下が一般的であったが²⁾、最近の指標では 8mg/dl(2.0mmol/L) 以下とするようになってきている³⁾。時代が臨床型 PPHC の問題を克服しつつあると同時に、非臨床型 PPHC の増加やその影響 (損失) をより強く認識しつつある証拠ではないかと思われる。

2. 周産期の栄養管理と乳熱予防

乳熱を含む周産期疾病の予防にとって、乾乳期の栄養は重要である。それらは、乾乳後期だけでなく乾乳前期の栄養も大きく影響することが示されている⁴⁾。また乾乳後期から分娩時には、胎児の急速な成長、乳腺の発達と初乳合成と脂肪や他の栄養素の動員に対するすべての代謝調整が、母体側における乾物量摂取 (以下 DMI) の低下という状況のなかで達成させなければならないことが大きな瑕疵となって母体に負荷を与えることになる。⁵⁾ この非搾乳牛から搾乳牛への突然の変化に対応する栄養要求の急速な拡大における、キーとなる栄養素は「糖 (glucose) とカルシウム (以下 Ca)」であると Lean は述べている。⁵⁾

1) エネルギーコントロール

乾乳期におけるエネルギーコントロールが周産期疾病を低下させることが明らかになり、その考え方は日本においても急速に普及しつつある。Dann⁴⁾ や Janovick⁶⁾ らは、乾乳前期及び後期におけるハイバルキーな飼料によるエネルギーコントロールによって、周産期疾病を低下させることを報告した。Drackley は⁷⁾、このハイファイバーコントロールエナジーダイエット (以下 HFCEd) によって、乳熱が大幅に低下することをその講演のなかで明言した。Roche らも分娩時のボディコンディションスコア (以下 BCS) が、3.5 以上の牛は、3.0 に比べ乳熱オッズが 30% 増加すると報告し、それは DMI の低下と乳量の増加によるのではないかと述べている⁸⁾。現代の乾乳期におけるエネルギーは、その飼養環境の変化により、以前より過剰摂取 (及び過肥) におちいりやすい状況になっていると考えられる⁹⁾。

この HFCEd が乳熱を減少させる理由については、

- ① 周産期の乾物摂取量の低下抑制効果による Ca 及びエネルギー (糖源) 吸収 (Input) の増加
- ② 周産期のインスリン耐性の予防効果による細胞レベルでのエネルギー (糖やアミノ酸) 取り込みを改善し、Ca の吸収や肝機能 (糖新生) を含む全般的な代謝の健全化
- ③ 低アルカリ飼料 (低カリ) によるマイルドな DCAD (PTH 反応性の改善: 骨からの Ca 動員) 効果
- ④ 泌乳初期の飛び出し乳量の僅かな低下による Ca や糖排出 (Output) 抑制効果

などによる総合的予防効果が考えられる。

推奨されるエネルギー濃度は、十分な繊維量（NDF）を確保しつつ、1.35-1.4 Nel Mcal/kg DM あるいは、16-18 Nel Mcal/day 前後が推奨されている。Ji らは¹⁰⁾、1.62 Nel Mcal/kg DM の飼料を 8 週間給与された牛の沈着内臓脂肪は、より proinflammatory サイトカインの発現キャパシティーが大きく、結果として肝機能とそれにとまなう健康を害しているとも報告している。設計においては、初産牛及び経産牛の DMI を考慮することが重要である。これらエネルギーコントロールについては、臨床獣医 2011 年 5 月号⁹⁾ を参照されたい。

2) 蛋白（代謝蛋白 Metabolic protein）

乾乳期における過剰エネルギー摂取のリスクとは反対に、乾乳期における体蛋白質蓄積の重要性が注目されている。Bell らは、分娩直後の泌乳による蛋白質の不足が極めて深刻であることを報告し¹¹⁾、この時期には、急速に活発化した乳腺代謝（泌乳）と糖新生に使われる蛋白質（アミノ酸）の不足に対応するため、乳牛は体蛋白質を動員してそれを補うことになる。これはあたかも、エネルギーの不足を体脂肪から動員するのと全く同じ道理である。この時、体蛋白質の主な動員先は筋蛋白質がまずターゲットとなっている。McNeill らは、妊娠末期の羊を使った実験によって、低蛋白で飼養された羊において、内臓や乳腺に大きな変化がないなかで、骨格筋の蛋白質（窒素）が大きく低下していることを報告している¹²⁾。分娩後の体重の低下は、脂肪だけではなく体蛋白質のロスによるところも少なくないことが分かった。分娩数週間で、筋蛋白質 10kg の動員は筋量にして 60kg にも及ぶと Lean は述べ⁵⁾、Reid らは¹³⁾、羊において、要求量に満たない栄養供給によって、分娩直後の筋肉繊維の直径が 25% も減少することを報告している。

乾乳期におけるバイパス蛋白質の増給が周産期の健康によい影響のあることが多数報告されつつある¹⁴⁾。Xu らは、分娩前のバイパスアミノ酸添加が周産期の健康によい影響があったと報告し¹⁵⁾、Phillips は、分娩前のより高い蛋白飼料によって、体蛋白質のより少ない動員と体脂肪のより多い残留、そしてより多い乾物摂取量の観察を報告している¹⁶⁾。また、Van Saun らは、追加的なバイパス蛋白質によって(Revised quantitative insulin sensitivity check index RQUICKI) の数値が高まり、それはより高い分解性蛋白質の供給よりも有効であることを報告している¹⁷⁾。これは分娩前の飼料中蛋白質を単純に増給しても、それが直接的な代謝タンパク (Metabolizable Protein 以下 MP) の増加につながることを示していて、設計には重要な概念となる。同時に蛋白質の過剰摂取は避けなければならないことは明白なことである。この MP 供給については、最新の設計プログラムによる計算が不可欠であるが、その給与量は、Cornell Net Carbohydrate and Protein System ver. 6.1 (CNCPS) による

計算から、乾乳前期で 1000-1100g/日、乾乳後期で 1200g/日 (Overton)、から 1300g/日 (Sniffen) が推奨されている。必須アミノ酸であるメチオニンは、メチル基の供給源として VLDL の生産を促し、脂肪肝の予防に重要なことは良く知られていて、これは脂肪肝と代謝性炎症の悪循環を予防するうえでも重要となる。体蛋白の適切な蓄積によって、分娩直後からの急速な MP 不足をある程度補うことによって、肝臓における糖新生、肝脂肪の移出の促進と肝代謝性炎症や骨格筋の疲弊の低減につながると考えられる。これらは結果として周産期の DMI にも大きな影響を与え、この時期の乳熱を含めた「悪循環」を低減できるものと推察される。アミノ酸を含めた MP の乾乳期からの適正な供給が分娩前後の乳熱を含めた疾病の予防に重要であると考えられる。

3) 低カルシウム飼料の有効性

乳熱予防として古くから推奨されてきた予防法である。乾乳期における低 Ca の給与によって、骨や腸管そして腎などにおける Ca ホメオスタシスの活性化を促し、分娩直後の要求に備えようとするものである。過去からのデータ解析によって、Ca が 20g/日を下回る飼料を給与された牛の乳熱予防効果は極めて高いと考えられる¹⁸⁾。これは、乾乳牛の Ca 要求量が、30g/日程度であることから理解しやすい。しかし、日量 40g を越えるとその発症率には大きなばらつきが生じることから「真の低 Ca 飼料 (<20g/日)」を給与できない場合には、実際には Ca 量以外の要因による影響の大きいことが理解できる。そして酪農現場においてこの「真の低 Ca 飼料」を作ることは極めて困難なことは周知のとおりである。一方、こうした片側的な Ca 濃度だけでそのリスクを論ずることの危険性を Lean は、指摘している。そなわち、その飼料がどれくらいの期間給与されたか (prolonged exposure) によってそのリスクが変化するからである¹⁹⁾。Kronqvist らは、分娩前の Ca 供給を 4.9, 9.3, 及び 13.6kg の 3 段階で比較したが、分娩時の血中 Ca 濃度、PTH, 骨再吸収指標などに差は見られなかったと報告している²⁰⁾。これら一連の報告から、飼料中 Ca 濃度という、一側面だけによって乳熱を予防できるということは、望ましいことであるが困難なことであろうと考えられる。

Dietary Cation-Anion Difference (以下 DCAD) 時の Ca 濃度に関しては、後述する。

4) DCAD 飼料の有効性

乳熱を予防するうえで、乾乳中の DCAD を考えることは、世界的・常識的な手法として定着しつつある。その等式として、Charbonneau らは $(Na^+ + K^+) - (Cl^- - 0.6S^{2-})$ が血中 pH 予測に対して最適であると述べているものの、乳熱リスクの予測としては、過去から利用されている $(Na^++K^+) \cdot (Cl^- - S^{2-})$ (以下 DCAD の計算値は、この等式に基づいている) が最もよいと Lean らは指摘し¹⁹⁾、これ

が広く利用されている。その有効性については、

- ① PTH 標的器官における受容体結合の健全化
- ② 血中 Ca のイオン化率の増加
- ③ 尿中からの Ca 排出の増加
- ④ 骨 Ca 再吸収の増加
- ⑤ 1,25(OH)₂D₃ 標的器官の反応性の増加

などがあげられている^{21) 22)}。それぞれの効能に関する論議も重要であるが、全体像としては、いずれも DCAD によって乾乳期からの Ca 代謝が強く刺激 (homeostatic signals) されていることを示していることが理解できる。

i) DCAD における骨細胞性骨溶解による「易交換性 Ca プール」の増加

特に④で示した骨再吸収と関連して、最近、過去と現在の知見が融合した報告がでた。過去において陰イオン塩を給与することによる、骨における易交換性 Ca プールの増加がいくつか報告されていた²³⁾²⁴⁾。DCAD 研究初期におけるこれらの研究は、骨における Ca 動員を論じる上で極めて重要な部分であるにも関わらず、このいわゆる骨液相における「易交換性 Ca プール」が明確に議論されることは、少なくとも近年の DCAD 研究ではほとんど見られなかった。しかし、DCAD 研究の第一人者である Goff は、最近の報告のなかで、DCAD による骨細胞性骨溶解 (Osteocytic Osteolysis) の影響によって、骨液相におけるこの「易交換性 Ca プール」がアルカローシス下で 9g 程度であるのに対し、アシドーシス下では 15g ほどに増加することを具体的な数字をもって述べるに至った²⁵⁾。その論拠の多くが前述した 1970 年代に行われた羊を使った実験に基づいた推定値であることに多少の驚きを覚えるものの、この Goff による一見大胆な記述が、近年の骨研究の進化、特に骨細胞研究の急速な進展に強く関連しているものと考えられる。そこでまず、近年の骨細胞研究について触れてみたいと思う。

過去から骨 Ca 動員の主役として破骨細胞が注目されてきたが、近年「人」において骨細胞による骨ミネラル代謝の重要性が注目を浴びていて、骨組織におけるカルシウムの流入・流出を、骨芽細胞：骨細胞系と破骨細胞系の 2 つに分けて考えるものもある。²⁶⁾

骨中に埋め込まれた骨細胞は、骨小腔と骨細管からなり、その総表面積はハヴァース管とフォルクマン管の 400 倍、骨梁表面の約 100 倍あるといわれている^{27) 28)}。この骨小腔と骨細管は、骨組織液で満たされる (人における細胞外液量として、1~1.5L にもなる²⁹⁾) と同時に、その詳細は依然不明であるものの骨動静脈系と交通のあることが分かっている³⁰⁾。これら巨大な表面積と連絡系から血中ミネラル濃度の臨機応変な要求に対応するに十分な量と可能性がこれまでも指摘されてきた^{30) 40) 41)}。これらについて過去から Neuman らによる、破骨細胞の

脱灰能は、骨細胞ユニット (Bone cell unit) によるものの 0.1%にすぎないとする説や、急速なカルシウムの流出における破骨細胞によるものは数%にすぎず、約 70% がこの骨細胞ユニットに由来するという報告もある。²⁶⁾ Talmage ら³¹⁾ は、副甲状腺切除ラットに PTH を投与し、ラベルされた Ca が破骨細胞を通してではなく、骨液相から急速に放出されることを報告した。また、PTH の投与や Ca 要求量の増大 (泌乳) によって、骨小腔の拡張と骨小腔近傍骨基質の融解、そして組織液中への放出が証明されつつある。³⁰⁾ さらに、Kumegawa らのグループは、骨細胞自体が calcium sensing receptor を有していて、細胞外カルシウムの感知応答を独自に行っている可能性を示唆している³²⁾。

Oba らは、DCAD (0.7mEq/100g DM) と DCAD (14.4mEq/100g DM) の飼料を非泌乳牛に給与した後、EDTA チャレンジを行い、DCAD 0.7mEq/100g DM 牛はその抵抗が 169 分間あったのに対し、14.4mEq/100gDM 牛は 137 分であったことを報告している。³³⁾ これら EDTA チャレンジという秒～分単位での急速な Ca 低下に 169 分も抵抗し続けられる緊急的 Ca 放出のための供給源は、どこなのだろうか? Goff らは過去の試験において、PTH の注入 (146 μ g/PTH/h) 8 時間後に 1.25(OH)₂D (以下 VD₃) が上昇し、その効果による血中 Ca 濃度の上昇には 32 時間を要し、さらに破骨細胞による骨 Ca 動員 (hydroxyproline の上昇) を観察できたのは注入 72 時間後であったと報告している。³⁴⁾ すなわち、低 Ca を感知して PTH を放出しても、これまで指摘されてきた腸管からの吸収や破骨細胞による骨吸収による低 Ca への対応には、1～数日単位の時間が要求され、秒～分単位の対応は不可能であることが理解できる。それらのことから Goff は、これが DCAD によってより活性化した骨細胞性骨溶解による骨液相の Ca 蓄積すなわち、抵抗性の獲得であるとした。1970 年代の DCAD 研究と現代の骨細胞性骨融解の研究がその一致点を見出したと考えられる。

また、この Oba らの示したマイルドな DCAD 調整の有効性は、Kurosaki ら³⁵⁾ が初めて (+1.2mEq/100g DM) 報告し、その実験において酒石酸抵抗性ホスファターゼ (以下 TRAP) 活性の上昇が破骨細胞の活性化によることを示唆したが、この骨細胞も同様に TRAP を発現することは³⁶⁾、その関連において極めて興味深いものであると考える。Goff の示した骨細胞性骨溶解による Ca 抵抗性獲得は、これまでいくつかの骨代謝マーカーの動きだけでは説明のつかなかった事象に対する答えになるのではないかと思われる。

ii) DCAD の調整

一般に DCAD の調整レベルは、-10~-15mEq/100 DM ほどに調整されることが推奨されている。しかしながら、尿 pH の測定など、代謝性アシドーシスが危険域に達していないかを頻りにモニターすることが推奨されている^{37) 38) 39)}。こうしたリスクを避けながら (DCAD \pm 0 mEq/100g DM) 一定の効果が得られることもカナダや日本において報告されている³³⁾。従って、その有効レベルは、 \pm 0

～15mEq/100g DM の範囲にあると考えられる。しかし、DCAD において、陰イオン塩をどれだけ添加するかということはあくまで二次的な意味あいであり、飼料中の K^+ と Na^+ をどれだけ低下させることができるかどうか第一義的に重要である。

iii) DCAD 時の飼料中 Ca 濃度の調整

DCAD 時における飼料中 Ca 濃度について、Goff ら²⁵⁾ は、1% が最適であると述べている。これは、DCAD 時の Ca 代謝の活性化による、骨 Ca 再吸収の増加や尿からの排出量増加を補てんする意味が大きいと考えられる。筆者は、この DCAD 時の飼料中 Ca 濃度をマイルドな調整下において、およそ 0.7～0.8% で調整して問題が認められないことを報告しながらも、今後その検証が必要であることを指摘した²¹⁾。これに関して、このほど Lean らは¹⁹⁾ 独自の観察によって低い DCAD において、その飼料中 Ca 濃度を 0.4～0.6% に低めると問題（分娩前の乳熱）が発生すると警告した。これらから DCAD 時の Ca 濃度は、少なくとも 0.7～1% 程度に調整するのが推奨されるものとする。これは陰イオンの給与時と非給与時とは、区別して理解する必要があると考える。

5) 飼料中マグネシウムの有効性

乳熱の発生リスクに影響する最も有意な要因として、飼料中の Mg 濃度がある^{3) 19) 25) 41)}。本来、マグネシウム (Mg^{++} 、以下 Mg) は、細胞内において最も多く含まれる二価イオンであり、細胞内酵素活性には不可欠な存在 (Mg 依存性) である。低 Ca 血症においてそのファーストメッセンジャーである PTH が、標的器官細胞表面にある PTH リセプターに結合すると、GDP (guanosine diphosphate) が Mg-GTP (guanosine triphosphate) に変換し、それによってアクティブになった G 蛋白質は、そのリセプターから離脱し、AC (adenylyl cyclase) と結合して、Mg-ATP を cAMP (セカンドメッセンジャー) に変換する。細胞内 Mg の低下は、Mg を必要とする AC や Mg-GTP、および Mg-ATP の制限要因となり、結果として cAMP の生産を抑制する²⁵⁾。一方、DCAD において問題とされるカリ (K^+) とは、その吸収において競合することから⁴³⁾、特に高カリ飼料においては、その増給が推奨されている。Goff らは、Mg の供給量を 0.35-0.4%/kg DM にすることを推奨し²⁵⁾、その 0.8% 過給において問題が発生することを Lean は、報告している¹⁹⁾。

6) 高単位ビタミンD注射の有効性とリスク

その高い薬理効果に依存した高単位ビタミン D_3 (コレカシフェロール 以下 VD_3) の投与が推奨されてきた^{44) 45)}。しかしながら、この高単位 VD_3 には、いくつかの大きな問題点のあることが、指摘されている^{46) 47) 48)}。

①半減期の短さによる分娩時期との不適合による有効性の喪失、②超生理的 (supraphysiological) レベルの血中維持による毒性 (石灰化リスク) と骨吸収プロ

ック ③それらに起因すると思われる水酸化酵素ブロックによる内因性ビタミンD₃の低下による乳熱再発やDMI低下リスクである。
高単位VD₃の利用には、分娩時期の見極めや、そのネガティブフィードバックへの注意、さらには反復投与禁忌について十分検討しながら使用する必要がある。
Wilkensらは、⁶⁵⁾より半減期の長い25-hydroxyvitaminD₃(25-OHD₃)の経口投与とDCADを分娩前から併用してその有効性を報告している。この25OHD₃は、これまで国内での利用はできなかったが、最近にないって飼料原料として認可された。

3. 管理方法と乳熱予防

1) 乾乳期間の設定

過去から、理想的な乾乳期間についての議論は多い⁴⁹⁾。周産期疾病の予防において、乾乳期の調整は意味のあることと考える。近年における多くの文献で、乾乳期の短縮がその後の乳量に影響を与えることなく周産期疾病予防に良い影響のあることを示唆し^{50) 51) 52)}、自身の経験からも周産期疾病をコントロールするうえでは、重要な要素の一つであると考え。そもそも、現在の乾乳60日が確立したのは、第2次世界大戦のさなかであり、一年一産における305日搾乳(305日+60日=365日)との関連と⁵³⁾、過去における酪農家の経験値から導きだされたものであった⁵⁴⁾。

当時の乳量水準からすれば、多くの牛が分娩の数か月前から自ら乳量を減らしていったことは想像に難くない。その後、数多くの乾乳日数に関する調査が行われ、短縮した乾乳よりも、60日乾乳が優位性を示す結果を示しそれが定着していった。しかしながら、近年の検証からその短縮した乾乳は、計画的な乾乳日数ではなく偶発的・結果的に短縮した乾乳牛がその対照として含まれていた。すなわち、双子産、早産そのた何らかの疾病によって短縮した牛らを含めて、比較された結果によるものであった^{54) 56)}。ただし、初産牛に関しては、60日乾乳が今でも推奨される。2産以上の牛に関して、私どもは乾乳期を45-55日に設定し、乳量に応じて酪農家が最終的な決定する。乾乳期の短縮は、出荷乳量の増加(経済性の向上)と乾乳施設の余裕を生むことによる、乾乳牛の社会的ストレス(過密)軽減の一助にもなる。

2) 周産期危険因子ビッグ5

ウイスコンシン大学は、膨大なデータをもとに、移行期管理における最も重要なリスクファクター(フリーストール)を解析したところ、5つの極めて有意なファクターが浮かび上がった^{21) 58)}。

① 飼槽スペース (増加>減少)

～乾乳牛1頭当たりの飼槽スペースは、76cm(30")と広くとることが推奨される。

飼槽スペースが減ることによって、相互干渉が増加し、下位の牛(subordinate cows)の採食活動が減少する⁵⁶⁾。乾乳牛がヘッドロックスタンションの92%を超えるとDMIが低下した⁵⁷⁾。ストールの数に対して80%以上の頭数は、次の乳期の乳量を低下させ、それは80%を越える10%ごとに0.73kg/day乳量が減少した⁵⁷⁾。

② ストールの表面 (砂>マットレス)

～ベッドの敷料は、砂がすぐれているが、何であれより柔らかく深いものを選ぶ。

砂の深さは少なくとも15・20cm維持すべきであり、マットにはクッション性と粘着摩擦の両方の特性がもためられる⁵⁷⁾。

③ フリーストールサイズ (大>小)

～ベッドの幅は122cm以上(>48")、長さが275cm以上(>9ft)

幅は分娩前の経産牛では、1.37m(54")が推奨される⁵⁷⁾。ベッドの長さは牛の立ち上がる時の突出し(lunge)と頭の上下動(bob)を保証するためのスペースが必要である。従って、head-to-headベッドの総長は5m(これは、お互いの向かい合わせを考慮すると1頭当たり2.75mに相当する)、tail-to-tailでは、3mをCookは推奨している⁵⁷⁾。

④ ペンと分娩房への移動 (2日以内>3日以上)

～社会的安定性を重んじ、1頭でいる時間を短くする

ペンの移動は、そのペンが安定するまで(social hierarchyの構築)の数日間、牛相互の干渉や闘争が増加することにより⁵⁹⁾⁶⁰⁾、採食や休息時間に悪い影響がでる。また、分娩房で3日以上過ごした牛は、3日以内の牛に比べNEFAの上昇が大きく、同時にそれらのケトosisと第四胃変位のリスクが2倍大きくなった⁵⁷⁾。

⑤ 観察方法 (姿勢/食欲>日乳量>体温>なし)

牛の食欲や姿勢(様子)の直接的観察が乳量や体温に頼った観察よりもすぐれ、早期発見につながっていることを示している。牛の「そばに寄り添う」人側の姿勢が周産期疾病との関係で有意な差のあることが明確となった。

3.新たな展開の可能性

i) α -Klothoの発見とCa恒常性

これまで、PTHの分泌は、カルシウム感受性受容体(以下CaR)が一手に担っていると

信じられてきた。しかしながら、その分泌を促すシグナルを伝えるチャンネルが存在するの
かどうか不明であったが、2009年 Nabeshima らは、 α -Klotho 分子（生命の糸を紡ぐ女神
の意）が細胞外カルシウム濃度調節に深く関与していることを報告した⁶¹⁾。 α -Klotho 分子
は、上皮小体、脳脈絡膜、腎臓で発現し、PTH の分泌、腎における Ca 再吸収、脳脊髄液
への Ca 移送、さらには VD の制御にも関与していることがわかった。例えば、細胞外カル
シウムの低下にともない大量の α -Klotho の分泌が速やか(秒速)に行われることによって、
細胞表面の $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPase}$ が瞬時に増大し、作り出された Na^+ の濃度勾配の変化に依存し
て腎遠位尿細管における Ca の再吸収が増加すると推定され、同様に PTH の分泌や脳脈絡
膜の瞬間的な Ca 制御に関与していると推察されている^{62) 63)}。これらのことから、
Nabeshima は^{62) 63)}、Ca 制御を時間軸に沿って3つのステップに分類している。①細胞外
Ca の低下に伴って、 α -Klotho の瞬間的放出による、Ca の再吸収、脳脊髄液への移送、PTH
の分泌誘導 一秒速的応答— ②分泌された PTH による Ca の放出や VD 合成促進 一数時
間反応— ③VD による腸管からの Ca 吸収など 一日単位反応— であり、より瞬間的な
制御、あるいは Ca 制御の上位として α -Klotho の働きの重要性を述べている。この α -Klotho
が、はたして乳牛の低カルシウム血症とどのようなかかわりがあるのか、今後解明されてい
くことが望まれる。

ii) セロトニン (5-Hydroxytryptamine) と Ca 恒常性

泌乳中の骨からの Ca 動員は、乳腺で分泌される副甲状腺ホルモン関連蛋白(以下 PTHrP)
によって促進されることが報告されている⁶³⁾。ウイスコンシン大学の Hernandez らのグル
ープは⁶⁴⁾、5-Hydroxy-L-tryptophan (以下 5-HTP) を飼料添加されたラットの血清
5-Hydroxytryptamine (以下 5-HT) 及びイオン化 Ca 濃度が高くなり、乳腺における 5-HT
と PTHrP の生産増加と乳中 Ca 増加を確認した。同グループは、泌乳1日目のホスルスタ
イン経産牛の血液サンプルにおいて、血清 5-HT と PTHrP、さらにはイオン化 Ca とに正
の相関のあることを示した。そして、乳熱と 5-HT 濃度に負の相関のあることも認めた。
5-HTP を静脈に投与すると、一時的にイオン化 Ca が低下してその後上昇した。これは 5-HT
が最初に乳汁中へ Ca をシフトさせた結果ではないかと同グループは推察している。結論と
して、同グループはセロトニン (5-HT) を投与するとイオン化 Ca 濃度に有意な影響を与
え、乳腺における PTHrP の誘導を引き起こしていると述べている。これらのことは、乳汁
中 Ca 濃度の高いジャージー種において、より乳熱リスクが高いこととも関連しているよう
でもある。

可能性として、乾乳期に 5-HT 飼料を添加することによって、骨からの Ca 動員を泌乳中と
同じレベルに刺激する可能性を示唆しているし、逆の発想で乳中への Ca 移行を抑制するこ
とによる(初乳への影響はともあれ) 予防方法の可能性をも想像させる研究である。今後の
進展が望まれる。

おわりに

飼養管理の面からの予防法について述べてきた。生体の Ca 恒常性が厳密にかつ迅速に調
整されているなかで、分娩前後における乳中への急速で大量な Ca の流出と DMI 低下とい

う dogma は、その予防をより困難なものにしている。長年の研究成果によって臨床型の低 Ca 血症の発症は、低下傾向にあるものの潜在性の低 Ca 血症は依然として高いレベルにあることが報告されている。現場においては、飼料から環境マネジメントまですべてを満足いくように管理することの難しさも実際問題として大きいし、農場ごとでその理由が異なることも容易に理解できる。臨床獣医師には、こうした総合的な視野と取組のなかで、その農場での問題点を見つけだす努力が求められている。

栃木に、帰省しました。



もう3カ月前になってしまいましたが、夏休みを頂き、栃木の実家へ帰ってまいりました。左の写真は、栃木のあある農家さんが分娩への緊張感を忘れないためにと牛舎の入り口にデカデカと（120cm×80cmくらい）吊り下げている標語(?)です。

予定では僕が THMS にいられるのもあと約1年と数か月を残すのみとなりました。覚えておられる方がいたら嬉しいですが、栃木の実家の動物病院を後継するために北海道に修行に来ているという自己紹介を書いたのももう、2年前のマネージメント情報でした。

栃木というと乳牛では那須高原が有名ですが、実家の辺りは那須よりも南に下った平地の田園地帯です。栃木は意外と、乳牛の飼養頭数は北海道から遠く離されつつも第二位（平成25年度農水省統計）であることを僕は北海道に来てから知り、驚きました。また肉牛の飼養頭数も多く、全国第五位（同統計）を誇り、今後は乳牛は減りつつ肉牛は微増していくのではないかと思います。



【繁殖は手間】

父の仕事について農家さんを回る中で印象的だったのは、【繁殖は手間】と何度も言っていたことです。「繁殖は手間をかければ応えてくれるから、何度でも呼んで」と農家さんに説き、毎日でも通い、繁殖への手間を惜しまないことを大切にしていました。

実家の業務内容は人工授精がかなりを占め、その人工授精の際に他の繁殖障害を診ることが多いようです。基本的に人工授精は1軒1日1回で、排卵確認を行っていました。加えて一般診療はケトosisや第四胃変位、群での肺炎などで、乳房炎は非常に少ない印象でした。

またお客さんの、乳牛と肉牛の割合では6割以上が和牛（繁殖農家、肥育農家、あるいは一貫）、酪農は4割以下でした。酪農農家にしても規模は搾乳頭数20~50頭程度のつなぎあるいはパドック放牧で、70頭いればは大きい方です。フリーストール牛舎はごく一部でした。

←仔牛が隣の哺乳を邪魔しないための仕切りを、掃除もしやすいように可動式にしたもの。素晴らしいアイデア！





印象深かったのは、農家も獣医も高齢化が進む中で 20代 30 代の若手の後継農家さんたちがいて、同じく若い獣医として僕が地元に戻ってくるということに大きく期待してくれているということでした。それぞれに不安や希望を抱き、そして後継者として背負うものや、養う家族がいて、獣医はその営みすべてを一緒に抱えていく仕事なのだと感じて、正直なところ少し怖じ気づくような気持ちになりました。僕の甥っ子と同年の赤ん坊を抱えた若手農家さん夫婦とお話をして、僕も一緒にこの可愛らしい娘さんを、

図々しくも一緒に抱えていくようなイメージが浮かんだのです。しかも、会社組織としてじゃなく、自営業として。「今更気付いたのか！」と檄を飛ばされてしまいそうですが、今までの甘い認識から抜け出して、残された時間を精進したいと思います。改めまして、よろしくお願ひ致します。



巷でウワサの。。。

別海ラブストーリー

って？



先日の明日香先生の結婚披露宴で上映された噂の短編映画【別海ラブストーリー】について、「もう一度観たい！」「見れなかった人に見せたい！」という声をたくさん頂いております。あのムービーは、われわれトータルハードの若手役者の総力を結集し、超人的な助っ人の編集技術によって奇跡的に完成した作品です。もしかしたら DVD として貸し出せる日が来るかも？来ないかも？今のところ断言できませんが、われわれの肖像権など考慮しながら検討させていただきます。

最後に、一つ理解して頂きたいことは、ひな壇での前振りから、上映して、歌って花束を渡すまでが“ひとつなぎの作品（プレゼント）”であったということです！！



地蔵（てらうち）

ありのまま...

じゃ、いけない冬の温度管理



こんにちは！初めての別海の冬を目前にして、今から恐怖している茅野です。

さて、これから寒い寒い冬がやってきます。そこで重要になってくるのが温度管理！特に子牛！環境のストレスはダイレクトに個体に影響してしまいます。なるべく牛たちの過ごしやすい気温で管理してやりたいが・・・ということで、いまさらな感じはありますが、ここで改めて牛の生産適温域（生産に最も適した温度域）、特に寒冷ストレスについて書かせていただきます！

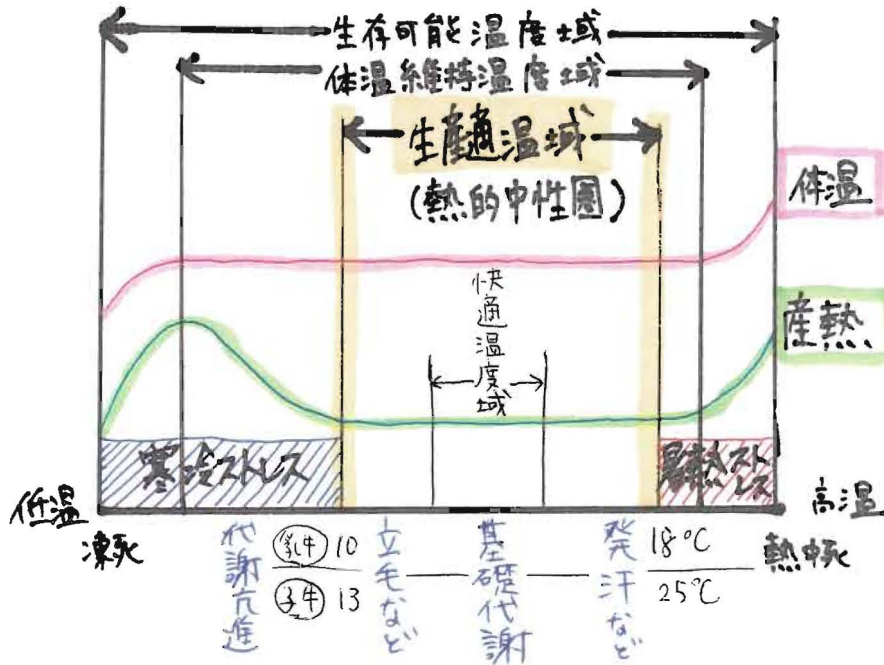


図 環境温度の変化に対する体温と産熱の変化(畜産大辞典, 養賢堂, 1978 を改変)

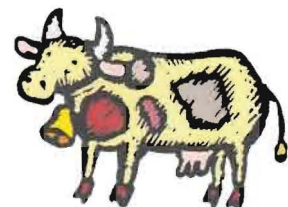
図のように、ある一定の温度内(生産適温域)であるとその個体は温度によるストレスを受けません。ということは、体温調節のために特にエネルギーを必要としません。つまり！飼料効率が高い！生産にエネルギーを十分に回すことができる！やっほい！・・・しかし、快適に過ごせる温度域から外れてしまうと寒冷、または暑熱によるストレスを受け、体温調節にエネルギーを回さなければなりません。徐々に飼料効率が落ちていき、生産性の低下や繁殖率の低下、最悪の場合死を招いてしまうこともあります。

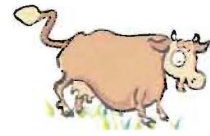
目指すは生産適温域(別名 熱的中性圏)！繰り返しになりますが生産適温域とは生産に最も適した温度域であり、代謝による熱産生に特別な努力を必要としない温度域のことを言います。



生産適温域 (熱的中性圏)

動物種	温度域
乳牛	10-18°C
哺乳子牛	13-25°C





【子牛】

子牛が成牛に比べて寒さに弱いとされる理由は大きく3つあります。①体重あたりの表面積が大きいので、それだけ熱を奪われやすい②第一胃が未発達のため発酵による産熱が小さい③体脂肪が少ない
図を見てももらえればわかりますが、寒くなればそれだけ産熱する必要があります。つまりエネルギーを必要とするのです。軽度の寒さでは摂食量は増えますが、寒さに適応できなかった場合、摂食量は徐々に落ち免疫力の低下を招きます。結果的に肺炎や下痢などの疾病に発症しやすくなります。子牛の場合一日ミルクを飲まなかっただけでも、その後の増体に影響していきます。特に下痢は急速に体力を奪い、対応が遅れると命取りになってしまいます。

寒さ対策にベストや腹巻などを着せたり、暴風雪対策の壁をハッチに取り付けたりして寒さから子牛を守ってやりましょう。また、牛舎内の温度を保とうとして換気を減らして気温を上げようとするのはナンセンスです！ほこりなどが充満し呼吸器病の原因となってしまいます。定期的な換気は必要不可欠です。敷料をきちんと交換し、濡れた環境をなるべく作らないことも重要です。

※生まれたばかりの子牛は羊水で濡れており、外気温が低いと急速に熱が奪われてしまいます。母親がなめることができるような状態であればある程度なめさせた後、そうした環境でなければバスタオルなどの乾燥した布で素早く子牛の体を拭いてあげてください。

新生子牛を乾燥させ、温める専用のハッチを所有している農家さんもあります。寒さの厳しい地域は一農場に一台持っていて損はないでしょう！！



(富良野の藤井牧場, 撮影黒崎先生)

【成牛】

乳牛は一般的に厚さよりも寒さに強いといわれています。上記の図にもありますがだいたい10℃～20℃前後が生産適温域だといわれています。比較的寒さには抵抗性がありますが、やはり生産適温域を超える寒冷刺激が加わると生産性に悪影響が生じます。

産熱しようと摂食量は増えますが、そこで得たエネルギーは体を温めるほうに使われてしまいます(過度の寒冷ストレスは当然食欲の減退を招く)。具体的には乳頭の凍傷や子牛と同じように免疫力低下による各種疾病の引き金となります。また、牛舎内床が凍ったために滑って転んだということもよくあります。とはいえ、寒さに強いのは事実。夏ほど敏感に温度管理に気を配る必要はありませんが、牛舎内の床、水道の凍結に注意が必要です！



ヒトと同じように、だんだん寒さ
になれていくんだモウ！

冬に向けてカーフハッチの風雪避けの壁や子牛ベストなどの防寒対策の準備を進めましょう！

人間も寒さに負けない体力づくり、食生活を…

茅野 大志

(かやのたいし)