

## 肢蹄の構造と歩行との関係を知る

"Understanding Feet and Leg Conformation  
and its Relationship Locomotion"

## 乳牛の繁殖能力における重要な要素を理解する

"Understanding the Essential Elements  
of Dairy Reproductive Performance"

ゴードン・アトキンス

**Dr.Gordon A. Atkins**

アトキンス家畜診療所

Atkins Veterinary Services Ltd.

2004年2月18日(水)13:00~17:00

札幌市教育文化会館 3階 札幌市中央区北1条西13丁目

主催／北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 後援／酪農学園大学エクステンションセンター

## プログラム

**12:30 受付**

**13:00 開会** 開会あいさつ：北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 会長 平尾和義

**13:05 セミナー** 肢蹄の構造と歩行との関係を知る：

乳牛の繁殖能力における重要な要素を理解する：

ゴードン・アトキンス 氏

通訳：加藤和代 氏

**16:30 質疑応答**

**17:00 閉会** 閉会あいさつ：北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 常任理事 松中照夫

司会進行：北海道アルバータ酪農科学技術交流協会 事務局長 堂地 修

## 講師紹介



### ゴードン・アトキンス Dr. Gordon A. Atkins

アトキンス 獣医診療所 獣医師 *Atkins Veterinary Services Ltd. (Calgary, Alberta CANADA)*

1949年カナダ・アルバータ州生まれ。カルガリー近郊の酪農家に育つ。1973年、サスカチュワン大学獣医学部を卒業後、アルバータ州で30年間にわたり酪農分野の獣医師として診療を行なう。

元アメリカ牛臨床獣医師会 (American Association of Bovine Practitioners) 会長。1988年に同会・牛臨床獣医師賞 (A.A.B.P. Bovine Practitioner of the Year Award)、1996年にはアルバータ州獣医師会・獣医師賞 (Alberta Veterinary Medical Association Veterinarian of the Year) を受賞。アルバータ州天然資源保護委員会 (Alberta Natural Resources Conservation Board) の役員も務める。

ホルスタイン種の公認審査員として、またホルスタイン・カナダ(Holstein Canada)の体型評価委員会 (Type Classification Committee)の一員としても活動を行なう。共進会で最高位を獲得したホルスタイン牛を数多く所有し、またアンガス種の事業にも携わる。氏の共同所有する牛は、カルガリー・スタンピードとレジナ・アグリビションにおいて、2001年度最優秀雌牛賞 (Supreme Champion female) を受賞。

乳牛を工場の機械に例えるなら、ストレスの大きい環境内で生産量を増やすことは、その部品に生じる摩耗や破損を大きくすることになる。しかし、環境と機械の性能は改良が可能で、最適な解決策は耐久性に優れた長持ちする機械を作り上げることである。牛に関しては、飼養管理法、牛舎環境、栄養、および遺伝学の進歩により、牛の生産能力はかつて可能と考えられていたものをはるかに超えるレベルまで押し上げられてきた。現代の酪農家が抱える課題は、最も理想的な生体機構を認識して遺伝的選抜を利用することにより、現代の舎飼いシステムにおいて非常に高い抵抗性と機能を示す生体機構を開発して維持することである。

結果的に機能的生体機構と牛群の生活の間に強い関係が生じ、牛群の生活に生じ得る将来的な制限の優れた予測因子として生体機構評価を利用できるようになる。生体機構は飼養管理と選抜淘汰に利用できるが、それよりも重要なのは、矯正的交配を利用して、将来の世代の健康と寿命を増進することである。遺伝的選抜により跛行を低減する原理を完全に理解するためには、正常な蹄と肢の解剖学的構造と生体力学に精通しておく必要がある。

## ◇ 蹄および肢の解剖学的構造

蹄は 2 本の趾から成り、その爪は後肢では外側がわずかに大きく、前肢では内側がわずかに大きくなっている。爪が大きいと負重能が大きくなるため、このことが、後肢では外側の爪に病変が多く、前肢では内側の爪に多いことの主要な原因になっていると考えられている。爪は蹄鞘、真皮、および骨の 3 つの基本組織から成る。

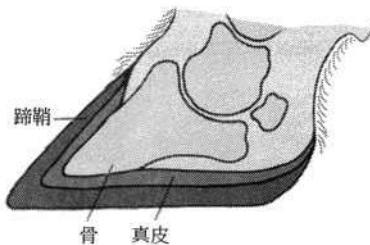


図 1：蹄の 3 つの基本組織

(Blowey, R.W. 1998 *Cattle Lameness & Hoofcare*)

### 蹄鞘

蹄鞘はさらに、蹄壁、蹄底、および蹄踵の 3 つの構成部分に分けられる。蹄壁の角質は白線と呼ばれる固着した接合部で蹄底の角質と出合う。これは踵球から蹄尖に向かって走行し、そこから内壁の初めの 3 分の 1 を逆行する。蹄壁は背軸すなわち外側部分と軸上すなわち内側部分に分かれている。硬い平滑な床面では、蹄は蹄壁の背軸面、軸上面、および蹄踵の角質の上に載る。これらの成分の関係を図 2 に示す。

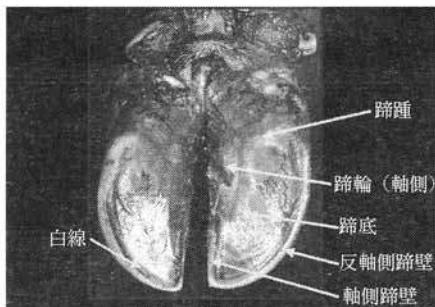


図 2：蹄底から見た蹄の解剖学的構造

路面が軟らかい場合（牧草地など）、蹄底も負重面の一部を形成する。後肢では、内蹄の蹄踵の軸上部分の方が通常は外蹄の同じ部分に比べて発達が劣り、その結果として内蹄の蹄踵の負重面の方が小さくなっている。内蹄に比べて外蹄の蹄壁の軸上負重縁は蹄尖の内側に沿ってさらに伸びている。そのため、後肢の外蹄は負重面が大きく、安定性に優れている。この違いは前肢ではそれほど顕著ではなく、内外蹄が比較的対称に見える。

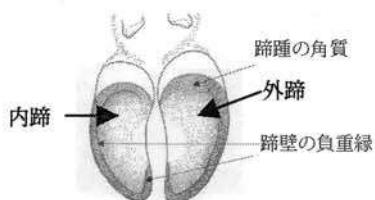


図 3：後肢の内外蹄の負重面

(Blowey, R.W. 1998 *Cattle Lameness & Hoofcare*)

### 真皮

真皮は蹄の支持組織である。これは蹄と蹄骨への血管と神経を含み、角質と骨膜へと栄養を運んでいる。蹄冠帯と蹄底の上には乳頭状真皮が存在し、蹄の角質の成長を担っている。真皮層が蹄壁を覆い、蹄踵では真皮が変化して蹠枕を形成している。蹄壁は乳頭状真皮から押し出され、1カ月に約5mmの速さで真皮層の上をゆっくりと下りてくる。蹄底は蹄底の乳頭状真皮によって産生される別個の構造物で、白線で蹄壁に固着し、3~4カ月毎に入れ替わっている。蹄底の真皮は、蹄骨と負重蹄の蹄底角質の間で圧迫されている。



図 4：蹄骨と負重蹄の蹄底角質の間で圧迫されている真皮

(Raven, E.T. 1989 *Cattle Foot Care and Trimming*)

真皮の負荷という考えは、真皮について実施された顕微鏡的研究によって裏付けられており、蹄骨後縁の軸上縁下の蹄にしばしば見られる欠損の説明に役立つものである。

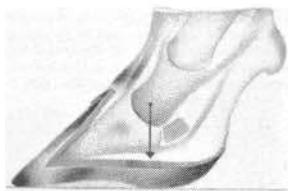


図 5：真皮に対する外傷での易損点

(Raven, E.T. 1989 Cattle Foot Care and Trimming)

跛行の考察では省かれてしまうことが多いが、歩行時の不快感につながる要因として最も多いものの1つに蹄の過成長がある。蹄が過成長すると蹄尖が挙上し、蹄が後方に回転して蹄踵への負重が増すことになる。これによって蹄骨が下がり、後方縁、特に内側すなわち軸側に余分な圧力が生じる。蹄骨の後方縁への余分な負重は、蹄底潰瘍の素因となる場合がある。

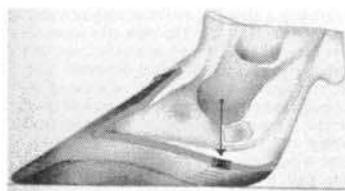


図 6：真皮への外傷の増大につながる蹄の過成長

(Raven, E.T. 1989 Cattle Foot Care and Trimming)

真皮の締め付けは出血を引き起こし、角質に血液が混入すると蹄の完全性と強度が損なわれてしまう。蹄底の厚さは平均 10 mmで、蹄の成長は1カ月に 5 mmであるため、出血は2~3 カ月間は蹄底表面に現れてこない。このことが蹄の欠損、言い換えると蹄底潰瘍につながり、これは蹄から真皮に至る穴になることさえある。最近のデータにより、患蹄から負重を取り除くと蹄底潰瘍の治癒が有意に向 上することが示されている。

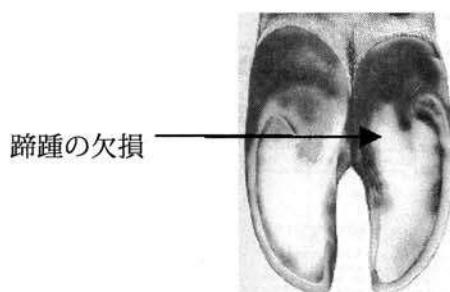


図 7：真皮への外傷から生じた典型的な蹄底欠損

(Raven, E.T. 1989 Cattle Foot Care and Trimming)

## 蹄骨

正常な蹄では、蹄骨は真皮層によって蹄内に浮かされている。蹄葉炎などの病態で真皮が炎症を起こすとこの浮上力がなくなり、蹄骨が蹄底の上に沈み込む。そのため、真皮への締め付け作用がさらに悪化する。

## ◇ 荷重の分布

研究により、全ての跛行の 86% は後肢の蹄に関係し、全ての後肢跛行の 85% は外蹄に関係することが示されている (Blowey, R.W. 1998)。この独特な結果を理解するためには、後肢の動きの生体力学を評価することが必要である。後肢は、固定された比較的柔軟性に乏しい球窓関節によって骨盤に連結している。削蹄がうまく平らに行われていれば、起立時には体重が両後肢のそれぞれの蹄に均等に分布する。運動時には重心が左右に移動し、後肢のそれぞれの蹄への負重は運動とともに変動する。下図は 500 kg の未経産牛の後肢のそれぞれの蹄にかかる体重のおおよその分布を示しており、後肢の蹄は 200 kg を担う。

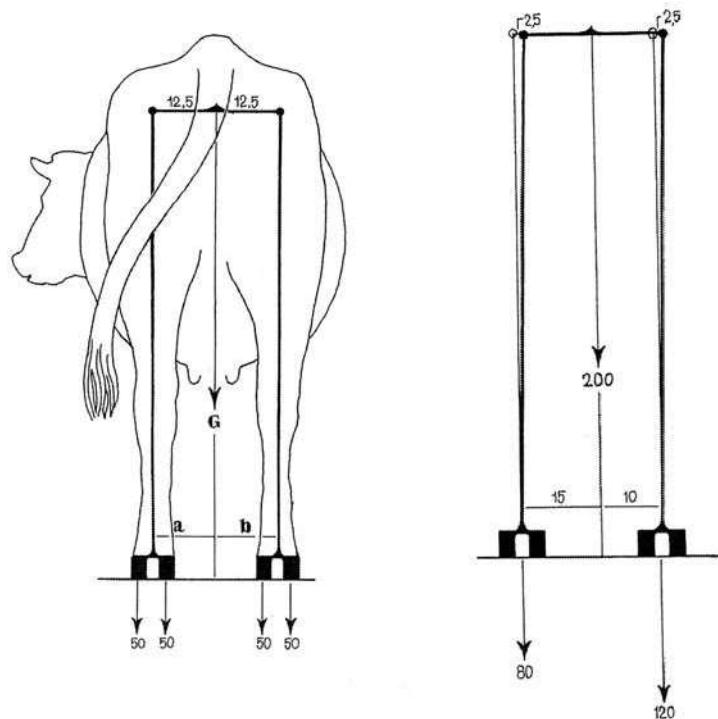


図 8 : (Raven, E.T. 1989 Cattle Foot Care and Trimming)

また、個々の蹄への負重も大きく変動する。負重を受けている後肢では、内蹄よりも外蹄にかかる負重の方がかなり大きい。後肢の内蹄にかかる負重の方がはるかに一様である。したがって、後肢の外蹄の方が大きなストレスを受けると結論づけられる。牛はこれに対して、外蹄を内蹄よりも大きくし、その蹄踵と蹄底の角質を厚くすることで反応する。このような適応が行われても、外蹄へのストレスの増大はやはり跛行発生率の有意な上昇に至る。

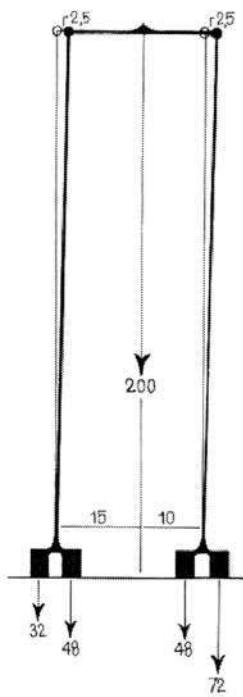


図 9：(Raven, E.T. 1989 Cattle Foot Care and Trimming)

#### ◇ 蹄と肢の生体機構の原則

生産性と生体機構に重点を置いたバランスの取れた繁殖という考え方により、カナダはホルスタイン遺伝学の世界において他に争うものない第一人者となった。この品種では、現代の飼養管理システムにおける罹患しやすい蹄と肢、および跛行の発生率がますます大きな問題となってきている。跛行に対する遺伝的抵抗性の確立を助けるために、4年前に導入された完全改訂版の蹄と肢の評価システムを受けて、2004年2月に「運動機能」という新たな指標がLPIに加えられることになっている。繁殖障害（6.1%）以外に多い不本意な淘汰の原因には、乳房の損傷と泌乳問題（2.8%）、乳房炎と高い体細胞数（2.3%）、および跛行（1.9%）がある（Duur ら 1997）。そのため、最終的生体機構スコアにおける比重が40%の乳房系に次ぐ第二位として、蹄と肢に25%の比重を置くことが提唱されているのは適切であると言える。

蹄の角度は蹄の機能的生体機構を評価するための価値あるツールである。これは研究目的で一般的な分度器で測定することが可能で、後肢の蹄の理想的な角度は50~55度とされている。何年も前から、蹄の角度を評価するための最も正確で実用的な方法を見つけようと多大な努力が重ねられてきている。これは、その正確な評価が削蹄、敷き料、牛舎のマット、および堆肥の堆積などの要因に影響される形質である。この形質は蹄壁と蹄底が形成する角度を示しているが、Holstein Canadaの分類者はこの形質が被毛の線の角度と高度に相関し、この角度を評価することで最も一貫した蹄の角度のデータが得られると判定している。蹄の角度はコード7を最も理想的とする9点の直線状スコアリングシステムで記録され、被毛の線を延長し、手根骨のすぐ上の前肢と交差してできる蹄の角度によって確認

される。コード 1 は非常に浅い蹄の角度を示し、コード 9 は非常に急勾配の蹄の角度を示すが、この形質の遺伝率は約 13% である。

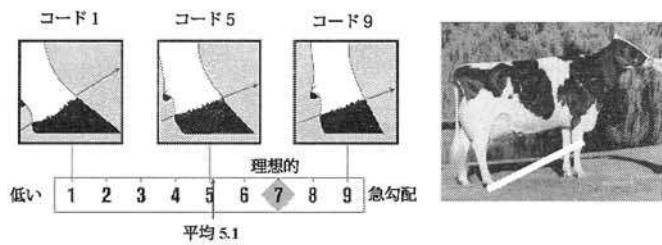


図 10：蹄の角度（被毛の線の角度）

蹄踵の深さは、カナダで測定されるまた別の蹄の形質であるが、これは蹄の角度と密接に関連すると遺伝学者が感じていることから、これを評価している国は他にほとんど存在しない。蹄踵の角度はカナダのホルスタインブリーダーの多くにとっての関心の的であり、蹄踵の深さと蹄の角度の相関が通常よりも低い種雄牛もいることが確認されているため、Holstein Canada は依然としてこの形質を利用し、より深い蹄踵にすることを奨励している。理想的な負重にはコード 9 が割り当てられ、遺伝率 (10%) は他の蹄の形質と同様である (Boettcher ら 2000)。敷き料と堆肥の堆積が蹄踵の深さの評価を複雑にする場合がある。蹄踵の深さとは蹄踵における被毛の線から床面までの垂直距離を言い、コード 9 が少なくとも 3.8 cm の基準の深さを指し、コード 1 が 0.6 cm の深さを指す。

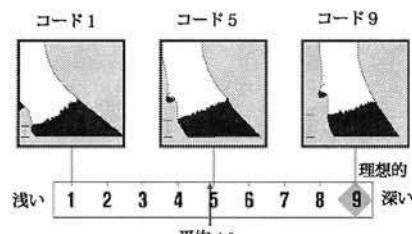


図 11：蹄踵の深さ

後肢の側面像はしばしば後肢の規格として述べられ、側面から見た飛節（踵関節）の弯曲度の評価である。これは脛骨と中足骨を通る直線の交差によって形成される角度で確認される。北米と欧州で収集したデータを用いた McDaniel (1994) は中間の規格が牛群での寿命の延長と相関し得ることを示した一方で、肢の形質は蹄の形質よりも遺伝率の数値が低いようであることを示唆した。Holstein Canada が実施した研究では、飛節の規格は 135 度から 170 度の範囲であり、150~155 度が理想的であることが示されている。理想的な規格はコード 5 で、コード 9 は極端に弯曲していること、コード 1 は極端にまっすぐであることを示しており、その遺伝率は 26% である。米国の分類システムで望ましいとされている規格はカナダのシステムのものよりわずかにまっすぐなようである。

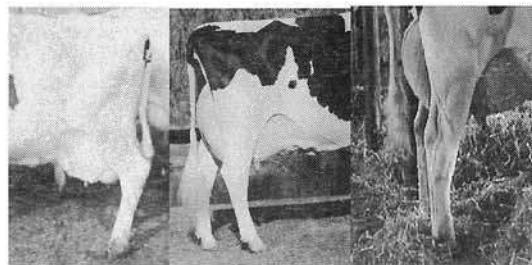


図 12：後肢の側面像（弯曲した肢、理想的な肢、まっすぐな肢）

後肢の後面像は後ろから見た後肢のまっすぐさを評価し、飛節の内側への偏位角度とそれに対応する蹄尖の外向き角度によって測定される。これらの基準点は、坐骨から地面に下ろした鉛直線と関連づけて評価される。後肢の後面像と全身健康状態および蹄の健全さの間には強い関係が存在する。正常な肢は後ろから見てまっすぐで、外蹄への荷重が大きくなる滑らかで「まっすぐな動き」を見せる。外蹄真皮への挫傷は刺激感応性と疼痛をもたらし、牛は内蹄に荷重を移動させることでそれを補おうとする。これにより、後肢の後面像で評価した場合に「外股」で「X脚」になった姿勢となる。この姿勢の牛は櫂でこぐような歩様となり、正常なまっすぐで滑らかな動きを欠くようになる。したがって、後肢の後面像のスコアは飼養管理と環境の要因に大きく影響され、その遺伝率は 11% である。遺伝的成分は、蹄の生体機構だけでなくケガや疾患に対する耐性にも関係する。環境的成分は 2 歳の未経産牛ではあまり重要ではなく、牛群内および牛群間の比較に基づく遺伝の統計学的計算により消去することができる。コード 9 (理想的) は、肢が広く離れていて容易な動きで直線の軌跡を描く牛に割り当たられ、コード 1 は重度の X 脚と外股の牛に割り当たられる。多くの酪農家はこの形質を寿命の優れた予測因子になると考え、自分たちの繁殖計画だけでなく牛の栄養状態や牛にとって快適な飼養管理法のモニターになると見なしている。

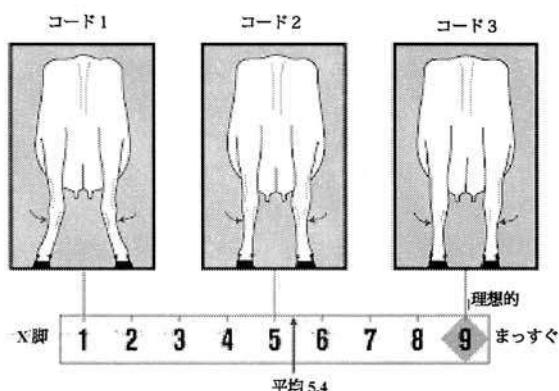


図 13：後肢の後面像（飛節の回転と蹄尖の向き）

## ◇ 運動機能

運動機能は、牛の正常に歩ける能力の定性的指標である。牛の歩様は、歩行する路面と動きの生体力学に影響する機能的生体機構の両方に影響される。運動機能の評価においては、牛が草地を歩く時

とセメント面を歩く時とで、肢の空中での経路を変化させるかどうかに注目しなければならない。草地での正常な運動機能は、一またぎが長く滑らかで、後肢の蹄が同側の前肢の蹄と同じ位置に下りることを特徴とする。滑りやすい、あるいはすのこ床では、歩様と運動機能に決定的な変化が生じることを研究者らは確認している。歩幅は短くなる傾向があり、後肢の蹄は同側の前肢の蹄が下りた位置にまで届かない。また、後肢の蹄に外転が見られ、後肢の蹄の接地点が前肢の軌跡の外側になる。このことが外蹄の蹄底への荷重を増大させ、蹄底病変が生じる素因となり得ることを示唆している研究者もいる。

牛の歩幅を検査し、重要なパラメータのいくつかを確認することは有用である。ストライド長とは、後肢の同一の蹄の連続した2つの足跡の距離である（たとえば左後肢—左後肢）。ステップ長とは、後肢の蹄の2つの連続した足跡の距離である（たとえば左後肢—右後肢）。ステップ角とは、後肢の蹄の3つの連続した足跡を結んだ線の間の角度である（たとえば左後肢—右後肢—左後肢）。ステップ非対称とは、2つの連続したステップ長に違いがあることで、ステップ外転とは、後肢の蹄の方が前肢の蹄よりも外側である場合に正の値となる、前肢の蹄の足跡と次の同側の後肢の蹄の設置場所の距離である。最後に、重複とは、前肢の蹄の足跡の方が後肢の蹄の足跡よりも前にある場合に負の値となる、前肢の蹄の足跡と次の同側の後肢の蹄の設置場所の距離である。

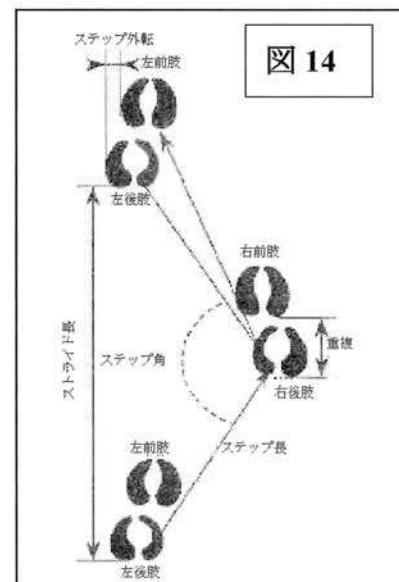


図 14

(Telezhenko E. 2002年、国際跛行シンポジウム)

平滑なセメント床での牛の歩様と同じ牛のすのこ床の上の歩様を比べた場合、すのこ床の方が、ステップ角が小さくなりステップ非対称が見られ、ステップ長は短くなり、より大きな重複と外転が見られる。したがって跛行がなくても、歩行面によって牛の運動機能は異なり、また、同じ歩行面でも運動機能は蹄と肢の生体機構によって異なることは明らかである。

運動機能スコアリングは初め臨床的跛行の検出手段として導入され、跛行の重篤度に対する栄養と牛にとって快適な飼養管理の影響を酪農家が追跡できるように、牛群における跛行の程度を評価するものであった。これは通常1から5の尺度でスコア化され、1が正常に歩行する牛を示し、5が三肢跛行となっている牛を示す。2と3のスコアは潜在性跛行の牛を示し、詳細な歩行姿勢の状態により様々なカテゴリーに区別される。運動機能は今でも全ての段階の跛行を識別するための価値あるツールであるが、遺伝的見地から言うと、跛行は示していないがストライドに特異的相違が見られる牛に注目すべきであることを認識しておかなければならぬ。カナダでは、個別の蹄と肢の生体機構形質が評価され、牛の運動機能における跛行以外の多くの相違を予知する指標と併用されている。多くの研究者が、これらの運動機能上の特徴の多くが跛行の素因となる一方、中には跛行を防ぐものもあることを認めており、繰り返しになるが、跛行の発生率をうまく低減したいなら、疾患の多因子性の性質を認識し、その全ての面に対応しなければならないことを理解しておかなければならぬ。

# 環境、栄養、および生体機構と運動機能および牛群寿命との関係

## ◇ はじめに

牛の跛行は多因子性疾患の典型例である。跛行とそれに伴う大きな経済的損失を制御できるかどうかは、総合的な牛群管理と全ての原因要素に対応した繁殖計画にかかっている。現在、跛行の発生率はニューヨークでの30%からイングランドでの60%までの範囲と見積もられており、それによる総コストは跛行の症例1例あたり\$300.00～\$450.00（カナダドル）とされている。イングランドのBlowey（1998）、ニューヨークのGuard（1995）、およびカナダのBoettcher（1998）によるデータに基づくと、この数字から牛群の牛1頭あたり年間\$125.00（カナダドル）を超えるコストになると推定される。

跛行の症例の88%は蹄に関係するもので、肢に関係した跛行はわずか12%であるとBlowey（1998）が報告しているように、蹄に焦点を当てなければならないことは明らかである。後肢の蹄は動物の体重の40%を支えるだけであるが、Bloweyは跛行の全症例の86%は後肢の蹄に関係し、後肢の蹄の症例の85%は外蹄に関係していることを報告した。Shearer（2002）は、イングランドとウェールズの研究者が、前肢では跛行の症例の46%が内蹄に関係し、外蹄に関係しているものは32%であることを認めたと報告した。

この跛行パターンは、栄養や給餌管理上の誤りだけが跛行性疾患の原因になっているのではないことを示唆している。負重の生体力学と、牛舎の状態、牛の快適さ、分娩管理、削蹄、および機能的生体機構の相互関係の全てが跛行の要因となる可能性があり、特に蹄葉炎や蹄の疾患に関係すると思われる。

硬い床面の舎飼いは、運動の生体力学が正常でも蹄への荷重過剰へつながり、それだけで重大な蹄の疾患を引き起こし得る、負重性蹄葉炎の原因として十分である。しかし、代謝性および感染性疾患の合併、分娩と泌乳の影響、蹄と肢の不良な生体機構の存在、および蹄の過剰成長を重ね合わせると、蹄葉炎と蹄の疾患の発生率と重篤度が劇的に増大することを理解できる。

## ◇ 分娩

真皮の正常性と蹄の成長に対する分娩の影響は文献ではほとんど強調されていないが、Blowey（2002）はこれを最も重要な潜在的跛行因子の1つであると見なした。彼は、分娩期には蹄の成長が劇的に低減することを報告し、分娩と泌乳に伴って角質の成長が混乱する証拠として雌牛の角の成長輪を示した。多くの研究者が、産後2～4ヶ月間の泌乳期に跛行の発生率が最高になることを認めてい

る。混乱した蹄底の成長が被覆部の表面に現れてくるまでには2~4ヶ月間を要するため、これは分娩に関連した真皮異常と一致する。

真皮は分娩時に最も脆弱な状態になるため、傷害や挫傷を最も負いやすくなる。これは初めて泌乳する未経産牛で特に重要である。というのは、蹄の被覆部は牛が牛舎に入った最初の2~3週間で増大するためである。蹄の被覆部は、同じ群の仲間との社会的認識を確立するための相互作用的運動や、牛舎の区画を見つけ、給餌や搾乳を待つ運動の結果として増大する。この時期の蹄の成長が少ないと、蹄底が薄く軟らかくなり、挫傷や潰瘍に至る破壊を受けやすくなる。真皮の脆弱性の増大が分娩過程によるものか乳汁産生の開始によるものかは不明である。乳汁産生による含硫アミノ酸に対する要求の突然の増大が、真皮の完全性の破綻の原因になっていることを示唆する研究者もいる。硫黄含有アミノ酸は、蹄の主成分であるケラチンの構築に不可欠である。

またTarlton(2002)は、蹄骨を浮上させている結合組織装置の弾性が分娩時には大きく増大すると報告した。この現象はおそらくリラキシンホルモンの濃度が上昇することによると思われ、これによって蹄骨が蹄の内部で動きやすくなる。この場合にも、圧点挫傷とそれによる最終的な蹄底潰瘍発生のリスクが有意に増大する。

分娩が跛行に及ぼすと思われる最終的な影響は、分娩に伴う反芻の減少に関係している。このことと、かなり高エネルギーの濃厚な飼料の存在により、唾液で產生される重炭酸ナトリウムの減少とルーメンアシドーシスの増加が生じる。

## ◇ 栄養および給餌の管理

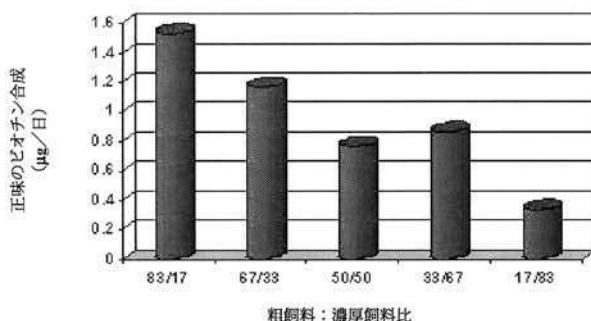
牛群における蹄の問題の発生率が高くなり始めた時には、栄養と給餌の管理を見直す必要がある。給餌の第一目標は、乾物摂取量を最大限に高めて産乳を最適化し、ルーメンアシドーシスとそれに続く蹄葉炎につながり得る状態を避けることである。つまり、生産性を最大限に高めるために最良な方法と、健康問題と蹄葉炎の素因となり得る状態は紙一重である。数人の英国の研究者は、跛行を発症した牛は発症していない牛に比べて産乳量が高かった経歴を持つことを示した。したがって、跛行の発生率は生産性が高い群で高くなるため、発症に伴う損失が大きなものとなる。

蹄葉炎は栄養に関係した病態で、多くの跛行問題を引き起こす。蹄葉炎は蹄の知覚部の無菌性の炎症と定義され、ルーメンアシドーシス状態から直接発症し得る。真皮の層状部以外の部分も冒されるため、実際には真皮異常という用語の方が正しいが、この病態の表現には蹄葉炎という用語が定着している。蹄葉炎の病理発生は、真皮内の血液の微小循環の破綻に伴うものと考えられている。これが、蹄と蹄骨の間の真皮・表皮接合部の破壊につながる。ルーメンアシドーシスが蹄葉炎の素因となる主因と考えられており、その破壊作用は、呼応した血管作用性物質の放出によって始まる。これらの物質は、蹄への血流量の増加、血栓症、虚血、および低酸素症を引き起こす。最終的には、真皮組織の浮

腫、出血、および壊死が起こる。体液貯留によって真皮が少しでも大きくなると、圧力、疼痛、および組織損傷が増大する。真皮と蹄の接合部が破壊されると、層の分離と蹄鞘の蹄骨の沈下が発生し得る。その結果として真皮が蹄骨と蹄底の間で圧迫され、蹄底潰瘍が発症しやすい状態が発生する。

ルーメンアシドーシスのコントロールでは、粗飼料対濃厚飼料比、飼料の ADF や NDF、粗飼料の NDF、非構造性炭水化物、デンプン、および粒子の長さなどの栄養パラメータに着目する必要がある。また、これは飼料の配合や給餌方法だけでなく、飼槽管理にも大きく依存する。DaCosta と Gomez (1998) による最近の研究では、血管作用性物質の放出だけでなくビオチン合成の低下によってもルーメンアシドーシスが開始することが示された。蹄の部位におけるビオチン欠乏は、蹄の正常性、特に白線接着物質の不良を引き起す。彼らの研究により、粗飼料対濃厚飼料比が 83 : 17 から 50 : 50 に低下するとビオチン合成が半分に低減することが示された。Hedges (2001) が行った研究では、20 mg/頭/日のビオチンを補給することにより跛行が 50% 近く減少した。新たに産生された白線接着物質が被覆面に到達するまでには長い期間を要することから予想されるとおり、ビオチン補給による効果は 120 日後になるまで明らかにならない。以上より、ルーメンアシドーシスの低減と飼料へのビオチン補給により、蹄葉炎とそれに付随する跛行の問題を低減できると考えられる。

### ビオチンの合成—*in vitro* 試験



(Da Costa Gomez ら、1988)!

北米では、移行期の牛への給餌における原則が変わりつつあることに注意が必要である。ごく最近になるまで、多くの栄養学者が 1 日 1 頭あたり 8~10 ポンドという高率で濃厚乾燥飼料を給与するよう計画していた。その目標は、1 日 1 頭あたり 25 ポンド以上の乾物重量を達成し、高エネルギーの泌乳初期用飼料を処理できるように第一胃乳頭の発達を刺激するデンプンと炭水化物を十分に与えることであった。陰イオン性の飼料を使用しても、この種の飼料では大量の LDA など多くの代謝性疾患が多く発生した。昨年、デンプンと非構造性炭水化物を制限し、粗飼料含量を最大限に高めた处方の配合飼料が登場し始めた。これは特徴的に濃厚飼料を 2~4 ポンドしか含まず、粗飼料の NDF は 40% 超えるほどであり、栄養学者達は乾物摂取量を 28~30 ポンドに到達させるよう努力している。この種の配合飼料を使用した泌乳初期用飼料のエネルギー密度は、良質の粗飼料を供給するパーセンテージを高め、産乳量が泌乳期のもっと後になるまでピークに達しないよう配慮して、以前よりも低く抑えられている。牛の健康、乳房浮腫、および蹄の健康の見地からは、この種の給与アプローチの方が有益で、乳牛の寿命を延長させると考えられる。

## ◇ 環境および牛の快適さ

この話題はセミナーの他の部分で十分に採り上げられているため、ここでは跛行との関係を簡単に述べるだけに留める。乳牛は陸生動物として進化しているが、硬く研磨性の床面に立つことには適応していない。今日の現代的舎飼いでは、牛はほとんどの時間をコンクリート床の上で過ごす。コンクリート床の舎飼いは運動を制限するだけでなく、蹄葉炎への直接的および間接的影響により跛行を起こしやすくなることにもなる。フリーストールが唯一の柔らかな休息場所である場合、舎飼いが一般に蹄や肢の問題を増大させることになる理由を理解するのも難しくない。

Leonard (1994) は初産牛の横臥時間の影響を評価し、横臥時間が 10 時間を超える牛の方が 5 時間未満の牛に比べて蹄の健康状態が有意に良好であることを見出した。未経産牛で十分な横臥時間を達成することは非常に困難であるため、未経産牛のストール（区画）利用を促し、それによって蹄葉炎と跛行を低減するためには、経産牛よりも 10% 多い区画、優良な敷き料、行き止まりのない広い通路、および適正な設計の区画を提供することの全てが極めて重要である。また、硬い床面で牛を追い立てると蹄の摩耗が増して蹄の問題が増大し、転倒やスリップによるケガも増えるため、牛を自分のペースで移動させることが必要である。

通路やストールにマットを敷くことにより、蹄葉炎と跛行の問題が大いに低減されている。多くの種類のマットが販売されているが、いくつかの一般原則を述べることができる。第一に、敷き料に代わるマットなど存在せず、ストールにマットを使用する場合、それは単にコンクリートより柔らかな床を作り出す道具に過ぎないと見なすべきである。肢に斑点が生じるのを防ぎ、蹄葉炎を低減できるほど十分長く横臥することを促すためには、十分量の砂、わら、おがくずを使用することが不可欠である。第二に、通路に敷いたゴム製マットは跛行症例の減少に非常に有益であることが証明されているが、それが奏功するのはフリーストールの設計と維持管理が優れている場合に限られる。フリーストールが牛にとって使いにくい状態で通路にゴム製マットを敷くと、多くの牛がストールよりも快適な通路に横になることになる。この場合、通路マットを使うべきでない状況と見なすのではなく、フリーストールの設計と維持管理を改善しなければならない状況と考えなければならない。

## ◇ 機能的生体機構と運動機能

先に述べたとおり、蹄と肢の生体機構は、環境、削蹄、および栄養などの様々な飼養管理条件に影響される。また、蹄や肢の形質は、産乳量や体格といった測定可能な形質に比べてその遺伝率を予測しにくい。しかし、このような欠点があるにもかかわらず、蹄と肢の形質の遺伝率は、機能的生体機構を向上させるために利用できる育種価の信頼できる推定値を得るために適したものと言える。

生体機構の遺伝的評価は年に 4 回実施する。年齢と泌乳段階に加えて、同じ群の同時期の動物と群の不一致を考慮に入れることにより、群の管理/環境要因についてモデルを調整する。このような調整

は、野外での観察結果から遺伝以外の影響を取り除き、遺伝的な差異のみが残るようにするためのものである。

Fatehi ら(2001)は、フリーストールと繫留ストール、すのこ床と固定した床、および削蹄ありとなしなど、様々な環境においてスコア化した蹄と肢の形質に関して、遺伝子型と環境の交互作用を調べた。実際の蹄と肢のスコアは繫留ストール、すのこ床、および削蹄を行わない牛で低くなつたが、遺伝パラメータに対する影響はほとんど見られず、対にした管理システムにおける蹄と肢の形質に関する遺伝的相関は、後肢の後面像を除いて 0.85 を超えていた。彼らは、蹄と肢の生体機構については遺伝子型と環境の影響は重要ではないと結論づけ、現在の野外での形質評価法とそれに続く遺伝的評価の処理により、遺伝以外の要因が十分に排除されることが示唆された。

National Animal Health Monitoring System (全国動物保健監視システム) が米国で 1996 年に実施した調査では、全ての淘汰のうち 15% の直接的原因が跛行やケガであると報告された。これよりも多い淘汰理由は繁殖問題(26.7%)と乳房および乳房炎の問題(26.5%)のみであった。また、1 から 5 の跛行スコアで 3 以上のスコアは、出産から次の授精と妊娠までの期間が延長し、妊娠させるために必要な授精回数が多くなることを予測するものであり、淘汰の可能性を 8.4 倍高めることを Sprecher ら(1996)が見出したとおり、繁殖問題による淘汰は蹄と肢の問題による発情発見の低下に関係していると思われた。Boettcher と Fatehi(2001)は、蹄と肢の問題が平均的な牛群で約 25% の牛を冒し、その半数の牛が問題を再発させていることを示した。

個々の蹄の疾患の遺伝率はゼロ近くから 30% 超まで様々である (Distl ら 1990; Huang および Shanks, 1993)。残念ながら、疾患形質と跛行の測定値は全国的にルーチンに記録されているわけではないため、遺伝学的戦略として蹄と肢の疾患形質を直接選別することは実行不能である。しかし、いくつかの生体機構形質は跛行と強い関係を示すことが見出されているため、蹄と肢の形質を組み合わせて間接的に跛行に対する耐性を選別できる可能性がある。臨床的跛行の遺伝率と蹄と肢の生体機構形質の遺伝的相関を表 1 に示す。蹄と肢の生体機構形質の遺伝率と牛群寿命との遺伝的相関を表 2 に示す。

表 1: 跛行と蹄および肢の生体機構の遺伝的相関

疾患	遺伝率	遺伝的相関:		
		蹄および肢	蹄の角度	後肢の後面像
跛行	0.10	+0.46	+0.59	+0.65

(Boettcher ら 1998, Van Dorp および Boettcher, 1999)

表 2: 蹄と肢の遺伝率および牛群寿命との遺伝的相関

形質	遺伝率	牛群寿命との 遺伝的相関
蹄および肢	0.21	+0.52
蹄の角度	0.13	+0.41
蹄踵の深さ	0.10	+0.44
骨の質	0.28	+0.45
後肢 - 側面像	0.26	-0.02
後肢 - 後面像	0.13	+0.67

(Schaeffer 1998; Boettcher ら 2000; Fatehi および Boettcher 2001)

跛行といくつかの蹄と肢の生体機構形質の間には強い関係が存在することから、Boettcher と Fatehi(2001)は蹄と肢の生体機構形質に基づいて運動機能を予測する指数を導いた。選抜指標の式を解くと、蹄と肢への加重が 1.0、蹄の角度が 2.25、後肢の後面像が 2.94 となる。

#### 運動機能指標：

2.17 (蹄と肢の組み合わせ) + 3.04 (蹄の角度) + 4.35 (後肢の後面像) + 0.43 (後肢の規定)

22%

30%

44%

4%

運動機能指標を使った間接的選抜を行った場合、臨床的跛行に関する直接的選抜に対して 97.5% の精度となる。運動機能のスコアリングは世界中の多くの国で一般的な方法となってきており、牛が正常に歩行できる能力の指標と単純に定義することができる。全ての牛をそれほど厳しく舍飼いしない収容施設に収容している地域では、運動機能を 1~5 の直接的スコアリングで評価することが一般的となり始めている。残念ながら、カナダでは依然として多くの牛群が繫留ストールに収容されているため、間接的な運動機能スコアを考慮しなければならない。2001 年 9 月に Canadian Genetic Evaluation Board (カナダ遺伝的評価委員会) は、Canadian Dairy Network (カナダ酪農ネットワーク) に「蹄と肢」のカテゴリーの代わりとしての LPI と、Boettcher と Fatehi が導いた運動機能指標を平行して計算するよう勧告した。この平行した計算結果は、運動機能指標の方が現在の雄牛の検定や LPI 指標よりも蹄と肢の機能性をよく表していることを示唆している。運動機能指標 (蹄と肢の生体機構形質に基づく) は 2004 年に約 12.6% の加重で Canadian Lifetime Profit Index (カナダ寿命利益指標) に組み込まれることになっている。Lifetime Profit Index は、生産性の経済的メリット、耐久力および健康の形質を組み合わせて、カナダにおける全ての乳牛に対する全国的な選別戦略に組み込まれた遺伝的選抜指標である。

## ◇ 結論

蹄と肢の疾患の遺伝的成分は、蹄と肢の生体機構を分析することにより有意に向上させることができる。優れた飼養管理法、牛の快適さの向上、および蹄と肢の生体機構に関する集中的な選抜を組み合わせることで、乳牛における跛行の発生とそれに付随するコストを低減することが可能である。

## ◇ 参考文献

- Animal and Plant Health Inspection Service. 1996. Part 1. Reference of 1996 Dairy Management Practices.  
National Animal Health Monitoring System. United States Dept. Agr. Fort Collins, Co.
- Blowey, R.W. 1998. Cattle Lameness and Hoofcare. Reprinted with alterations, Farming Press, Ipswich, U.K.
- Boettcher, P.J., J. Dekkers. 1996. Indirect selection for resistance to feet and leg disorders. March issue,  
Holstein Journal.
- Boettcher, P.J., J.C.M. Dekkers, L.D. Warnick and S.J. Wells. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in  
dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81 : 1148-1156.
- Boettcher, P.J., J. Fatehi and L.R. Schaeffer. 2000. Updated estimates of genetic parameters for three  
experimental feet & leg traits and their approximate genetic correlation with herd life. Report to the  
Technical Committee of the Genetic Evaluation Board.
- Boettcher, P.J. and J. Fatehi. 2001. A new subindex for resistance to locomotive disorders. Report to the  
Technical Committee of the Genetic Evaluation Board.
- Distl, O., D.S. Koorn, B.T. McDaniel, D. Petersen, R.D. Politiek and A. Reurink. 1990. Claw traits in cattle  
breeding programs : Report of E.A.A.P. working group. *Livest. Prod. Sci.* 25 : 1-13.
- Dürr, J.W., H.G. Mondardes, R.I. Cue and J.C. Philpot. 1997. Culling in Quebec Holstein herds. 2. Study of  
Phenotypic Trends in Reasons for Disposal. *Can. J. Anim. Sci.* 77 : 601-608.
- Fatehi, J. and P.J. Boettcher. 2001. Updated estimates of heritabilities for the three newest feet and leg traits.  
Report to the Technical Committee of the Genetic Evaluation Board.
- Fatehi, J., A. Stella, J. Shannon, and P.J. Boettcher. 2001. Genetic parameters for feet and leg traits evaluated in  
different management environments. Submitted to *J. Dairy Sci.* 2001.
- Greenough, P.R., F.J. MacCallum, A.D. Weaver. 1972. Lameness in Cattle. Oliver and Boyd, Edinburgh, U.K.
- Holstein Association of Canada. 2001. Classification Program. [www.holstein.ca/English/TC/program.asp](http://www.holstein.ca/English/TC/program.asp).
- Huang, Y.C. and R.D. Shanks. 1993. Within-herd estimates of heritabilities of hoof characteristics. *J. Dairy Sci.*  
76 (Sup. 1) : 148.
- McDaniel, B.T. 1994. Feet and leg traits of dairy cattle. Proceedings of the Eighth International Symposium on  
Disorders of the Ruminant Digit. 102-109.
- Raven, E.T. 1989. Cattle Footcare and Claw Trimming. Third impression (with amendments) , Farming Press,  
Ipswich, U.K.
- Schaeffer, L.R. 1998. Estimates of genetic variances for conformation traits. Report to the Technical Committee  
of the Genetic Evaluation Board.
- Sprecher, D.J., D.E. Hostetler and J.B. Kaneene. 1997. A Lameness scoring system that uses posture and gait to  
predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47 : 1179-1187.
- Telezenko, E., 2002. Cow tracks and floor choices. International Lameness Symposium (Poster) , Orlando,Fl.

# ～乳牛の繁殖能力における重要な要素を理解する～

## ◇ はじめに

乳牛で満足できる繁殖成績が得られるかどうかは、乾乳期と泌乳初期の飼料給与計画にかかっている。分娩後の乳牛には、乾物摂取量を最大限に高めて体重減少を最小限に抑えられるようなバランスの取れた飼料が必要である。このような飼料により、牛は比較的短期間のうちにエネルギー・バランス（収支）をプラスにすることができる。乳牛の身体備蓄は、ボディ・コンディション・スコアにより評される。この方法では、牛の臀部と腰部の皮下脂肪により 0 から 5 のスコアが割り当てられる。乾乳時の牛に望ましいスコアは 3.0～3.5 で、分娩時にはこれと同じかわずかに高い数値が望ましい。

次の泌乳に備えた乳牛のコンディショニング（状態調節）は、前の泌乳終了間近から開始すべきであり、乾乳期に大きく変更してはならない。成功の鍵は、乾乳時に牛を適正な状態に整え、分娩時にそれよりわずかに高い状態にすることである。分娩時のボディ・コンディションは、飼料摂取量、産乳量、および負のエネルギー・バランスの大きさに影響する。オーバーコンディションの牛では、乾物摂取量と産乳量が少なくなり、産後の胎盤停滞、乳房炎、および卵巣囊腫の発生率が高くなることが示されている。おそらくオーバーコンディションの程度により、繁殖と健康に対する影響が決まると思われる。産後に肝臓の脂肪浸潤を起こした牛では、しばしば繁殖成績が低下する。繁殖効率を最大限に高めるためには、分娩と分娩の間の管理が必要である。これは大きく次の 3 つの時期に分けられる。

1. ボランタリーウエイティングピリオド
2. 活動的繁殖期
3. 妊娠および乾乳期

## ボランタリーウエイティングピリオド

この時期は生殖道が治癒または修復するため、昔で言う休眠期間である。この期間には 40～70 日間の幅があり、研究では、合併症なしに分娩した牛の場合、この治癒過程に必要な期間は 40 日以内であることが示唆されている (Stevenson 2001)。卵胞発育波は分娩後 1 週間以内に再開し、通常最初の主席卵胞が排卵する。ただし、排卵の主要な制限因子は、最終的な卵胞の成熟とそれに続く主席卵胞の排卵を助ける 1 時間毎の LH (黄体形成ホルモン) パルスの形で十分量な LH 分泌の再開である。泌乳中の牛は産後にエネルギー・バランスがマイナスになり、これは泌乳開始の 1～2 週目に最も重度となり、個体によって様々な速度で回復する。正常でもエネルギー・バランスは泌乳後 50 日目になるまでゼロにならず、この時期は通常、乾物摂取量のピークと一致する。通常、最初の排卵は産後 30 日目まで起こらず、合併症や代謝異常があれば、この期間は 90 日以上にまで延長することがある。したがって、

40～70 日間の VWP を経れば子宮の完全な修復は確実であるが、これは正常な発情周期の開始を保証するものではない。

### 活動的繁殖期

分娩と分娩の間のこの 2 番目の時期は、VWP の終了時点から最初の発情発見とそれに続く交配までの期間である。この期間の長さは、ボディ・コンディション、牛の快適さ、発情発見率、および個々の牛の受胎能力レベルによって決まる。牛の受胎能力レベルは、種牡牛の受胎能力、精液の正しい融解と取り扱い、人工授精技術、および授精のタイミングによる。授精の成功に対する最大の制限因子は発情の発見であり、平均的な米国の酪農場では発情期の約 50% が発見されずに過ぎてしまうことが示されている (Stevenson 2001)。発情の発見と授精のタイミングにはより多くの労力と努力が必要であるが、多くの胚死滅原因に比べると比較的管理しやすい項目である。

### 妊娠および乾乳期

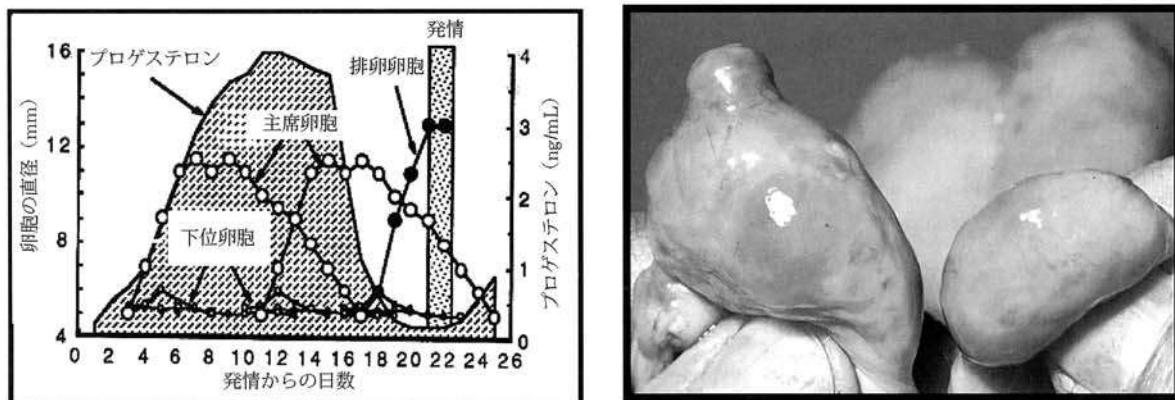
分娩の合間の 3 番目の時期は乾乳期を含む妊娠期である。流産が起こらなければ妊娠期の長さは一定であるが、栄養管理と総合的乾乳牛管理を含む乾乳期は非常に多様である。泌乳期への移行を望ましいものにする上で決定的に重要なのは、この乾乳期、特に乾乳後期（クローズ・アップ）である。したがって、成功する繁殖は前回の妊娠中から始まっていることを認識しておかなければならない。DMI（乾物摂取量）を最大限に高めることが、産乳、発情周期、および確実で適期の妊娠につながる。

## ◇ 繁殖生理学

牛における卵胞の発育は、不活性の卵胞を活性にし、活性および不活性の卵胞とともに閉鎖させるための持続的な刺激を特徴とするダイナミックな過程である。牛の卵巢には数千個の不活性（原始）卵胞が含まれ、そのうちの一部が胎子発育中に活性（一次）卵胞へと発育し始める。原始および一次卵胞の数は新生子牛で約 75,000 個、15 歳の牛で約 25,000 個である (Britt 1996)。Matton らが 1987 年に行った研究から、Britt (1996) は原始卵胞がグラーフ卵胞（成熟卵胞）に発育して排卵するまでには少なくとも 60 日間を要すると推定した。主席卵胞は、他の全ての卵胞が閉鎖を起こしつつある時にも発育を続けていることを特徴とし、いくらかは主席卵胞が他の卵胞の発育を抑えていると考えられている。

発情周期中に、典型的には 2～3 回の卵胞発育波が見られ、それぞれがそれ自身の主席卵胞によるものである (Thatcher ら 2003)。発情周期終了時の卵胞発育波のみが排卵する主席卵胞の形成に至るが、これは、周期の他の時期には高濃度のプロゲステロンが LH の排卵誘発性サージを遮断しているためである。3 回の卵胞発育波を起こす牛では、1 回目と 2 回目の主席卵胞の大きさが周期の 8 日目と 15

日にピークに達する(Britt 1996)。3番目の卵胞発育波が周期の21日目近くに最大サイズに達する主席卵胞をもたらし、この卵胞が成熟して排卵に至る。



最初の主席卵胞の目的は子宮への卵子の運搬を促すためにエストロゲンを産生することであり、2番目の主席卵胞は子宮内にオキシトシン受容体を誘発するためのエストロゲンを産生することを目的としているという説が提唱されている(Britt 1996)。主席卵胞は発情周期中に FSH(卵胞刺激ホルモン)が小さく上昇した後に出発する。プラトーに達した主席卵胞の寿命はわずか2~4日間で、その後は閉鎖を起こす。発情周期中に GnRH すなわちゴナドトロビン(性腺刺激ホルモン)放出ホルモンを投与すると、しばしば主席卵胞の排卵が誘発され、プロゲステロンがわずかに上昇して約2日後に新たな卵胞発育波が開始する。多量のエストロゲンも既存の主席卵胞の退縮と新たな卵胞発育波の出現を引き起こす。最後に、プロゲステロンは LHに対するフィードバック作用により卵胞発育波に影響することを認識しておかなければならない。プロゲステロンが低濃度であると内因性 LH パルスの頻度が高まり、これによって主席卵胞が存続する。繁殖活動(交配や授精)前の CL(黄体)からのプロゲステロン分泌が受胎能力に大きな影響を与えることが示されている。ホルスタインでは人工授精前の12日間の平均プロゲステロン濃度が1 ng/ml 上昇するごとに、受胎率が12.4% 上昇することを Britt (1996) は示した。交配(人工授精)後、5日目に hCG(ヒト絨毛性性腺刺激ホルモン)を投与すると、2回目の排卵を誘起し、その後のプロゲステロン濃度が上昇すると、受胎率が上昇することが示されている。

#### ◇ 早期胚死滅

高泌乳牛では、発情の発現不良、発情発見の不良、無発情、低受胎率、および胚の死滅率の上昇により、牛群の妊娠率が低下する。近年、北米では繁殖成績が低下してきているが、この低下は産乳量の増加のせいばかりではない。事実、多くの高泌乳牛群で、飼料給与の改善、快適さ、および繁殖管理により繁殖成績が向上している。しかしながら、泌乳期の生理的状態により、泌乳していない牛に比べて繁殖率は低くなる(Thatcher ら 2003)。

泌乳中の乳牛における受精率は 88%で、これは妊娠 5 日目に概算した非泌乳牛のものと同等であったが、胚の質は有意に劣っていた(Thatcher ら 2003)。彼の 2001 年の繁殖関係の文献要約によると、Sreenan らが、泌乳中の牛の受精率は約 90%であるが、平均分娩率は約 55%に過ぎないことを示した。このことから、彼は胚および胎子の死亡率が約 39%であることを示唆した。胚死滅の総数は 8~16 日目が最大で (27~31%)、次に 16~42 日目が多く (3.8%)、42 日目から出産までが最も少ない (1.9%~3.1%)。したがって、交配後に発情が回帰した牛の大部分は受胎していなかったのではなく、胚が生存できなかっただと考えられる。乳腺感染症を起こした牛では、正常な黄体維持が破綻しているために早期妊娠停止が起こりやすいことを示す証拠が増えつつある。妊娠初期の 45 日までに臨床的乳房炎を起こした牛では、正常牛に比べて以後の 90 日間に流産を起こすリスクが 2.7 倍高くなっている (Stevenson 2001)。

## ◇ 発情および排卵の同期化

良好な妊娠率を達成するためには、いくつかの生理学的時期が重要となる。人工授精前の排卵前後の期間における卵胞の発育、授精前後の黄体期プロゲステロン濃度、および卵胞発育波の数が妊娠率に影響する。今日の大部分の乳牛における泌乳状態は低受胎状態をもたらすものになっているが、獣医師には、繁殖成績を最大限に高めるための発情と排卵を同期化する方法として多くの選択肢がある。このようなプログラムの成否は、生理学的原理の完全な理解、牛の移行計画の成功、および泌乳群における優れた栄養管理と快適さにかかっている。

低プロゲステロン濃度の時期が持続すると遺存卵胞の発育が促され、この卵胞が卵母細胞を生み出して受精が起こると、早期胚死滅の発生率が高くなることを認識しておかなければならない。このことから、長期間の低プロゲステロンへの曝露を起こさず、主席となって 5 日以内に排卵が誘発される新たな主席卵胞の誘導を促す同期化および/または排卵制御システムを利用する必要性がある。全ての同期化プログラムは、新鮮な卵胞を動員することに焦点を絞るべきである。

最初の定時人工授精プログラムは、1970 年代初めにプロスタグラジンの導入とともに現れた。プロスタグラジン製剤は、以下のような利点を特徴とした発情同期化プログラムを生み出した。

1. 経産牛と未経産牛が予定した時間に発情し、人工授精や受精卵移植を行いやすくなった。
2. 発情発見のための時間と労力の費用が少なくなった。
3. 人工授精がより実用的なものとなった。

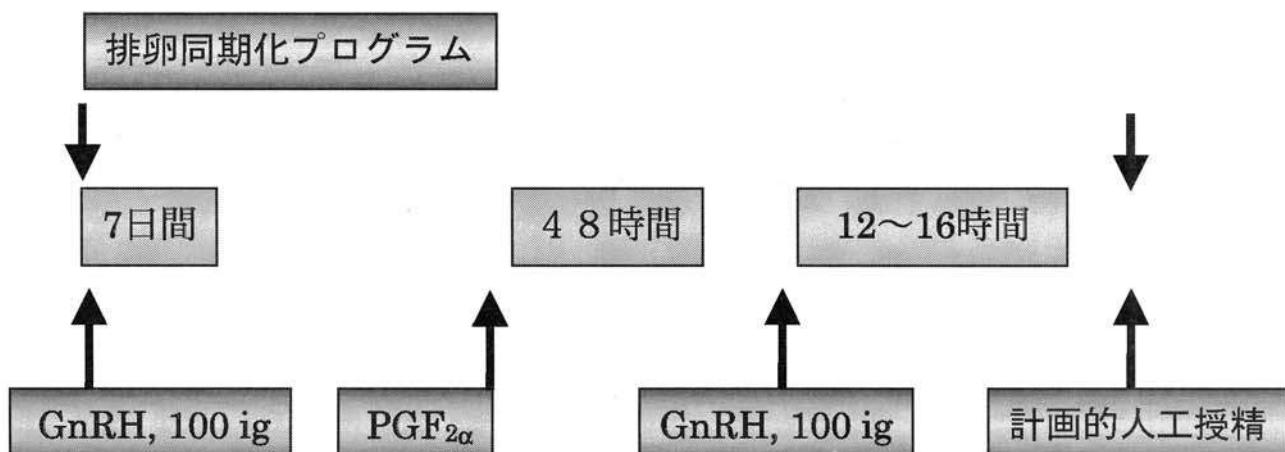
1990 年代の初期には、正確に排卵をコントロールし、発情を発見することなく定時人工授精を利用できるようになったことに伴って、排卵同期化プログラムが発達した。予定した時間に定時授精することにより、胚の生存を向上させるための特定時間に計画した治療を効果的に実施できるようになり、妊娠していない牛に定時授精を行うための再同期化を即座に計画できる方法も実施可能となった。

今日の高泌乳牛において牛群としての繁殖成績の目標をほぼ達成するためには、以下のような牛を処理するため排卵制御プログラムを利用することがほとんど不可欠となる。

1. 発情が弱まっている牛。
2. 発情が発見されない牛。
3. 発情を示すことなく黄体期が再発する牛。
4. 排卵しない卵胞発育波を再発させる牛。

#### ◇ 排卵同期化(オブシンク)

プロスタグランジン注射の 7 日前と 48 時間後に GnRH を注射し、2 回目の GnRH 注射の 12~16 時間に人工授精を行う排卵同期化プログラムは、非常な成功を収めている。このようなプログラムの特徴として妊娠率が 30~40% であることが示唆されている。発情周期には、排卵同期化プログラムの開始により妊娠率が低下する時期がいくつか存在する。周期の 13 日目から 17 日目の間にプログラムを開始すると、予定していた人工授精の前に牛が自発的に排卵してしまう場合がある。周期の 2~4 日目にプログラムを開始すると主席卵胞が十分に発育せず、GnRH に反応して排卵することができない。その結果、2 回目の GnRH を注射した時の主席卵胞はすでに主席となってから 5 日以上が経過して古くなってしまい、受精率が低くなる。排卵同期化は、1 回目の GnRH 注射に反応して排卵が誘発された場合に最も有効である。



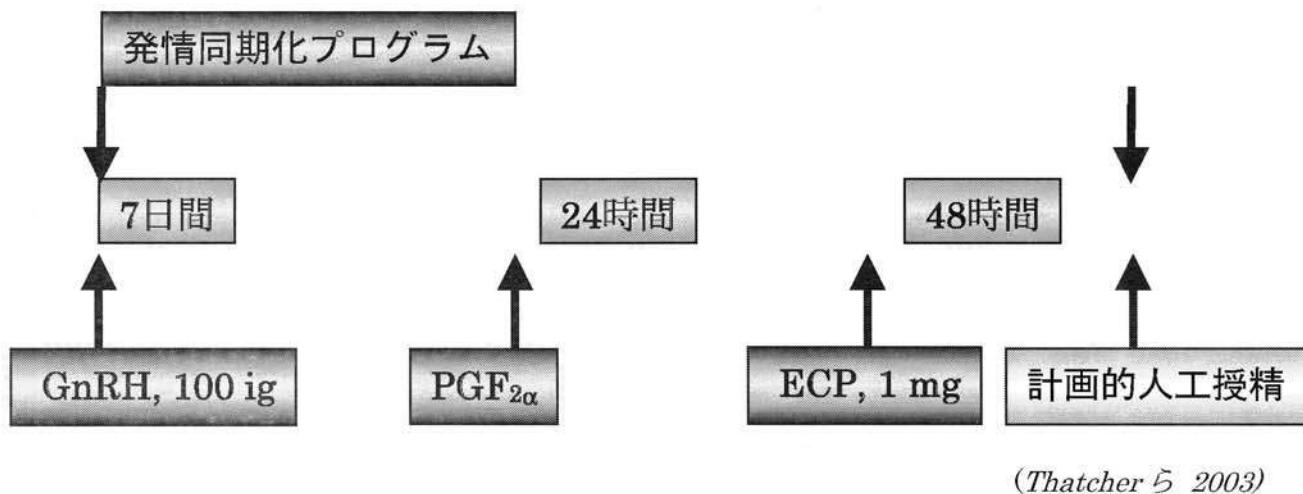
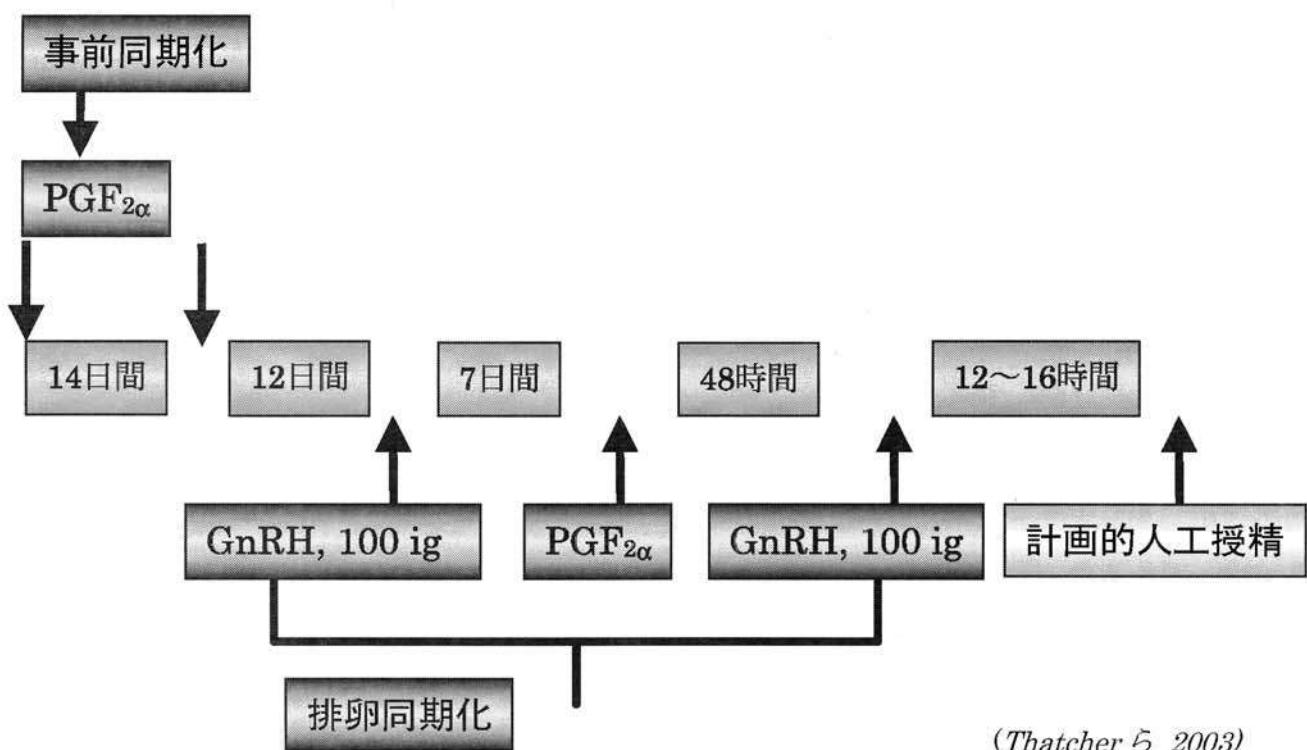
(Thatcher ら 2003)

#### ◇ 事前同期化-排卵同期化

これは、排卵同期化プログラムの受精率が低下する特徴の一部を排除した修正排卵同期化プログラムである。プロスタグランジンを 14 日間隔で 2 回投与し、排卵同期化プログラムを 2 回目のプロスタグランジン注射から 12 日後から開始する。この修正により、妊娠率が 18% も上昇することが示されている。このプロトコルが失敗する原因として最も多いのは、牛が真の無発情であった場合である。

## ◇ 発情同期化(ヒートシンク)

これは排卵時間をコントロールするもう 1 つの方法で、排卵同期化プログラムで使用する 2 回目の GnRH 投与の代わりにエストラジオールを使用する。低プロゲステロン環境で投与された外因性エストラジオールは、視床下部を刺激して GnRH を分泌させることにより LH サージを引き起こす。典型的なプログラムは、14 日間隔でプロスタグランジンを 2 回注射して事前同期化を行い、2 回目のプロスタグランジン注射の 14 日後に発情同期化を開始するというものである。発情同期化は GnRH で開始し、その 7 日後にプロスタグランジンを投与、プロスタグランジンの 24 時間に後エストラジオールを投与、そしてその 48 時間に授精を行う。このプログラムの長所の 1 つは発情の発現がはるかに強くなることで、これはおそらく泌乳日数の長い慢性的なリピートブリーダーの牛で重要になると思われる。



## ◇ 結論

高い繁殖成績はその前の泌乳期と乾乳期から始まっており、最適なボディ・コンディションと代謝性疾患の管理に焦点を絞った適正な移行期のプログラムが必要である。適正な栄養、快適さ、および蹄の管理全てに留意することが、繁殖成績に大きく影響する。また、高い繁殖成績を達成するためには、優れた発情の発見および/または同期化プログラムの効果的な利用、精液の正しい取り扱い、正しい授精技術、および適時授精といった全ての要因を適切に行う必要がある。また、泌乳の生理的状態が繁殖成績の低下に関係していること、および適正なワクチン接種プログラムによる感染性疾患の予防、および高品質生産プログラムによる乳房炎の予防の全てが低受胎につながることを覚えておかなければならない。最後に、牛がリピートブリーダーとなる原因是、受精の失敗より胚の生存の失敗の方がはるかに多いと考えられる。

## ◇ 参考文献

1. Britt, J., 1996. Manipulating the estrous cycle. Seminar 9 Proceedings, AABP: 2-8.
2. Lussier, J.P., Matton, P., and J. Dufour. 1987. Growth rates of follicles in the ovary of the cow. *J. Reprod. Fertil.* 81: 301.
3. Sreenan, J.M., Diskin, M.G., and D.G. Morris. 2001. Embryo survival rate in cattle: A major limitation to the achievement of high fertility. British Society of Animal Science Publication. No. 27 Volume 1: 93-104.
4. Stevenson, J.S., 2001. Reproductive management of cows in high-producing herds. Proceedings, Western Canadian Dairy Seminar. Vol. 13: 51-60.
5. Thatcher, W.W., and J.E.P. Santos. 2003. Characterization of early embryonic death and prevention of pregnancy wastage. Proceedings, AABP 36<sup>th</sup> Annual Conference: 100-108.

北海道アルバータ酪農科学技術交流協会

〒069-8501 北海道江別市文京台緑町 582 番地

TEL. 011-386-1292, FAX. 011-387-2805

E-mail. office@alt-rakuno.net

**www.alt-rakuno.net**