

# 乳牛の平準化した泌乳曲線への改良とその実用化

北海道札幌市豊平区

泌乳曲線改良グループ

(代表：富樫研治)

## 1 研究開発の背景と目的

### 1) 研究開発の背景と経緯

わが国における乳牛1頭当たりの乳量は、遺伝的改良に成功して、過去30年間以上に渡って直線的に増加してきている(図1)。酪農の軸である高泌乳牛は、分娩直後に急激に乳生産(泌乳)を増加させ、泌乳ピークまでの分娩後約2ヵ月間は、乳生産量が採食量を大きく上回り、エネルギーバランスが極端なマイナスとなる(負のエネルギーバランス)。そのため、分娩後2ヵ月間は自らの体組織を削ることで乳生産を乗り切っている(図2)。この分娩後の2ヵ月間は、次の受胎に向けた子宮と卵巣機能の回復にとって重要な時期であるが、過度の負のエネルギーバランスに陥っているため、免疫機能が低下し、乳房炎や繁殖障害などの疾病多発と受胎率低下による空胎日数の増加を招いている(図1)。この状況は、遺伝的改良による乳量増加に比例するように悪化している(図1)。以上のように、高泌乳化によって増加するはずの収入が、疾病や繁殖の遅れによって

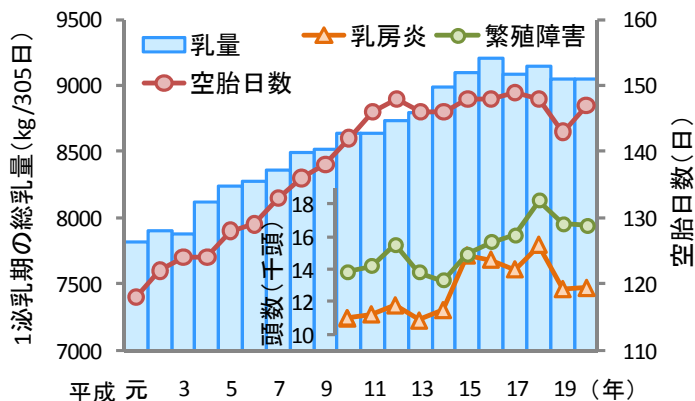


図1. 北海道における乳量と空胎日数および乳房炎と繁殖障害による除籍頭数の推移

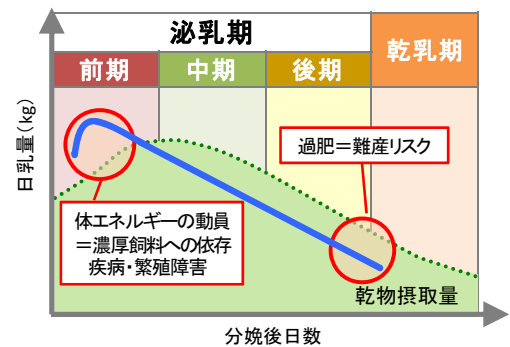
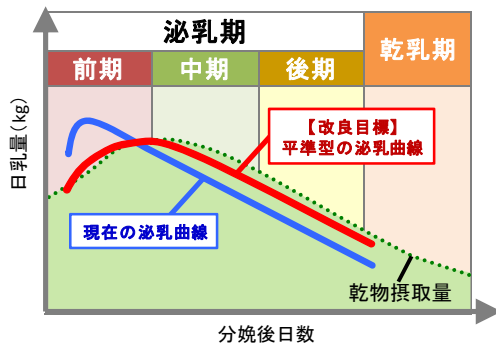


図2. 乾物摂取量(……)と従来の泌乳曲線(—)

必ずしも実現しておらず、加えて分娩前後の飼養管理の難度化、乳生産に対する飼料費の増加など、生産者の抱えるストレスが極めて大きくなっている。

これらの問題を解決する手法開発のため、以下の仮説をおいて研究に着手した。

(1) 分娩後の泌乳ピークまでの乳生産を穏やかにすることで（低ピーク化）、過度な負のエネルギー



ギーバランスを軽減できるため、濃厚飼料給与量が減り、疾病多発や受胎率低下を改善できる。

(2) 泌乳ピーク後の乳量の減少を抑えること（持続性）で泌乳曲線を平準化し、泌乳後期の過肥の予防が可能となり、飼料給与等の管理が容易になる。

図3. 乾物摂取量と従来および平準型の泌乳曲線

(3) 総乳量を遺伝的に上げながらも、その改良量を

泌乳前期から泌乳中後期に移し、泌乳曲線を低ピーク化させ、その後の持続性を良くする（高持続性）手法の開発とその手法のわが国での適用が可能である。

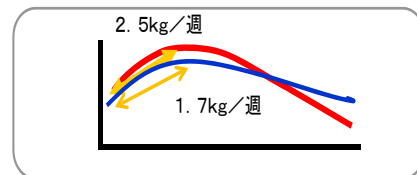
以上から、総乳量を改良させながらも、その改良量を泌乳前期から泌乳中後期に移す低ピーク・持続型（＝平準化した泌乳曲線；図3）の高泌乳牛を作出することは、飼料効率を増加させ、疾病多発と繁殖の遅れによる支出を減少させ、所得増加につながることを期待される。本プロジェクトでは、これらの仮説を理論と実際の大規模な調査研究から検証して、21世紀の高泌乳牛による新しい酪農の方向性を示すことを目的とした。

## 2) 研究開発の概要と成果

上記の仮説を裏付けるため、包括的なプロジェクトが企画された。プロジェクトでは、先ず平準化した泌乳曲線を持つ高泌乳牛は、疾病発生を抑え受胎率を改善し、加えて飼料効率を増加させ所得向上につながることを、わが国の実際の高泌乳牛と飼養形態から検証した。次に、そのような牛を作出するための新しい選抜手法を開発するとともに、その手法のわが国での可能性が検証された。そのような知見をもとに全国規模の実践的な改良に向けて平準化した泌乳曲線の評価方法が開発された。

(1) 低ピーク化と疾病発生や受胎性との関連性

分娩後の乳量増加が疾病発生に与える影響を調べるため、泌乳最盛期に乳房炎を発症した牛としない牛において、泌乳初期の乳量増加率を解析した。その結果、乳房炎を発症しなかった牛（2.5kg/週）は発症した牛（2.9kg/週）に比べて



ピークまでの乳量増加率		
分娩後早期に排卵	あり	なし
100日以内の受胎率(%)	50.0	16.7
空胎日数(日)	110±15	150±11

図4 平準化した泌乳曲線による受胎の改善

乳量増加が穏やかだった。同様に、適期受胎につながる分娩後早期の排卵の有無（＝卵巢機能回復）においても、分娩後早期に卵巢機能が回復した牛（1.7kg/週：100日以内受胎率50%、空胎日数110日）は、しなかった牛（2.5kg/週：100日以内受胎率17%、空胎日数150日）に比べ乳量増加が緩やかで受胎性とエネルギー状態が良好だった（図4）。以上より、低ピーク化は分娩後の負のエネルギーバランスを軽減するため、疾病の発生や受胎率低下の改善につながる事が検証された。

### （2）全泌乳期の飼料効率の検証

日本飼養標準「乳牛」（2006）に基づき総乳量は同じだが、泌乳曲線が平準化した牛と従来の高ピーク低持続型の高泌乳牛の飼料利用特性を比較した。平準化した泌乳曲線を持つ牛（10,000kg/305日の場合）は、泌乳最盛期に比べ1日当たり乳量レベルが低い泌乳中後期の乳量が増加するため飼料効率の増加が大きいこと、全泌乳期の濃厚飼料給与量を105kg削減し、逆に粗飼料を122kg多く利用でき、自給粗飼料の利用拡大につながる事が示された。

### （3）経営効果の検証

乳量水準が1万～1万1000kgの酪農家で持続性の良い牛と悪い牛の収益性を比較した結果、泌乳持続性の良い牛は、①治療費が低い、②配合飼料費が低い、③廃乳損失がない、等から、収益が乳牛1頭当たり4万円程度高くなった（表1）。さらに、乳量9000kg以上の酪農家4戸を対象に調査した結果、持続性の良い酪農家は悪い酪農家に比べ、乳飼比（購入飼料費／生乳販売額）が小さく、生乳1kg当たりの購入飼料費や診療薬品費が低いことより、乳牛1頭あたり生乳販売収支が高かった。以上より持続性の良い牛を飼養する酪農家は、治療と飼料購入コストを下げ、高い収益性を持つ事が検証された。

表1. 持続性が高い乳牛の経営的特徴

	高持続型	低持続型	差(高-低)
全治療費	8,860	17,781	-8,921
授精費	11,355	12,018	-663
配合飼料費	298,190	303,609	-5,419
廃乳損失(乳房炎)	0	31,227	-31,227
収入計-経費計	<b>332,047</b>	<b>292,478</b>	<b>39,569</b>

### （4）平準化した泌乳曲線を持つ高泌乳牛への遺伝的改良手法の開発と検証

従来の305日にわたる乳期全体の乳量による選抜法では、乳期全体で一様に乳量が増加し、ストレスとリスクの多い泌乳前期の乳量も増加し続ける。一方、わが国の乳牛集団の泌乳曲線において、高いピーク後、急激に乳量が低下する牛やピーク乳量を長く維持する牛など大きな遺伝的バラツキがある事が分かった。そこで、年当たりの一定量の乳量に対する改良量を確保しながら、その改良量の中味を泌乳前期から泌乳中後期に移し、泌乳曲線を平準化する改良手法が開発された。対象をわが国の乳牛

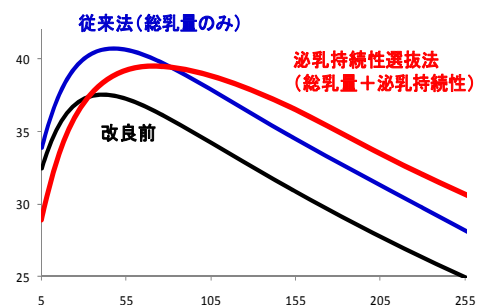
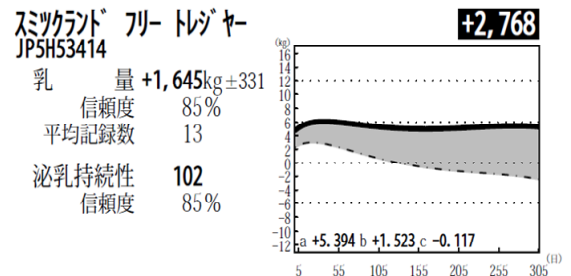


図5 各乳期乳量に重みづけした選抜式と改良効果の例

集団として、泌乳曲線の遺伝パラメータを推定し、開発手法を適用した結果、泌乳曲線が遺伝的に平準化されることが証明された（図5）。

#### （5）実践的な改良に向けた泌乳曲線の平準性に関する評価方法の開発

泌乳曲線を平準化する全国規模の実践的な改良指標としての「泌乳持続性」や視覚的に理解し易い個々の種雄牛の遺伝的な泌乳曲線評価法（図6）が開発された。遺伝的な泌乳曲線は、平成22年2月から全国に公開されている。



以上より、高泌乳牛における平準化した泌乳曲線への改良は、疾病発生や受胎性の改善、濃厚飼料給与量の削減、所得向上につながることで大規模・包括的に実証された。最も重要なことは、遺伝的改良によって総乳量を上げるとともに平準化した泌乳曲線を持つ高泌乳牛の作出が可能であることが検証され、全国規模の実践的な改良に向けた泌乳曲線の平準化に関する評価方法に展開したことである。

## 2 開発技術の普及と産業への貢献

### 1) 研究開発成果の学術的評価

総乳量を上げながら泌乳曲線を平準化する改良手法の開発は、高泌乳とともに繁殖、疾病等の問題が顕著になった世界共通の問題を解決するブレークスルー手法として国際的に認められ、それらの論文は、世界の乳牛の育種分野で読まれている論文のベスト10（BioMedLib, 2010年9月）として認められるとともに、アメリカ酪農学会から平成17年に国際酪農生産賞が授与されるに至った。泌乳曲線の平準化研究の本質的要素は、分娩から乾乳までの時間の経過に伴う1日毎の乳生産量の遺伝パラメータを推定し、305日全体の乳量の改良量は同じでも、その中味を泌乳曲線が平準化する方向へ時間の経過に伴って配分することにある。この手法は、肉牛の現在の発育パターンから肉量・肉質にすぐれる発育パターンへ、総発育量を時間の経過に伴って最適に配分させる手法の開発等、全畜種での時間の経過に伴う最適な改良量を求める選抜手法に応用できる汎用性が極めて高い改良手法である。

### 2) 開発技術の普及と畜産業への貢献

泌乳曲線の平準化の指標である「泌乳持続性」に関する育種値が、種雄牛で平成20年11月、雌牛は平成22年8月、さらに平成22年4月には種雄牛の遺伝的な泌乳曲線も公表され、研究成果が

実用化し、全国の酪農現場の牛群改良指標として貢献するに至った。平準化した泌乳曲線を持つ高泌乳牛が普及することは、近年価格変動が激しい購入飼料に依存した飼養形態から脱却し、粗飼料を基盤とした飼料給与を行う飼養形態に移行するうえでも重要な意味を持つ。これらは高泌乳牛の健康と長命性につながるだけでなく、労働時間が最大の制約要因と言われるわが国の酪農において、生産者のストレス軽減と所得増加に直結しており、今後の酪農に大きな利益をもたらすはずである。2010年2月現在、北海道では約48万9000頭、日本では約98万5000頭の経産牛が存在している。先述した1頭当たり約4万円という高持続型乳牛の収益メリットを前提にした場合、北海道では195億6000万円、日本では394億円の経済効果が期待される。

以上の総合的な効果から、「平準化した泌乳曲線を持つ乳牛への改良」は、酪農家、改良、飼養や乳業関係者による国の多くの会議で議論され、家畜改良増殖目標（平成22年7月）や酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針（平成22年7月）で我が国の酪農業の発展に必須な技術として位置づけられた。また、わが国ばかりでなく泌乳曲線の平準化への戦略は諸外国からも注目されており、わが国発の乳牛改良技術が、世界の目指すべき酪農の方向性を先導する可能性がある。

### 3 今後の展望

穀物飼料が将来的に安価に安定的に入手できない状況、短くなってきた牛の供用年数、周産期の疾病や繁殖障害の増加、多頭化等による労働力不足、周産期の高度な個体管理等の酪農を取り巻く問題を軽減し、誰しものが容易に牛の高い能力を発揮できる牛群づくりとして、泌乳曲線の平準性への改良が、酪農家自らが飼いやすい牛群づくりとして普及していくであろう。粗飼料の利用量が増加し、飼料自給率の向上が期待できる。それは、濃厚飼料に乳生産の多くを依存してきたわが国の酪農を、地域で飼料作物を生産し、その飼料から多くの乳量を健全な体で長い間にわたり平易な飼養管理で飼える土一草一家畜の自給粗飼料主体の酪農へ、そして地域の土地、自然に根ざし、そこに生きていく人々の生活を支援・貢献し、広く社会に認知・支援される酪農作りに貢献すると期待される。

### 4 業績に関する資料

#### 1) 学術論文（抜粋）

- (1)Togashi Kenji, C.Y. Lin (2004): Development of an optimal index to improve lactation yield and persistency with the least selection intensity. J. Dairy Sci., 87, 3047-3052.
- (2)Kawashima Chiho, E. Kaneko, A. Montana C, M. Matsui, N. Yamagishi, N. Matsunaga, M. Ishi, K.

- Kida, Y-1. Miyake, A. Miyamoto (2006): Relationship between the first ovulation within three weeks postpartum and subsequent ovarian cycles and fertility in high producing dairy cows. *J. Reprod Dev.*, 52 (4), 479-486.
- (3) Kawashima Chiho., A. Montana C, Y. Masuda, E. Keneko, M. Matsui, N. Shimizu, N. Matsunaga, K. Kida, Y-1 Miyake, M. Suzuki, A. Miyamoto (2007): A positive relationship between the first ovulation postpartum and the increasing ratio of milk yield in the first part of lactation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 90, 2279-2282.
- (4) Kawashima Chiho, M. Matsui, T. Shimizu, N. Matsunaga, K. Kida, Y-1. Miyake, D. Schams, A. Miyamoto (2007): Relationship between metabolic hormones and ovulation of dominant follicle during the first follicular wave postpartum in high-producing dairy cows. *Reproduction*, 133, 155-163.
- (5) Togashi Kenji, C.Y. Lin (2007): Improvement of lactation milk and persistency using the eigenvectors of the genetic covariance matrix between lactation stages. *Livestock Science*, 110, 64-72.
- (6) Togashi Kenji, C.Y. Lin, Y. Atagi, K. Hagiya, J. Sato, T. Nakanishi (2008): Genetic characteristics of Japanese Holstein cows based on multiple-lactation random regression test-day animal models. *Livestock Science*, 114, 194-201.
- (7) Togashi Kenji, C.Y. Lin (2008): Genetic improvement to total milk yield and total lactation persistency of the first three lactations in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 91, 2836-2843.
- (8) Yamazaki Takeshi, H. Takeda, A. Nishiura, K. Togashi (2009): Relationship between the lactation curve and udder disease incidence in different lactation stages in first-lactation Holstein cows. *Animal Science Journal*, 80, 636-643.
- (9) Nakajima Keiichi, Nakamura M, Ishisaki A, T. Kozakai (2009): Synergistic effect of dexamethasone and prolactin on VEGF expression in bovine mammary epithelial cells via p44/p42 map kinase. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22:788-795.
- (10) 田鎖直澄 (2009): 自給飼料多給, 栄養管理の省力化を視野においた乳牛改良のススメ. *牧草と園芸*, 57(3), 1-5.
- (11) 久保田哲史, 藤田直聡, 武田尚人 (2010): 北海道の畑地型酪農経営の方向. *臨床獣医*, 28(8): 25-29.

## 2) マスコミに取り上げられた記事 (抜粋)

- (1) 「種雄牛評価でセミナー」(日本農業新聞. 平成 22 年 2 月 16 日)
- (2) 「乳牛の改良主題にセミナー」(十勝毎日新聞. 泌乳持続性を活用した乳牛改良. 平成 22 年 2 月 27 日)