

# 混合飼料給与時における泌乳前期の 乳牛の乾物採食量

北海道農業試験場 早坂貴代史

## 1. はじめに

近年、道内酪農家の高泌乳牛を飼養する傾向がたかくなってきている。平成元年の北海道乳検成績によると、経産牛1頭当り年間乳量が7,503 kgで前年比2.7%増を示し、また乳牛1頭当り年間10,000kg以上生産する酪農家も66戸となり、前年にくらべ倍増している。

乳牛の乾物摂取量(DMI)は、このような個体泌乳量の増加と並行して、時代の進行とともに増加してきた経緯がある。1950年代では体重の2%程度といわれてきたが、60~70年代で平均2.6~2.7%、最大で3.4%<sup>18)</sup>、80年代では平均3%、最大で3.5~3.7%<sup>26)</sup>と上方修正されつつある。このDMIの増加傾向の背景には、乳牛の遺伝的改良、濃厚飼料の多給、粗飼料の質的改善、飼養方法の改善が指摘される。

こうした飼養環境の変化の中で、現在の高泌乳牛のDMIをめぐる情報は国内外を問わず少ない。その例として、米国研究評議会(NRC)の飼養標準におけるDMIの記載について問題点を指摘する。また著者らが行った混合飼料(TMR)を給与した時のDMIの推定と、今後、留意すべきDMIに関わるいくつかの因子を指摘する。

## 2. NRC飼養標準の問題点

1988年に改訂されたNRC飼養標準は、旧1978年版にくらべDMIの扱い方を変更している。すなわち、1978年版<sup>21)</sup>では「最大乾物摂取量の指針」としていたのが、1988年版<sup>22)</sup>では「泌乳中後期の乾物摂取要求量」と変更し、体重と乳生産別におよそ7%上方修正している。変更理由として、1988年版の解説の中に、①1978年版のDMIでは、小さい品種や高泌乳の牛では低すぎる、②高泌乳牛のDMIのデータが少なく信頼性がない、③最大乾物摂取量は多くの要因によって影響され、その表示が困難である、と述べている。

こうした理由によって、1988年版の乾物摂取要求量は、養分要求量(ここでは体重と乳生産と適度な増体分)を満たすにはこれだけの乾物摂取量が必要であるとし、飼料の養分含量(乾物1kg中のNEL含量)を条件設定して、計算によって求められている。すなわち、概念上、採食量(DMI)はほぼ養分要求量にみあうように決定されると仮定している。FORBES<sup>27)</sup>は養分要求量にもとづく採食量を「potential intake」と定義している。この「potential intake」は、家畜の物理的・化学的制約、飼料条件や環境条件の制約を受ける「voluntary intake」とはわけて考える必要がある。

FORBESは、「voluntary intake」が「potential intake」よりも下回る傾向にあるとし、また1988年版NRCでも、「乾物摂取要求量に対し、泌乳前記では18%程度までの低下を示すことがある」と推定している。一方、1989年にNIPPER<sup>24)</sup>は、1988年版で提案されたDMIは、米国の多くの酪農家で飼養されている乳牛の実際のDMIよりも依然として低く見積られていると述べている。一例として、体重590kg、乳量32kgの乳牛では1988年版では19.1~20.4kgだが、21.3~22.2kg乾物摂取すると指摘している。これが事実とすれば、米国の酪農家でのDMIは、NRCの乾物摂取要求量よりもさらに8~11%増となる。

1988年版NRCの乾物摂取要求量は、それ以上摂取した場合には、飼料のエネルギー含量を下げ、それより少なければ、飼料のエネルギー含量を上げるよう自ら解説している。このように乾物摂取要求量は、あくまでも目安の基準的指針として参考になるものの、引続き現状の高泌乳牛に対応したDMIの研究は求められていることをしめしている。

### 3. 著者らが行ったDMIの推定にあたっての条件と最近の道内のDMIの知見

NRCで述べられているように泌乳牛のDMIは多くの要因によって影響される。だが、今日ではフェーズフィーディング（乳期別給与）にもとづいた飼料条件が決定、実践されつつあり、DMIの推定にあたっては、その飼料条件の範囲内で推定すればよいと考える。たとえば、飼料中の濃厚飼料が70%以上の高養分含量の飼料や、粗飼料のみを用いた泌乳牛のDMIの推定は実用性は低いと考える。

著者らは、標題の条件で、DMIの推定を試みた<sup>12)</sup>。まず、TMRを給与したのは、自由採食飼養法といわれているように、濃厚飼料を制限せざるをえない分離給与法にくらべ、自由採食量を決定するのに望ましい給与法と考えたからである。泌乳前期の乳牛を用いたのは、①乳期別給与にもとづく泌乳前期の飼料条件が、ほぼ最大採食量を与えるような飼料条件（その条件とは、可消化養分総量（TDN）70~75%、粗蛋白含量14~18%、粗繊維16%、中性デタージェント繊維（NDF）36%前後、乾物粗飼料率45~55%、乾物消化率68~72%といわれている）のである。②従来の高泌乳牛の泌乳前期では、泌乳とDMIの最高期に4~6週のずれがあり、養分要求量にみあう乾物を摂取できず、エネルギーバランスがマイナスになるといわれており<sup>32)</sup>、DMIをめぐる情報が泌乳中後期よりも求められていると考えたからである。

その結果、乳量、体重を同じ条件にした場合、著者らが推定したDMIは1988年版NRCの乾物摂取要求量より上回ることを示した<sup>12, 14)</sup>。また、家畜側の条件である体重と4%乳脂補正乳量（FCM）とからDMIを点推定してもその精度はそう高くないので、ある範囲でとらえる必要があることを示した。たとえば、体重650kg、FCM35kgの乳牛のDMIの点推定値は25.3kgであったが、22.0~28.6kgの範囲でとらえる必要がある。

最近のDMIに関する道内の知見としては、原ら<sup>10)</sup>が泌乳初期のDMIの推定式を、坂東ら<sup>11)</sup>が、泌乳期を通し、体重、FCM、体重増減量

を変数とするDMIの推定式を示している。また、高橋ら<sup>29, 30)</sup>は、泌乳最盛期（乳量50kg前後）のDMIを測定し、1988年版NRCにくらべ、体重比で0.1~0.3%上回ることを示した。

### 4. DMIに影響する飼料側の因子

DMIに影響する多くの要因のうち、DMIを測定あるいは推定するにあたっての留意すべき飼料側（給与方法も含む）の因子を述べる。

#### ① サイレージを含む飼料の乾物含量

CHASE<sup>4)</sup>は多汁質発酵飼料の過剰給与によるDMIの減少を指摘し、これを受けて1988年版NRC<sup>22)</sup>では、飼料全体の乾物率が50%を下回ると、DMIは低下し、放牧や青刈り給与よりもサイラージなどの発酵飼料で低下割合が大きいと解説している。さらに、乾物摂取要求量の表の脚注に給与飼料中の主体が発酵飼料で、乾物率が50%を下回った場合、DMIは、乾物1%低下あたり体重比で0.02%低下するであろうと特記したことは、DMIを低下させる多くの要因中で、かなり重視すべき因子であることがうかがわれる。

TMRでは、その乾物率が60~65%以下であればDMIは低下すると指摘されている<sup>19)</sup>。またTMRの発熱や変敗防止、嗜好性からも、乾物率が60%程度がよいとされている<sup>31)</sup>。

TMRの乾物率が高い場合の問題は、選択採食の可能性が高くなることである。著者らの乾物率64%のTMRの採食試験<sup>15)</sup>では、残飼と給与TMRとの成分差が大きかったが、給与TMRと採食されたTMRの成分差は小さく、選び食いは認められるものの、その程度は小さいものと判断された。

#### ② 残飼量（給飼量）

自由採食量を測定する際の残飼量は、採食量の10%以上<sup>33)</sup>あるいは15%<sup>3)</sup>になるように調整する方法がよいとされている。いまのところ、TMRでは6~15%<sup>15)</sup>で、6%以下では給飼量を増やした方がよいと考える。また簡便な方法では、残飼量を随時観察し、必要に応じ飼料を追加給与する方法もある<sup>27)</sup>。

残飼量が少ないと、採食量と給飼量が近似する

ことになり、採食量が給飼量に強く規制される可能性がある。すなわち、このような場合、給飼量を増やせば採食量は増加する。また残飼量が少ないと採食行動にも影響し、給飼した直後の採食活動が強くみられるようになる<sup>15)</sup>。

一方、自由採食の要件を満たす残飼量があれば、給飼直後の採食活動が低下（採食期時間の短縮）する。また著者らの観察によれば10頭中2、3頭は給飼してもすぐ採食しないようになり、1日の採食期の数も増加する傾向にある。

### ③ 給飼回数

DMIや乳生産に係わる給飼回数の影響について多くの報告がある<sup>8)</sup>。

乳牛に対する給飼回数に関する研究は、ルーメン内発酵、消化率や飼料利用効率、疾病発生率、採食量や乳生産量の改善の観点から行われている。いままでのところ日乳量20kg以下の低泌乳の報告が多いが、分離給飼法における濃厚飼料の多回給飼では、飼料側の条件として濃厚飼料の割合が60～70%以上、家畜側の条件として乳脂率が3.8%を下回る場合に、改善効果が認められる<sup>8)</sup>。また泌乳前期や暑熱時のように養分要求量を満たす必要がある時は、給飼回数を増やすと効果的といわれている。

TMRの採食量、乳生産についての報告は少ないが、多回給飼による顕著な改善はみとめられていない<sup>5, 8, 34)</sup>。そのなかでNOCEK and BRAUND<sup>25)</sup>は、給飼回数によるDMIと乳生産に有意な差は認められないが、TMRの4回給飼は1～2回給飼にくらべ、①採食行動の日変動が小さく、ルーメン微生物に安定的に養分を供給できること、②ルーメン液希釈率が高く、下部消化管への微生物菌体量が多いこと、③乳生産効率もわずかに改善する傾向にある、と指摘しておりTMRでも給飼回数増による採食への影響が推察される。一方、著者らの成績（未発表）では、TMRの2回給飼と4回給飼とでは、両方とも1採食期時間が30分、1日の採食期数が11～12回で、DMIにも差が認められなかった。

混合給飼法は、分離給飼法の濃厚飼料給飼の採食行動ほど給飼によって規制されずに、飼料が連

続的に摂取されていること（残飼量が採食量の10%程度あれば1日の採食期数は10～15回<sup>9, 15)</sup>）や、粗飼料と濃厚飼料が同じ割合で摂取されることから、ルーメン微生物が比較的安定かつ効率のよい状態で保たれている可能性があり、給飼回数増によるDMIや乳生産に大きな改善が認められないと考える。

したがって、TMRの給飼回数は2～3回でも一般には問題はないと考えるが、飼槽の残食量が少ない場合、暑熱やTMRの水分含量が高く、その品質が劣化（二次発酵やカビなど）しやすい場合、牛の唾液やウォータカップからの飛沫によって飼槽中のTMRが汚染される場合、あるいは飼槽が小さく、飼料が通路に飛散するなど飼槽構造に問題のある場合は、回数を増やす必要がある。

### ④ 混合給飼法と分離給飼法

粗飼料と濃厚飼料の分離給飼法は、乳脂率の低下や健康上の問題から濃厚飼料が制限給与となるので、自由採食量や乳生産について混合給飼法と比較するのは困難を伴うが、多くの報告がある<sup>9, 23)</sup>。

DMIについては両給飼法で差がないとする報告と混合給飼法によって改善されたとする報告とに大別される。このように一致した知見がえられていない理由として、飼料の条件からの考察が行われている。すなわち選択採食が少なく、採食量の物理的規制が小さい属性をもつ高養分含量の飼料構成か、密度が高い（がさが小さい）飼料構成の場合、また分離給飼で嗜好性の悪い飼料が含まれても他の飼料が選択採食できる飼料構成の場合には、混合給飼法によるDMIの改善効果は小さいと考察されている<sup>6, 9, 11)</sup>。

これらを整理すると、①混合飼料中に嗜好性の低い不良な粗飼料を含む場合、②濃厚飼料の割合が少ない飼料構成の場合、には混合給飼法によるDMIの改善効果がみられるようである。①の条件を支持する主な証拠として、GILL<sup>9)</sup>の総説にあるように、紙屑、アルカリ処理コーン芯、乾燥鶏糞、稲わら、ポテッチップ、モルト屑、さとうビートパルプなどのような利用性の低い飼料や地域の副産物類（バイプロダクト）といったそ

れ自体嗜好性のあまり高くない飼料を混合給飼することによるDMIの改善が指摘される。一般によく使われる粗飼料についても同様の判断が可能であろう。粗飼料の品質を規定する採食性、消化率、利用効率の三つの因子<sup>36)</sup>のうち、少なくとも採食性、特に低品質の粗飼料の採食性については、混合給飼法による改善効果が大きいといえる。

②の飼料条件は、濃厚飼料主体の飼料条件にくらべ、選択採食を減じ飼料の物理性が小さく、高密度にして採食量を増やすというTMRの利点<sup>9)</sup>がよくいかされると考えられる。②の条件を支持する証拠としては、飼料中の濃厚飼料が60~70%では両給飼法のDMIにおよそ差がないとする成績がある<sup>16, 20, 35)</sup>。一方、飼料中の濃厚飼料の割合を40%と65%として、両給飼法DMIを比較した結果、65%のほうで分離給飼法よりも混合給飼法でDMIが大きく増加したという成績<sup>17)</sup>もある。しかし、分離給飼法のDMIが制限給飼の値である可能性があり、②の仮説に対する反証とはいいがたい。

ほかに、分離給飼法そのものが混合給飼法にくらべDMIを改善しにくい特徴を有していることも考慮する必要がある。すなわち、分離給飼法は乳脂率の低下や消化障害を防ぐために、飼料の選択採食を家畜側に許さず、粗濃比が大きくくずれないように濃厚飼料の給飼を必要量に制限し、その制限量も組み合わせる粗飼料の採食量や乳生産量を勘案しながら決定する必要がある。粗飼料が不良であれば採食量が低下し、濃厚飼料を増給することも好ましくないでDMIは減少する。また産褥期から泌乳最盛期にかけての乳量上昇期には、その乳量の上昇の的確な予測が困難なことから、次の乳量にみあう濃厚飼料給飼量の決定も勘と経験にたよることになり、DMIの減少へとながかりやすい。一方、混合給飼法では、選択採食が少なく粗濃比をほぼ一定に保ちつつ摂取され、分離給飼法にくらべ、泌乳前期でも早期にDMIを高め、体重の減少を抑える効果がある<sup>12, 28)</sup>。

以上から、分離給飼法でも、良質の粗飼料を用い、乳生産に応じた適切な濃厚飼料の給与がなされれば、混合給飼法によるDMIの改善は期待さ

れないが、それ以外では一般に混合給飼によってDMIは増加するとみてよいと考える。

## 5. おわりに

DMIは、飼料側の条件、家畜側の条件、家畜をとりまく環境条件によって決定され、それらの条件に含まれる個々の多くの構成要因は複雑である。したがって、DMIの高精度の推定を行ったとしてもその推定した条件にかなり規制されるので、その推定結果も近似的なものであり、再現性も単純ではない<sup>37)</sup>。また個々の関連要因を考慮しながらDMIを一つ一つ測定、推定する作業は時間と労力がかかる仕事である。しかしながら、乳牛の飼料の選択や構成にせよ、その給与方法の選択にせよ、経験的、伝統的な多くのものから各種各様の研究を経て、科学的なものへと精選してきた歴史的仮定があることも見逃せない。設計計算された飼料を混合し、自由採食させるTMR方式をとりいれた乳期別給与法もその一つである。DMIの測定も科学的に精選された条件下で行うのが望ましいと考える。

著者らは、TMRをとりいれた乳期別給与法を実践する牧場の乳牛をもちいDMIを測定したが、それでも、その測定した条件から大きくはずれた場合には、そのまま適用できない場合もあろう。適用限界を知り、確定性を高めるためには、今後とも多くの試験により確認、検証が必要である。その際、得られた結果の信頼性や再現性を示す試験の条件が明示されることが、さらに再現性の高いDMI推定の試験設計をたてる際に必要な情報を与えることになる。

## 文 献

- 1) 坂東健・出岡謙太郎・原悟志、泌乳牛における乾物摂取量の推定 — 推定式の適用性 — 日畜学会北海道支部会報(講要)、32: 24, 1989.
- 2) 坂東健・出岡謙太郎・原悟志、泌乳牛における乾物摂取量の推定 — トウモロコシサイレージ、乾草および濃厚飼料の組合せ給与時 — 第82回日畜学会大会講要、71, 1989.

- 3) BLAXTER, K. L., F. W. WAINMAN and R. S. WILSON. The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.*, 3:51-61. 1961.
- 4) CHASE, L. E., Effect of high moisture feeds on feed intake and milk production in dairy cattle. *Proceedings 1979 Cornell Nutrition Conferences*, 52-56. 1979.
- 5) COPPOCK, C. E., D. L. BATH and B. HARRIS, JR., From feeding to feeding systems. *J. Dairy Sci.*, 64:1230-1249. 1981.
- 6) 出岡謙太郎・岡本全弘・原悟志・伊東季春、トウモロコシサイレージを主体とする混合飼料の給与が飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響。新得畜試研報、16:25-29. 1988.
- 7) FORBES, J. M., *The Voluntary Food Intake of Farm Animals*. 1st ed. 4-5. Butterworths. London. 1986.
- 8) GIBSON, J. P., The effects of frequency of feeding on milk production of dairy cattle: An analysis of published results. *Anim. Prod.*, 38:181-189. 1984.
- 9) GILL, M., The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. *Grass and Forage Sci.*, 34:155-161. 1979.
- 10) 原悟志・中辻浩喜・黒沢弘道・小倉紀美、泌乳牛の泌乳初期における最大乾物摂取量の推定。日畜学会北海道支部会報(講要)、31:23. 1988.
- 11) 早坂貴代史・宮谷内留行・宮本進・荒井輝男・鷹取雅仁・田中慧・佐々木久仁雄・三浦祐輔、夏と冬における混合飼料給与による高泌乳牛(泌乳前期)の乾物・養分摂取量とみかけの消化率。日畜会報、59: 763-772. 1988.
- 12) 早坂貴代史・宮谷内留行・宮本進・荒井輝男・鷹取雅仁・田中慧・佐々木久仁雄・三浦祐輔、混合飼料給与による泌乳前期のホルスタイン種乳牛の乾物摂取量。日畜会報、60: 419-426. 1989.
- 13) 早坂貴代史・宮谷内留行・宮本進・荒井輝男・鷹取雅仁・田中慧・佐々木久仁雄・三浦祐輔、夏と冬における混合飼料給与時の泌乳牛の採食反芻行動。家畜の管理、25:65-72. 1990.
- 14) 早坂貴代史・田鎖直澄・山岸規昭、混合飼料給与時における泌乳前期牛の乾物摂取量推定式の検証。日畜会報、61:366-367. 1990.
- 15) 早坂貴代史・田鎖直澄・山岸規昭、混合飼料給与量が泌乳牛の採食に及ぼす影響。日畜会報、61:1070-1076. 1990.
- 16) HOLTER, J. B., W. E. URBAN, Jr., H. H. HAYES and H. A. DAVIS, Utilization of diet components fed blended or separately to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 60:1288-1293. 1977.
- 17) ISTASSE, L., G. W. REID, C. A. G. TAIT and E. R. ORSKOV, Concentrate for dairy cows: Effects of feeding method, proportion in diet and type. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 15:167-182. 1986.
- 18) 森本宏・橋爪徳三・増淵敏彦・海塩義男、乳牛の飼養標準に関する研究 IX. わが国の乳牛飼養標準。畜試特報、6: 81-94. 1965.
- 19) LAHR, D. A., D. E. OTTERBY, D. G. JOHNSON, J. G. LINN and R. G. LUNDQUIST, Effects of moisture content of complete diets on feed intake and milk production by cows. *J. Dairy Sci.*, 66:1891-1900. 1983.
- 20) MARSHALL, S. P. and A. R. VOIGT, Complete rations for dairy cattle. 1. Methods of preparation and roughage-to-concentrate ratios of blended rations with corn silage. *J. Dairy Sci.*, 58:891-895. 1975.
- 21) National Research Council, *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 5th revised ed. 55. National Academy of Science. Washington D. C., 54-55. 1978.
- 22) National Research Council, *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th revised ed. 55. National Academy Press. Washington, D. C., 2-5, 78-79. 1988.
- 23) 西埜進、乳牛の完全飼料と給飼システム、北海道家畜管理研報、18: 1-6. 1983.
- 24) NIPPER, W. A., New NRC findings for dairy. *Feed Management*, 40:7-8. 1989.
- 25) NOCEK, J. E. and D. G. BRAUND, Effect of

feeding frequency on diurnal dry matter and water consumption, liquid dilution rate, and milk yield in first lactation. *J. Dairy Sci.*, 68:2238-2247. 1985.

26) 農林水産技術会議編、日本飼養標準・乳牛。32-33。中央畜産会、東京。1987。

27) 農林水産省草地試験場、サイレージ試験法。草地試飼料、50-3:75-79。1975。

28) PHIPPS, R. H., J. A. BINES, R. J. FULFORD and R. F. WELLER, Complete diets for dairy cows: A comparison between complete diets and separate ingredients. *J. Agricultural Sci.*, 103:171-180. 1984.

29) 高橋剛・菅原靖、高泌乳牛の飼料摂取量に関する調査。種畜牧場調査実験成績報告書、2:21-29。1989。

30) 高橋剛・江邑明・下堀亮、高泌乳牛の飼料摂取量に関する調査(第2報)、種畜牧場調査実験成績報告書、3:1-7。1990。

31) 苫米地達生・生方高一・須藤平次郎・小暮君三郎・根岸豊、自由採食飼養法実用化に関する試験——暑熱時における混合飼料の品質低下防止試験(第1報)、群馬農業研究 C畜産 1:12-17。1984。

32) REID, J. T. and J. ROBB, Relationship of body composition to energy intake and energetic efficiency. *J. Dairy Sci.*, 54: 553-564. 1971.

33) ROBINSON, P. H., Dynamic aspects of feeding management for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 72:1197-1209. 1989.

34) SMITH, N. E., G. R. UFFORD, C. E. COPPOCK and W. G. MERRILL, Complete ration-group feeding systems for dry and lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 61:584-591. 1978.

35) VILLAVICENCIO, E., L. L. RUSOFF, R. E. GIROUARD, and W. H. WATERS, Comparison of complete feed rations to a conventional ration for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 51:1633-1638. 1968.

36) WALDO, D. R. and N. A. JORGENSEN,

Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. *J. Dairy Sci.*, 64:1207-1206. 1981.

37) YUNGBLUT, D. H., J. B. STONE, G. K. MACLEOD and G. F. WILSON, The testing of several feed intake predictions using farm data. *Can. J. Anim. Sci.* 61:159-164. 1981.