

電気伝導度による異常乳の野外調査

浜名克己・田浦保穂・荒川絹子*¹・山本雅一*²

(家畜臨床繁殖学研究室)

昭和63年8月10日 受理

Detection of Subclinical Mastitis by Electronic Conductivity Measurement and California Mastitis Test

Katsumi HAMANA, Yasuho TAURA, Kinuko ARAKAWA*¹

and Masaichi YAMAMOTO*²

(Laboratory of Veterinary Reproduction)

緒 言

乳房炎による異常乳³⁾は、酪農家にとって大きな問題である。乳房炎による経済的な損失には、乳量の減少、乳成分の損失、出荷不能による損害、薬剤などの治療費用、牛の更新費用などが考えられるが、乳房炎の90~95%は外見上健康な潜在性乳房炎であり、これによる乳量の減退や乳質の低下は目に見えない損害である。わが国における潜在性乳房炎の発生率は頭数で約50%、分房別では約25%とされている。潜在性乳房炎の乳牛と分房を検出するには、乳汁中の体細胞数やその増加を反映する California Mastitis Test (CMT) が主として用いられている⁴⁾。

乳房炎になると種々な乳成分に変化の生じることはよく知られている⁵⁾。その中で、電解質中のナトリウム (Na) とクロール (Cl) は増加し、カリウム (K) は乳糖とともに減少し⁹⁾、また Na+Cl を分房間差値でみると、個体差がなくなり、異常乳の判定がより正確になされる^{11,15)}ことが示された。

他方、Davis¹⁾は乳汁の電気伝導度の測定が潜在性乳房炎の検出に有用であることを明らかにした。その後、Linzellら⁷⁾、大島ら^{10,12-14,16,17)}、Peaker²⁰⁾などの一連の研究により、電気伝導度は乳汁中の Na+Cl の値とよく一致すること、蛋白や乳糖などの無脂固形分とよく相関すること⁶⁾、電気伝導度の分房間差値 (以下、間差値) が有用であり、間差値による異常乳の判定は、体細胞数や CMT ともかな

り一致することが示された。さらに間差値は潜在性乳房炎の簡易検査法として応用された^{18,19)}。

近年、わが国では乳汁中の電気伝導度とその間差値がワンタッチで表示される器具が開発され、その野外応用が可能となった。本論文では、農家における潜在性乳房炎の実態を明らかにするために、電気伝導度と従来の CMT を併用し、その結果を種々な点から比較検討した。

材 料 と 方 法

宮崎県都城市の霧島山麓にある8戸の酪農家に飼養されているホルスタイン種搾乳牛を対象として、6ヵ月間にわたって8回、のべ199頭768分房の乳汁を採取して材料とした。対象農家の概要は Table 1 に示したが、いずれも中規模以上で、放牧地を持ち、一般的には衛生的な管理がなされていたが、農家 G はやや不良であった。また農家 H は大規模で、他のスタンション方式と異なり、ルーズバーン方式で飼養され、糞尿処理もロストルや尿溝式ではなく、ブルドーザーによる定期的な清掃がなされていた。

採材はすべて朝の搾乳時に行い、分房別に約20mlの乳汁をプラスチック製容器に取り、氷冷して、その日のうちに検査をした。

検体はまず凝固物 (ブツ) の存在、色調、臭気などの官能検査をした。ついで、牛乳用電気伝導度計 (マスタイダー、エーサイ KK 製) を用いて、一度に同一牛の4分房乳を試料台に載せ、電極を浸漬して、伝導度の絶対値を記録し、切り換えボタンにより間差値を読みとった。本機による伝導度は自動的に25°Cに補正されて表示される。

間差値による異常乳の判定は Table 2 に示す基準によってなされたが、集計に際しては、+, ++, +++ をまとめて陽性とした。

*¹ 自営、鹿児島県始良郡栗野町木場225

225 Koba, Kurino, Aira, Kagoshima

*² エーサイ株式会社、東京都文京区小石川5-5-5

Eisai Company, 5-5 Koishigawa 5, Bunkyo-ku, Tokyo

Table 1. Outline of farm and cow

Farm	No. of milking cows	Housing hygiene	Cow hygiene	Restraint	Treatment of feces and urine
A	28	good	poor	stanchion	mesh
B	28	good	good	stanchion	mesh
C	17	excellent	good	stanchion	mesh
D	28	good	good	stanchion	mesh
E	17	good	good	stanchion	mesh
F	21	good	good	stanchion	gutter
G	40	poor	poor	stanchion	mesh
H	72	average	good	loose barn	bulldozer

Table 2. Evaluation for electronic conductivity method

Differential Conductivity* between quarters	Mastitis evaluation
0 ~ 1	— negative
2 ~ 3	± mild
4 ~ 8	+ positive
9 ~ 14	++ positive
15 ~	+++ positive

* $\times 10^{-4}$ s/cm (25°C)

CMTはその変法(PL テスター, 日本全薬 KK 製)により実施し, 付属の判定表により判定した。

結果の集計は, 臨床的に明白な乳房炎乳を除く, 外見上正常な乳汁について, 農家別, 産次別, 泌乳時期別に行い, 全乳汁について間差値と CMT の結果を比較した。

結 果

768 分房乳中, 官能検査により異常の認められた 12 例を除く 756 例について, 農家別に検査結果をまとめたのが Table 3 である。伝導度の絶対値の比較では, 農家 D を除く 7 戸の平均値は $55.6 \sim 58.5 \times 10^{-4}$ siemens/cm (25°C) (以下単位略す) と安定した値を示したが, D のみは平均 51.9 の低値であった。

間差値による乳房炎陽性率は, 農家 C と D が高く, それぞれ 38.1%, 39.2% を示し, 他方, 農家 F は 8.1% の低値にとどまった。CMT 陽性率は農家 A と H がそれぞれ 26.9% と 25.5% を示して高く, 農家 F と G はそれぞれ 9.8% と 7.7% を示して低

値にとどまった。

両方法により農家 F の乳房炎陽性率の低いことは示されたが, 他の農家の陽性率にはかなり差の大きい例も認められた。また, 農家 A, F, H を除いては, 間差値による陽性率の法が CMT 陽性率よりかなり高値であった。

産次数別にまとめたのが Table 4 である。各産次における伝導度の平均値は 54.8~58.9 となり, 産次による変動は見られなかった。間差値による陽性率は, 4 産次の 11.9% から 7~9 産次の 33.3% まで広く分布した。しかし, 4 産次の低値を除いては, 産次による傾向は示されなかった。

CMT 陽性率は, 初産から 4 産次までは 10.2~12.4% の低値にとどまり, 5 産次と 6 産次はそれぞれ 18.4% と 17.6% と高くなり, 7~9 産次では 45.2% に達した。このことから 5 産以上の高産次になると, CMT 陽性率が増加する傾向がうかがえる。間差値による陽性率との比較では, 7~9 産次を除いて, いずれも CMT 陽性率の方が低かった。

泌乳時期別にまとめたのが Table 5 である。伝導度の平均値は, 分娩後 1 週間以内の乳汁で 50.4 とやや低値を示したが, その他の時期はいずれも 53.6~58.2 の範囲に入り, 特定の傾向は示されなかった。

間差値による陽性率は 5 ヶ月目の 13.6% がとくに低く, 他は 21.2~30.2% に入り, 特定の傾向は示されなかった。これに対し, CMT 陽性率は分娩後 2 ヶ月目までが高く 27.3~48.0% を示し, その後は比較的 low 値を示したが, 7 ヶ月と 10 ヶ月以上がそれぞれ 21.2% と 20.4% とやや高値を示した。間差値による陽性率との比較では, 分娩後 2 ヶ月目まではい

Table 3. Electronic conductivity and mastitis for apparently normal milk between farms

Farm	No. of cows	No. of quarters	Electronic conductivity*	Differential conductivity positive		CMT positive	
				No.	%	No.	%
A	20	78	55.6±6.0	17	21.8	21	26.9
B	40	152	56.8±5.5	36	23.7	17	11.2
C	17	63	58.0±9.0	24	38.1	14	22.2
D	37	143	51.9±5.2	56	39.2	23	16.1
E	24	85	57.3±5.1	23	27.1	11	12.9
F	32	123	58.5±5.3	10	8.1	12	9.8
G	17	65	57.2±5.6	20	30.8	5	7.7
H	12	47	57.2±5.9	12	25.5	12	25.5

* Average±S. D., $\times 10^{-4}$ s/cm (25°C)

Table 4. Electronic conductivity and mastitis for apparently normal milk in parity

Parity	No. of cows	No. of quarters	Electronic conductivity*	Differential conductivity positive		CMT positive	
				No.	%	No.	%
1	44	173	56.3±6.2	41	23.7	19	11.0
2	36	137	55.4±4.7	35	25.5	17	12.4
3	27	105	56.7±6.5	33	31.4	12	11.4
4	18	59	56.5±4.7	7	11.9	6	10.2
5	26	98	54.8±6.5	24	24.5	18	18.4
6	28	108	58.9±6.8	28	25.9	19	17.6
7-9	11	42	55.5±7.4	14	33.3	19	45.2

* Average±S. D., $\times 10^{-4}$ s/cm (25°C)

Table 5. Electronic conductivity and mastitis for apparently normal milk by lactation stage

Stage postpartum	No. of cows	No. of quarters	Electronic conductivity*	Differential conductivity positive		CMT positive	
				No.	%	No.	%
1 week	3	11	50.4±6.3	3	27.3	3	27.3
1 month	7	25	56.8±9.4	7	28.0	12	48.0
2 months	17	66	53.6±4.8	14	21.2	18	27.3
3 months	16	61	55.9±5.1	13	21.3	4	6.6
4 months	28	106	56.4±6.1	32	30.2	11	10.4
5 months	15	59	57.9±4.7	8	13.6	8	13.6
6 months	16	61	57.7±4.9	17	27.9	5	8.2
7 months	9	33	58.1±5.5	9	27.3	7	21.2
8 months	14	53	57.3±7.8	12	22.6	5	9.4
9 months	15	57	58.2±5.8	13	22.8	3	5.3
10 months	43	167	56.3±6.6	50	29.9	34	20.4

* Average±S. D., $\times 10^{-4}$ s/cm (25°C)

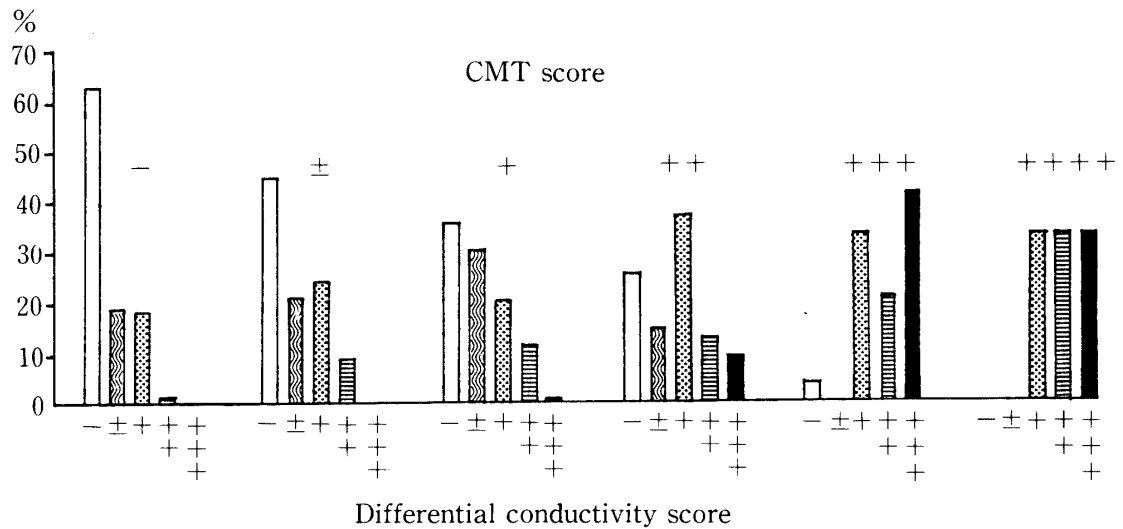


Fig. 1. Relationship between differential conductivity and CMT score.

ずれも CMT 陽性率の方が高かったのが特徴である。

間差値と CMT の判定結果を比較したのが Fig. 1 である。CMT (-) で間差値 (-) であった例は 62.4% で、(±) を加えると 80.7% となり、よく一致した。CMT (±) で間差値 (±) は 21.2% にすぎなかったが、(-) を加えると 66.8% になった。

CMT (+) で間差値 (+) は 20.5% と低く、(+) 以上をすべて加えても 33.0% であり、反対に (±) と (-) の計が 67.0% を占めた。

CMT (++) で間差値 (++) はわずか 13.0% であったが、(+) 以上をすべて加えると 59.3% になった。

CMT (+++) で間差値 (+++) は 41.7% となり、(+) 以上をすべて加えると 95.8% に達し、よく一致した。さらに CMT (++++) では、間差値はすべて (+) 以上を示した。

考 察

乳汁の電気伝導度は測定条件によって大きく変化する、とくに温度の上昇とともに高くなる。古く Davis⁶⁾が観察した伝導度の変動幅は 34~94 に及んだ。また Fernando ら²⁾は正常乳について、夕方搾乳時の平均 50 に対し、朝搾乳時では 58 と高くなることを示し、これは朝搾乳までの間隔が 14 時間と長いためであり、朝夕の搾乳を 12 時間ずつにすると差のなくなることを報告した。本研究では朝の搾乳時に統一して採材したが、農家によって夕搾乳との間隔は異なるので、農家別の平均値に多少の影響があったかもしれない。

大島ら^{14,17)}は 15°C ~ 40°C における伝導度を種々

検討し、その補正式を確立した。彼ら^{12,18)}は多数の乳汁について、他の検査法とともに比較検討した結果、25°C における正常乳の伝導度の上限は 62 であること。また、4 分房を比較して、その最低値から 3 以上高い間差値は異常であることを示した。さらに、伝導度には牛自体の個体差がかなりあり、その絶対値のみでは異常乳を見逃がすことが多いので、間差値の方がより有用であることを強調した。

本研究における農家別の伝導度の平均値はいずれも 60 以下となり、一般に言われている正常乳の範囲 50~60 に適合した。その中では農家 E の絶対値が低く示されたが、乳成分には飼料の種類、量、質が影響するので、これらの相違による可能性がある。本機 (マスタイザー) による伝導度の測定では自動的に 25°C に温度補正がなされるので、乳汁が変質しないように保存すれば、24 時間程度は測定値に影響しないとされている。

間差値による乳房炎陽性率と CMT 陽性率はあまり一致せず、一般に間差値の方が高い陽性率となった。これは大島ら^{10,12,13,17)}、Peaker²⁰⁾、真鍋ら⁸⁾も認めているところで、分房乳の伝導度の上昇は、分房乳に混入した滲出液量にもとづくのに対して、CMT スコアは、乳汁中に血管系から遊走し移行した白血球数にもとづいていることによる。乳腺内の炎症に伴う滲出の過程と白血球の遊走の過程には時間的なずれがあるので、両方法による判定結果が一致しないことは当然ありうる。

一般に乳腺の炎症過程においては、乳腺細胞が破壊される以前に、細胞の透過性が高進し、種々な血漿成分が乳汁中に出現するので⁶⁾、潜在性乳房炎に

においては伝導度の方がCMTより鋭敏にそれを反映して、陽性率が高くなるのであろう。

伝導度の産次数別の比較では、その絶対値は産次による差がなく、間差値も4産次の低い陽性率を除いて差がなかった。この低値は例数の少ないことによる偏りと考えられる。他方、CMT陽性率は5産以降高くなる傾向が示された。

大島¹⁸⁾は、間差値による陽性率は初産の6.5%から6産の25%へと産次が進むにつれて漸増する傾向を認めている。これは53頭の牛を2年半にわたり反復して測定した結果であり、本研究では、牛の数が多く採材回数が少なかったために個体差が大きくて、このような傾向にならなかったであろう。しかし、本研究でも間差値による陽性率は7産次以上で著増し、CMT陽性率は5産次以上で著増している。高産次になるほど異常乳の増加する傾向はうかがえる。

泌乳時期別の比較では、伝導度と間差値は全体として大きな差は見られなかったが、CMTでは分娩後2ヵ月までが高い陽性率を示した。これは臨床型乳房炎の発生が分娩後1～2ヵ月以内に多い^{3,4)}とされている事実と一致する。

間差値とCMTによる乳房炎の判定を比較したところ、本研究ではCMT(-)の分房乳の80.7%、CMT(+++)の分房乳の95.8%が、間差値でそれぞれ正常、異常と判定され、よく一致した。しかし、CMT(+)では33.0%、CMT(++)では59.3%が間差値で陽性と判定され、あまり一致しなかった。大島ら^{12,13)}によると、障害がほとんどないかまたは小さいと推定されるような分房では、CMT(-)であれば間差値も(-)となる場合が多く、たとえCMT(±)や(+)であっても、間差値は(-)になることが多い。これに対して分房内の障害が高度であると推定される分房では、CMTがたとえ(-)であっても、間差値は(+)になる率が高いとし、とくに間差値6以上は分房内の障害が高度と推定される分房にのみ認められたと報告している。これらのことから、両方法でともに(-)であればその乳汁はほぼ正常と考えてよく、両方法で(+)であれば分房の障害の疑いが強く、判定が一致しない場合は軽度の障害と推定できる。

いずれにしても伝導度とCMTの併用は、分房乳の異常の検出精度を高め、分房に内在する障害の程度を推定するのに役立つであろう。

本研究の結果から、伝導度の測定は乳房炎による

異常乳、とくに潜在性乳房炎の判定に有用であることが示された。しかし、乳汁採取や測定にやや時間と労力を要するので、ミルカーの作動中に自動的に伝導度が測定されるならばさらに実用的となろう。

要 約

8戸の酪農家からのべ199頭768分房の乳汁を採取し、官能検査によって臨床的乳房炎とされた12例を除いた外見上正常な乳汁について、電気伝導度とその分房間差値を測定し、CMTを実施した。

伝導度の農家別の平均値は1戸(51.9)を除いて $55.6\sim 58.5\times 10^{-4}$ siemens/cm (25°C)を示し、正常範囲であった。間差値による乳房炎陽性率は1戸(8.1%)を除いて21.8～39.2%を示し、CMTによる陽性率7.7～26.9%より高い傾向を示した。

産次別の比較では、伝導度と間差値陽性率には産次による差はあまり見られなかったが、CMT陽性率は1～4産(10.2～12.4%)より5産次以降(17.6～45.2%)で増加した。

泌乳時期別では、伝導度の各期の平均値は50.4～58.2を示し、特定の傾向はなかった。間差値陽性率は5ヵ月目(13.6%)を除いて、21.2～30.2%を示し、差はなかった。しかし、CMT陽性率は2ヵ月目まで(27.3～48.0%)が、その後の時期(6.6～21.2%)より高値を示した。

間差値とCMTの判定結果の比較では、CMT(-)のうち間差値(-)と(±)は80.7%、CMT(+++)のうち間差値(+)以上は95.8%を示し、よく一致した。しかし、CMT(+)やCMT(++)の間差値との適合率は低かった。以上の結果、電気伝導度法はCMTと併用すれば、潜在性乳房炎の有効な検出手段となることが判明した。

文 献

- 1) Davis, J. G. : The detection of sub-clinical mastitis by electrical conductivity measurement. *Dairy Industries*, **40**, 286-291 (1975)
- 2) Fernando, R. S., Rindsig, R. B. and Spahr, S. L. : Effect of length of milking interval and fat content on milk conductivity and its use for detecting mastitis. *J. Dairy Sci.*, **64**, 678-682 (1981)
- 3) 飯塚三喜・久米常夫・原 茂・野附 巖 : 牛の乳房炎. P. 1-385, 日本獣医師会, 東京 (1979)
- 4) 数寄芳郎・久米常夫・野附 巖・浜名克己 : 乳房炎. 「家畜共済における特殊病傷の診療指針」, p. 65-203, 全国農業共済協会, 東京 (1985)
- 5) Kitchen, B. J. : Review of the progress of dairy science : Bovine mastitis : milk compositional changes and

- related diagnostic tests. *J. Dairy Res.*, **48**, 167-188 (1981)
- 6) 久米常夫：牛の乳房炎，乳房の感染と抵抗，その一断面. P. 1-112, 近代出版，東京 (1984)
- 7) Linzell, J. L. and Peaker, M. : Efficacy of the measurement of the electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows : Detection of infected cows at a single visit. *Brit. Vet. J.*, **131**, 447-461 (1975)
- 8) 真鍋圭哲・竹内康裕・片山 守・成子文人：乳汁の電気伝導度と NGAase 活性値の応用による慢性乳房炎の診断と塩酸レバミゾールの治療試験. 獣畜新報, **749**, 682-685 (1983)
- 9) 大島正尚・布施 洋・石井忠雄：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 (1974)
- 10) 大島正尚・布施 洋・石井忠雄：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電気伝導度と水素イオン濃度の変化および CMT スコアとの関連について. 日畜会報, **45**, 644-651 (1974)
- 11) 大島正尚・布施 洋・石井忠雄：分房乳の電解質濃度とくに Na+Cl 値の分房間差値による非正常乳の判別について. 畜試研報, **28**, 17-24 (1974)
- 12) 大島正尚・布施 洋・石井忠雄：異常乳の検出手段としての電気伝導度測定と California Mastitis Test について. 日畜会報, **46**, 585-587 (1975)
- 13) 大島正尚：電気伝導度測定による異常分房乳の検出. 畜産の研究, **30**, 375-379 (1976)
- 14) 大島正尚：牛乳の電気伝導度の温度補正式について. 日畜会報, **49**, 180-188 (1978)
- 15) 大島正尚・布施 洋：異常乳の新しい判定基準とその摘要について. 畜試報告, **34**, 7-14 (1978)
- 16) 大島正尚：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 (1978)
- 17) 大島正尚：電気伝導度による個体乳の乳固形分含量についての定性的判定について. 畜試年報, **21**, 131-142 (1981)
- 18) 大島正尚：電気伝導度分房間差値によって観察した一牛群の潜在性乳房炎とその動態について. 日獣誌, **44**, 1007-1019 (1982)
- 19) 大島正尚：乳の電気伝導度と潜在性乳房炎. 日獣会誌, **36**, 569-575 (1983)
- 20) Peaker, M. : The electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows : Comparison of various methods of handling conductivity data with the use of cell counts and bacteriological examination. *Brit. Vet. J.*, **134**, 308-314 (1978)

Summary

A total of 768 quarter-milk samples of 199 Holstein cows in 8 dairy farms were collected, and apparently normal milk samples excepting 12 clinically mastitic samples determined by physical examination of milk, were analyzed for the electronic conductivity, their differential conductivity between quarters and California Mastitis Test (CMT) .

The average values of the electronic conductivity between farms, ranged 55.6 to 58.5 $\times 10^{-4}$ siemens/cm (25°C), which means these are within a normal range. Matitis positive rate by the differential conductivity, ranged 21.8 to 39.2%, which showed higher value than mastitis positive rate by CMT (7.7-26.9%) .

As for the parity, the electronic conductivity and the positive rate by the differential conductivity did not change so much, according to the parity. However, CMT positive rate was higher in 5th and more than 5th parity (17.6-45.2%) than in 1st to 4th parity (10.2-12.4%) .

In the stage of lactation, the electronic conductivity ranged 50.4 to 58.2 and no tendency was found. The positive rate by the differential conductivity ranged 21.2 to 30.2% with no tendency brought forth by the stage. However, CMT positive rate was higher until 2 months postpartum (27.3-48.0%) than after 3 months postpartum (6.6-21.2%) .

In the comparison between differential conductivity and CMT, 80.7% of CMT (-) samples showed (-) or (\pm) in the differential conductivity, and 95.8% of CMT (+++) samples showed more than (+) in the differential conductivity. However, CMT (+) or CMT (++) samples did not have so high correlation with the results of the differential conductivity.

The electronic conductivity method was found to be useful for detecting the subclinical mastitis when used with CMT.