

潜在性乳房炎の指標としての電気伝導度 及び体細胞数の変動要因について

鈴木 徹*・鈴木 三義*・三好 俊三*・光本 孝次*

(受理: 1983年5月31日)

Variation of electrical conductivity and Somatic Cell Counts of milk as predictor of subclinical mastitis

Toru Suzuki*, Mitsuyoshi Suzuki*, Shunzo Miyoshi* and
Takatsugu Mitsumoto*

摘 要

潜在性乳房炎の検出指標である乳汁中の電気伝導度と体細胞数を測定し、これらに影響を及ぼす要因を検討した。また、体細胞数と電気伝導度が産乳量に及ぼす影響を比較検討した。

データは、帯広畜産大学付属農場で昭和57年4月から10月までの87頭、延べ1595頭から採取した。測定は、毎週一回午前搾乳時に、各分房の前搾り乳について行った。体細胞数および電気伝導度に影響を及ぼす要因を検討するため、産次、泌乳ステージ、季節および種雄牛の効果を独立変数とした最小自乗分析を行った。また、体細胞数と電気伝導度の産乳量に及ぼす影響を比較検討するためには、上記の環境要因を数学モデルに組入れた最小自乗分析を行った。

体細胞数および電気伝導度に対する産次、泌乳ステージ、季節および種雄牛の効果はいずれも有意であった。体細胞数は、産次の進行に対し増加したが、電気伝導度では、3産次まで上昇し、4産次で減少した。また、泌乳ステージの進行に伴って体細胞数は増加したが、電気伝導度は約209日まで上昇し、それ以降では下降傾向を示した。融雪期に当たる4月には両形質とも高い値を示し、放牧期には低い値で推移する傾向を示した。

産乳量に及ぼす電気伝導度と体細胞数の影響から、電気伝導度による判定の方が、体細胞数による判定よりも的確に潜在性乳房炎を検出することが示唆された。

緒 論

乳牛の乳房炎は、特定の細菌あるいはウイルスなどの感染による直接的要因と生体の耐病性や環境条件などの間接的要因が結合して生ずる乳房内の炎症である。本症は、産乳量の大きな低下をもたらす、乳牛管理上も労力と治療費を必要とする疾病であるが、複雑な症

候群であり、かつ広範囲に発生する疾病であるために、その予防、早期の発見と治療、淘汰などが経済的に高い効果をもたらすと考えられる。

乳房炎において潜在性乳房炎を早期に検出する方法として乳汁中の体細胞数に基づく方法と乳汁の Na, Cl などの乳成分の変化に基づく方法がある¹⁾。また、牛群検定などの組織で定期的に検査し、適切な診断を

* 帯広畜産大学家畜生産科学科

* Department of Animal Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido 080, Japan

するためには種々の環境条件に対応する情報を必要とする。すなわち、乳牛の産次、泌乳ステージ、季節などの環境効果や種雄牛の効果は、安価に多量の客観的な測定値が得られることが前提条件となるため、乳汁中の体細胞数測定機や電気伝導度の測定機が実用化されている。

本研究では、乳汁中の体細胞数及び電気伝導度を測定し、これらに影響をおよぼす要因を検討した。さらに、体細胞数の増加あるいは電気伝導度の上昇が産乳量におよぼす影響を比較検討した。

材料と方法

データは、本学付属農場の搾乳牛について昭和57年4月から同年10月までの7カ月間、87頭から得られた。試料は、毎週一回午前搾乳時にミルクングパーラーで採取した搾乳牛別、各分房ごとの約10mlの前搾り乳である。乳汁中の電気伝導度は、エーザイ社のマスタイザーで、体細胞数(1ml当り)は、フォス・エレクトリック社のフォソマチックで延べ1595頭の6380分房乳について測定した。

統計的な分析をするにあたり、体細胞数については、その分布を正規化するため、自然対数スケールに変換した。電気伝導度においては、四分房中の最低電気伝導度値と四分房の平均電気伝導度値、さらに各分房の電気伝導度値から最低電気伝導度値を引いた分房間差値を用いた。そして、それらの統計量に対して産次、泌乳ステージ、季節、種雄牛の効果を検討した数学モデルを設定し、最小自乗分析を行った。産次は、1産次、2産次、3産次および4産次以上の4段階に分類した。泌乳ステージは、0~29日、30日より30日ごとの8段階および270日以上を合わせて10段階に分類した。季節は、4月~10月まで7カ月を暦月ごとに分類した。種雄牛は、娘牛を3頭以上保有する11頭である。

用いた数学モデルは、

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + e_{ijkl}$$

ここで

y_{ijkl} ; i 番目産次における j 番目泌乳ステージの k 番目月に採取した l 番目種雄牛の娘牛の最低電気伝導度値、平均電気伝導度値、分房間差値および体細胞数

μ ; 総平均

A_i ; i 番目の産次の効果 ($i=1, \dots, 4$)

B_j ; j 番目の泌乳ステージの効果 ($j=1, \dots, 10$)

Table 1. Criteria for the classification of subclinical mastitis

Criterion
1. Somatic Cell Counts (SCC); 500,000/ml (in the quarter milk and whole milk)
2. Lowest conductivity among quarter (BASE); 60×10^{-4} s/cm or Differential conductivity; 4×10^{-4} s/cm
Classification
Group A: lower than the both criteria
Group B: higher than the criterion 1
Group C: higher than the criterion 2
Group D: higher than the both criteria

C_k ; k 番目の採取月の効果 ($k=1, \dots, 7$)

D_l ; l 番目の種雄牛の効果 ($l=1, \dots, 11$)

e_{ijkl} ; 残差

各電気伝導度値および体細胞数と乳量との関連性を検討するために、それら形質間の単純相関係数を推定した。

一方、本研究で用いた潜在性乳房炎の判定基準は表1に示した通りである。電気伝導度については、大島・布施²⁾の方法を用いた。体細胞数については、乳汁中への体細胞の混入の病理的限度を50万個/mlに設定した報告が多いことから、本研究においても50万個/mlを基準とした¹⁾。また、体細胞数は、分房乳と個体乳別に判定した。表1の判定基準に基づいた分類の産乳量に及ぼす影響を分析するため、産次、泌乳ステージおよび季節を考慮し、次の数学モデルを設定し、最小自乗分析を行った。

1. 分房乳について

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + F_l + (AF)_{il} + e_{ijkl}$$

2. 個体乳について

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + G_l + (AG)_{il} + e_{ijkl}$$

ここで、

y_{ijkl} ; i 番目産次における j 番目泌乳ステージの k 番目月に採取した l 番目の判定分類の産乳量

μ ; 総平均

A_i ; i 番目の産次の効果 ($i=1, \dots, 4$)

B_j ; j 番目の泌乳ステージの効果 ($j=1, \dots, 10$)

C_k ; k 番目の採取月の効果 ($k=1, \dots, 7$)

F_l ; 分房乳における l 番目の判定分類の効果 ($l=1, \dots, 4$)

(AF)_{il}: *i* 番目の産次と分房乳における *l* 番目の判定分類の交互作用の効果

G_l: 個体乳における *l* 番目の判定分類の効果 (*l*=1,...,4)

(AG)_{il}: *i* 番目の産次と個体乳における *l* 番目の判定分類の交互作用の効果

e_{ijkl}: 残差

結果と考察

各電気伝導度値および体細胞数に対する最小自乗分析の結果を、表2に示した。各統計量に対する変動要因の効果はすべて有意であった。

産次に対する各測定値の推移を図1に示した。最低電気伝導度値、平均電気伝導度値および分房間差値は、

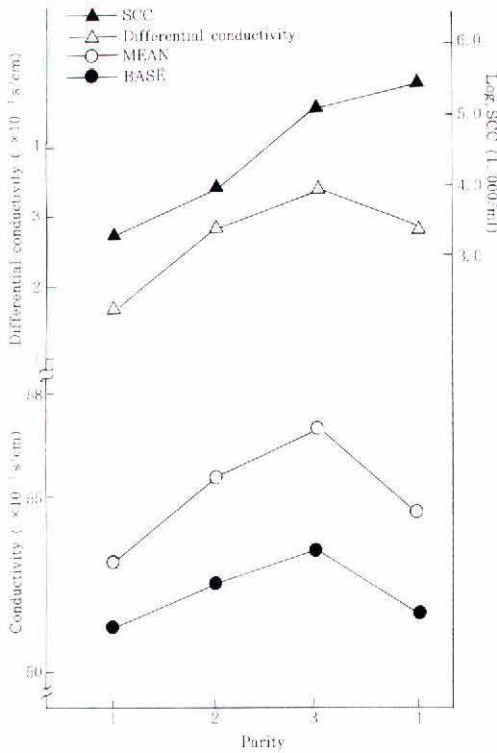


Fig. 1. Trends of least squares means for conductivity and SCC on parity

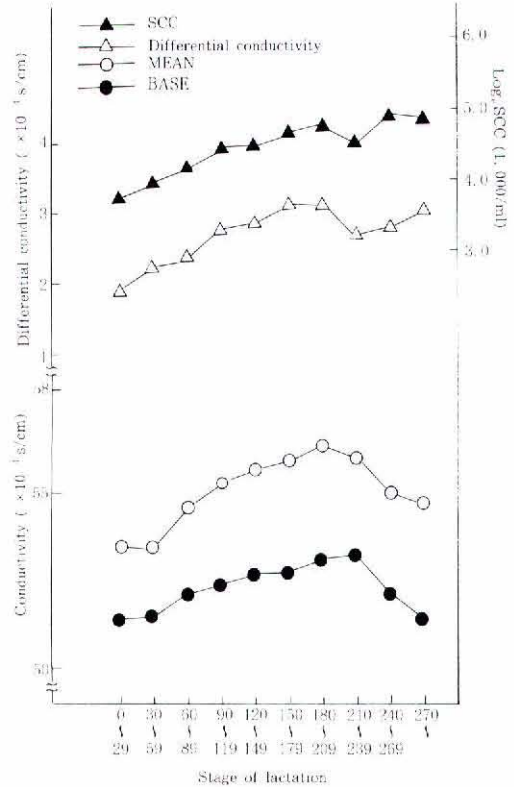


Fig. 2. Trends of least squares means for conductivity and SCC on stage of lactation

Table 2. Analysis of variance of conductivity and Log_e SCC

Source of variation	d. f.	Mean square			
		BASE ^{a)}	MEAN ^{b)}	Differential conductivity	SCC ^{a)}
Parity	3	178.12**	553.20**	103.67**	123.86**
Stage of lactation	9	61.14**	132.33**	23.85**	18.07**
Season	6	109.05**	116.72**	22.25**	8.35**
Sire	10	395.81**	276.22**	80.83**	39.17**
Residual error	1566	8.48	13.81	4.85	1.75

a) see table 1.

b) absolute conductivity mean of four quarters.

** P<0.01

いずれも3産次までは上昇したが4産次以上において減少した。このことは、同じ農場でのデータによる奥田³⁾や泉⁴⁾の報告と異なるものであった。この原因として、次のことが考えられた。すなわち、前産次で淘汰された乳牛が多く、本研究に用いた乳牛群には電気伝導度の低いものが多く残った可能性が存在するであろう。体細胞数は、産次の進行に伴って上昇した。これはKENNEDYら⁷⁾の報告と一致した。

泌乳ステージに対する各測定値の推移を図2に示した。各形質とも泌乳ステージの進行に伴って増加傾向にあったが、最低電気伝導度値、平均電気伝導度値および分房間差値は泌乳209日前後から低下した。これらの結果は、泉⁴⁾の報告に一致した。電気伝導度と高い負の相関関係にある無脂固形分率⁵⁾は、泌乳ステージの後期に上昇する⁶⁾ことより、電気伝導度が低下したと推察される。体細胞数は、泌乳ステージの進行に伴って増加した。KENNEDYら⁷⁾も泌乳ステージの進行に伴って体細胞数の増加を報告した。

季節に対する各形質の推移を図3に示した。各形質とも4月に高い値を示した。この季節は融雪期に当たり、牛床、ルーズバーンなどが汚染され易く、乳房炎に感染する機会も多くなることが推察される。また、9月においても高くなった。しかしながら、9月は他の月と同様、放牧期にあり、雨天の日も三日しかなく乳房などの汚染が考え難いことから、さらに他の要因を検討する必要がある。

種雄牛による有意な効果が認められた(表2)。このことは、電気伝導度値と体細胞数に遺伝的な変異の存在する可能性を示唆するものである。体細胞数においてKENNEDYら⁸⁾は、その遺伝率を0.08と報告した。また、ALIとSHOOK⁹⁾は、それが0.1~0.3の間にあるとした。体細胞数、および電気伝導度においても、さらに広範なデータを蓄積して、遺伝的な分析が望まれるものである。

表3には、各電気伝導度値、体細胞数および乳量の相互間の単純相関係数を示した。分房間差値と分房ごとの体細胞数との相関係数は右前で0.65、右後:0.60、左前:0.56および左後:0.66と推定され、いずれも有意であった。

しかし、体細胞数も分房間差値も潜在性乳房炎の指標物という共通の目的に用いられるという観点から考察すれば、むしろ低い推定値であるとさえ思われる。また、乳量と最低電気伝導度値、左後分房間差値、左

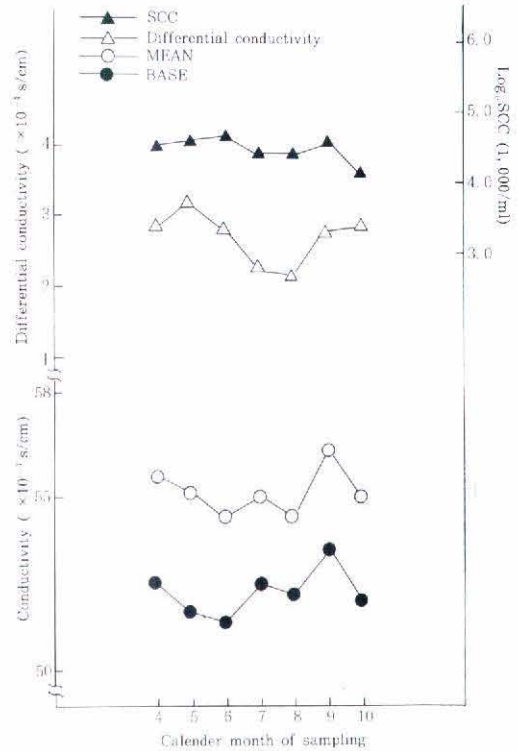


Fig. 3. Trends of least squares means for conductivity and SCC on season

後体細胞数間においてのみ、わずかに正の相関が推定された他は、全て負の相関関係にあった。これら負の相関係数は、その絶対値が高くないため、断定しづらいが、体細胞数及び電気伝導度の上昇が、乳量の低下を生じせしめるものと思われる。この体細胞数および電気伝導度と産乳量の関係をさらに詳細に調査するため種々の環境要因を考慮して、最小自乗分析を行った。その結果は表4に示し、表5にはこの分析における潜在性乳房炎の判定分類の産乳量に対する効果を推定するため、その最小自乗平均値と標準偏差を示した。また表5には、各判定分類に該当する個体の延べ頭数を符記した。分房乳で判定した場合、および個体乳で判定した場合、双方とも正常とされる分類Aに比べ、分類Cと分類Dで乳量の低下が認められた。また、体細胞数では異常乳とされないが、産乳量の低下が認められた分類Cにおいて、分房乳で出現数331頭で全体の20.7%、個体乳において535頭、全体の33.5%を占めた。さらに、体細胞数と電気伝導度による判定の連関性を考察するために各分類間の頭数について点相関

Table 3. Simple correlation coefficients among conductivity, SCC and milk yield

	BASE ^{a)}	Differential conductivity				Milk yield				Log _e SCC ^{a)}				MEAN ^{b)}
		RF	RH	LF	LH	RF	RH	LF	LH	RF	RH	LF	LH	
Differential conductivity														
RF	0.04													
RH	0.05	-0.00												
LF	0.06*	0.01	-0.02											
LH	0.00	-0.06*	0.22**	0.13**										
Milk yield														
RF	0.03	-0.06*	-0.07**	-0.10**	0.06*									
RH	0.24**	0.65**	0.07**	0.12**	0.08**	-0.16**								
LF	0.24**	0.19**	0.60**	0.07**	0.21**	-0.14**	0.40**							
LH	0.29**	0.11**	0.11**	0.56**	0.12**	-0.16**	0.43**	0.37**						
MEAN ^{b)}	0.18**	0.10**	0.26**	0.20**	0.66**	0.06*	0.33**	0.53**	0.42**					
Mean of Log _e SCC among quarters	0.82**	0.36**	0.26**	0.34**	0.37**	-0.11**	0.46**	0.43**	0.46**	0.43**	0.46**	0.43**		
	0.25**	0.41**	0.33**	0.30**	0.43**	-0.02	0.66**	0.69**	0.67**	0.67**	0.67**	0.77**	0.58**	

a) see table 1., RF; right-fore RH; right-hind LF; left-fore LH; left-hind.

b) see table 2.

** P<0.01, * P<0.05.

Table 4. Analysis of variance of milk

Source of variation	d. f.	Mean square	
		Quarter milk	Whole milk
Parity	3	281.85**	142.57**
Stage of lactation	9	651.48**	657.71**
Season	6	88.83**	88.83**
Group ^{a)}	3	45.01**	59.34**
Parity×Group	9	25.02**	20.12**
Residual error	1564	4.58	4.55
Multiple correlation coefficients		0.779	0.780

a) see table 1.

** P<0.01.

Table 5. Least squares means (LSM) of morning milk yield and the number of cows in each group^{a)}

Group	A	B	C	D
Quarter milk				
No. of cows	780	52	331	432
LSM (kg)	12.18	12.38	11.60	11.30
s. e.	0.10	0.31	0.12	0.15
Whole milk				
No. of cows	828	6	535	226
LSM (kg)	12.20	14.56	11.56	11.10
s. e.	0.09	2.22	0.09	0.21

a) see table 1.

係数¹⁰⁾を推定した。その結果、分房乳において0.55、個体乳で0.41が推定された。これらの値は、表3に示した体細胞数と電気伝導度との間の単純相関係数に近似したものであった。大島¹¹⁾は、体細胞数および電気伝導度での判定結果について、乳腺内への炎症に伴う体液浸出の過程と白血球遊走の過程に時間的なズレがあるとすれば両方法による判定結果が一致しないことが生ずることを示唆した。すなわちここで推定した相対的に低い点相関係数も妥当な推定値であるとされる。

これらのことより、潜在性乳房炎と判定される分類において、分類Dは、分類Bや分類Cよりも症状が重いとされうるかもしれない。また逆に、分類Cに属したものは、より症状の軽い潜在性乳房炎に罹患している可能性を持つものと思われる。本研究における潜

在性乳房炎の判定結果は、乳量の低下やそれぞれの分類に出現した頭数から、体細胞数よりも電気伝導度が潜在性乳房炎のより良い示標となる可能性を示唆した。さらに、定期的な乳汁中の電気伝導度の測定は、潜在性乳房炎の検出手法として非常に有効なものになると思われる。

謝 辞

本研究の実施にあたり、帯広畜産大学付属農場ならびに家畜育種学教室諸氏の協力が大きな支えになった。また、フォス・エレクトリック・デンマーク、フォス・エレクトリック・ジャパン株式会社、富士平工業株式会社より体細胞数自動測定機を提供していただいた。記して謝意を表わしたい。

この報告は、家畜育種学教室からの寄稿 No. 39 とする。

参 考 文 献

- 1) 飯塚三喜 (1979): 牛の乳房炎, 日本獣医師会, pp. 59~84.
- 2) 大島正尚・布施 洋 (1978): 異常乳の新しい判定基準とその適用について, 畜試研報, 34: 7~14.
- 3) 奥田耕之助 (1981): 乳汁の電気伝導度と乳量および搾乳性との関係, 帯広畜産大学家畜育種学教室, 卒業論文.
- 4) 泉 裕司 (1982): 牛乳中の電気伝導度と搾乳性および乳生産との関係, 帯広畜産大学家畜育種学教室, 卒業論文.

- 5) 大島正尚・布施 洋 (1976): 個体別の正常乳における諸乳成分の相互関係、とくに電解質濃度と乳脂率および全固形分含量との間のあきらかな負の相関関係について、日畜会報, 47: 494~499.
- 6) 鶴田彰吾 (1981): 地域, 産次, 分娩月の泌乳曲線に及ぼす影響, 帯広畜産大学家畜育種学教室, 卒業論文.
- 7) KENNEDY, B. W., M. S. SETHAR, A. K. W. TONG, J. E. MOXLEY and B. R. DOWNEY (1982): Enviromental factors influencing test-day Somatic Cell Counts in Holstein. J. Dairy Sci., 65: 275-280.
- 8) KENNEDY, B. W., M. S. SETHAR, J. E. MOXLEY and B. R. DOWNEY (1982): Heritability of Somatic Cell Counts and its relationship with milk yield and composition in Holstein. J. Dairy Sci., 65: 843-847.
- 9) ALI, A. K. A. and G. E. SHOOK (1980): Heritability and repeatability of somatic cell concentration in milk. J. Dairy Sci., 63 (Suppl. 1): 100 (Abstr.).
- 10) 後藤昌司 (1973): 多変量データの解析法, 科学情報社, pp. 18.
- 11) 大島正尚 (1976): 電気伝導度測定による異常乳房乳の検出, 畜産の研究, 30: 375-379.

Summary

Sensitivity of the Somatic Cell Counts (SCC) and Electric Conductivity (EC) in milk as a screening indicator for subclinical mastitis were evaluated on foremilk samples from April to October in 1982. A total of 1595 milk samples from the four quarters of the 87 Holstein cows in the herd at the university farm were taken weekly at the morning milking.

The effects of parity, stage of lactation, season and sire on SCC and EC values were estimated by least squares analysis, and were found to be significant. As parity progressed, SCC values had a tendency to increase gradually, whereas EC value tended to increase to the third parity and then decrease in the fourth parity. As the stage of lactation progressed,

SCC values had a tendency to increase throughout the period. EC value, however, tended to increase to around 209 days, decreasing toward late lactation. SCC and EC values were highest in April when the ground was wet with snow, and lower during the pasturing period.

Simple correlations between SCC and EC value were moderate (0.56 to 0.66) in quarter samples.

According to the reductive potential on milk yield, it is suggested that the EC differential value is more precise a subclinical indicator than SCC values.