

哺乳子牛の飼養管理に関する話題 ～NASEM2021を考える～

1. はじめに

自然哺乳の子牛では生後6～10ヶ月程度で自然に離乳するのに対し、人工哺乳では一般的には生後6～8週で離乳させる。最近では自動哺乳装置の普及により哺乳期間はこの限りではないものの、反芻動物特異的な消化・吸収機構に円滑に移行させるように配慮した哺乳期の飼養管理が必要とされる。最近では胎児期栄養や初期栄養も重要であることが指摘されているが、どのような哺乳管理にしても生まれてくる子牛の健全性が前提であることは言うまでもない。

分娩前4週間の過剰なエネルギー摂取量は、初乳中のIgG濃度を減少させるなど¹⁾、分娩移行期の母牛の栄養状態は初乳成分に影響する。また、分娩後の母牛のインスリン感受性に影響し²⁾、新生子牛の消化吸收機能にも影響する³⁾。筆者らは分娩28日前から母牛のエネルギー摂取量を2水準設け、出生後の新生子牛の栄養代謝を検討した結果、同様の初乳給与水準であっても、高エネルギー飼料を摂取した母牛から得られた子牛は、インスリン抵抗性が高く、抵抗性の代償効果としてインスリン類似作用を有する消化管ホルモンであるGLP-1の作用が高まることを明らかにしている⁴⁾。このように分娩移行期の飼養管理が新生子牛に影響することには注意を置く必要がある。

北米の乳牛飼養標準がNRC2001から20年ぶりに改訂され、NASEM2021となり、2年近くが経過する。筆者が一応（最近はなんでも屋）、専門とする哺乳子牛の栄養要求に関しても、この20年間の研究成果を受けて、

1. Empty BW (空体重、EBW) を用いた推定
 2. スターター摂取量の推定式
 3. エネルギー要求量
(EBG: EBW増体構成を用いて)
 4. 栄養管理 (環境温度)
- など、改訂されている。この北米の飼養標準だが、

研究者にとっては、読むべきものではあるものの、実際の酪農現場で読む必要のあるものかどうかと考えると、読まなくても良い部分が多いと感じる書物である。ということで、NASEM2021で知っておいて損のない部分について、解説してみたいと思う。

2. 空体重 (Empty BW, EBW) と離乳時のスターター摂取量

現場で正確に体重を把握することは困難かもしれないが、体重は哺乳子牛の発育の最も分かりやすい指標である。この体重は、単純に子牛の体格（フレームサイズ）を示している訳ではなく、消化管内容物の重さが少なからず含まれる。離乳移行期はスターター摂取量が急激に増加する時期であり、同時にルーメン内容物も増加することになる。したがって単純に体重を測定しても、それが体格を示していることにはならない。そういう問題からNASEM2021では、維持エネルギー要求量などの推定を空体重 (EBW) で推定することになっている。哺乳のみの子牛のEBWは実測体重×0.94、哺乳とスターターなどの固形飼料を併用している子牛の場合は実測体重×0.93で求める。要するに、離乳前の子牛には6～7%の消化管内容物含量が実体重に含まれているという仮定に基づいて計算している。離乳後のEBWは実測体重×0.85で求める。スターター摂取量の増加に伴うルーメン内容物が実測体重の15%

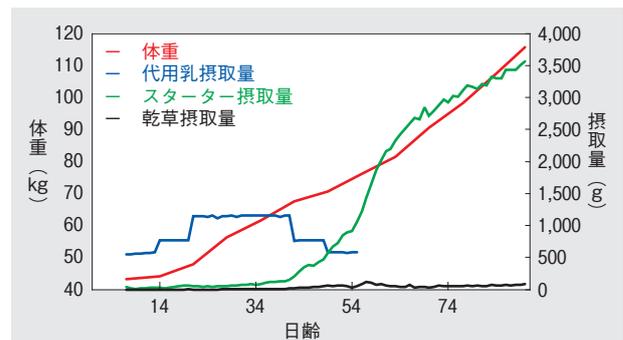


図1 哺乳子牛の飼料摂取量と体重の推移 (広島大学の事例)

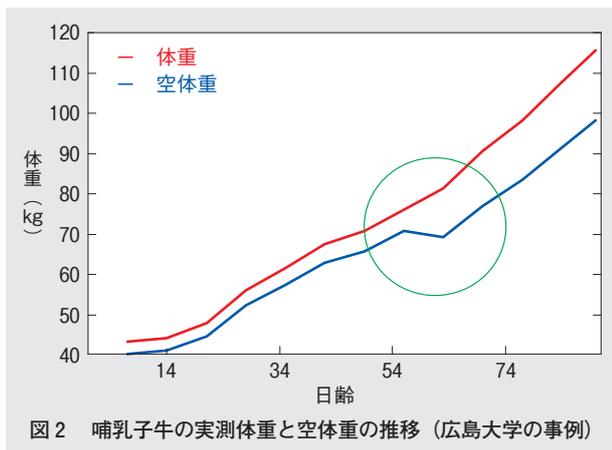


図2 哺乳子牛の実測体重と空体重の推移 (広島大学の事例)

という考え方である。図1に我々の子牛の飼養試験で得られた代用乳摂取量、スターター摂取量、乾草摂取量および実測体重の推移を示す。哺乳管理は一般的なミルク多給方式で管理した。体重の推移を見ると離乳移行期の発育停滞も認められず順調に発育しているように考えられるが、この体重推移をEBWに変換(図2)すると、EBWは、離乳前を実測体重×0.93、離乳後を実測体重×0.85で補正されることから、一時的に発育停滞していることになる。EBWは子牛の実際の体格を示していると仮定すると、離乳後の実測体重の増加は、スターター摂取量の急激な増加によるルーメン内容物の増加を示していることになり、純粋な体重(EBW)は増加していないことになる。NASEM2021での推定式では、離乳直前(体重80kg、EBW74.4kg=80×0.93)に代用乳を粉体で250g/日、スターター(CP22%、スターチ33%)を1kg/日摂取していた場合のEBWの日増体は0.24kg/日と推定される。スターター摂取量が1kgなので十分だろう、と思い離乳すると、離乳1週後に体重が87kgと増加していてもEBWは74.4kg(=87×0.85)と離乳直前と同じとなり、代用乳を抜いた分、スターター摂取量が1kgを維持した場合、EBWの日増体は-0.15kg/日となり、発育が停滞することとなる。そのため離乳後にEBWの発育停滞を防ぐには、スターターを1.5kg/日程度摂取しないと日増体が+にはならず、1.5kg/日でEBWの日増体が0.14kg/日と推定される。このように体重には消化管内の内容物が含まれていることから、EBWでの発育評価は理にかなっていない。離乳時のスターター摂取量の目安として、体重60kg(EBW:55.8kg)で1.2kg/日、80kg(EBW:74.4kg)で1.5kg/日であれば、EBW的にも発育停滞がおこらない摂取量である。

3. ミルク多給方式をする場合の代用乳中タンパク質およびエネルギー含量

自然哺育下での哺乳子牛は、1日に10L以上の母乳を摂取し、哺乳回数も子牛本意に1日に何回も摂取する。固形飼料を上手く利用できない時期に子牛の哺乳量を制限することは、発育を制限するだけでなく、ストレスを与え、免疫力の低下を引き起こし、健全性に影響する。現在、自動哺乳装置(哺乳ロボット)の普及もあり、最近ではミルク多給哺育が主流となりつつある。ミルク多給哺育は、代用乳を最大で8L(1.2kgDM/日)程度哺乳させて自然の状態に近づけるもので、離乳時期を8週齢程度として、子牛を哺乳期間内に生時体重の2倍程度にまで発育させるよう設定されたプログラムである。この離乳までの増体が1kg増加すると初産乳量が850kg増加するという報告もある⁵⁾。

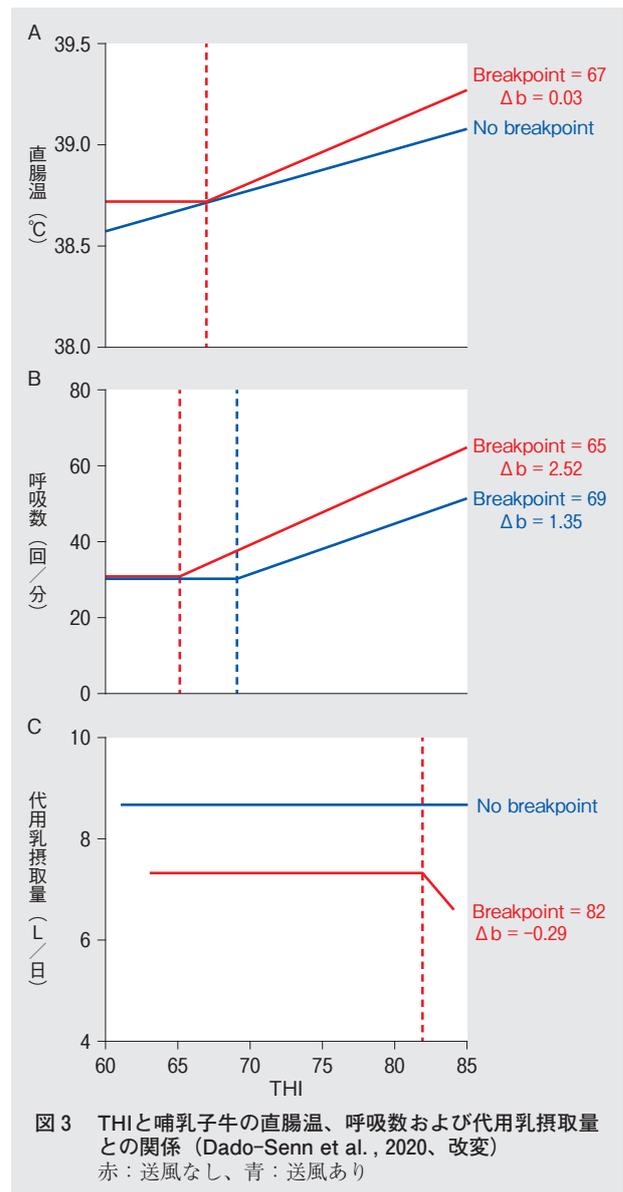
このミルク多給方式だが、よく勘違いされているのが“哺乳量を高める”という意味である。単純に代用乳を多量に給与してもよいという訳ではなく、と言いつつ、明確な定義があるわけでもない。発育は日増体量で評価するが、この増体が骨格(筋肉)なのか体脂肪なのかで話が違う。体脂肪が増えた場合、増体=肥る(脂肪細胞数を増やす)ということになる。したがって、きっちり骨格(フレーム)を重視した発育を求める場合は、エネルギーとタンパク質摂取量のバランスを考慮することになる。これが乳牛を飼育する上での飼料効率である。無駄なく栄養を供給しないとつらい。増体速度はエネルギー摂取量に依存し、タンパク質の要求量は増体速度に依存する(NASEM2021)。制限哺乳の日増体(~0.4kg/日)からミルク多給方式により日増体(0.8kg/日~)が増えると、当然だが子牛の代謝エネルギー要求量は2倍になり、それに伴うタンパク質要求量は3倍に増加する。代用乳に求める脂肪とタンパク質の含量(バランス)がミルク多給方式になると変わることになる。したがって、バランスを考えないと無駄が生じる。体脂肪蓄積でなく骨格を重視した高日増体を期待する場合は、代用乳の栄養バランスが高タンパク質・低脂肪含量になり、それを粉体で1.2kg摂取させると効率のよいミルク多給哺育となり、逆にこの高タンパク質・低脂肪含量の代用乳を用いて制限哺乳すると、エネルギー不足とタンパク質過剰となり、窒素ロスを引き起こす。逆に、制限哺乳用のタンパク質・脂肪含量が同程度の代用乳を用いてミルク多給方式を実施する

と、脂肪含量に見合ったタンパク質を供給していないため、エネルギー過剰摂取となり、増体はするものの骨格よりも体脂肪蓄積が増えることになる。

NASEM2021では、日増体におけるタンパク質およびエネルギー要求量の関係が少しアップデートされた。ミルク多給方式で用いる高タンパク質・低脂肪代用乳に関して、エネルギー要求量が高まっており、従来と比べて両者の差が小さくなっており、ミルク多給方式による高発育を期待する場合、至適環境下で脂肪含量が18%以上は必要となる推定になっている。

4. 環境温度（暑熱対策）

子牛は寒さに弱い。寒さへの対抗手段は発熱になるが、当然、エネルギーを使う。環境温度が下がると体の維持に必要なエネルギー要求量は当然ながら増加する（NASEM2021）。このことから冬季などには維持に必要なエネルギー要求量の増加を発育に必要なエネルギーに加味しないと、至適環境下と同じ発育は得られない。したがって冬季のミルク多給方式の場合、哺乳量の増給や脂肪含量を高めた高タンパク質代用乳などを用いて増体を維持することが望ましい。また、NASEM2021では、暑熱時も寒冷時と同様に維持に必要なエネルギー要求量が高まると指摘しており、推定だが、気温35度で、気温10度と同じ維持エネルギー要求量となる。子牛は成牛と比べて暑熱には強いとされている。理由の一つに、ルーメン発酵があげられ、巨大なルーメンで四六時中発酵している成牛は当然、暑熱に弱く、一方で哺乳子牛はルーメンが発達していないため、成牛ほど暑熱に弱くない。哺乳子牛の場合、どちらかというところ、寒冷ストレスを意識するが、直腸温、呼吸数、代用乳摂取量に暑熱ストレスの影響が出る温湿度指数（THI）のブレイクポイントは調査されており⁶⁾、直腸温はTHIの増加に伴い上昇するが、暑熱対策を実施していないと、THI 67をブレイクポイントとしてその上昇する傾き（ Δb ）が変化し、上昇度合いが高まる。呼吸数も同様にTHIが65で変化する。その増加する傾きは、暑熱対策を実施している子牛の2倍程度大きく、代用乳摂取量もTHI 82で摂取量が減少し始める（図3）。THI 82は、気温35℃/湿度45%、気温30℃/湿度75%などが該当し、最近では普通の夏の環境である。冬季は、脂肪含量の多い代用乳を給与することで維持に必要なエネルギーを賄うことも一手段と先述したが、夏季も同様であると言える。



5. ターゲットグロース

22～24ヶ月齢をターゲットに初産分娩させることが、育成にかかるコスト、生涯乳生産量（生涯収入）のバランスが最も良いと考えられている。例えば22ヶ月齢の初産分娩を目標とする場合、13ヶ月齢時には妊娠することになる。体重計のない現場では、13ヵ月齢なら体重、体高も大丈夫だろう、という感覚での繁殖管理が多いかもしれない。「この牛はまだ小さいかな？」という感覚で1ヵ月遅らす、「この牛はもう大きいから」という感覚で1ヵ月早める、など対応されているかもしれない。ただし、妊娠に適した体重になっていたとしてもその後の初産分娩までの発育も計算する必要がある。22ヵ月齢未満で分娩することは、初産時の体重が小さいか、出生から出産までの急速な成長を意味する。初産時のサイズの不足と急速な成長速度の両方は、分娩後の乳量を制限

する可能性が考えられる。また逆に初産分娩月齢が遅くなると、育成コストが高くなる。

22～24ヵ月齢での初産分娩月齢を目指す場合、出生からどのような発育曲線で、どのくらいの体重の時に妊娠させれば良いか。こればかりは、現場で確認してもバラバラで、経験測（難産など事故の経験から）で育成管理されているように思う。ただ、飼料価格の高騰などを考えると、飼料効率を計算して無駄なく管理するのが望ましい。表1には成熟体重までのターゲット体重を示した。この表は、NASEM2021に示されたものだが、20年前のNRC2001と同じである。あくまでも指標の一つで、これが正しいというわけではないが、育成コストなども考慮すると目安になるかと思う。例として成熟体重（3産以上の体重）を700kgとした場合のターゲット体重の推移が示されている。700kgで考えると、妊娠時の体重（13ヵ月齢）で385kgとなる。これ以上体重があれば大丈夫というわけではなく、13ヵ月齢で385kgになるように飼養管理するという意味である。そのための日増体（ADG）も示されており、育成牛は群管理されていることが多いため、このようにきっちり目標通りとはいかないかもしれないが、初産分娩時に事故が多い、初産時に乳量が出ない、あるいは初産で乳量が出すぎて繁殖がうまく行かない、などの問題がある場合、この表に照らし合わせて、育成管理を再検討するのも良いかもしれない。成熟体重は酪農現場ごとに異なる。表には成熟体重を100%とした各ステージの割合（%）も示されているので、参考になればと思う。牛群での後継牛保有頭数の計算式には、初産分娩月齢が含まれている。後継牛保

有頭数（扶養家族）を少なくすることも収益上重要である。24ヵ月齢での初産分娩を目指す場合、15ヵ月齢からAIを始めるということではない。1回のAIで妊娠すればベストだが、特に夏季などは2回、3回AIすることになるかもしれない。22ヵ月での初産分娩を目指して、24ヵ月での初産分娩となってしまったという結果論が通常であり、24ヵ月を目指すということではないと思う。

6. 参考文献

- 1) Mann S, Yepes F. A. L, Overton T. R, Lock A. L, Lamb S. V, Wakshlag J. J, Nydam D. V: Effect of dry period dietary energy level in dairy cattle on volume, concentration of immunoglobulin G, insulin, and fatty acid composition of colostrum. *J Dairy Sci*, 99, 515-1526 (2016)
- 2) Cardoso F. C, LeBlanc S. J, Murphy M. R, Drackley J. K: Parturition nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci*, 96, 5859-5871 (2013)
- 3) Gao F, Liu Y. C, Zhang Z. H, Zhang C Z, Su H W, Li S L: Effect of parturition maternal energy density on the growth performance, immunity, and antioxidation capability of neonatal calves. *J Dairy Sci*, 95, 4510-4518 (2012)
- 4) Haisan J, Inabu Y, Shi W, Oba M: Effects of feeding a high- or moderate-starch parturition diet to cows on newborn dairy heifer calf responses to intravenous glucose tolerance tests early in life. *J Dairy Sci*, 102, 8931-8940 (2019)
- 5) Soberon F, Raffrenato E, Everett R W, Van Amburgh M. E: Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J Dairy Sci*, 95, 783-793 (2012)
- 6) Dado-Senn B, Ouellet V, Dahl G. E, Laporta J. Methods for assessing heat stress in preweaned dairy calves exposed to chronic heat stress or continuous cooling. *J Dairy Sci*, 103, 8587-8600 (2020)
- 7) Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Eighth Revised Edition. The National Academies of Sciences·Engineering·Medicine (NASEM) (2021)

表1 育成牛のターゲットグロース (NASEM2021より)

	% (成熟体重)	kg、月
成熟体重	100	700
出生時体重	6	42
離乳時体重	12	84
妊娠時体重	55	385
分娩前体重 (初産)	91	638
分娩後体重 (初産)	82	574
分娩後体重 (2産)	92	644
妊娠月齢		13
初産分娩月齢		22
初回発情前ADG	0.13	0.90
発情後ADG	0.10	0.69
発情後ADG+妊娠	0.13	0.92
初産時ADG	0.027	0.19
2産時ADG	0.022	0.15