

## 電気伝導度を用いた異常乳自動検知器による乳房炎の調査

浜名克己・田浦保穂・牧野田勝志\*<sup>1</sup>

・国分信三\*<sup>2</sup>・山本雅一\*<sup>3</sup>

昭和63年8月10日 受理

(家畜臨床繁殖学研究室)

### Detection of Subclinical Mastitis by Automatic Detector for Abnormal Milk based on Electronic Conductivity

Katsumi HAMANA, Yasuho TAURA, Katsushi MAKINODA\*<sup>1</sup>,

Shinzo KOKUBU\*<sup>2</sup> and Masaichi YAMAMOTO\*<sup>3</sup>

(Laboratory of Veterinary Reproduction)

#### 結 言

異常乳<sup>4)</sup>は「常乳とは異なった成分を含むもの、また常乳と成分濃度の著しく異なるもの」と定義され、その主なものとして、乳房炎乳、低成分乳、アルコール不安定乳がある。この中で乳房炎<sup>5)</sup>は、現在では人為的な疾病とされ、搾乳管理と衛生が最も大切であるが、乳房炎の90%以上は潜在性であり、気付かれないうちに乳量と乳質の大きな損失を招いている。

異常乳になると、種々な乳成分に変化の生じることはよく知られている<sup>6)</sup>。中でも電解質の変化は早く表れ、ナトリウム (Na) とクロール (Cl) は増加し、カリウム (K) は減少する<sup>11)</sup>。この Na+Cl を分房間差値でみると、異常乳の判定がより正確になされる<sup>13,17)</sup>。

他方、Davis<sup>1)</sup>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示した。その後 Linzell ら<sup>8)</sup>と大島ら<sup>12,15,18)</sup>は、伝導度が乳汁中の Na+Cl と高い相関を持つことを報告した。さらに、伝導度は蛋白や乳糖と高い負の相関を示すこと<sup>19)</sup>、伝導度の分房間差値 (以下、間差値) による異常乳の判定は CMT<sup>9,12,14,15,18)</sup> や体細胞数<sup>7,22)</sup> とともに一致すること、温度補正が可能であること<sup>16)</sup> などが報告された。

わが国では乳汁中の伝導度とその間差値がワンタッチで表示される機器が開発されたのに伴い、これを用いた潜在性乳房炎<sup>3,20,21)</sup> や慢性乳房炎<sup>9)</sup> の調査がなされている。さらに、近年、搾乳中に自動的に伝導度がモニターされ、異常乳警報ランプの点灯する機器が開発された。

本研究は、この異常乳自動検知器の実用性を検討する目的で、本機を用いて一牧場における異常乳の発生状況を把握するとともに、従来の電気伝導度法、California Mastitis Test (CMT)、細菌数などの乳房炎検査法と比較し、さらに乳成分中の乳脂率と無脂固形分について比較した。

#### 材 料 と 方 法

鹿児島県日置郡東市来町の一牧場に飼養されているホルスタイン種乳牛を対象とした。本牧場は常時約40頭を搾乳し、パイプラインミルクを使用し、乳頭ティッピングや乾乳軟膏注入を励行し、比較的衛生的な管理がなされている。

使用中の全ミルク 4 機に異常乳自動検知器 (チェックゲート, エーザイ KK 製) を装着した。本機はミルクのミルクロー部内の4分房ごとに電極が埋めこまれており、そこを通過する各分房の乳汁が1回でも  $80 \times 10^{-4}$  siemens/cm (38°C) を越えると、表示器の異常乳警報ランプが点灯するように設計されている。また、乳汁が流れなくなると、搾乳終了のランプが点灯するようになっている。

2 週間の試用期間の後、5月から11月までの間に、7月を除く月1回、計6回採材した。当日は朝の搾乳時にランプの点灯した牛について、その日の夕方の搾乳の際、原則としてそれらの牛の全分房より前搾り乳を約20 ml 採取した。また夕方の搾乳時に検

\*<sup>1</sup> 鹿児島県中央家畜保健衛生所, 鹿児島市上福元町5500  
Central Animal Health Center, 5500 Kamifukumoto-  
cho, Kagoshima

\*<sup>2</sup> 自営, 鹿児島県日置郡東市来町1641-1  
1641-1 Higashiichikicho, Hioki, Kagoshima

\*<sup>3</sup> エーザイ株式会社, 東京都文京区小石川5-5-5  
Eisai Company, 5-5 Koishigawa 5, Bunkyo-ku,  
Tokyo

知器によりランプの点灯したすべての牛と分房を異常として記録した。

乳汁検体は氷冷して大学に搬入し、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（マスタイザー、エーザイ KK 製）を用いて、一度に4分房の伝導度を測定し、伝導度が63以上（25℃）かまたは間差値が4以上のいずれかを示した分房を異常と判定した<sup>21)</sup>。25℃における伝導度63は、38℃の80に相当する。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。

また10月の検体については、これらの検査に加えて細菌検査を実施した。その方法は、無菌的に採取した乳汁0.1 mlを直接、普通寒天平板上に塗り広げ、37℃で24時間培養後、生じた集落数を数えた。その結果、乳汁0.1 ml中に25個以上の同一菌種の集落が認められたものを、有意の細菌増殖とみて陽性とし、24個以下のものを陰性とした<sup>4)</sup>。

結果の集計は、検知器による異常乳を月別に頭数と分房数についてまとめ、さらに産次数と泌乳時期別に検討した。また、本機と他の検査法を比較するため、期間中どのべ396分房について、電気伝導度法とCMTの結果を比較し、10月の84分房については細菌数との関係を調べた。さらに県酪連による個体別の乳質検査成績を用いて、8月の36頭を対象に、異常乳の分房数と乳脂率および無脂固形分の関係を調べた。

## 結 果

検知器による異常乳の発生状況を頭数と分房数についてまとめたのがTable 1である。頭数別の陽性率は全平均で39.5%であったが、5月21.6%、6月15.4%の低値にくらべ、8月には55.0%と著増し、

その後も40%以上の高値を保ったのが特徴である。

この傾向は分房別でも同様に見られ、全平均陽性率は23.7%であり、5月16.2%、6月10.3%の低値が8月には31.9%に著増し、その後も25~30%を保った。

月別の発生状況を分房別にまとめたのがTable 2である。分房別の平均発生率は右前（RF）28.6%、右後（RH）20.6%、左前（LF）25.2%、左後（LH）20.6%となった。これを前後分房についてまとめると、平均発生率は前分房26.9%、後分房20.6%となり、前分房に高い傾向が示された。月別の変化はTable 1と同様で、5月と6月が低く、8月以後著増した。

異常乳の発生を産次別にまとめたのがTable 3である。頭数では初産の発生率29.2%が2産次以降増加し、4産次では72.4%に達した。5~6産次では低下している。分房数でもこの傾向は同様で、初産の17.3%から4産次の40.5%へと著増し、5~6産次では低下している。

異常乳の発生を泌乳時期別にまとめたのがTable 4である。頭数では分娩後1ヵ月と2ヵ月がそれぞれ16.7%と17.4%の低値を示したが、3ヵ月目には31.8%と著増した。その後11ヵ月目まで増減をくりかえしたが、全体としては漸増傾向を示し、50~60%に達した。この傾向は分房数でも同様で、分娩後1ヵ月と2ヵ月はそれぞれ8.3%と10.9%と低く、3ヵ月目に20.5%に著増し、泌乳後期には30~40%に達した。

検知器による異常乳発生率を電気伝導度法、CMTと比較したのがTable 5である。396分房中、検知器による異常は211分房53.3%であり、電気伝導度法では183分房46.2%、CMTでは低く93分房23.5%であった。検知器法と電気伝導法との適合率は57.1%、CMTとの適合率は55.0%にとどまった。

Table 1. Monthly incidence of abnormal milk evaluated by automatic electronic conductivity detector

Month	No. of cows	No. of positive	%	No. of quarters	No. of positive	%
May	37	8	21.6	148	24	16.2
June	39	6	15.4	156	16	10.3
August	40	22	55.0	160	51	31.9
September	40	19	47.5	160	45	28.1
October	41	21	51.2	164	49	29.9
November	41	18	43.9	164	41	25.0
Total	238	94	39.5	952	226	23.7

Table 2. Abnormal quarter milk

Month	RF		RH		LF		LH		Fore-total		Hind-Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
May	7/37	18.9	6/37	16.2	6/37	16.2	5/37	13.5	13/74	17.6	11/74	14.9
June	4/39	10.3	4/39	10.3	4/39	10.3	4/39	10.3	8/78	10.3	8/78	10.3
August	15/40	37.5	13/40	32.5	13/40	32.5	10/40	25.0	28/80	35.0	23/80	28.8
September	12/40	30.0	11/40	27.5	10/40	25.0	12/40	30.0	22/80	27.5	23/80	28.8
October	16/41	39.0	7/41	17.1	14/41	34.1	12/41	29.3	30/82	36.6	19/82	23.2
November	14/41	34.1	8/41	19.5	13/41	31.7	6/41	14.6	27/82	32.9	14/82	17.1
Total	68/238	28.6	49/238	20.6	60/238	25.2	49/238	20.6	128/476	26.9	98/476	20.6

Table 3. Abnormal milk in relation to parity

Parity	Cows			Quarters		
	No. of cows	No. of positive	%	No. of quarters	No. of positive	%
1	65	19	29.2	260	45	17.3
2	64	20	31.3	256	49	19.1
3	69	30	43.5	276	79	28.6
4	29	21	72.4	116	47	40.5
5	7	2	28.6	28	3	10.7
6	4	2	50.0	16	3	18.8

Table 4. Abnormal milk in relation to lactation stage

Months postpartum	Cows			Quarters		
	No. of cows	No. of positive	%	No. of quarters	No. of positive	%
1	18	3	16.7	72	6	8.3
2	23	4	17.4	92	10	10.9
3	22	7	31.8	88	18	20.5
4	22	8	36.4	88	20	22.7
5	28	13	46.4	112	31	27.7
6	29	12	41.4	116	27	23.3
7	23	7	30.4	92	13	14.1
8	21	13	61.9	84	34	40.5
9	24	12	50.0	96	30	31.3
10	14	7	50.0	56	19	33.9
11	14	8	57.1	56	18	32.1

Table 5. Relationship of the results between automatic detector, electronic conductivity and CMT

Automatic detector	Electronic conductivity			CMT				
	No.	%	%	No.	%	%		
-	-	114	28.8	} 57.1	-	155	39.1	} 55.0
+	+	112	28.3		+	63	15.9	
-	+	71	17.9	} 42.9	+	30	7.6	} 45.0
+	-	99	25.0		-	148	37.4	

Table 6. Relationship of the results between automatic detector, bacteria count, electronic conductivity and CMT

Automatic detector	Bacteria count			Electronic conductivity			CMT					
	No.	%	%	No.	%	%	No.	%	%			
-	-	8	9.5	} 45.2	-	21	25.0	} 56.0	-	32	38.1	} 50.0
+	+	30	35.7		+	26	31.0		+	10	11.9	
-	+	31	36.9	} 54.8	+	18	21.4	} 44.0	+	7	8.3	} 50.0
+	-	15	17.9		-	19	22.6		-	35	41.7	

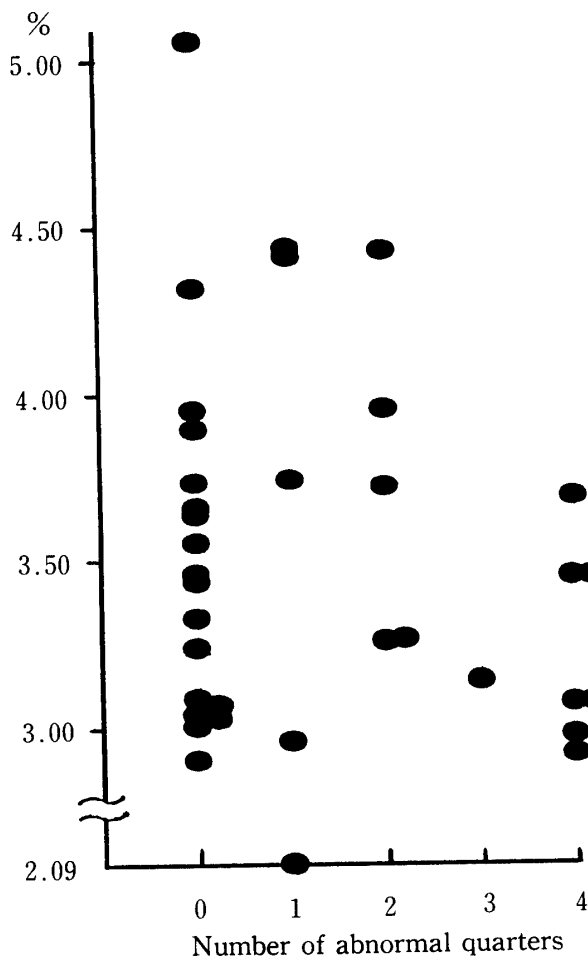


Fig 1. Relationship between milk fat content and number of abnormal quarters detected by automatic detector.

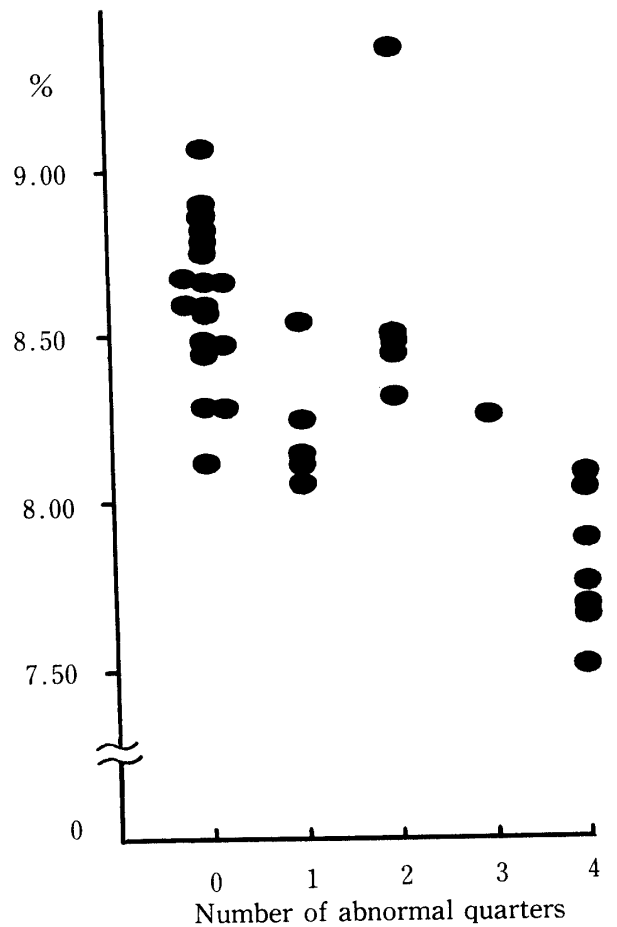


Fig 2. Relationship between solid-not-fat content and number of abnormal quarters detected by automatic detector.

84 分房について、検知器法と細菌数、電気伝導度法、CMT を比較したのが Table 6 である。異常乳陽性率はそれぞれ、53.6%、72.6%、52.4%、20.2% を示し、検知器法と電気伝導度法は同様な値であったが、細菌数陽性率は高く、CMT では低かった。また検知器法と細菌数の適合率は 45.2%、電気伝導度法では 56.0%、CMT では 50.0% と、いずれも低値にとどまった。

36 頭について、検知器による異常分房数と乳脂率および無脂固形分の関係を示したのが Fig. 1 と Fig. 2 である。乳脂率は異常乳の有無とその数に関係なく分布した。しかし、無脂固形分は、異常乳を示す分房が 1~3 までは正常乳の分布範囲の下方に位置し、4 分房とも異常の場合は正常乳より明らかに低い分布域を示した。

## 考 察

乳汁の性状や成分が分房ごとに異なることは知られていたが<sup>13,18)</sup>、異常乳自動検知器の開発過程で、伝導度は同一分房内でも搾乳経過によって異なるパターンを示すことが明らかにされ、この変動は伝導度のみでなく、細胞数、酵素、各種乳成分、出現菌種や菌数にも及ぶことが判明した<sup>7)</sup>。伝導度以外のは乳汁の採材が必要であるが、伝導度はミルククロー内への微小電極の埋めこみによって、自動測定が可能となり、本機が開発された。

伝導度による異常乳の判定は、大島<sup>21)</sup>により 25°C で 63 以上または間差値 3 以上とされたが、間差値を自動検知器に反映することは困難なので、本機では 38°C における伝導度 80 以上が異常とされた。これは正常乳の伝導度が 25°C では 62 を越えないこと<sup>14)</sup>、40°C における正常乳の分布域が 60~86 であること<sup>19)</sup>から、牛の体温を考慮して設定された。本機では搾乳経過中に伝導度が 1 回でも 80 以上になるとランプが点灯し、その後も消えないようになっているのが特徴で、管理者は常時監視しなくても、搾乳終了時に判定することが可能である。

潜在性乳房炎のわが国における発生は、頭数で約 50%、分房数で約 25% とされている<sup>5)</sup>。また中野<sup>10)</sup>は本機による異常乳の発生が頭数で 31.5%、分房数で 16.8% であったと報告している。本研究では 5 月と 6 月が低く、8 月以降は著増した。これには夏期の暑熱によるストレスが副腎を刺激して毛細血管の透過性を高進させること<sup>9)</sup>や、有害昆虫が夏期に増え、病原微生物の感染と増殖の機会が増えることも

要因である。しかし、秋期の 10 月や 11 月になっても減少していないことから、たんに環境要因のみでなく、搾乳管理や衛生管理がより重要な要因であると考えられる<sup>5)</sup>。

分房別の異常乳発生は、月別や左右別の差は示されなかったが、前分房の方が後分房より高い発生を示した。大島<sup>20)</sup>は 49 分房について調査し、間差値平均は右前が有意に高く、左後が有意に低いこと、前分房が後分房より、また右分房が左分房より高いことを報告した。前分房が高い理由として、一般に前分房の方が乳量が少なく、そのため早く搾乳が終了しているのに、ミルカーは後分房のためになお作動するので、前分房が過搾乳になることがしばしばあるためであろうとしている。

産次別の異常乳発生は、初産から 4 産次まで、頭数も分房数もともに増加した。5~6 産次における低値は、例数の少ないことによる偏りであろう。大島<sup>20)</sup>は、間差値による異常乳発生率が分房数で初産の 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示した。浜名ら<sup>3)</sup>は 7 産以上の高産次を除いて、発生率に傾向が見られなかったとしているが、この場合は 8 戸の牧場を対象としていた。本研究や大島<sup>20)</sup>の場合は一牧場の牛を追跡したので、産次による漸増傾向が明瞭となったのであろう。

泌乳時期別の比較では、分娩後 1~2 ヶ月が低く、3 ヶ月以降漸増する傾向が、頭数、分房数とも認められた。一般に臨床型乳房炎が分娩後 1~2 ヶ月に多いとされていること<sup>4,5)</sup>と矛盾し、浜名ら<sup>3)</sup>の間差値では全体として差がなかったという報告とも一致しないが、この牧場特有の傾向であるのかもしれない。

検知器と電気伝導度法、CMT、および細菌数の適合率は 45~57% の低値にとどまった。その最大の要因は、検知器が搾乳経過中の全乳汁をモニターしているのに対し、他の検査法は 1 回の前搾り乳のみによって判定されていることによる。久米<sup>7)</sup>は搾乳経過中に伝導度をはじめ種々な乳成分、細菌が変動することを示し、1 回の採材による検査は不正確になる可能性があることを示唆した。この搾乳中の変動は、乳腺内の障害の大きさと位置にもとづくものと考えられる。

乳成分との関係では、伝導度と乳脂率について、大島<sup>19)</sup>は負の相関 (-0.670) があるとしたが、後に久米<sup>7)</sup>はほとんど相関がないことを明らかにした。Fernando ら<sup>2)</sup>は、乳脂肪は伝導度を抑制する作用を

持ち、同じ乳汁でも全乳より脱脂乳の方が伝導度の高いことを示した。本研究では、異常分房の数と乳脂率との間に関係は見られなかった。

これに対し、蛋白や乳糖などの無脂固形分と伝導度はよく相関(-0.858)することが示されている<sup>19)</sup>。中野<sup>10)</sup>は本機によっても、異常乳における無脂固形分の低値を認めている。本研究でもこの傾向は示され、とくに4分房とも異常の場合は明白な低値を示し、1~3分房では正常下限になることが明らかにされた。

本研究の結果から、搾乳中の全乳汁を対象とする本機の異常乳検出率は高く、鋭敏であることが示された。また異常乳として、潜在性乳房炎のみでなく、低成分乳も検出されることが判明した。

本機は管理者自身が、搾乳作業の中で簡単に取り扱うことができ、早期に簡便に異常乳を判定することが可能なので、潜在性乳房炎の予防や乳質改善に大きく貢献することが期待される。

## 要 約

搾乳経過中の全乳汁について、分房ごとに電気伝導度を自動的に測定し、異常乳を検出する機器が開発された。この異常乳自動検知器の実用性を検討するため、一牧場の4機のミルカーに装着し、5月から11月にかけて6回、異常乳の判定をした。また前搾り乳について、官能検査、電気伝導度とその分房間差値の測定、CMT、および一部は細菌検査を実施した。さらに乳検記録により、乳成分との関係を検討した。

検知器による異常乳の発生率は、全平均で頭数では39.5%、分房数では23.7%となった。いずれも5~6月が低く、8月以降高値を示した。分房別では前分房が平均26.9%となり、後分房の平均20.6%より高かった。

産次別では初産(29.2%)から4産次(72.4%)にかけて増加した。泌乳時期別では、分娩後1~2ヵ月が低く、その後は全体として漸増傾向を示した。

396分房について、検知器による異常乳検出率(53.3%)は電気伝導度法(46.2%)よりやや高く、CMT(23.5%)よりかなり高かった。しかし、細菌数陽性率(72.6%)より低かった。

検知器とこれら検査法との適合率は45~57%と低かった。これは検知器が全乳汁の測定をしているのに対し、他の検査は1回の前搾り乳によっているためであろう。

検知器により異常を示した分房の数と乳脂率は無関係であったが、無脂固形分は、4分房とも異常では明白な低値を示し、1~3分房の異常では正常下限を示した。

本研究の結果から、本機の異常乳検出率は高く鋭敏であり、潜在性乳房炎のみでなく、低成分乳の検出にも有用であることが判明した。

## 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) 浜名克己・田浦保穂・荒川絹子・山本雅一: 電気伝導度による異常乳の野外調査。鹿大農学術報告, No.39, 189-194 (1989)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 7) 久米常夫: 牛の乳房炎, 乳腺の感染と抵抗, その一断面. P. 1-112, 近代出版, 東京 (1984)
- 8) 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)
- 9) 真鍋圭哲・竹内康裕・片山 守・成子文人: 乳汁の電気伝導度とNAGase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)
- 10) 中野光志: チェックゲートによる異常乳の検出. 臨床獣医, 2(4), 97-101 (1984)
- 11) 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)
- 12) 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)
- 13) 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)
- 14) 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)
- 15) 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)
- 16) 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)
- 17) 大島正尚・布施 洋: 異常乳の新しい判定基準とその適用

- について. 畜試報告, 34, 7-14 (1978)
- 18) 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)
- 19) 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)
- 20) 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)
- 21) 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)
- 22) 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

Automatic detector for abnormal quarter-milk was manufactured in Japan. This detector monitors the electronic conductivity of all the stripping milk, during milking, by the micro-sensor equipped at the milk claw. Once the conductivity exceeds the level of  $80 \times 10^{-4}$  siemens/cm ( $38^{\circ}\text{C}$ ), a red light is turned on and any farmer can easily find the abnormal quarters.

In this research, the detectors were equipped to all the 4 milkers in a dairy farm, and abnormal milk was monitored during May to November. The incidence of abnormal milk was 39.5% in cows and 23.7% in quarters. The incidence was rather low in May and June, and high after August. The fore-quarters had higher incidence (26.9%) than the hind-quarters (20.6%).

As for the parity, the rate of abnormal milk increased from first parity (29.2%) to fourth parity (72.4%). In the stage of lactation, the rate was low in one and two months postpartum and tended to increase gradually thereafter.

The detected rates of abnormal quarter-milk were 53.3% by the detector, 46.2% by the electronic conductivity and their differential conductivity measurements, 23.5% by CMT, and 72.6% by bacteriological examination. The agreement of the results between the detector and other examinations remained low (45 to 57%), because other examinations were conducted only for foremilk-samples.

The number of abnormal quarters by the detector had no relation with the milk fat content. However, the solid-not-fat content was distinctly low in the case of all the four abnormal quarters, and remained low within the normal range in the case of one to three abnormal quarters.

According to this research, this automatic detector was found to be sensitive enough for detecting the abnormal milk and to be useful enough for checking the low grade milk, besides the subclinical mastitis.