

自動搾乳システムにおける搾乳回数および搾乳時間帯と乳成分の関係

岡本全弘・娜 仁花*

Effects of Milking Frequency and Milking Time of Day on Milk Composition of Cows in an Automated Milking System

Masahiro OKAMOTO and Renghwa NA*

(June 2003)

緒 言

牛乳の主要成分のうち、乳脂肪、乳蛋白質、乳糖は乳腺上皮細胞において生合成される。乳牛によって消化・吸収され、肝臓や消化管壁において代謝された物質は、血流によって乳腺上皮細胞に供給され、乳汁の原料となる。乳腺における乳汁の合成は、通常の飼養管理方式下では、連続しており中断することはない。しかし、搾乳後10~12時間経過すると乳房内圧が高まり、乳の分泌速度が低下し始め、35時間を超えると分泌が停止するといわれている¹⁾。したがって、極端な不等間隔搾乳により乳量は減少し、乳成分では乳蛋白質の分泌が影響される²⁾。一方、搾乳回数を1日2回から3回に増加し、搾乳間隔を短縮することにより、乳汁分泌抑制物質(FIL: Feedback Inhibitor of Lactation)の除去、乳腺細胞の酵素類の活性化、乳腺細胞の増殖、搾乳関連ホルモンの分泌促進などの効果により、15%程度乳量が増加するといわれているが、乳成分率に対する影響は不明である³⁾。

搾乳回数を増加できない主因は労力の制約にある。自動搾乳システムを導入することにより、時刻の制約なしに多回数搾乳できるが、乳量や乳成分率に及ぼす影響は不明である。また、栄養充足率、第一胃内発酵、繁殖成績など多くの検討を必要とする。本報告では、搾乳回数および搾乳時間帯と乳成分の関係について検討した。

材料および方法

酪農学園大学附属農場の自動搾乳システム牛舎

と、そこに収容されているホルスタイン種搾乳牛20頭(2~5産)を供試した。また、時間帯と乳成分率との関係については、十分なデータが蓄積できた11頭を供試した。本牛舎は2000年11月に完成し、収容牛の馴致を開始したが、本研究はおおむね6ヶ月経過後に2ヶ月間実施した。分娩後日数は10~360日の間に分布していた。

搾乳は搾乳ロボット(Lely Industries NV., the Netherlands, Astronaut)により、乳量に応じて上限を設け、1日2~6回実施した。しかし、個体によっては許容回数搾乳しないものもあり、搾乳ロボットに対する馴致中の乳牛においては、濃厚飼料の給与による動機づけのため、乳量は少なくとも多回数搾乳した。濃厚飼料は搾乳のつど、乳量に応じて給与量を小分けし、搾乳ロボットにて給与した。ロボットにおける濃厚飼料(CP18.9%, TDN83.7%)の給与量は0~11 kg/dの範囲にあった。この他、乳牛には混合飼料(TMR:CP14.7%, TDN77.3%)を自由摂取させた。TMRの主構成飼料(乾物比)はとうもろこしサイレージ22.3%, グラスサイレージ40.0%, 濃厚飼料31.5%であった。

牛乳サンプルは、2週間に1回、72時間のうちに搾乳された牛乳を、搾乳のつどレコーダジャーにて自動的に攪拌・混合し、一部を採取できる自動サンプラーにより採取した。搾乳された個体、搾乳時間および乳量はロボットの搾乳記録から判読した。乳成分は、全固形分率、無脂固形分率、乳脂肪率、乳蛋白質率および乳糖率について赤外線ミルク分析計(MILKO-SCAN 133)を用いて分析した。搾乳時間帯は一昼夜を便宜的に午前(6~12時)、午後

酪農学園大学 酪農学部 酪農学科 家畜栄養学研究室

Department of Dairy Science, Animal Nutrition, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

* 内蒙古農業大学 動物科学院, 中華人民共和国 内蒙古呼和浩特市

Department of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhehaote, Inner Mongolia, China

(12～18時), 夜(18～0時), 深夜(0～6時)に分類した。

結果と考察

図1に1日の搾乳回数と乳量との関係を示した。24時間中の平均搾乳回数は2.2～5.4回の範囲にあった。乳量は搾乳回数の増加につれて増加する関係が認められた($r=+0.63$, $p<0.01$)。これは、乳量の多い個体ほど搾乳許容回数を多く設定したことやロボット内での濃厚飼料給与回数が増えることから、ある程度予想されたとおりの結果である。しかし、搾乳回数が2.3回でも40 kgを超える個体や搾乳回数が4.8回でも乳量が30 kgに達しない個体もあった。搾乳ロボットへの進入の動機づけは、濃厚飼料の給与によるが、その度合は個体により異なるようである。乳量が少ないのに搾乳回数の多い例はロボットへの馴致中の個体を含むと思われる。Hamann and Dodd¹⁾は、搾乳回数を1日2回から3回に増加することによる乳量増加は、FILの除去、乳腺細胞の酵素の活性化、乳腺細胞の増殖という短期的、中期的、長期的な効果によるとしている。また、搾乳刺激回数の増加は泌乳に関係するホルモン類の分泌を促進する効果もあろう。これらの要因はいずれも3回以上の搾乳回数においても有効と思われる。回帰式によれば、搾乳回数が1回増すごとに6.8 kg乳量が増すことになり、多回数搾乳の効果が加算的であるように思われる。しかし、前述のように、他の要因も関与しており、詳細は明らかではない。

搾乳回数と全固形分率との相関係数は低く、有意

ではなかった($r=+0.25$)。また、搾乳回数と無脂固形分率との相関は高くはないが、有意であった($r=+0.33$, $p<0.05$)。図2に、搾乳回数と乳脂肪率との関係を示した。両者の間には、有意な負の相関が存在した($r=-0.41$, $p<0.05$)。乳量と乳脂肪率の間には有意な負の相関があった($r=-0.52$, $p<0.01$)ので、搾乳回数の増加にともなう乳脂肪率の低下は乳量増加の影響が大きいものと思われる。また、搾乳回数の増加は、ロボットにおける濃厚飼料の給与回数が増加につながり、1回の濃厚飼料給与量に下限があるので、濃厚飼料の給与量の増加につながりやすい。ロボットにおける濃厚飼料給与量と乳脂肪率との間には負の相関があった($r=-0.43$, $p<0.05$)。これがルーメン内発酵に影響し、乳脂肪率を低下させたもう一つの原因である可能性が高い^{3,4)}。

搾乳回数と乳糖率との関係を図3に示した。両者の間には有意な正の相関が認められた($r=+0.53$, $p<0.01$)。前述のように、搾乳回数の増加はロボットにおける濃厚飼料の給与量の増加につながりやすい。ロボットでの濃厚飼料の給与量と乳糖率の間には有意な正の相関があった($r=+0.70$, $p<0.01$)。したがって、搾乳回数の増加にともなう乳糖率の上昇はロボットにおける濃厚飼料の給与量が増すことによるルーメン発酵の変化と、これにより促進された糖新生の結果が関与しているものと考えられる⁴⁾。

搾乳回数と乳蛋白質率との関係を図4に示した。両者の間には相関が認められなかった($r=+0.15$)。しかし、両者間には、2次式で表される関係が存在

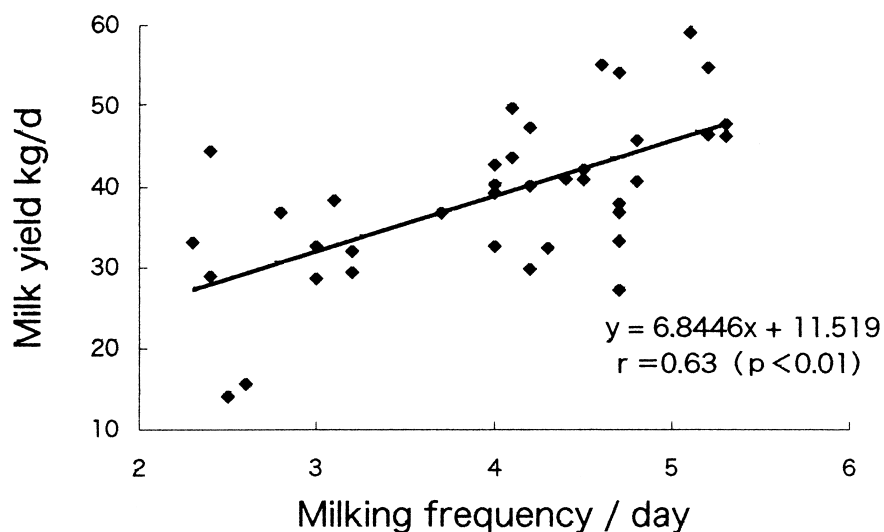


Fig. 1 Relationship between milking frequency and milk yield

する ($R=+0.45$, $p<0.01$)。すなわち、1日の搾乳回数が3~4回の場合に乳蛋白質率が最大となる。本実験では、乳量と乳蛋白質率の間にも2次式で表される関係が存在し ($R=+0.67$, $p<0.01$)、乳量が30 kg/dにおいて乳蛋白質率が最大となった。したがって、搾乳回数の増加にともなう乳蛋白質率の変化は乳量の影響を大きく受けているものと思われる。乳量と乳糖率の間には正の相関があり ($r=+0.67$, $p<0.01$)、乳量が多いほど乳糖率が高くなったので、乳糖の生合成の速度と乳蛋白質の生合成の速度には差がある可能性が示唆された。

以上より、搾乳回数の増加は乳量の増加や乳糖率の上昇をもたらす可能性が示されたが、乳蛋白質率は1日の搾乳回数が3~4回の際に最大となるようであった。したがって、これを超えるような多回数搾乳は乳牛に栄養的・代謝的な負荷を高める可能性があり、代謝病を誘因したり、繁殖成績を低下させる恐れがある。また、高価な搾乳ロボットを有効に活用するためにも、1頭あたりの搾乳回数を多くするよりも搾乳頭数を多くするほうが有利であろう。

データをプールした場合、搾乳時刻と各乳成分と

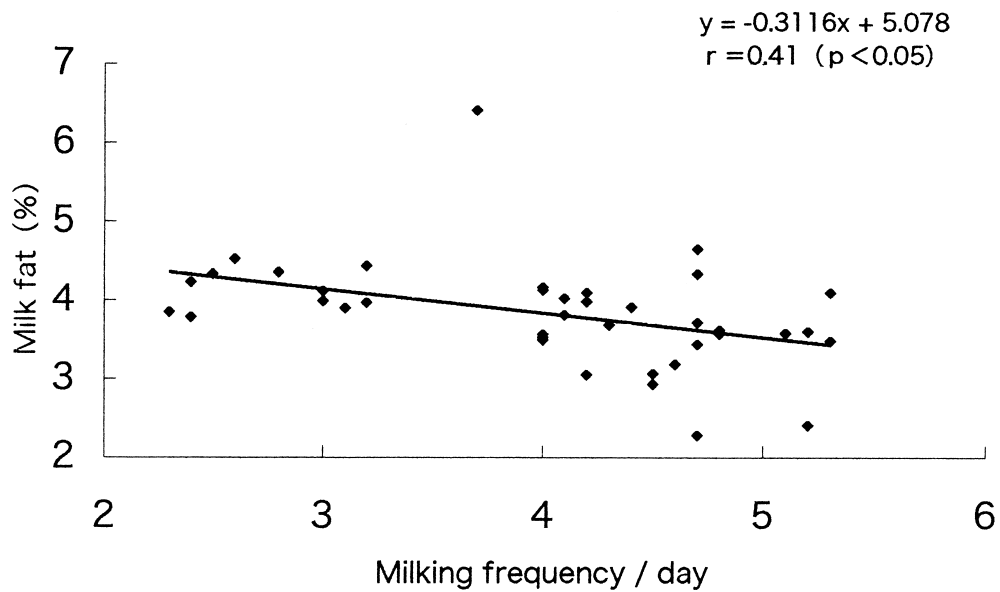


Fig. 2 Relationship between milking frequency and milk fat percentage

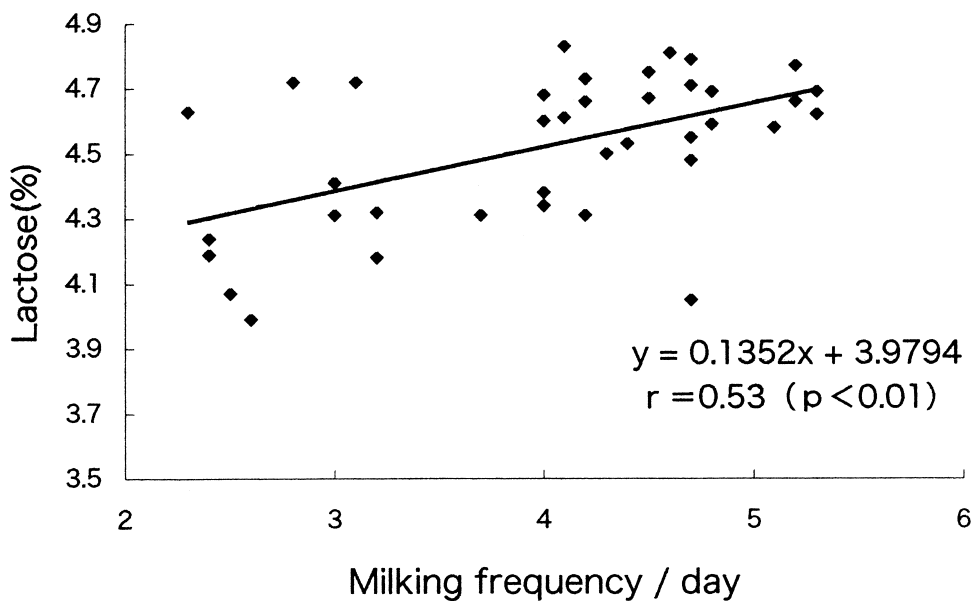


Fig. 3 Relationship between milking frequency and lactose percentage

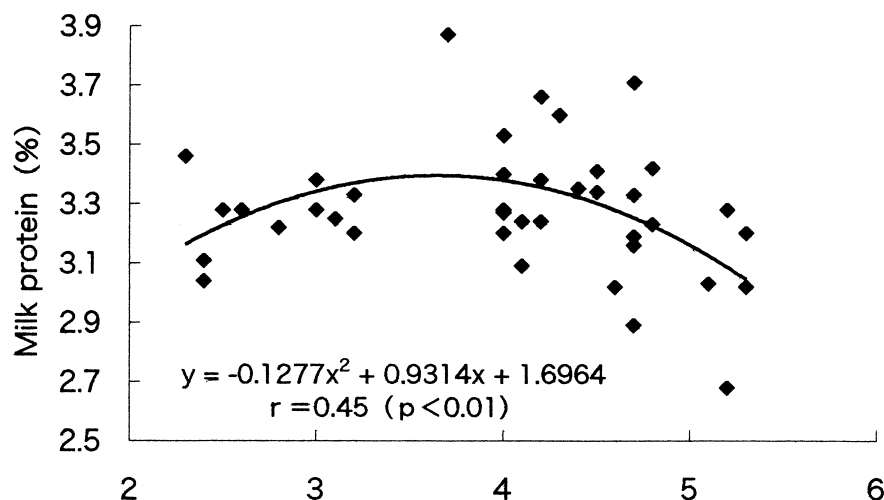


Fig. 4 Relationship between milking frequency and milk protein percentage

の相関は認められなかった($r=+0.01\sim+0.11$)。そこで、個体ごとの時間帯による乳成分の差を、対をなすデータのt検定により分析した。各時間帯における乳成分の平均値を表1に示した。全固形分率は午後の時間帯(12~18時)に高く、午前(6~12時)と深夜(0~6時)に低くなった。無脂固形分率および乳蛋白質率は夜(18~0時)に高く、午前と深夜に低い値となった。また、乳糖率は夜と深夜に高く、午前と午後に低かった。これに対して、乳脂肪率は午前と午後に高く、深夜に低かった。

このように、搾乳時間帯によって乳成分に差が生じることが示された。乳脂肪率と無脂固形分率および、これの主成分である乳蛋白質率と乳糖率とは、概して逆の関係にあるようである。一般に残乳の乳脂肪率は非常に高い²⁾。したがって、2回搾乳の場合には、朝の搾乳による乳汁の乳脂肪率は乳量が多く、残乳が多いために低くなるといわれる。深夜には乳牛がロボットへの進入を相対的に好まず、搾乳間隔が広がり、乳量と残乳が多くなる可能性がある。乳蛋白質の分泌速度は搾乳間隔が8時間を超えると低

下するといわれる³⁾が、搾乳回数は3~6回の範囲にあり、乳成分の分泌速度に影響がでるほど乳房内圧が高まったとは考えにくい。時間帯によって搾乳間隔が変化することにより、搾乳量に差が生じ、それが乳成分率に影響した可能性が高いと思われる。

要 約

自動搾乳システムにおける1日の搾乳回数と乳量および乳成分率との関係、搾乳時間帯と乳成分率との関係を検討した。平均搾乳回数が2.2回から5.4回に増加するにつれ乳量は増加する関係にあった。無脂固形分率、乳糖率も搾乳回数と正の相関があり、乳脂肪率には負の相関があった。また、乳蛋白質率は2次式で表され、1日の搾乳回数が3~4回においてもっとも高くなる関係があった。乳成分率は搾乳時間帯に影響され、全固形分率は午後(12~18時)に高く、午前(6~12時)と深夜(0~6時)に低くなった。無脂固形分率および乳蛋白質率は夜(18~0時)に高く、午前と深夜に低い値となった。また、乳糖率は夜と深夜に高く、午前と午後に低かった。これに対して、乳脂肪率は午前と午後に高く、深夜に低かった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、北海道酪農検定検査協会の工藤卓二氏および同協会の札幌事業所の皆さまには、多大なるご援助をいただいた。また、酪農学園大学附属農場の泉賢一氏および技師の皆さまには、ご指導とご協力をいただいた。深く感謝する次第である。

Table 1 Effect of milking time of day on milk composition (%)

	Time of day			
	6-12	12-18	18-0	0-6
Total solid	11.98 ^b	12.31 ^a	12.14	11.76 ^b
Solid-not-fat	8.41 ^c	8.51 ^b	8.62 ^a	8.48 ^b
Milk fat	3.60 ^a	3.79	3.52	3.28 ^b
Milk protein	3.18 ^c	3.28 ^b	3.34 ^a	3.20 ^c
Lactose	4.63 ^b	4.63 ^b	4.69 ^a	4.68 ^a

Means within rows with different superscripts differ, $P<0.05$

引用文献

- 1) Hamann, J. and F.H. Dodd. 1992. Machine milking and lactation, Bramley, A.J., F.H. Dodd, G.A. Mein and J.A. Bramley eds. 69-96. Insight Books. Vermont, USA.
- 2) Heald, C.W. 1985. Lactation, Larson, B.L. ed. 198-228. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA.
- 3) Okamoto, M. 2000. Comparison of rumination activities of dairy herds fed relatively high and low concentrate diet. Anim. Sci. J. 71: 50-56.
- 4) 岡本全弘. 2002. 新しい酪農技術の基礎と実際, 基礎編. 137-138. 酪農ヘルパー全国協会編. 農山漁村文化協会. 東京.
- 5) 新出陽三. 1990. 新編 酪農ハンドブック. 廣瀬可恒・鈴木省三編. 483-529. 養賢堂. 東京.

Summary

This study was conducted to determine the effects of frequency of milking and milking time on milk composition of cows in an automated milking system. Milking frequency ranged between 2.2 and 5.4 times per day. There was significant positive relationship between milking frequency and milk yield. There were also positive relationships between milking frequency and percentage of solid-not-fat and lactose, and a negative relationship with milk fat content. Milk protein percentage was highest at 3 to 4 times milking per day. Milk composition was affected by milking time of day. Total milk solid was high in the afternoon (12-18) and low in the morning (6-12) and midnight-early morning (0-6). Percentages of solid-not-fat and milk protein were high at night and low in the morning and in the midnight-early morning. Lactose content was high at night and midnight-early morning and low in the morning and in the afternoon. In contrast, milk fat content was high during the day (6-18) and low at night (18-6).