

## 最近の諸報告にみられる泌乳牛の繁殖生理に関する研究

○山口 誠司・小山 久一・高橋 茂・堂地 修 (酪農学園大学)

### はじめに

近年、ホルスタイン種経産牛は体格が大型化するとともに遺伝的改良により泌乳量も増加した<sup>1)</sup>。しかし、泌乳量が増加する一方で繁殖成績の低下が世界的な問題になっている (表1)。Butler ら<sup>2)</sup> は米国における乳牛の初回人工授精受胎率は1951年の約65%から1996年の約40%まで低下したと報告をしている。また、Cook<sup>3)</sup> はイギリスにおいても過去25年間に受胎率が約50%から約35%まで低下し、40%を下回ってきていると報告している。日本も同様に、北海道における乳牛の初回受胎率は40%を下回ろうとしている<sup>4)</sup> (図1)。さらに、受胎率の低下と反比例するように過去20年間で分娩間隔 (平均空胎日数) は年々延長している<sup>5)</sup>。現在、高い泌乳能力を持つ乳牛における繁殖成績の向上が課題とされ、世界各国で繁殖成績低下の要因および対応策が研究されている。そこで、本稿では高泌乳牛における乳量、負のエネルギーバランスおよびボディコンディションスコア (BCS) が繁殖成績に及ぼす影響についてどのように理解されているか検討する。

### 1. 繁殖成績低下の要因

高泌乳牛における繁殖成績の低下の要因について検討した多くの報告がある。Lucy<sup>6)</sup> は泌乳量と受胎率には負の相関関係があると報告している。また、Webb ら<sup>7)</sup> は乳牛が栄養不足や負のエネルギーバランスの状況に陥るとIGF-1濃度が低下し、インシュリン放出の低下や成長ホルモンのレセプター濃度が減少すると報告している。Bouchard and Tremblay<sup>8)</sup> は子宮内膜炎、難産、蹄病、乳房炎、胎盤停滞等の生産病が初回受胎率の低下に影響を与えていると報告し、Hussein<sup>9)</sup> はBCSおよび産子数は空胎日数や受胎率等の繁殖成績に影響を与えると報告している。坂口ら<sup>10)</sup> は乳量の多い牛ほど分娩後のBCSの低下割合は大きく初回排卵が遅れると報告している。また、分娩後の初回受胎率は産次が高くなるほど低下し、未経産および初産牛と比較し2産目および3産目以降の受胎率は著しく低下すると報告されている<sup>8, 11)</sup>。

これらの諸報告から乳牛の繁殖成績の低下には複数の要因が関与しており、特に栄養が重要な要因であると考えられる。

表1 世界各国における乳牛の受胎率低下の現状

アメリカ	20年間の初回受胎率	年平均0.45%低下 (Butler et al., 1989, 1999)
〃	20年間のAI回数	平均1.75回から3回以上に増加 (Lucy, 2001)
イギリス	20年間の初回受胎率	年平均1.0%低下 (Royal et al., 2000)
〃	25年間の受胎率	50%から35%に低下 (Cook, 2009)
オランダ	10年間の初回受胎率	55.5%から45.5%に低下 (Jorristma et al., 2000)
アイルランド	11年間の受胎率	64.9%から57.1%に低下 (Mee et al., 2004)
〃	11年間の受胎AI回数	平均1.54回から1.75回以上に増加 (Mee et al., 2004)
フランス	10年間の初回受胎率	1988年から1997年の間に15%低下 (Chevalier et al., 1999)
カナダ(ケベック)	10年間の初回受胎率	初産: 49%から43%に低下 (Astiq, 2003) 経産: 46%から39%に低下 (Astiq, 2003)

## 2. 乳量と繁殖成績の関係

近年、世界的に泌乳量が増加している傾向にあると報告されている<sup>12)</sup>。我が国においても2009年度のホルスタイン種の1頭当たり305日乳量の全国平均は9,217kgで前年度に比べ70kg増加した。このうち北海道は9,154kg、都道府県が9,369kgに達している<sup>5)</sup>(図2)。

一般に泌乳量が増加したことが近年の繁殖機能低下の要因であると理解されている<sup>13)</sup>。Wiltbankら<sup>14)</sup>は泌乳量が多い牛ほど発情持続時間が短くなる傾向があると報告しており、また、Dobsonら<sup>15)</sup>は過去50年間の泌乳量増加とともにスタンディングおよびマウンティング行動の発現率低下が認められ、さらに初回受胎率が低下したと報告している。Kawashimaら<sup>16)</sup>は泌乳初期における分娩後の泌乳量の増加率が高い牛は初回排卵日の遅延を引き起こす傾向があると報告している。

これらの諸報告から泌乳量の増加が繁殖成績に影響を与えていることが考えられる。

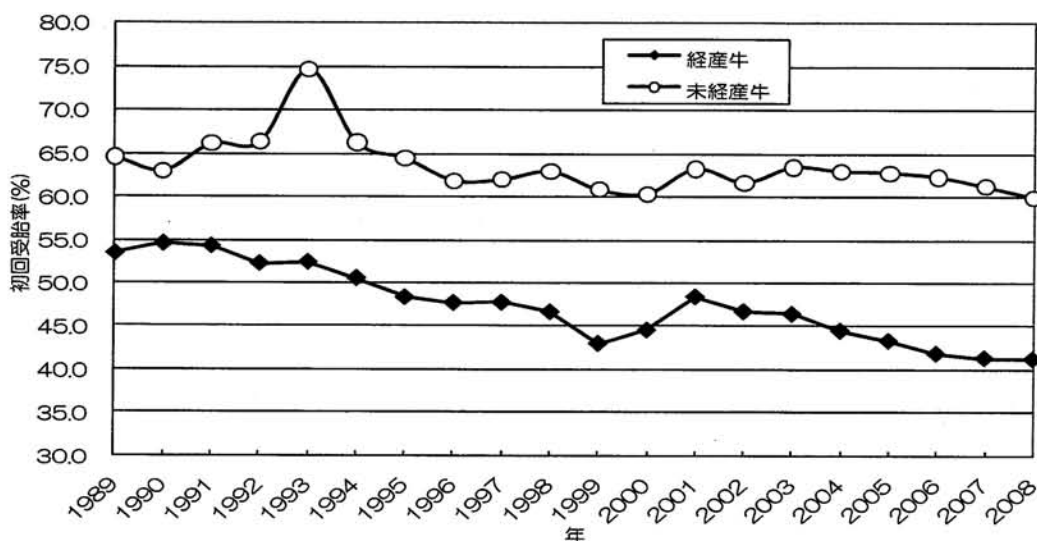


図1 北海道における乳牛の初回受胎率推移  
(北海道家畜人工授精師協会調べ)

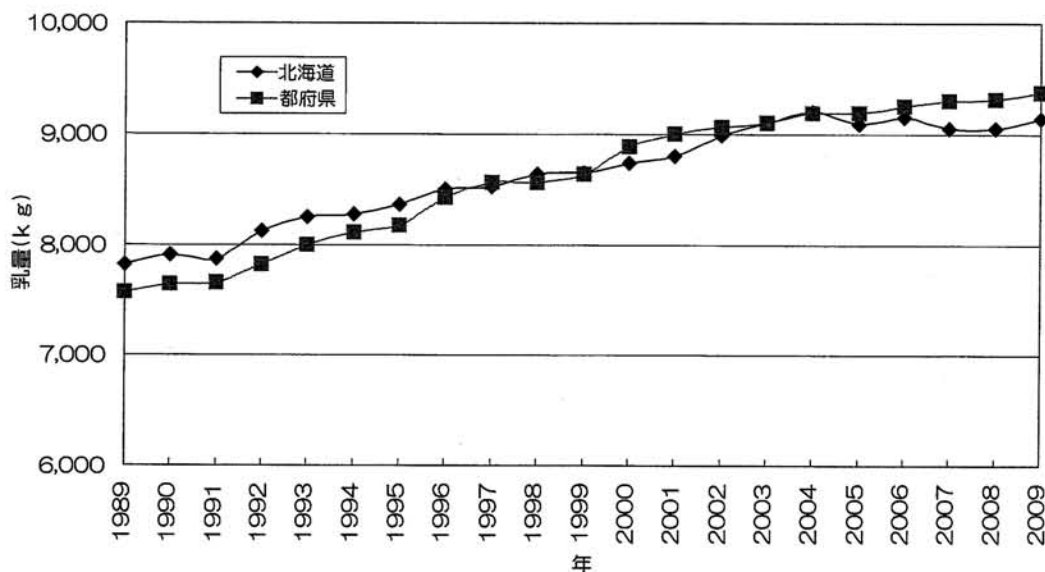


図2 牛群検定における平均乳量の推移(家畜改良事業団牛検定成績から)

### 3. 負のエネルギーバランスおよび生産病が繁殖機能に及ぼす影響

負のエネルギーバランスとは分娩後の急激な泌乳量の増加に対するエネルギー要求量がエネルギー摂取量（乾物摂取量）を上回り不均一な状態に陥ったことをいう。この負のエネルギーバランスは繁殖成績の低下、脂肪肝、ケトosis等の生産病の原因の1つである。また、負のエネルギーバランスの変動割合や期間は遺伝的要因、分娩前のBCS、乳量や飼料摂取量によって左右されると報告されている（Wathesら<sup>17)</sup>）。

Bousquetら<sup>18)</sup>は乳牛の各種生産病の発症が初回受胎率に影響を与えると指摘しており、子宮内膜炎、難産、蹄病、乳房炎、胎盤停滞、卵巣嚢腫を発症した牛の各初回受胎率は非発症牛と比較してそれぞれ8.0%、6.0%、4.3%、2.8%、2.5%、0.8%の低下が認められると報告している。Dobsonら<sup>15)</sup>は蹄病のストレスが、主席卵胞から放出されるエストロジェンを促すLHパルスの低下を引き起こすと報告している。また、Jorritamaら<sup>19)</sup>は分娩後の負のエネルギーバランスや肝臓内のトリアシルグリセロール（トリグリセリド）の蓄積が繁殖成績に影響を与えると報告している。二階堂ら<sup>20)</sup>は周産期における銅や亜鉛等の微量ミネラルの摂取量不足を補うことは、分娩後の乳房炎を含む生産病の発生や卵巣嚢腫を減少させ、初回排卵や初回授精受胎率を向上させると報告している。

これらの諸報告から分娩前後の乾物摂取量の低下による負のエネルギーバランスや栄養管理の失宜が生産病の発生をもたらす、繁殖成績の低下を招くと考えられる。

### 4. BCSと繁殖成績

高泌乳牛の繁殖機能回復および繁殖成績は、分娩前後のBCS推移が大きく影響し、分娩後のBCSの低下割合の大きい乳牛は乳量が多く初回排卵が遅れる傾向が認められ、またBCSの低下割合が小さい乳牛は初回排卵が早く、繁殖成績が良好であると報告されている（壁谷ら<sup>21)</sup>）。さらに、泌乳量の最大値までの到達日数および高泌乳持続期間が短く、BCSの低下が小さい牛群は分娩後のBCSの回復が早く空胎日数が短いと報告しており、泌乳曲線と分娩前後のBCSの推移が空胎日数に影響を与えている可能性を指摘している。また、分娩前後に与える飼料がBCSおよびその後の繁殖成績に影響を与えるとする報告がある（Darkoら<sup>22)</sup>、de Feuら<sup>23)</sup>）。Hussein<sup>9)</sup>はBCSの状態が適正である乳牛は過肥および削瘦なBCSである乳牛に比べ空胎日数が短く、人工授精回数も少ないと報告している。さらに坂口<sup>24)</sup>はBCSの減少パターンは乳量の異なる未経産牛と経産牛では差があったが、体重（BW）では両者間に差が認められなかったと報告し、分娩後のBWはBCSよりも早く回復することから分娩後のより早い時期から卵巣機能回復の指標として用いることができると指摘している。

これらの諸報告から高泌乳牛におけるBCSおよびBWは繁殖成績を改善するための栄養管理および飼養管理の指標として利用できると考えられる。

### 5. 高泌乳牛の群管理および個体管理と繁殖成績

繁殖成績は個体間および牛群間で大きな差があると考えられる。壁谷ら<sup>21)</sup>は高泌乳牛群間では乳量が同水準であっても分娩後の繁殖機能回復に個体差があることを報告している。Sakaguchiら<sup>25)</sup>は分娩後の平均初回発情日数について55日（初産牛48日、経産牛63日）と個体間に大きな差があり、また乳量の多い個体ほど初回発情日は遅れる傾向があると報告している。Stephen<sup>26)</sup>は高い生産能力をもつ牛群は牛群レベルでの受胎率も高いと指摘している。Stevensonら<sup>27)</sup>は9,684戸のホルスタイン牛群と546戸のジャージー牛群の泌乳量と繁殖成績を調査したところ、高い泌乳能力を持つ牛群は良好な繁殖成績であったと報告している。また、Nebelら<sup>28)</sup>は4,550戸の牛群における繁殖成績を調査したところ、高い泌乳能力を持つ牛群は発情発現率が高く、空胎日数は短い傾向があったと報告している。これらの要因として栄養および飼養管理方法が泌乳量および繁殖成績に影響を与えたと指摘している。さらに、Lopez-Gatuisら<sup>29)</sup>は低泌乳牛の選抜は良好な繁殖成績を導くわけではないと報告し、優れた管理が高い泌乳量および受胎率を導くと指摘している。Kawashimaら<sup>30)</sup>が分娩後早期の排卵の有無によるその後の受胎性について調査したところ、分娩後早期に排卵する乳牛は空胎日数および初回人工授精日が短く、受胎率が高いと報告している。

これらの諸報告から個体間および牛群間には泌乳量および繁殖成績に差があり、その要因として管理者が行う乳牛の栄養および飼養管理方法の違いにより左右されると考えられる。したがって、それら個体管理および牛群

管理が適切に行われることが、繁殖成績の向上や泌乳量の増加を招くと考えられる。

## 考 察

高泌乳牛の繁殖生理の特徴は飼料摂取量が多く、基礎代謝が活発であると考えられる。そのため、血液の循環も活発になる。それにより血液中のインヒピンや肝臓でステロイドホルモンが分解され血中濃度が薄くなり発情周期の乱れを及ぼし繁殖成績に影響を与えるのではないかと報告されている<sup>31)</sup>。このことより高泌乳牛の栄養状態が繁殖成績に影響を与える重要な要因として考えられる。

繁殖成績に影響を与える要因の1つとして分娩後の初回黄体期が延長した場合に、子宮回復が遅れ繁殖成績の低下の要因となる可能性がある<sup>32, 33)</sup>。これは乳牛の代謝機構に問題が生じたことが関与していると考えられる。通常生体内ではエネルギー不足に陥ると皮下脂肪内の中性脂肪が分解され血液中の遊離脂肪酸(NEFA)濃度が増加し肝臓に移行しエネルギーの供給を行う。しかし、高泌乳牛における分娩後の負のエネルギーバランスおよび分娩前後のBCSの変動が大きい場合、肝臓に移行するNEFA量が肝臓内での処理能力を超えて中性脂肪として肝臓に蓄積する<sup>21, 34, 35)</sup>。これにより肝機能が低下し、ステロイドホルモンの生成・分解能力が低下し、子宮回復の遅れの要因となると考えられるが、まだ不明な点が多い<sup>36)</sup>。そのため肝機能と繁殖機能の関係について更なる研究が必要であると考えられる。

泌乳量と繁殖成績の関係としては、泌乳量の増加が繁殖成績の低下を及ぼすと多くの報告があるが<sup>6, 10, 13, 14, 15)</sup>、その影響は負のエネルギーバランスや生産病の発症などの要因が与える影響と比べると大きくはないと指摘している報告もある<sup>6, 26)</sup>。さらに、高泌乳でありながら優れた繁殖成績を持つ個体や牛群があると指摘している報告も少なくない<sup>26-29)</sup>。このことから高泌乳が必ずしも繁殖成績低下の直接的な要因ではないように考えられる。

これらのことから高泌乳かつ良好な繁殖成績を導くためには適切な飼養管理を行うことが重要であると考えられる。適切な飼養管理とは、クローズアップ期の栄養管理やBCS等の個体管理を適切に行うことや、分娩後の負のエネルギーバランスに陥る期間を短縮すること、粗飼料および濃厚飼料の品質管理を適切に行うこと、飼養管理における牛へのストレスの軽減および生産病の予防処置を行うこと等があげられる。さらに、Dransfieldら<sup>37)</sup>はスタンディング行動を発現開始後4時間から12時間に人工授精を行うことが最も高い受胎率を得られると報告し、壁谷ら<sup>21)</sup>も発情開始後8時間から12時間に人工授精を行うことが最も高い受胎率を得ることができると報告していることから、適期に人工授精を行うことも重要であると考えられる。また、高泌乳牛群内には分娩後の繁殖機能回復に個体差があることから選抜を行う必要があることも考えられる<sup>21)</sup>。さらに、Grummerら<sup>38)</sup>が乾乳期間を短くすると初回排卵日、初回人工授精日および空胎日数が短くなり、初回人工授精受胎率が向上したと報告していることから、乾乳期間を見直す必要もあると考えられる。

以上のことより、高泌乳牛は能力に合わせた栄養管理および適切な飼養管理を行うことが繁殖成績の向上を導くと考えられる。今後、高泌乳牛における個体間および牛群間の分娩前後の栄養管理や飼養管理の改善を導くためには繁殖生理機能と関与するホルモンバランスや肝機能等の代謝機構の解明や、乳牛の栄養バランス等と繁殖生理機能との関連性の更なる追及が必要とされると考えられる。

## 引用文献

- 1) 守部公博. 2005. あなたは高産乳牛についていけるか?—あなたが思っている以上に牛たちは変わっている. Dairy Japan. 7-27.
- 2) Butler, W. R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. J. Dairy Sci. 81: 2533-2539.
- 3) Cook, J. 2009. Understanding conception rates in dairy herds. In Practice 31: 262-266.
- 4) 北海道家畜人工授精師協会. 北海道乳牛人工授精実施成績より.
- 5) 家畜改良事業団牛群検定成績, <http://liaj.lin.gr.jp/japanese/kenteikodaiset.html>
- 6) Lucy, M. C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end?. J. Dairy Sci. 84: 1277-1293.

- 7) Webb, R., P. C. Garnsworthy., J. G. Gong., R. S. Robinson., D. C. Wathes. 1999. Consequences for reproductive function of metabolic adaptation to load. *British Society of Animal Science, Occasional Publication*. 24: 99-112.
- 8) Bouchard, E., Du Tremblay., D. Portrait. 2003. Québécois de la reproduction. *Recueil des conférences du Symposium des Bovins laitiers, Saint-Hyacinthe*. 13-23.
- 9) Hussein, A. 2008. Effect of body condition score and lactation number on selected reproductive parameters in lactating dairy cows. *Global Veterinaria*. 2 (3): 130-137.
- 10) 坂口 実, 笹本良彦, 鈴木貴博, 高橋芳幸, 山田 豊. 2003. 産次, 分娩, 乳量およびボディコンディションスコア低下が分娩後乳牛の繁殖性に与える影響. *北畜会報*. 45 : 33-40.
- 11) Nimmo, J., A. Balendran., N. Dinn., and R. Rajamahendran. 2005. Comparison of ovarian function and pregnancy rate in Holsten Heifers and lactating cows. *Anim. Reprod*. 58.
- 12) Rodriguez, Martinez., H., J. Hultgren., R. Båge., A. S. Bergqvist., C. Svensson., C. Bergsten., L. Lidfors., S. Gunnarsson., B. Algers., U. Emanuelson., B. Berglund., G. Andersson., M. Haard., B. Lindhé., H. Stalhammar. & H. Gustafsson. 2008. Reproductive performance in high-producing dairy cows: Can we sustain it under current practice? *Dept. of Clinical Sciences*. 1-23.
- 13) Stevenson, J. S. 2001. Reproductive management of dairy cows in high milk-producing herds. *J. Dairy Sci*. 84: E128-E143.
- 14) Wiltbank, M., L. Hernando., S. Roberto., S. Siwat., G. Ahmet. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*. 65: 17-29.
- 15) Dobson, H., S. L. Walker., M. J. Morris., J. E. Routly., and R. F. Smith. 2008. Why is it getting more difficult to successfully artificially inseminate dairy cows?. *Animal*. 2: 1104-1111.
- 16) Kawashima, C., C. Amaya. Montoya., Y. Masuda., E. Kaneko., M. Matsui., T. Shimizu., N. Matsunaga., K. Kida., Y.-I. Miyake., M. Suzuki., and 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 cows. *J. Dairy Sci*. 90: 2279-2282.
- 17) Wathes, D. C., M. Fenwick., Z. Cheng., N. Bourne., S. Llewellyn., D. G. Morris., D. Kenny., J. Murphy., R. Fitzpatrick. 2007. Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology*. 68: S232-241.
- 18) Bousquet, D., E. Bouchard., D. DuTremblay. 2004. Decreasing fertility in dairy cows: myth or reality? *Le Médecin Vétérinaire du Québec*. 34: 59-61.
- 19) Jorritsma, R., H. Jorritsma., Y. H. Schikken., G. H. Wentink. 2000. Relationships between fatty liver and fertility and some periparturient diseases in commercial dutch dairy herds. *Theriogenology*. 54: 1065-1074.
- 20) 二階堂聡, 草刈直仁, 大滝忠利, 遠藤良樹, 田辺一志. 2008. 周産期における微量ミネラル投与が乳牛の疾病発生と繁殖成績に及ぼす影響. *日本獣医師雑誌*. 61 : 3. 205-209.
- 21) 壁谷早苗. 2008. 高泌乳牛における分娩前後の繁殖機能回復の特徴と受胎率向上に関する研究. *酪農学園大学大学院酪農学研究科修士論文*. 22-84.
- 22) Darko, G., T. Romana., Z. Damir., V. Berislav., S. Neven., Z. Branimira. 2009. Influence of nutrition in the postparturient period on the fertility of dairy cows. *Veterinarski arhiv*. 79: 119-130.
- 23) de Feu. M. A., A. C. O. Evans., P. Lonergan. and S. T. Butler. 2009. The effect of dry period duration and dietary energy density on milk production, bioenergetic status, and postpartum ovarian function in Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci*. 92: 6011-6022.
- 24) 坂口 実. 2008. 移行期の管理は母牛の状態把握から 体重の変化から母牛を把握する一 体重減少率の推移と繁殖性— *臨床獣医*. 26 : 6. 16-19
- 25) Sakaguchi, M., Y. Sasamoto., T. Suzuki., Y. Takahashi., and Y. Yamada. 2004. Postpartum ovarian follicular

- dynamics and estrous activity in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2114-2121.
- 26) Stephen, L. 2010. Assessing the association of the level of milk production with reproductive performance in dairy cattle. *J. Reprod. Dev.* 56: S1-S7.
  - 27) Stevenson, J. S. 1999. Can you have good reproduction and high milk yield?. *Hoard's Dairyman*. 144-536.
  - 28) Nebel, R. L. and M. L. McGilliard. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 3257-3268.
  - 29) López-Gatiús, F., I. García-Ispuerto., P. Santolaria., J. Yáñez., C. Nogareda., and M. López-Béjar. 2006. Screening for high fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology*. 65: 1678-1689.
  - 30) Kawashima, C., E. Kaneko., C. Amaya. Montoya., M. Matsui., N. Yamagishi., N. Matsunaga., M. Ishii, K. Kida., Y.-I. Miyake. and 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: 479-486.
  - 31) Wiltbank, M., 2004. The underlying physiology changing reproduction in today's high-producing dairy cows. *J. Reprod. Dev.* 50: j39.
  - 32) 中尾敏彦. 2005. 近年における乳牛の受胎率低下の原因と対策. *山口獣医雑誌*. 32 : 13-20.
  - 33) Nakao, T., M. Moriyoshi., and K. Kawata. 1992. The effect postpartum ovarian dysfunction and endometritis on subsequent reproductive performance in high and medium producing dairy cows. *Theriogenology*. 37: 341-348.
  - 34) 扇 勉, 上村俊一. 1991. 乳牛における分娩前後のエネルギー水準が肝臓の脂肪沈着, 血液成分および乳蛋白率に及ぼす影響. *日獣会誌*. 44 : 992-999.
  - 35) Ohgi, T., S. Kamimura., Y. Minezaki., and M. Takahashi. 2005. Relationship between fat accumulation in the liver and energy intake, milk fat yield and blood metabolites in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 76: 549-557.
  - 36) Opsomer, G., Y. T. Grohn., J. Hertl., M. Coryn., A. de Kruif. 2000. Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology*. 53: 841-857.
  - 37) Dransfield, M. B. G., R. L. Nebel., R. E. Pearson., and L. D. Warnick. 1998. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *J. Dairy Sci.* 81: 1874-1882.
  - 38) Grummer, Ric. R., M. C. Wiltbank., P. M. Fricke., R. D. Watters., and N. Silva-Del-rio. 2010. Management of dry and transition cows to improve energy balance and reproduction. *J. Reprod. Dev.* 56: S22-S28.