

泌乳生理をめぐる最近の話題とその背景

帯広畜産大学 新 出 陽 三

はじめに

産乳量が4,500~5,500 kgの時代がかなり長期間続いた。一旦、6,000 kgに達してからは産乳量の増加は急で、我々の周辺の酪農家に15,000 kg以上の産乳量をもつ、いわゆる「スーパーカウ」がぼつぼつ出現している。このような従来の牛の3倍もの産乳量をもつ牛の出現が、多く研究者をして泌乳生理への興味をさそったようである。

泌乳と一般に呼ばれている現象は、乳汁の分泌 (milk-secretion) の相と、乳汁移動 (milk-removal) の相とからなりたつと考えられる。乳汁の分泌が開始しても、その乳汁が乳房の外へと移動しなければ乳汁の分泌は止まり乳腺細胞は退行する。泌乳という現象は乳汁を分泌する個体と、その乳汁を利用する他の個体との協同作業で成立している。

泌乳生理における最近の話題は多い。今回はその中で、乳汁の分泌の相と乳汁移動の相からそれぞれ1つずつ選んだ。乳汁の分泌の相における話題は何といても成長ホルモンの増乳作用であろう。乳汁移動の相からは3回搾乳の復活を取り上げたい。

1. 成長ホルモンの増乳作用

1) 成長ホルモンの化学構造

成長ホルモン (growth hormone, GH) は下垂体前葉の酸好性細胞から分泌される蛋白質ホルモンで、ソマトトロピン (somatotropin) あるいは somatotrophic hormone (STH) とも呼ばれている。牛のGHの一次構造は人や豚と同じように191個のアミノ酸からなり、その分子量は約

日本畜産学会北海道支部会報第31巻第2号 (1989)

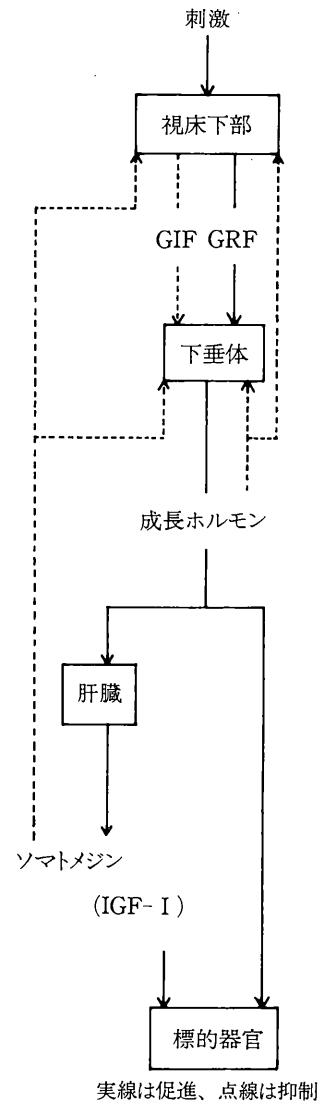


図1. 成長ホルモン分泌の調節機構

22,000である。アミノ酸の配列には種差があり、牛と人のアミノ酸配列は35%も異なる。牛と豚では9%、羊とは1%違うだけである。牛のGHは人に無効であるが、これはこの大きなアミノ酸配列の違いによるものと考えられる。一般には系統発生的に上位の動物のGHは、下位の動物に効果を示すが逆の場合はないと言われている。牛のGHは人には無効であるが、ラットに対しては有効である^{1,2,3)}。

2) 成長ホルモンの分泌調節とその生理作用

GHの分泌は成長ホルモン放出因子 (growth hormone releasing factor, GRF)^{4,5,6)}と成長ホルモン抑制因子 (growth hormone inhibiting factor, GIF)⁷⁾によって調節される(図1)。これらは視床下部の神経細胞でつくられるペプチドホルモンで、下垂体門脈の血流で運ばれ、下垂体細胞のGHの合成や分泌を調節をしている。すなわち、GHの合成と分泌はGRFによって促進され、GIFによって抑制される。GH自体もGHの分泌に対して負のフィードバックとして働く。

GIFはソマトスタチン (somatostatin)とも呼ばれ、14個のアミノ酸からなるものと(SS-14)、28個のアミノ酸からなるもの(SS-28)とがある。両者の構造は一致することが確認されている。GHの作用によって主として肝臓でつくられるインシュリン様成長因子-I (insuline like growth factor-I, IGF-I)も視床下部や下垂体に負のフィードバックとして作用し、GHの分泌を抑制する。IGFの生成と血中濃度はGH依存性で軟骨細胞の増殖を促進し、筋肉および脂肪組織でインシュリン様作用を示す。人のIGF-Iとソマトメジン-Cは全く同一のペプチドである。IGFは肝臓でつくられるとキャリアー蛋白質と結合して、血液中に放出される。アミノ酸70個、分子量7,469のIGF-Iの血中濃度は、GHよりも成長や体の大きさと平行するという。IGF-IIの生理作用はまだ明らかではない。しかし、成長促進作用はIGF-Iより極めて弱い⁸⁾。

GHはその名前のおり成長を促進するもっとも重要なホルモンである。主な生理作用として①成長促進作用、②細胞の増殖分化の促進、③蛋白

質同化作用、④脂肪異化作用、⑤グルコース保存作用、⑥Ca, P, Na, Kなどのミネラルの貯溜、⑦IGFの生成と分泌を促進することなどである。

3) 泌乳期の血中成長ホルモン濃度の変化

RIAによって血中のホルモン濃度を正確に測定することができるようになった。ところがGHはプロラクチンなどと同じく脈波的に分泌する⁹⁾。正確に分泌状態を知るためには、血管カテーテルを用い、10~60分間隔で採血する必要がある。山羊では搾乳によって、血中のGH濃度が上昇するが、乳牛ではみられない。乳牛の血中GH濃度は泌乳初期に高く泌乳期が進むにつれて低下する。しかし乳量との相関はほとんどがない。^{10,11,12,13,14,15,16)}

一方、泌乳能力と血中GH濃度との間に関係があるという報告が最近なされている¹⁷⁾。その一例を示すと、産乳量を指標として選抜を加えた牛群(選抜牛)と選抜をしなかった牛群(対照牛)との産乳量、GH濃度、インシュリン濃度およびチロキシン濃度などが比較された。選抜牛の平均産乳量は9,878 kgに対して、対照牛では7,402 kgであった。血中のGH濃度は選抜牛が高く、泌乳ピーク時で5.64 ng/mlであるのに対して対照牛では5.11 ng/mlであった。インシュリン濃度は逆に対照牛が23.37 ng/mlと高く、選抜牛では18.50 ng/mlと低くなった。産乳量の高い乳牛は血中のGH濃度が高く、インシュリン濃度が低いというのが最近の結果である¹⁷⁾。

4) 乳牛の泌乳に対する成長ホルモンの投与効果

a. 投与法

GHは蛋白質ホルモンであるため、体内で消化、分解されるため、牛に経口的に投与して無効である。したがって、皮下注射や筋肉注射を行うのが良い。投与回数は1日1回で十分な効果が得られる。数回に分けて投与する必要はない^{18,19)}。GHの1回の投与量は、30~50 IUが最も多い²⁰⁾。

b. 短期間投与の効果

GHの増乳効果については、英国の研究者が最初に報告した。しかし、精製GHは極めて高価でその供給量にも制限があるのため、投与実験は2週間以内のものが多く、短期間投与の実験では、

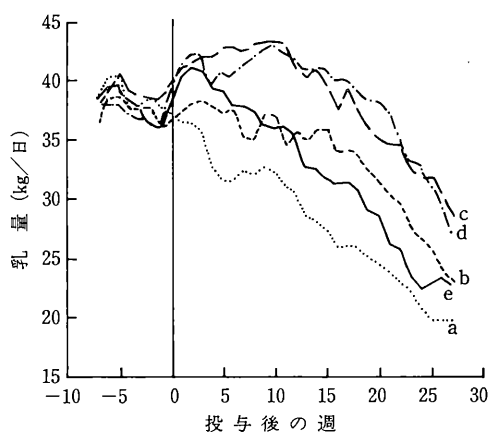


図2. 牛 m-GH および下垂体由来 GH 投与の牛の乳量に及ぼす影響(BAUMAN ら, 1985)

(a) 対照, (b) 19.0 IU m-GH, (c) 38.1 IU m-GH, (d) 57.1 IU m-GH, (e) 38.1 IU 下垂体由来 GH

泌乳段階と投与効果²¹⁾ および産乳能力と投与効果^{22,23,24)} などが調べられている。GH 30~50 IU を投与した場合、泌乳段階や産乳能力とは関係なく 3~4 kg/日の乳量が増加する。乳脂率、乳糖率は変化しないかやや増加する。乳蛋白質率はやや減少傾向を示す場合が多い。投与を中止すると乳量は 2~3 日のうちに低下する。GH 投与によって採食量は変化しないか、またはやや減少する。

C. 長期間の投与の効果

下垂体由来の天然牛 GH を長期間投与した報告は少ない。最近、PEEL (1985)²⁵⁾ は 5 対の一卵性双子を使用して、分娩後 5 週から 22 週間、39 IU/日の GH を皮下に注射した。牛は放牧を主体とす

る草だけで飼育を行った。対照牛の平均乳量が 19.8 kg/日であるのに対して GH 投与牛は 23.3 kg (+17.6%) となった。乳成分濃度には差がなかった。両群の体重およびその変化にも差はなかった。乾物採食量は 8 週では差がなかったが、22 週では対照牛に比べて、13.6% 増加した。

d. 遺伝子工学由来の成長ホルモンの投与効果

牛 GH 遺伝子を大腸菌の遺伝子に組換え、大腸菌に牛 GH を合成させることが、1980 年代になって可能となった。必要とあらば大腸菌の培養タンクから牛 GH を大量生産することができる²⁶⁾。

BAUMAN ら (1985)²⁷⁾ は遺伝子組換え GH (reGH) を使用して、長期間の投与実験を行った。彼らの使用した reGH は下垂体由来のものに比べて、N 末端にメチオニンが 1 個多く加わったアミノ酸 192 個のメチオニール牛 GH (m-GH) であった。供試牛は 305 日乳量が 9,600 kg をこえる高泌乳牛 30 頭で、投与前の平均乳量が 35.9 kg/日であった。6 頭ずつを 5 群に分けて①溶媒のみ注射(対照牛)、②下垂体由来の天然牛 GH 38.1 IU、③ m-GH 19.0 IU、④ m-GH 38.1 IU、⑤ m-GH 57.1 IU を毎日、1 回、分娩後 84±10 日から 188 日間、筋注射した。飼料はコンプリートフィードを使用し、供試牛に自由採食させた。対照牛の 188 日間の平均乳量は 27.9 kg/日であった。これに対して m-GH 投与牛では 6.5~11.5 kg/日も乳量が増加した。ところが下垂体由来の GH 投与では、乳量の増加は 4.6 kg/日にすぎない。同じ力価の GH を投与した m-GH 投与牛では 10.1 kg/日も乳量が

表1. 乳牛の乳量、乳成分に対する牛 GH 長期投与の効果 (188日間)

	対照	下垂体 GH (IU/日)		遺伝子組み換え m-GH (IU/日)	
		38.1	19.0	38.1	57.1
頭数	6	6	6	6	6
乳量 (FCM, KG/日)	27.9	32.5	34.4	38.6	39.4
増加率 (%)	(0)	(16.5)	(23.3)	(36.2)	(41.2)
乳脂率 (%)	3.6	3.3	3.8	3.6	3.6
乳蛋白質率 (%)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
乳糖率 (%)	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9

(BAUMAN ら, 1985)²⁷⁾

増加した。乳成分濃度はGHの長期間投与によって影響を受けなかった。

実験前の平均乾物採食量は体重の3.9%であった。投与開始後の最初の5週間は採食量の増加は認められなかった。しかし、その後増加して9—11週には対照牛の乾物採食量が体重の4.0%であるのに対し、m-GH投与牛(38.1IU, 57.1IU)では4.6%となった。実験終了時には対照牛で体重が22%増加した。GH投与においても同様に17—21%体重が増加した。健康状態および繁殖成績にも差はなく、実験牛30頭の中で妊娠しなかったのは、対照牛、GH投与牛ともそれぞれ1頭ずつであった²⁸⁾。また、m-GH投与牛の血清中にm-GHに対する抗体は検出されなかった。

この報告の後、牛のre-GHの長期投与による増乳試験がアメリカのいくつかの大学で行われている^{29,30,31)}。これらの結果をまとめると、19~60IUのre-GHを分娩後1月から6~8カ月間、毎日注射すると乳量は2.2~30%増加する。乳成分濃度には差がない。採食量は4~10%増加する。飼料効率は10~17%改善されるようである。

e. 成長ホルモン投与による増乳のしくみ

GHの投与によって増乳が起こることは明らかである。このGHの作用は大別すると2つのルートが考えられる。1つは脂肪組織における脂肪分解作用などの、栄養素の動員、分配に関係するもので、乳腺以外の器官・組織に対する作用である。他に乳腺に対する作用であるが、牛の乳腺にはGHのリセプターの存在が認められていない。最近、カナダのアルバータ大学の研究者たちが³²⁾、GH投与によって、血中IGF-I濃度が上昇するとともに、乳腺上皮細胞のIGF-I分布を変えることを報告した。GHの乳腺への作用は肝臓でつくられるIGF-Iを介するものである可能性がでてきた。

5) 成長ホルモンの投与試験の今後の問題点

GHを増乳剤として酪農家を使用することは我国はもち論アメリカでもまだ許可されていない。実用化されるためには、まず人に対する安全性を十分検討しなければならない。しかし、牛のGHは蛋白質であるため、人の口に入っても乳や肉の

蛋白質と同様に、消化・分解されるものと思われる³³⁾。乳牛に対しては、長期間投与の牛の健康、繁殖、栄養、次産次の泌乳への影響などについて今後さらに多くの研究が必要である^{34,35)}。また、アミノ酸191個の天然型re-GHはアミノ酸192個のイチオニールGHより増乳効果が低い。しかし、そのしくみは明らかではない。この点を明らかにしていくことも、今後の課題の1つである。

2. 3回搾乳について

1日3回搾乳、あるいは4回搾乳によって、2回搾乳より乳量が多くなることは古くより良く知られている³⁶⁾。しかも、この増乳効果は泌乳ピーク以降において大きい。搾乳回数の増加による増乳効果は、一般に搾乳回数が増すことによる乳房内圧の低下によると考えられている。しかし、搾乳間隔の実験では搾乳間隔が12時間までは乳汁の分泌率が一定であり、乳房内圧の上昇による乳汁分泌の抑制が起こらない^{38,39)}。搾乳回数の増加による増乳効果を乳房内圧の低下による乳汁の分泌率の上昇によると考えることには無理がある。

1) 同一牛の左右乳区間での実験^{40,41,42,43,44,45)}

図3に同一牛の左乳区を1日3回、右乳区を2回搾乳した場合の乳量の推移を示した。分娩後10日間は1日2回搾乳を行い、11~160日迄を左乳区を1日3回、右乳区を2回搾乳とした。161~190日迄は再び左右乳区とも1日2回搾乳に戻したものである。乳量の違いは明らかで、2回搾乳を行った右乳区の最高日乳量は、3回搾乳の左乳区のそれ

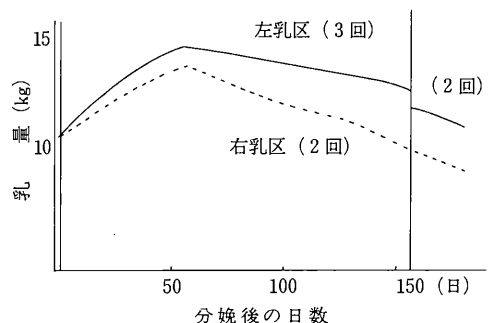


図3. 左右乳区の搾乳回数の違いが乳牛の乳量に及ぼす影響

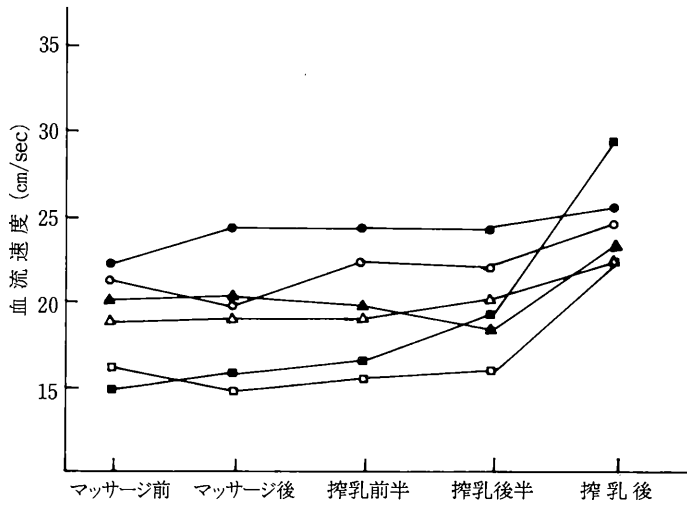


図4. 乳牛の乳房への血流速度に対する搾乳間隔の影響
 搾乳間隔(hr) : ○4, ●8, △12, ▲16, □20, ■24

より少なく、またピーク後の乳量の低下も大きく、泌乳160日に両乳区の乳量差が最大となった。1日2回搾乳へ左乳区に戻すと、左乳区の乳量は低下するが、その度合は小さく左右乳区間の乳量差は持続する。このような結果から、搾乳回数による増乳効果は、単純に乳房内圧の低下による乳腺の乳汁分泌活性の上昇によるものと解釈すべきではないと考えられる。乳腺の発達や退行、また乳腺の乳汁分泌活性には、乳房への血液の循環が重要な働きをはたしているのではなかろうか。そして、この乳房への血液循環と搾乳とが関係をもつものとする。著者は図4に示すように搾乳間隔と搾乳前の乳房への血流速度とが関係のあること、搾乳間隔が長い場合には搾乳後に血流速度が上昇することを明らかにしている^{42,43,44}。

搾乳が乳房への血液循環を促進するとしたならば、上記の実験結果は以下のように説明することができる。搾乳への局所的な血流循環は搾乳によって促進されるため、3回搾乳を行った左乳区には2回搾乳の右乳区より多い血液が循環する。このことは左乳区へは右乳区よりも多くのGHなどのホルモンや乳汁の前駆物質が配分されることを意味している。3回搾乳の左乳区では右乳区よりも乳腺の発達が良く、乳腺の退行も抑制され、

乳腺の乳汁分泌活性も高くなるのは当然といえる。

左乳区を3回搾乳から2回搾乳に戻しても、左乳区は右乳区よりまだかなり乳量が多い。しかも両乳区の乳量の差は持続する。これは左乳区への多量の血液の循環が乳腺の発達を促進し、さらに乳腺の退行を抑制したために、乳腺組織量それ自体に左右乳区間で差ができたためである。搾乳回数の増加による増乳効果は、泌乳が進むにつれて大きくなる。これは搾乳が乳腺組織の維持と強く関わっていることを意味する。

泌乳現象は泌乳段階によってその生理機能が大きく変化する。搾乳の増乳効果も泌乳段階による影響を受けるかもしれない。この可能性を確かめるために、泌乳6-7日(I群)、泌乳98-117日(II群)および泌乳127-168日(III群)の牛をそれぞれ各群4頭ずつを用いて、最初の5日間は左右乳区とも1日2回搾乳を行い、つづく50日間は左乳区を1日3回、右乳区を2回搾乳した。その後は再び左右乳区とも2回搾乳に戻し、10日間続けた。図5に示すように左右乳区間の乳量の差はI群が一番大きい。3回搾乳をしたII期での左乳区の総乳量は、2回搾乳をした右乳区より $24 \pm 5\%$ 多かった。これに対して、II群では $15 \pm 4\%$ 、III群では $11 \pm 4\%$ しか増加しなかった。この結果は搾

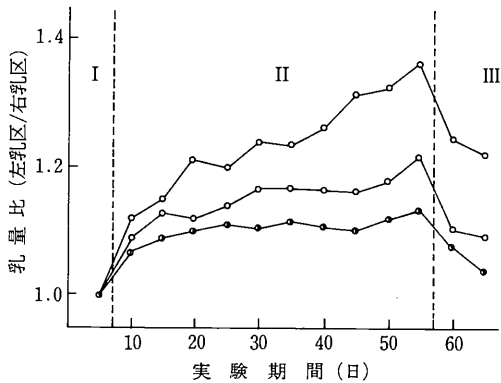


図5. 搾乳の増乳効果の泌乳段階による違い
 ○ I群(6-7日) ● II群(98-117日)
 ● III群(127-168日)

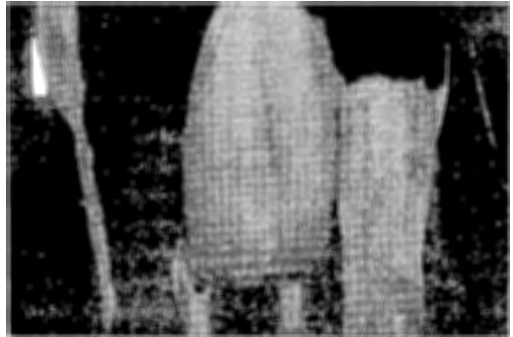


図6. 左乳区3回、右乳区2回搾乳を行った牛の乳房(50日間搾乳)

乳の増乳効果は、泌乳段階によって影響を受け、泌乳初期から搾乳回数を増加させるとその効果は大きい。泌乳中期、泌乳後期と搾乳回数を増加させる時期が遅れるにつれて効果が低下することを意味している。実験開始時には各群の乳量間には差がなかった。したがって、この結果は、泌乳段階の違いに起因するといえよう。しかも、I群において左右乳区の乳量差が泌乳ピーク直後に当るII期の末期に急に大きくなった。このことは泌乳ピーク後の乳腺の退行と乳房への血液の循環量の変化とが密接に関係していることを示すのではなかろうか。泌乳ピークを過ぎると乳房へ循環する血液量も減少してくる。しかし、左乳区は3回搾乳を行っているため、血液の循環量が減少しないかあるいは減少したとしても小さい。ところが右乳区は2回搾乳のために右乳区を循環する血液量は少なくなる。これによって、乳腺の退行が進み乳量が減少する。図6に左乳区を3回搾乳を行い、右乳区を2回搾乳した乳牛の(I群)泌乳ピーク後の乳房の写真を示す。明らかに3回搾乳した左乳区が2回搾乳の右乳区より大きな乳腺をもっている。II期に生じた左右乳区間の乳量の差は、III期になって左右乳区とも1日2回搾乳に戻ると小さくなる。しかし、I群の牛ではまだ左右乳区間の乳量差は大きい。II期に起こった左右乳区間の乳腺の退行の差は、乳腺組織自体の量としての差である。この差は2回搾乳に戻して

も継続される。これに対して、III群の牛はIII期になり、左右乳区とも2回搾乳に戻ると左右乳区間の乳量差がなくなる。3回搾乳時には、小さいが左右乳区間には乳量差があった。2回搾乳になるとこの差がなくなるのである。搾乳の増乳効果には2種類あるのではなかろうか。1つは乳腺細胞の乳汁分泌活性への効果である。他の1つは乳腺細胞の増殖・維持である。泌乳の中期～後期の牛からなるIII群では、搾乳は乳腺の乳汁分泌活性へのみ影響を与えていたものと思われる。したがって、III期に入り両乳区とも2回搾乳になると、左右乳区間の乳汁分泌活性の差が消失して、乳区間の乳量差がなくなったのであろう。TUCKER (1966)⁴⁰⁾はラットで吸乳頻度と乳腺のDNA量、RNA量との間に関連性のあることを示した。泌乳生理の研究の1つの手法として、乳腺のDNA量とRNA量が、しばしば測定されてきた。DNA量は乳腺細胞の数を、RNA量あるいはRNA量/DNA量は乳腺細胞の乳汁分泌活性を表わすのに用いられる。TUCKER (1966)の報告は吸乳頻度が乳腺の細胞数と乳汁分泌活性との両方に影響を与えることを意味する。著者も山羊乳腺のDNA量とRNA量を測定して、搾乳が乳腺の細胞数と乳汁分泌活性に影響を与えることを明らかにしている⁴²⁾。

牛では分娩後に乳腺細胞数が増加するかどうかは明らかではない。もしあったとしても、その数

は少ないものであろう。搾乳回数の効果は I 群において著しく大きかった。I 群で 3 回搾乳を行ったのは、泌乳 11—12 日からの 50 日間で、泌乳 61—62 日までである。最高日乳量には 42 日、実験開始 40 日頃に達した。乳量の増加期、最高期および減少期が第 1 群に含まれている。III 期でみられる左右乳区間の乳量の差は、II 期における左乳区の搾乳回数の増加が乳量増加期に乳腺の増殖を促進したこと、さらに乳量の減少期に入って乳腺の退行を抑えたことによって生じたものと考えて良いであろう。図 5 に示すように最高日乳量に到達した後に I 群の左右乳区間の乳量は急に大きくなった。最高乳量期およびその直後の時期が搾乳の乳腺の退行抑制効果と強く係わっているのである。

II 群が II 期に入ったのは泌乳 103—122 日、III 群では 132—173 日である。両群とも乳量の減少期の泌乳中期といえよう。したがって、これらの群では III 期における左右乳区間の乳量差は、II 期で生じた乳腺の退行抑制によるものと考えられる。III 期の左右乳区の乳量差は、II 群が III 群よりやや大きい。しかし、両群とも I 群に比べるとその差は著しく小さい。搾乳回数の増加による乳腺退行抑制作用は、泌乳段階と関連性をもち、退行が始まる時期には非常に強いが、退行が進むにつれて弱まるのであろう。I 群においては搾乳の増乳作用がとくに強い。この原因の 1 つとして、乳腺の増殖も考慮に入れなければならないであろう。このことを確かめるために以下の実験を行った。泌乳初期の牛を使用し、泌乳 7—11 日の 5 日間 (II 期) を左右乳区とも 1 日 2 回搾乳とした。泌乳 12—32 日の 20 日間 (II 期) は左乳区を 1 日 3 回、右乳区を 2 回搾乳した。さらに泌乳 33—42 日の 10 日間 (III 期) においては、再び左右乳区とも 2 回搾乳に戻した。この実験は乳量の増加期に 3 回搾乳を行い、その効果を調べるものである。II 期の 3 回搾乳期においては左乳区の乳量が増加し、右乳区より $13 \pm 8\%$ 乳量が多くなった。しかし III 期の 2 回搾乳期にはその差が縮まり $4 \pm 3\%$ の乳量の違いにすぎなかった。すなわち、左右乳区間には、乳腺組織の量的な違いはほとんどないのである。搾

乳によって乳腺細胞の増殖が促進されることは、乳牛ではほとんどないと考えて良いであろう。

以上の結果から泌乳に対する搾乳回数の影響を考える場合、その効果は乳腺細胞の退行抑制と乳汁分泌活性との 2 つであると考えられる。しかも泌乳ピーク前から乳量の減少期にかけて、搾乳回数を増すことが、乳腺細胞の退行抑制するためには必要である。この搾乳の効果には搾乳による乳房への局所的な血液循環促進作用が関係しているであろう。

2) 3 回搾乳牛と 2 回搾乳牛との乳量の違い

酪農家に搾乳頭数の増加にともなって、3 回搾乳はほとんど行われなくなってしまった。ところが企業型の酪農経営がアメリカで営まれるようになり、労働効率の向上や搾乳施設の効率的な利用などの要因で、3 回搾乳の技術が復活してきた。それにつれてアメリカ^{47,48,49,50,51,52)}とイギリス⁵³⁾から再び 3 回搾乳の研究が報告された。

Amos ら (1985)⁵⁰⁾ は初産牛 12 頭と経産牛 34 頭を用いて研究を行った。それぞれ半数の牛を 2 回搾乳と 3 回搾乳に振り分けた。搾乳は 43 週間続けた。初産牛では 2 回搾乳の 44 週間の産乳量は 5,522 kg、3 回搾乳においては 6,917 kg であった。経産牛の 44 週間の産乳量は 2 回搾乳で 6,834 kg、3 回搾乳で 8,097 kg であった。3 回搾乳を行うことにより、産乳量は経産牛で 18%、初産牛では 25% 増加した。搾乳回数は最高日乳量に到達する日数には影響を与えなかった。3 回搾乳群は 2 回搾乳群より 1—2% 乾物摂取量が多かったが、その差は有意なものではなかった。

ほぼ同時期に 3 回搾乳の研究が DePeters ら (1985)⁴⁸⁾ によって行われた。経産牛の結果を示すと、40 頭の経産牛を用いて分娩時に 2 回搾乳か 3 回搾乳のいずれかに決めて全乳期を通じてそのまま継続した。飼料は全混合飼料を用い、自由採食させた。この全混合飼料はエネルギー濃度によって、高、中、低と 3 種類を調製した。泌乳初期には全ての牛に高エネルギー飼料を給与した。2 回搾乳群と 3 回搾乳 A 群は日乳量が 27.5 kg に減少した時点から中エネルギーの飼料へと変換した。さらに日乳量が 22.5 kg に減少すると低エネ

表 2. 3 回搾乳が経産牛の乳生産性に及ぼす影響

	2 回搾乳	3 回搾乳 A	3 回搾乳 B
乳量, KG	7,744	9,033	8,738
乳脂量, KG	255	302	300
乳脂率, %	3.4	3.3	3.4
乳蛋白質率, %	3.1	3.1	3.1
SNF, %	8.8	8.8	8.8
乾物摂取量, KG	5,874	5,996	6,197
体重の変化, KG	74	3	29
エネルギー効率, %	51.7	60.0	56.8

(De PETERS ら, 1985)⁴⁸⁾

ルギー飼料に切り換えた。また、3 回搾乳 B 群では飼料を中エネルギー、低エネルギー飼料へ切り換える時期をそれぞれ日乳量が 30.6 kg, 24.8 kg に減少した時点とした。経産牛の 44 週にわたる成績を表 2 に示した。3 回搾乳 A と 3 回搾乳 B との間では、低エネルギー飼料に切り換えた時期が 3 回搾乳 B で、平均して 3~4 週早かったにも拘わらず産乳量には差が認められなかった。3 回搾乳 A では 17%, 3 回搾乳 B では 13%, 2 回搾乳より産乳量が多かった。しかも分娩後最初の 6 週間においては、3 回搾乳の増乳効果はきわめて低い。泌乳ピークからその直後の分娩後 7~10 週間に 3 回搾乳の効果が急に顕著になるようである。これは著者の研究成果と一致している。3 回搾乳の増乳効果は主として乳腺細胞の退行を抑制することによって起こることを意味しているのである。3 回搾乳は乳脂率、乳蛋白質率、SNF 率には影響を与えない。また、3 回搾乳によって飼料の乾物摂取量が有意に増加することはないようである。したがって、3 回搾乳は飼料の効率を改善するのである。注意を払わなければならない点は、2 回搾乳では分娩後 26 週で分娩直後の体重に回復するが、3 回搾乳では、それが 38~40 週を要することである。

3 回搾乳を行う農家が増えるにつれて、3 回搾乳の繁殖成績や乳房炎などの疾病発生に及ぼす影

響⁵¹⁾についても検討が加えられている。今迄の報告では特に問題となる点はない。

おしまいに

組換え牛 GH の酪農家での使用が今年中にアメリカで始まるという。気になるのは消費者の動向であるが、人間への安全性について心配しなければならない点は、現在のところ見付からない。我国にこの技術が入ってくるのも時間の問題であろう。牛への GH 投与に関する研究はきわめて少ない。農水省、畜産試験場での基礎的な研究があるのみである。帯広畜産大学では昨年より文部省科学研究費の補助を受けて研究を始めた。北海道の研究機関において、GH の研究が盛んになることを期待したい。

一方オランダで搾乳ロボットが開発された。販売は 1900 年から開始するという。この搾乳ロボットが普及してくると 1 日 3~4 回搾乳が普通となるであろう。GH 投与によって産乳量を増加させ、搾乳ロボットで搾乳する酪農家が北海道に現われるのも遠いことではない。しかし、これらの技術が普及する前に、確かめておかなければならない技術は多々ある。

文 献

- 1) 上家 哲, 畜産の研究, 39: 1299-1303. 1985.
- 2) 上家 哲, 畜産の研究, 39: 1463-1467. 1985.
- 3) 上家 哲, 畜産の研究, 40: 35-39. 1986.
- 4) ESCH, F., P. BÖHLEN, N. LING, P. BRAZEAU and R. GUILLENIN, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 177: 722-779. 1983.
- 5) GELATO, M.C. and G.R. MERRIA, *Ann. Rev. Physiol.*, 48: 569-591. 1986.
- 6) GUILLEMIN, R., P. BRAZEAU, P. BÖHLEN, F. ESCH, N. LING and W.B. WEHRENBURG, *Science*, 218: 585-587. 1982.
- 7) TANNENBAUM, G.S. and N. LING, *Endocrinology*, 98: 1952-1957. 1984.
- 8) TANNENBAUM, G.S., N. LING and P. BRAZEAU, *Endocrinology*, 111: 101-107. 1987.
- 9) VASILATOS, R. and P.J. WANGSNES, *Endocrinology*, 108: 300-304. 1981.
- 10) KOPROWSKI, J.A. and H.A. TUCKER, *Endocrinology*, 93: 645-651. 1973.
- 11) JOHKE, T. and K. HODATE, *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 48: 772-776. 1977.
- 12) JOHKE, T., *JARQ*, 13: 134-137. 1979.
- 13) HART, I.C., J.A. BINES and S.V. MORANT, *Life Sci.*, 27: 1839-1847. 1980.
- 14) 上家 哲, 畜試年報, 23: 109-124. 1983.
- 15) HERBEIN, J.H., R.J. AIELLO, L.I. ECKLER, R. E. PEASON and R.M. AKERS, *J. Dairy Sci.*, 63: 320-325. 1985.
- 16) GLUCKMAN, P.D., B.H. BREIER and S.R. DAVIS, *J. Dairy Sci.*, 70: 442-466. 1987.
- 17) BONCZEK, R.R., C.E. YOUNG, J.E. WHEATON and K.P. MILLER, *J. Dairy Sci.*, 71: 2470-2479. 1988.
- 18) FRONK, T.J., C.J. PEEL, D.E. BAUMAN and R. C. GOREWIT, *J. Anim. Sci.*, 57: 699-705. 1983.
- 19) EPPARD, P.J., D.E. BAUMAN and S.N. McCUTCHEON, *J. Dairy Sci.*, 68: 1109-1115. 1985.
- 20) PEEL C.J., T.J. FRONK, D.E. BAUMAN and R. C. GOREWIT, *J. Dairy Sci.*, 66: 776-782. 1982.
- 21) RICHARD, A.L., S.N. McCUTCHEON and D.E. BAUMAN, *J. Dairy Sci.*, 68: 2385-2389. 1985.
- 22) BINES, J.A., I.C. HART and S.V. MORANT, *Br. J. Nutr.*, 43: 179-188. 1980.
- 23) PEEL, C.J., D.E. BAUMAN, R.C. GOREWIT and C.J. SNIFFEN, *J. Nutr.*, 111: 1662-1671. 1981.
- 24) PEEL, C.J., T.J. FRONK, D.E. BAUMAN and R. C. GOREWIT, *J. Nutr.* 112: 1770-1778. 1982.
- 25) PEEL, C.J., L.D. SANDLES, K.J. QUEKCH and A.C. HERINGTON, *Anim. Prod.*, 41: 135-142. 1985.
- 26) HART, I.C., *Proc. Nutr. Soc.*, 46: 393-405. 1987.
- 27) BAUMAN, D.E., P.J. EPPARD, M.J. DeGEETER and G.M. LANZA, *J. Dairy Sci.*, 68: 1352-1362. 1985.
- 28) EPPARD, P.J., D.E. BAUMAN, C.R. CURTIS, H. N. ERB, G.M. LANZA and M.J. DeGEETER J. *Dairy Sci.*, 70: 582-591. 1987.
- 29) SODERHOLM, C.G., D.E. OTTERBY, J.G. LINN, F.R. EHLE, J.E. WHEATON, W.P. HANSEN and R.J. ANNEXSTAD, *J. Dairy Sci.*, 71: 355-365. 1988.
- 30) EKVINGER, F., H.H. HEAD, C.J. WILCOX, R.P. NATZKE and R.G. EFFERT, *J. Dairy Sci.*, 71: 1515-1523. 1988.
- 31) MARSH, W.E., D.T. GALLIGAN and W. CHALUP, *J. Dairy Sci.*, 71: 2944-2958. 1988.
- 32) GLIMM, D.R., V.E. BARAICOS and J.J. KENNELLY, *J. Dairy Sci.*, 71: 2923-2935. 1988.
- 33) APOSTOLOU, A., *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 192: 1968-1700. 1988.
- 34) MOHAMMED, M.E. and H.D. JOHNSON, *J. Dairy Sci.*, 68: 1123-1133. 1985.
- 35) KRONFELD, D.S., *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 192: 1693-1696. 1988.
- 36) LUSH, J.L. and R.R. SHRODE, *J. Dairy Sci.*, 33: 338-357. 1950.

- 37) WHEELOCK, J.V. and F.H. DOOD, *J. Dairy Res.*, 36: 497-493. 1969.
- 38) LAMOND, D.R. and W.V. CANDLER, *J. Dairy Sci.*, 42: 1724-1725. 1959.
- 39) ELLIOTT, G.M., F.H. DOOD and P.J. BRUMBY, *J. Dairy Res.*, 27: 293-308. 1960.
- 40) 新出陽三, 泌乳生理研究会 : 談話会報, 14: 1-2. 1974.
- 41) 新出陽三, 泌乳生理研究会 : 談話会報, 15: 4-5. 1975.
- 42) SHINDE, Y., *The physiology of Mammary Gland*, YOKOYAMA, A. et. al. eds., 347-360. Japan Scientific press, Tokyo. 1978.
- 43) SHINDE, Y., *Can. J. Anim. Sci.*, 60: 1064. 1980.
- 44) SHINDE, Y., *Proc. WACP*, 2: 783-784. 1983.
- 45) 新出陽三, 帯大研報, 14: 175-180. 1985.
- 46) TUCKER, H.A., *Am. J. Physiol.*, 210: 1209-1214. 1966.
- 47) PEARSON, R.E., L.A. FULTON, P.D. THOMPSON and J.W. SMITH, *J. Dairy Sci.*, 62: 1941-1950. 1979.
- 48) DePETERS, E.J., N.E. SMITH and J. ACEDORICO, *J. Dairy Sci.*, 68: 123-132. 1985.
- 49) AMOS, H.E., T. KISER and M. LOEWENSTEIN, *Dairy Sci.*, 68: 732-739. 1985.
- 50) GISI, D.D., E.J. DePETERS and C.L. PELISIER, *J. Dairy Sci.*, 69: 863-868. 1986.
- 51) ALLEN, D.A., E.J. DePETERS and R.C. LABEN, *J. Dairy Sci.*, 69: 1441-1446. 1986.
- 52) CUKOTTA, C.P. and G.H. SCHMIDT, *J. Dairy Sci.*, 71: 1960-1966. 1988.
- 53) POOLE, D.A., *Anim. Prod.*, 34: 197-201. 1982.