

## ミルクパーラーでのオンライン測定による 乳汁電気伝導度に影響を及ぼす要因

山岸 黄太・柏村 文郎・古村 圭子・新出 陽三・池滝 孝  
帯広畜産大学, 家畜生産管理学, 帯広市 080

### Factors of Affecting On-line Electrical Conductivity of Milk Measured in Milking Parlor

Kouta YAMAGISHI, Fumiro KASHIWAMURA, Keiko FURUMURA, Yozo SHINDE  
and Takashi IKETAKI

Laboratory of Animal Husbandry,  
Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine,  
Obihiro-shi 080

キーワード：オンライン計測, 乳汁電気伝導度, 乳成分, 季節

Key words : on-line measurement, milk electrical conductivity, milk composition, season

#### 要 約

ミルクパーラーで集積されたオンライン測定での分房別乳汁電気伝導度 (PEC) に影響を及ぼす要因について検討した。朝・夕2回の搾乳時に測定された PEC と、毎月1回行われた乳質検査の結果および気温との関係について分析した。

各乳区ともに朝・夕搾乳間と前後の乳区間での4乳区平均 PEC (MPEC) に有意な差が認められた。乳脂肪, 乳タンパク質および乳糖の総計の乳固形分 (FPL) は、夕方の値が朝の値よりも有意に高く、MPEC とは逆の結果であった。MPEC と FPL の季節的な変化も互いにはほぼ逆の傾向を示していた。

MPEC と平均気温との単相関は、朝が 0.26, 夕方が 0.62 と夕搾乳において比較的高かった。また時系列分析の結果、朝搾乳では7, 8月および3月, 夕搾乳では6, 7, 8月および1月において、PECの変動と外気温の変動には高い相関が認められた。

#### 緒 言

乳汁電気伝導度は乳房炎や異常乳の検出に利用できることが知られている。さらに、近年ではオンライン処理による搾乳中の測定が実用化されつつあり (MAATJE et al.; 1992, NIELEN et al.; 1993), 乳房炎発見の自動化に結びつくことが期待されている。

電気伝導度は、乳汁中の電解質の変化により増減する。特に乳房炎に罹患すると乳汁中  $\text{Cl}^-$  と  $\text{Na}^+$  が増加

し、 $\text{K}^+$  が減少して、その結果電気伝導度も上昇する (大島ら; 1974, 大島; 1978)。しかし、乳汁中成分の変動は病理的な要因ばかりでなく、乳量, 産次や泌乳ステージなどの繁殖生理学的な要因でも起こる (SHELDRAKE et al.; 1983)。電気伝導度も乳房炎のみでなく、これらの要因によって影響を受けることが考えられる。

帯広畜産大学附属農場では、搾乳施設の更新と共に乳牛個体情報集積システムが構築され、オンライン処理での電気伝導度の測定が可能となった。そこで、本研究では搾乳ごとに得られる電気伝導度のデータを年間を通して経日的に観察し、日常管理下においてオンライン測定での乳汁電気伝導度に影響を及ぼす病理的以外の要因を調べた。またその結果を基に、今後の有効的な利用に対して考慮すべき点について検討した。

#### 材料および方法

供試動物は帯広畜産大学附属農場において飼養されている、ホルスタイン種搾乳牛群を用いた。牛は屋外運動場付きのフリーストール牛舎で飼養されていた。飼養管理は本学附属農場の慣行法に準じ、粗飼料は乾草とサイレージ (コンサイレージおよびヘイレージ) が自由採食で通年給与され、濃厚飼料は個体別の自動給餌装置によって泌乳ステージおよび乳量に合わせて設定量給与されていた。飲水は自動給水器による自由飲水であった。放牧は1993年5月10日から同年11月17日まで約6ヶ月間、AM 10:30 から PM 2:00 まで3時間30分間行われた。搾乳は10頭複列型パラレル式パーラーで行った。一日2回、朝 (AM 8:00) と夕

(PM 4:00)に搾乳された。データは1993年5月1日から1994年4月30日までの期間に集積されたものを分析に用いた。延べ頭数は151頭、総データ数は36,086であった。測定項目は、オンライン分房別乳汁電気伝導度(PEC)と乳量、産次、泌乳ステージ、搾乳ストール位置および毎月1回15日前後に行った個体別合乳での乳質検査による乳成分および体細胞数(SCC)である。乳成分は、乳脂肪率(FAT)、無脂乳固形分率(SNF)、乳タンパク質率(PRO)および乳糖率(LAC)である。SCCは常用対数変換した値(LSCC)を分析に用いた。乳成分およびSCCの測定は十勝農業協同組合連合会生乳検査センターに依頼した。

PECと気温の関係について調べるために、帯広畜産大学気象月表から日平均気温のデータを使用した。

統計分析はPEARSONの相関分析とSASのGLMによる分散分析を行った。また、PECの日々の変動に対する外気温の影響を調べるために、朝、夕の4乳区平均電気伝導度(MPEC)と日平均気温(MT)の移動平均値(RA)を算出した。そして各々の実測値とRAの差を求め、その値を用いてMTとMPECの相関を調べた。

### 結果および考察

MPECと乳量、FAT、SNF、PRO、LACおよびLSCCの相関分析の結果を表に示した(Table 1)。MPECとすべての変数間で有意な相関が認められた( $P < 0.01$ )。各成分とは負の相関が見られた。他の報告(大島ら; 1976, 西条ら; 1989)と比較して相関係数が低いのは、PECはパーラーにおける搾乳中のオンライン測定値(5秒間隔で測定した値の高い方の20点の平均)であり、乳成分はその時に部分的に採取したものの測定値であるためと思われる。

PECに及ぼす乳量レベル、産次、泌乳ステージ、季節(月)、朝・夕搾乳および搾乳ストール位置の効果はすべて有意であった( $P < 0.0001$ )。搾乳ストール位置の効果が有意に示された原因は、特定の牛が同じストールに入る傾向があるか、またはPECセンサーの

機差補正が不十分であったかのいずれかであると思われる。ただし、この効果は小さいものであり、GLMで得られた他の要因の効果には重要な影響を与えていないと考えられる。

各乳区ごとの朝と夕方のPECの平均値を図で示した(Fig. 1)。すべての乳区で朝と夕方の値の間に統計的に有意な差が認められた( $P < 0.0001$ )。また、前後の乳区間を比較すると朝、夕ともに前乳区の方が後乳区の値よりも有意に高い結果を示した( $P < 0.0001$ )。OSHIMA et al. (1978)は後搾り乳に含まれる電解質イオンは前搾り乳と比較して多いことを、またFERNAND et al. (1981)は乳汁中脂肪分含量が多いほど電気伝導度は低下することを報告している。また、MPECと乳固形分(FPL)を朝と夕で比較すると、FPLの低い朝搾乳ではMPECは低く、FPLの高い夕搾乳ではMPECは高くなっていった(Fig. 2)。このことから考えると、朝・夕および前後乳区のPECの差は乳成分の差に関連すると考えられた。乳量レベルにおいては、乳量が多いとPECも高い傾向であった。産次においては、初産と2産ではほぼ同じレベルであったが、3産および4産次以上では高くなる傾向であった。泌乳ステージにおいては、搾乳開始後90日まではわずかに増加していたが、90日から180日までにかけてさらに増加して以後漸減した。さらに乳質検査のデータを用いて、その検査日のMPECと乳固形分(FPL)の歴月の推移をみると、FPLが低下した時期にはMPECは上昇するという傾向が多くのもで認められた(Fig. 3)。PECと乳成分の関係、および季節によるPECと乳固形分の関係から推察すると、PECに影響を及ぼすことが明らかになった要因は、いずれも乳成分と深い関係の中で有意な効果が示されたと思われる。さらに、PECに影響を及ぼす要因の中で季節(月)の効果は、給与飼料の変化、放牧草の変化そして気象の変化などが複合した形で影響すると考えられる。ここで、気象的变化の中で最も季節的变化が明瞭な気温について分析を進めた。実験期間中の日平均気温(MT)とMPECの実測値とそれぞれの移動平均値を図に示した(Fig.

Table 1. Correlation coefficients between MPEC, milk yield and the milk constituents (n=1217).

Component	MILK	FAT	SNF	PRO	LAC	SCC	LSCC
MPEC	.18*	-.34**	-.48**	-.17**	-.54**	.08**	.12**
MILK	*	-.50**	-.25**	-.44**	.30**	-.09**	-.41**
FAT			.13**	.29**	-.27**	.09**	.29**
SNF				.83**	.32**	-.07**	.00NS
PRO					-.25**	.00NS	.20**
LAC						-.13**	-.34**
SCC							.56**

Correlation coefficient are statistically significant at  $P < 0.01$  (\*\*) and not significant (NS).

ミルクパラーでのオンライン測定による乳汁電気伝導度に影響を及ぼす要因

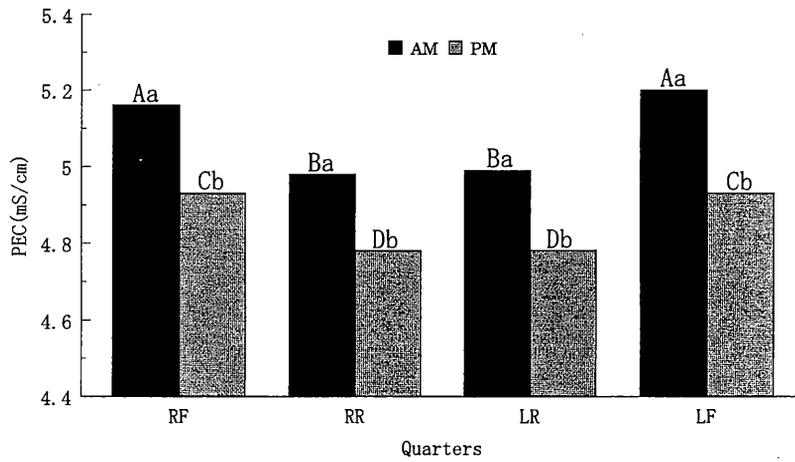


Figure 1. Mean of PEC of each quarter on morning milking (AM) and evening milking (PM).

a, b; Significantly different between a and b on each quarters ( $P < 0.0001$ )  
 A, B; Significantly different between A and B ( $P < 0.0001$ )  
 C, D; Significantly different between C and D ( $P < 0.0001$ )  
 RF; quarter of right front  
 RR; quarter of right rear  
 LR; quarter of left rear  
 LF; quarter of left front

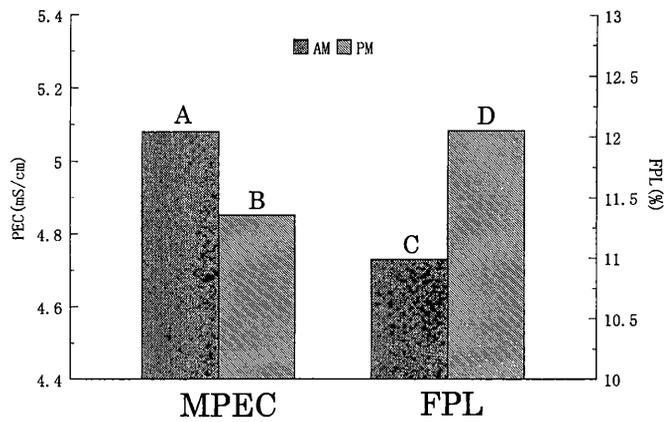


Figure 2. The difference between AM and PM milking on MPEC and FPL.

A, B; Significantly different between A and B ( $P < 0.0001$ )  
 C, D; Significantly different between C and D ( $P < 0.0001$ )

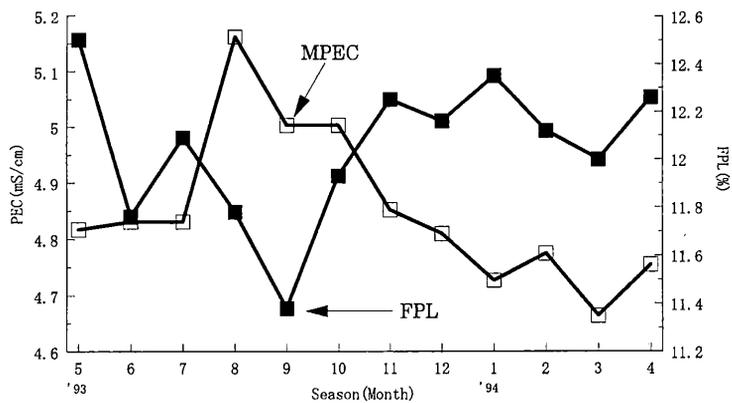


Figure 3. Relationship between MPEC and milk constituents (FPL) on evening milking (PM) for a year.

MPEC; Mean of PEC of 4 quarters  
 FPL; Total amounts of fat, protein and lactose proportion in milk

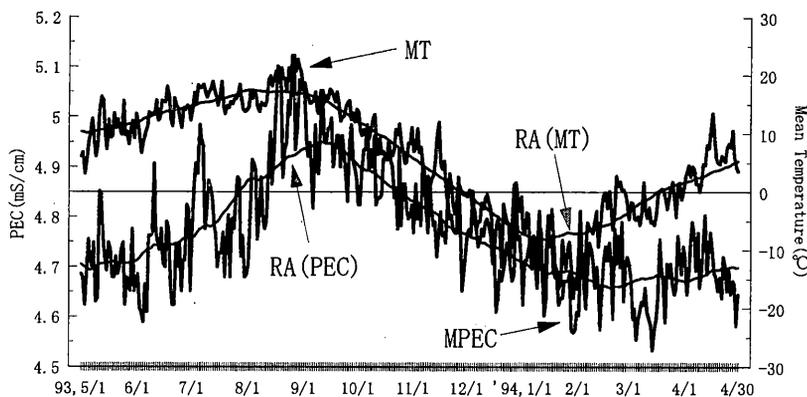


Figure 4. Variation in PEC at PM and mean temperature (MT) of daily measurements and calculated running average (RA).

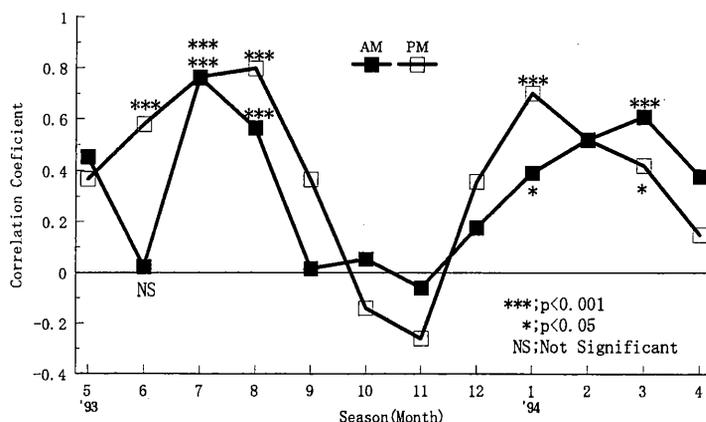


Figure 5. Results of simple correlation of MPEC and MT for the difference between measurements and RA.

4). 1年間(365日)を通じたMTとMPECとの単相関係数は朝と夕でそれぞれ0.26および0.62 ( $P < 0.001$ )と、夕搾乳において高い相関関係が認められた。また、歴月ごとでは、特に7月(朝;  $r=0.68$ , 夕;  $r=0.66$ ), 8月 ( $r=0.67, 0.83$ ) および3月 ( $r=0.66, 0.60$ ) において朝、夕ともに高い相関を示した。一般的に乳牛の適温範囲は4~24℃とされ、その範囲を超えると乳牛は高温による影響を受けるとされている(柴田; 1983)。したがって、特に牛が影響を受けやすい高温環境下の夏期に、PECは外気温の影響を受けるということが示唆された。さらに日々の外気温変動がPECに及ぼす影響を調べるために、季節(月)ごとの相関分析の結果を図に示した(Fig. 5)。ここでは、外気温およびPECそれぞれの実測値と移動平均値の差を求め、その差について相関関係を求めたものである。その結果、特に朝、夕搾乳共通して7月 ( $r=0.76, 0.76$ ), 8月 ( $r=0.56, 0.80$ ) にPECの日々の変動と気温の日々の変動との間に高い正の相関が認められた。久米ら(1989)は牛乳中の主要ミネラル含量の変動に及ぼす高温環境下の暑熱ストレスの影響は、それによる乳量の変動よりも大きいことを示唆している。ただし、乳成分自身は我々の観測した程度の気温範囲

では影響されにくいとの知見を考え合わせると、単純にPECが気温に直接影響されているとは結論づけられない。気温変化が牛の採食量や採食行動に影響を与え、その結果PECが変動したことも考えられる。これらの関係については、さらなる検討が必要であろう。また、現在広く使われている電気伝導度による乳房炎判定基準(絶対値6.2 mS/cmおよび分房間差値 $\geq 0.5$  mS/cmの併用)においては、乳量レベル、産次、泌乳ステージ、季節および朝・夕搾乳を考慮した基準値が必要かさらに検討されるべきであることが本研究により示唆された。

### 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、ご協力を頂いた本学附属農場職員ならびに十勝農業協同組合連合会生乳検査センター職員の方々に記して深謝の意を表します。

### 文 献

FERNANDO, R. S., R. B. RINDSIG and S. L. SPAHR, (1981) Effect of length of milking interval and fat content on milk conductivity and its use for detecting mastitis. *J. Dairy Sci.*, **64**: 678-682.

- 久米新一・高橋繁男・栗原光規・相井孝允, (1989) 牛乳中の主要ミネラル含量に及ぼす高温環境の影響. 日畜会報, **60**: 341-345.
- MAATJE, K., P. J. M. HUIJSMANS, W. ROSSING and P. H. HOGWERF, (1992) The efficacy of in-line measurement of quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for the detection of clinical and subclinical mastitis. *Livest. Prod. Sci.*, **30**: 239-249.
- NIELEN, M., Y. H. SCHUKKEN, J. VAN DE BROEK, A. BRAND, H. A. DELUYKER and K. MAATJE, (1993) Relations between on-line electrical conductivity and daily milk production on low somatic cell count farm. *J. Dairy Sci.*, **76**: 2589-2596.
- 西条勝宜・吉田宮雄・田中章人・出井忠彦・中田基家, (1989) 乳汁の電気伝導度変動要因および乳房炎判定について. 長野県畜試年報, **222**: 1-5.
- 大島正尚・布施 洋・石井忠雄, (1974) 分房乳中のナトリウムとクロール濃度の増加とそれに伴う他の乳成分濃度の変化について. 日畜会報, **45**: 543-550.
- 大島正尚, (1978) 電気伝導度による分房乳の異常の検査法. 畜試年報, **18**: 111-124.
- 大島正尚・布施 洋, (1977) 正常乳における比電気伝導度と乳固形分含量との関係について. 日畜会報, **48**: 210-214.
- OSHIMA, M., (1978) Physiology of mammary glands. (YOKOYAMA, A., H. MIZUNO and H. NAGASAWA eds.) 363-382. Univ. Park Press. Baltimore.
- SHELDRAKE, R. F., R. J. T. HOARE and G. D. MCGREGOR, (1983) Lactation stage, parity, and infection affecting somatic cells, electrical conductivity, and serum albumin in milk. *J. Dairy Sci.*, **66**: 542-547.
- 柴田正貴, (1983) 高温環境下における乳牛の熱収支と乳生産. 日畜会報, **54**: 635-647.