

乳用雌子牛の哺乳管理

千葉県畜産総合研究センター乳牛肉牛研究室

【はじめに】

哺育期の乳用子牛は免疫機能が受動免疫から能動免疫に、給与飼料等の生育環境が単胃動物から反芻動物へと大幅に変わる時期で下痢や肺炎等の疾病の発生率も高く、高度な栄養管理技術が必要な時期です。一方、哺育に関する飼養管理技術については最近まで研究を含めてこれらの牛が利益を生まないことからコストや省力化が優先されてきました。しかし、このような管理が子牛のストレスになり、さらに哺乳期の発育が将来に影響する可能性が指摘され、近年、従来の効率性を重視した哺育管理の見直しが必要となっています。

【現在の酪農現場で普及している哺乳方式と課題について】

実際の哺育管理には様々な方式があり、標準としての哺育管理法は定まっていないのが現状です。このような状況の中、酪農現場で普及している哺育管理法を哺乳量の多少を基準として整理すると大きく2種類に分けることができます。一つは従来から行われている制限哺乳方式でもう一つは近年普及してきた哺乳量を自然哺乳に近づけた高哺乳方式の2つです。それぞれの方式の特徴は、まず、早期哺乳方式は、哺乳量を生乳の場合、体重の10%程度に制限し、それにより人工乳の摂取を促し、反芻胃を早期に発達させ6週齢程度の早期に離乳する管理で、哺乳作業の軽減による省力化とコスト低減を重視した管理法です。しかし、近年になって、哺乳量の制限による発育の遅れやストレスが悪影響を及ぼす可能性が指摘されています。一方、高哺乳方式は、哺乳量を自然哺乳に近い量に高めることで子牛の発育促進と免疫力の強化等子牛の機能性向上を重視した哺乳方式になります。しかし、こちらも哺乳期間の長期化やコストの増加が課題となっています。このように両哺乳方式とも一長一短があり、哺乳方式の選択を酪農現場に任せる状況にあることから両方の哺乳方式が混在する状況となっています。

【当センターでの哺育管理に関する研究の取り組み】

このような状況のなか、近年の研究で哺乳量を増やして離乳までの発育を促進すると初産泌乳量が高まることが多数報告され、機序は明確ではないが哺育期の管理が子牛の将来に影響する可能性が明らかにされつつあります。

当センターでは、平成18年から早期離乳方式による管理の下子牛の下痢等の損耗防止を目的とした試験を開始しました。その後、離乳後の給与乾草（チモシーとアルファルファ）の違い、飼料米の給与、哺乳中の乾草の給与効果、人工乳中の繊維含量の違いなど子牛の給与飼料に関する試験を継続して実施してきました。近年になり、高哺乳方式の普及を踏まえ、平成27年からは高哺乳方式を基礎管理とする試験を開始しました。平成29年からは早期

離乳と高哺乳を組み合わせた省力化と高哺乳の両立を可能とする新たな高哺乳方式（高哺乳6週離乳）の開発を目的として、哺乳期間を短縮した高哺乳管理が哺乳子牛に及ぼす影響についての検討を開始しました。

本資料ではこれらの研究で得られた成果の中からいくつかを管理のポイントとして紹介します。

【ポイント1:初乳の品質(IgG濃度)】

初乳のIgG濃度は個体差がありバラツキが大きく、子牛に十分なIgGを移行させFTP(受動免疫伝達不全)を防止するには初乳の品質の確認が重要

図1は共同試験で供試した哺乳子牛の血液中のIgG量の推移を示したものです。0週は分娩直後の初乳を飲ませる前の子牛の血清IgG量です。血液を採取する前に親の乳を飲んだ子牛が数頭いたため平均値が0mgではありませんが、初乳を飲んでいないことが確実な子牛の血清IgG量は0mgでした。

このように生まれたばかりの子牛では母牛の体内にいるときに母牛からのIgGの移行がなく血液中にIgGがありません。このため子牛が健康を維持し発育するには母牛の初乳からIgGを吸収する必要があります。また、出生後24~48時間後の血液中のIgG量が10mg/ml以下の子牛は受動免疫伝達不全(FTP)と言われ、下痢等の発症率が高まるとされます。FTP防止には十分な量のIgGを含む初乳の給与が必要です。

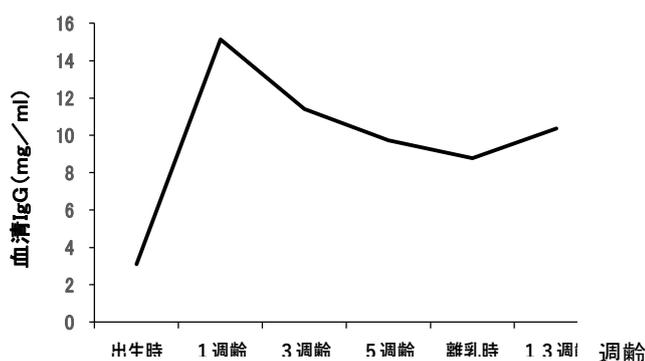


図1 子牛の出生後の血液中のIgG濃度の推移

具体的には子牛の血液中のIgG濃度を10mg/ml以上にするには100gのIgGの投与が必要とされます。それを初乳の量で換算すると初乳中のIgG量は概ね50mg/mlとされますので $100g \div 50mg = 2$ リットルになります。一方問題は初乳中のIgG量にはバラツキがあり極端に少ない個体が存在することです。このため、IgG濃度の極端に低い初乳を除外することが重要です。

表1に共同試験の分娩牛の初乳中のIgG濃度を産次別に集計したものを示しました。初産から9産までの牛46頭の初乳中のIgG濃度を産次別の4区分に分けて示しました。全体としては初産がやや低く、2産、3産と高くなる傾向を示していますが、平均ではIgG濃度がほぼ50mg/ml程度となっており問題はありません。しかしながら、バラツキ、最小値を見ると初産でバラツキが大きく、濃度の低い個体では22.0mg/mlと基準濃度の半分以下の個体もいました。このような初乳を除外するためにも比重等による初乳の質の確認が必要です。

初乳の質は比重により確認することができます。具体的には、良質な初乳の比重は 1.05 以上とされ、本試験の測定結果も概ね 1.05 程度でした（表 1）。なお、近年は糖度計の Brix 値が IgG 濃度と相関が高いことが示されていて、より簡単に測定することが可能になっています。糖度計による測定方法については他の指導書で確認してください。

表 1 共同試験分娩牛の初乳中の比重と IgG 濃度

産次	頭数	比重	濃度	バラツキ	最小値	最大値
			mg/ml	SD	mg/ml	mg/ml
初産	14	1.045	50.0	20.9	22.0	91.1
2産	13	1.059	56.8	12.1	40.3	86.1
3産	10	1.056	63.9	15.7	44.3	86.1
4産以上	9	1.049	49.6	9.21	35.3	63.0

【ポイント2: 哺乳中の乾草給与】

哺乳中からの少量の乾草給与は離乳後の乾草摂取量を高める

出生後間もない子牛は反芻胃の発達が不十分な状態で産まれます。その後固形飼料を摂取しながら単胃動物から反芻動物へと徐々に消化吸収・代謝機能を変化させながら発育します。離乳は反芻胃機能がある程度発達して生体の維持に必要な量の固形飼料（人工乳）が摂取できることが条件となり、早期離乳方式では人工乳を 1 kg 以上摂取できたら離乳可能としています。このため、離乳を安全に行うためには、出生後から離乳までの間に人工乳（スターター）を十分に食べさせる必要があります。一方乾草については、出生後間もない子牛は、消化機能が弱い、さらに人工乳の採食量を抑制する可能性があるため積極的に給与する必要はないとの考えもあり、実際に給与しないあるいは少量給与されるのが一般的な管理だと思われまます。しかしながら、離乳後は発育を高めるために人工乳給与量が急増され反芻胃内の発酵が不安定となることから、乾草を十分に摂取させることが必要となります。このため、離乳前後の子牛では反芻胃の消化吸収能力の発達と人工乳摂取量のバランスが重要となりますが、一旦そのバランスが崩れるとルーメンアシドーシスや消化不良（下痢）等による損耗の増加を招き、最終的には発育不良に直結します。その対策として、近年、哺乳中の少量の乾草給与が反芻胃内の潜在性アシドーシスを防止すること、離乳後の乾草摂取量を増やす可能性があることが報告されています。

当研究室では、これらの研究を踏まえ早期離乳方式および高哺乳方式のそれぞれの条件で管理する子牛を用いて哺乳中の少量の乾草給与が子牛に及ぼす影響について検討しました。

以下に早期離乳方式（試験 1：6 週離乳）と高哺乳方式（試験 2：8 週離乳）により管理する子牛への乾草の給与開始時期の違いについての試験結果を示します。両試験とも哺乳中區には生後 4 日齢からチモシー乾草の給与を開始し、試験 1 では 6 週齢までは上限を概ね 100 g とし、試験 2 では哺乳中から飽食としました。離乳後給与區では哺乳期間中は乾草を給与せず、人工乳だけ飽食させ、離乳と同時に乾草の給与を開始しました。図 2 に試験 1 の乾草摂取量の推移を示しました。哺乳中區では生後徐々に乾草を食べ始め離乳時には日

量 100g 程度摂取していました。哺乳期間中の総摂取量は 1.85 kg でした。特徴的なのは哺乳中区の乾草摂取量が離乳後も順調に増加したことで、哺乳中からの乾草給与は離乳後の乾草摂取量（哺乳中区 34.6 kg、離乳後区 29.4 kg）を高める可能性が示唆されました。

図 3 に試験 1 の人工乳の摂取量の推移を示しました。人工乳の摂取量（哺乳中区 88.3kg、離乳後区 82.1 kg）に両区で差はなく哺乳中の少量の乾草給与は人工乳の摂取量に影響しませんでした。乾草給与によるルーメン内発酵への影響についてはエンドトキシン活性に差はなく効果は確認できませんでした。

次に図 4 に試験 2 の乾草摂取量の推移を示しました。哺乳中区の哺乳期間中の乾草摂取量は 2.7 kg 試験となり離乳時には日量で 200g 程度摂取していました。また、試験 1 同様に離乳後も哺乳中区が高く推移しました。図 5 に人工乳の摂取量の推移を示しましたが、試験 1 同様に乾草の給与による人工乳摂取への影響はありませんでした。

2つの試験結果から哺乳方式の違いにかかわらず哺乳中からの乾草の給与は人工乳摂取量に影響を与えず、離乳後の乾草摂取量を安定的に高めることがわかりました。

一方、ルーメン発酵の安定という観点からは明確な効果は確認できませんでした。しかしながら、離乳後の人工乳摂取量が急激に増加するときの安定し

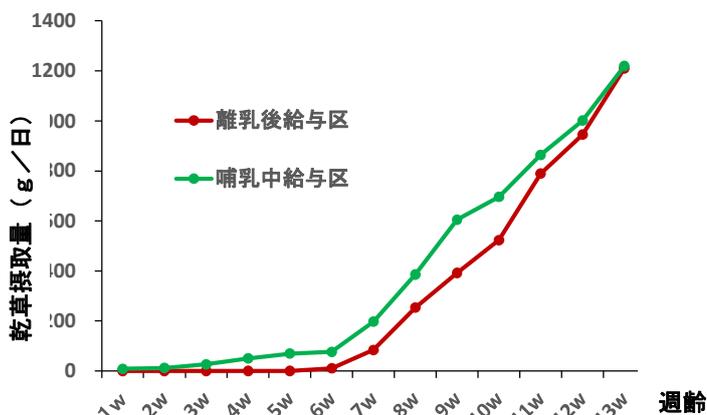


図 2 制限哺乳管理子牛への乾草の給与開始時期の違いが哺育期間中の乾草摂取に及ぼす影響

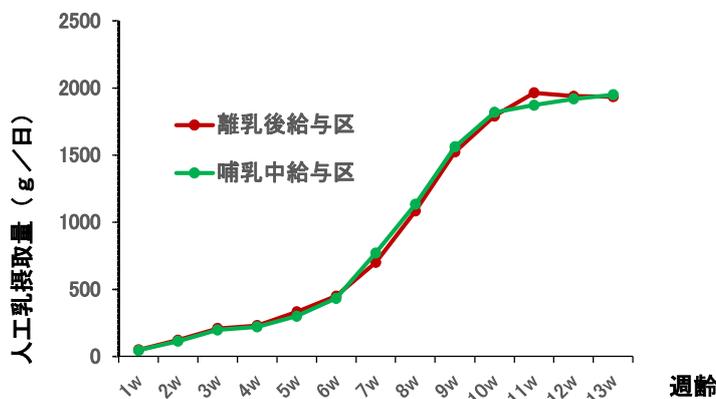


図 3 制限哺乳管理子牛への乾草給与が人工乳摂取量に及ぼす影響

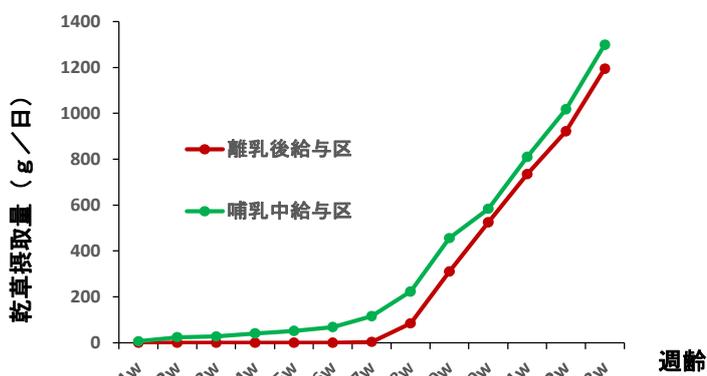


図 4 高哺乳管理子牛への乾草の給与開始時期の違いが哺育期間中の乾草摂取に及ぼす影響

た乾草摂取はルーメン発酵の安定に寄与すると考えられ、有用と考えられます。なお、子牛によっては人工乳よりも乾草を好んで摂取する個体もいます。その場合は給与量を制限するなどの注意が必要です。

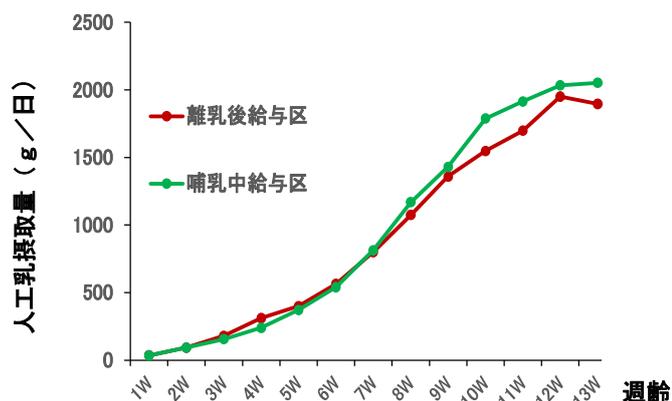


図5 高哺乳管理子牛への乾草の給与開始時期の違いが哺育期間中の人工乳摂取に及ぼす影響

【ポイント3: 哺乳方式の違いが人工乳摂取に及ぼす影響とそれに対応した適正な離乳管理】

高哺乳方式により哺乳量を高めると人工乳の摂取量が抑制され、反芻胃の発達が遅れるため、安全な離乳には哺乳量を徐々に減らして(離乳プログラム)人工乳の摂取を促すことが必要

子牛は反芻胃の発達が不十分な状態で生まれ、固形飼料を摂取しながら反芻胃が徐々に発達し離乳が可能となります。哺乳中の子牛では摂取した液状飼料は食道溝反射により下部消化管に直接流入し反芻胃にはほとんど流入しないとされます。このため、液状飼料だけでは反芻胃は発達しません。反芻胃の発達には反芻胃内の発酵産物(低級脂肪酸)が重要とされ、主な発酵産物では酪酸>プロピオン酸>酢酸の順に寄与が大きいとされます。このため発酵産物として酪酸が高まる人工乳の方が主な発酵産物が酢酸である乾草よりも反芻胃発達のためには寄与が大きく、人工乳摂取量を高めること、すなわち反芻胃発達と安全な離乳につながると考えられます。一方、人工乳の摂取量は液状飼料の給与量による影響を受け、高哺乳管理する子牛では人工乳の摂取が伸び悩むことが知られています。このため、現在普及している高哺乳方式では図6に示したとおり、哺乳後半に徐々に哺乳量を減らし人工乳を摂取させるための離乳プログラムが設定されています。図7に早期離乳方式と高哺乳方式でそれぞれの子牛の人工乳の摂取量の推移を示しました。早期離乳方式の子牛は徐々に人工乳の摂取量が高まり

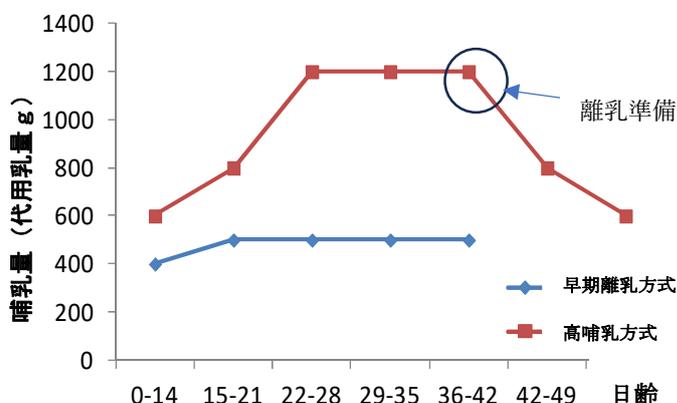


図6 哺乳方式別の具体的な哺乳量の推移

離乳後の上昇も緩やかになっています。一方、高哺乳方式の子牛は哺乳量がピークとなる3週齢から摂取量の伸びが鈍化し離乳プログラム開始の6週齢から急激に高まりS字状に推移することがわかります。

このように高哺乳方式では高哺乳中に人工乳の摂取量が抑制されることから離乳までの期間が長くなり、さらに、離乳前後で急激に人工乳の摂取量が増加することから反芻胃内発酵が不安定になりやすく注意が必要と考えられています。

子牛の離乳の目安について、早期離乳方式は、「日本飼養標準・乳牛」に基準が示されており、人工乳の摂取量が1kgを超えるあるいは3日間連続して

500g 超えると可能としています。一方、高哺乳方式については、特に基準は示されていません。前述のとおり安全な離乳には反芻胃機能の発達が重要となります。図8にそれぞれの哺乳方式で管理した子牛の血液中の β ヒトキシ酪酸濃度の推移を示しました。牛の血液中の β ヒトキシ酪酸はルーメン壁から吸収された酪酸が代謝されたもので（分娩後の乳牛では体脂肪由来のもので高まる場合がある）、反芻胃機能の発達の指標とされます。5週齢までは両方式とも目立った上昇傾向がなく反芻胃機能の発達が不十分なことがわかります。一方、6週齢を過ぎると両区で急激に高まり反芻胃機能の向上がうかがえます。このように反芻胃の機能としては6週齢を過ぎると離乳が可能な状態に近づいていることがわかります。一方、離乳の条件としては、最低限の基準として生体機能を維持するのに必要な量の固形飼料を摂取できることが重要です。具体的には、6週齢で離乳する早期離乳方式では概ね1,000g/日、高哺乳方式では離乳の目安が8週齢となり体重も増えていますのでそれ以上の人工乳を摂取できることが必要となります。

離乳は子牛にとって給与飼料等の生育環境が単胃動物から反芻動物へと大幅に変わるため下痢なども発生しやすい時期となります。また、飼料の変化に加え哺乳が終わることで飲水量も急激に増えます。糞便の観察など、一層の体調管理が重要な時期となります。

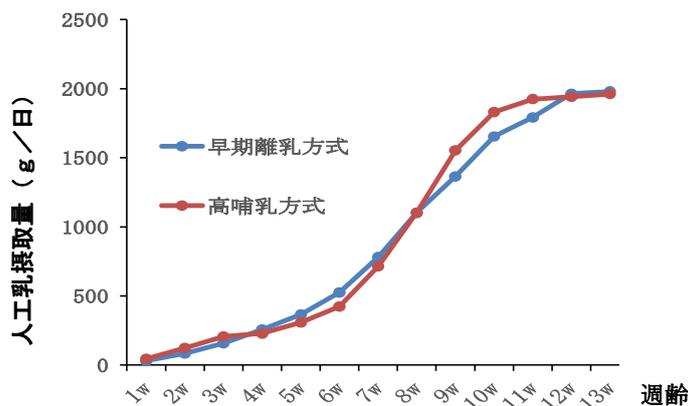


図7 哺乳方式の違いが人工乳の摂取量に及ぼす影響

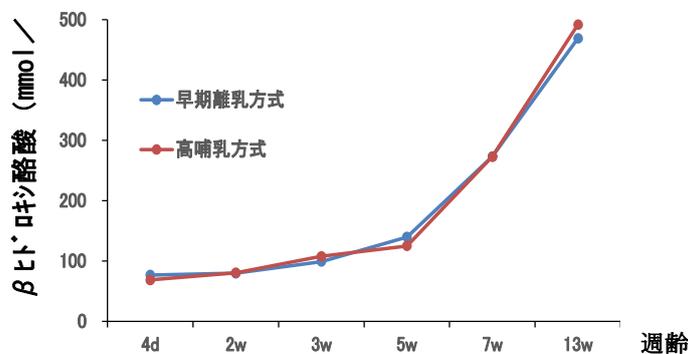


図8 早期離乳子牛の血液中 β ヒトキシ酪酸濃度の推移

【ポイント4: 哺乳方式の違いがその時点の子牛と将来性に及ぼす影響】

高哺乳方式で管理された子牛は発育が旺盛で、初産種付け開始時期の前進化が図れ、初産乳量の増加が期待できる

冒頭で述べたとおり実際の哺育管理には様々な方式がありますが、現在の酪農現場で普及している哺育管理法を哺乳量の多少を基準により分けると、哺乳量を制限する早期離乳方式と哺乳量を自然哺乳に近づけた高哺乳方式の2種類に大別されます。それぞれの方式の具体的な目標は早期離乳方式では6週齢での早期離乳、高哺乳方式では8週齢までに体重を2倍にすることとされています。また、具体的なメリットについては、早期離乳方式は哺乳作業の軽減による省力化とコスト低減、高哺乳方式は子牛の発育促進と免疫力の強化等とされます。

早期離乳方式と高哺乳方式の比較のため、表2にそれぞれの方式で管理した子牛の発育状況等を示しました。それぞれ別の年に供試したため環境条件等に違いがあり、さらに試験設定の関係で哺乳量についても一般的な指標と多少違いがありますが、概ねそれぞれの方式に即して管理したものです。

哺乳期間については、早期離乳方式（以下、早期区）は44日となりほぼ指標どおりであり、高哺乳方式（以下、高区）でも54日とこちらも2日短いほぼ指標どおりでした。その時の体重は早期区61.4kg、高区81.8kgとなり、高区で目標とする生時体重のほぼ2倍になっていました。

この間の日増体量は早期区0.47kg、高区0.81kgとなり区間に日増体量に0.3kg以上の差があり、哺育終了時の体重は早期区104.4kg、高区119.5kgとなり約15kg高区で大きくなっていました。

飼料の給与量では、代用乳量が早期区29.5kg、高区42.8kgとなり高区で13.3kg多くなりました。この時期の子牛は発育が旺盛で日増体量が1.0kg程度となることから蛋白質の給与が重要と考えられますが、それぞれの区の蛋白質としての哺乳量は早期区7.1kg、高区12.0kgとなり高区で約70%多くなりました。その他、人工乳の摂取量は高区が多く、乾草摂取量は早期区が多くなりましたが離乳時期の体格などの影響があったと考えられます。

以上がそれぞれの哺育方式で管理した哺育期間（13週間）における主な結果ですが、高区で発育が促進されることは明らかでした。一方、子牛は乳を生産しないためコストが増えればそれは経営にとっては赤字となります。このため、高哺乳による離乳後の生産性等への効果の有無がポイントになります。まず、発育の点では哺育終了時の体重が15kg多く、こ

表2 早期離乳および高哺乳方式で管理した子牛の管理状況

	早期離乳方式	高哺乳方式
頭数	49	47
4日齢体重(kg)	40.8	42.1
離乳日齢(哺乳日数)	44	54
離乳時体重(kg)	61.4	81.8
哺育終了時体重(91日齢)	104.4	119.5
哺乳中の日増体量(kg)	0.47	0.81
離乳後の日増体量(kg)	0.91	1.01
哺育期中の日増体量(kg)	0.70	0.87
哺乳量(代用乳・kg)	29.5	42.8
人工乳(kg)	77.6	86.4
乾草(kg)	37.7	27.8

れにより初産種付け開始時期が約半月早まることが期待できます。次に機能性の問題については、哺乳期の子牛は成長ホルモンとインスリンが同時に上昇する時期とされ、高哺乳により肝臓、脾臓、免疫機能、乳腺等への発達促進効果があることが海外の研究で報告されています。また、近年では離乳までの日増体量を高めると初産乳量が高まる可能性を示唆する報告も多数あります。残念ながら、例示した試験では臓器の重量、初産乳量等のデータを採取していません。このため、栄養、蛋白供給と関連があると思われる血中のグルコース濃度と尿素窒素濃度を用いて比較し

てみました。図9に血中のグルコース濃度、図10に尿素窒素濃度について哺育期間中の推移を示しました。血液中のインスリン濃度は内臓組織の発達に影響する可能性が指摘されています。インスリンを高めるとされるグルコース濃度について比較すると高区で高哺乳中の7週齢まで高く推移し離乳により低下していますが、早期区では哺乳期間中から低値を示しそのまま離乳になっています。また、血中の尿素窒素は蛋白質供給量を反映すると考えられますが、高区では哺乳期間中11mg/dl程度を維持したのに対し、早期区では3週齢に8mg/dlと低い値を推移しており、いろ

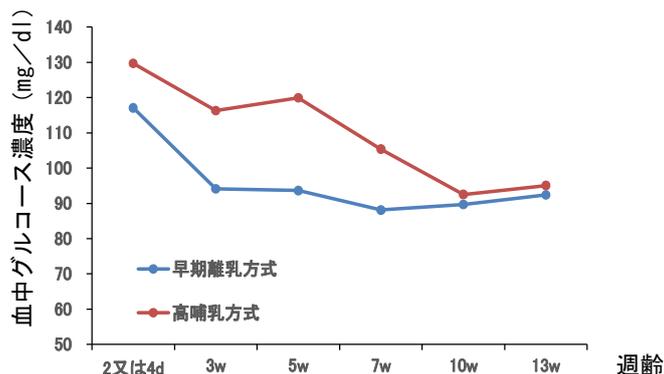


図9 哺乳方式の違いが血中グルコース濃度に及ぼ

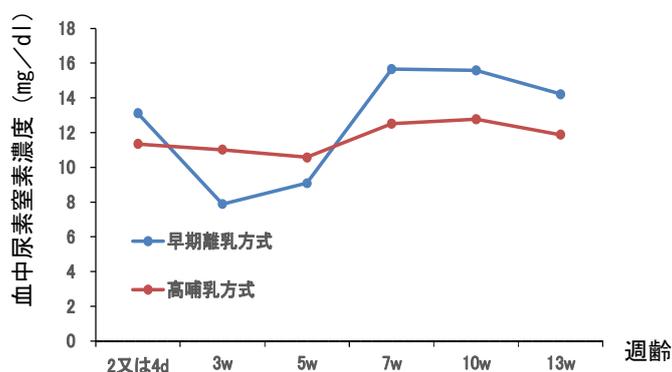


図10 哺乳方式の違いが血中尿素窒素濃度に及ぼ

いろな要因があり明確には言えませんが、その動態から早期区の蛋白質供給量が发育の旺盛な哺乳子牛には不十分であった可能性が考えられます。

なお、離乳後の尿素窒素についてはルーメン内で発生するアンモニアの影響受けることから両区の推移の違いは給与飼料の違いを反映したものと考えられます。

上述した血液成分の解釈はあくまでも推測ではありますが、早期区においてエネルギー、蛋白質ともに不足していた可能性があります。これらから、省力化に特化した早期離乳方式の基本技術である哺乳制限による哺乳管理は子牛にとって大きなストレスとなりマイナスの効果をもたらすことは想像に難くなく、子牛の健全性の点からも制限哺乳による管理は見直す必要があると考えられます。

次に、哺乳管理が将来の生産性に及ぼす影響について、直近で実施した哺乳試験において

供試した子牛の初産時の 105 日間の泌乳成績を用いて検討しましたので紹介します。上記で紹介したとおり、近年の海外等の報告において離乳までの日増体量を高めると初産乳量が高まるとの報告があることから、離乳までの日増体量の違いにより高い牛と低い牛の 2 群に分けてそれらの牛の初産時の 105 日間の乳量比較を図 11 に示しました。比較した牛

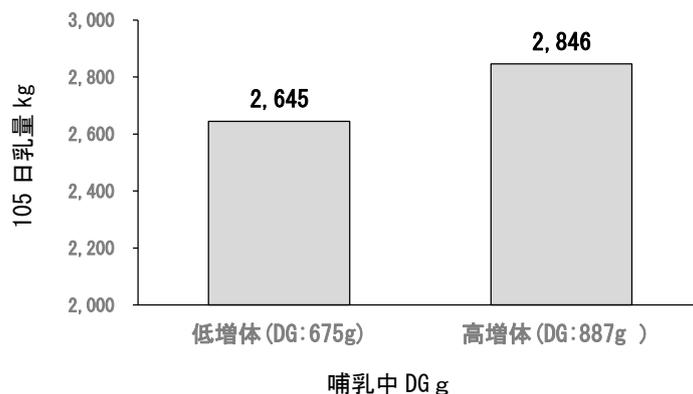


図 11 離乳までの日増体量の違いが初産 105 日乳量へ及ぼす影響

は哺乳試験が終了後、育成、初産種付けを行い、正常に分娩して 105 日間の泌乳成績の得られた牛 51 頭について行いました。この 51 頭について離乳までの日増体量が算術平均よりも低い 27 頭を低増体、高い 24 頭を高増体として 2 区に分けて比較しました。それぞれの離乳までの日増体量は低増体 675g、高増体 887g で、105 日間の泌乳量は低増体 2,645 kg、高増体 2,846 kg ($p < 0.12$) となり高増体が高まる傾向を示しました。同様の処理を哺育期間の 13 週間の平均日増体 (低 791g : 高 955g)、13 週時の体重 (低 111 kg : 高 128 kg) で比較してみましたが、それぞれの 105 日乳量が低 2,785 kg : 高 2,711 kg、低 2,815 kg : 高 2,705 kg となり全く差は見られませんでした。以上より、哺乳中の発育が乳生産性へのポイントと考えられます。

なお、高哺乳管理する場合は過肥に注意する必要があるとあり、給与する代用乳の成分に注意が必要である。また、生乳 (常乳) は一般的に蛋白質よりも脂肪の割合が高い傾向にあります。

【今後の計画】

ポイント4)に高哺乳方式による管理の優位性を述べましたが、実際の管理においては哺乳期間の長さが管理上の問題として依然として残り、解決が必要と考えられます。このため当センターでは広島大学を中核とする研究グループに参加して、高哺乳と早期離乳の両立による省力化した哺乳管理技術の確立するための新たな試験を実施中です。具体的には高哺乳の利点を担保しながら哺乳期間を短縮するには、生後早期に哺乳量を増加させ (図 12)、さらに安全に離乳させるための離乳プログラムとそれに適した人工乳の開発を目指

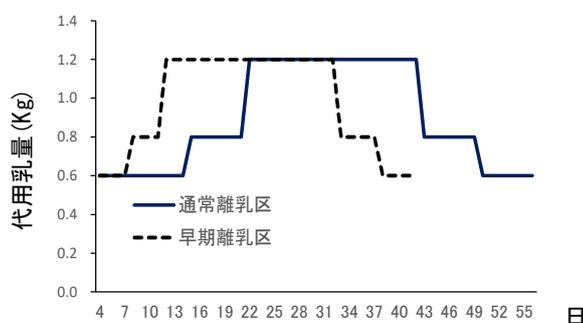


図 12 高哺乳早期離乳技術の確立に関する試験における哺乳量

しています。図 8 に示したとおり子牛の反芻胃の機能は 6 週齢で離乳可能なことは従来の試験で確認しており技術開発の可能性は高く、追って報告できると考えております。

【おわりに】

以上、当センターで実施した研究で得られた成果の中からいくつかを管理のポイントとして紹介しましたが、冒頭にも述べたとおり哺育期の乳用子牛は免疫機能が受動免疫から能動免疫に、給与飼料等の生育環境が単胃動物から反芻動物へと大幅に変わる時期で下痢や肺炎等の疾病の発生率も高く、高度な栄養管理技術が必要な時期です。本資料で紹介した技術はその中のごく一部であり、生まれた子牛を健全且つ将来に向けて能力を高めるにはその他様々な技術が必要です。その他の技術については、他の技術資料を参考にさせていただきますようお願いいたします。

なお、本技術指導資料には農林水産省技術会議競争的資金により実施した試験の結果が一部含まれています。