

搾乳中の乳汁電気伝導度による異常分房の検出方法*1

高橋 雅信*2 塚本 達*2 笹島 克己*2

玉木 哲夫*2 島田 実幸*3

高体細胞数分房及び感染分房を搾乳中に自動検出する装置の開発を目的に、ホルスタイン種の乳牛 80 頭の延べ 402 分房の搾乳で得られた搾乳中の電気伝導度と分房別の感染状況および前搾り乳の体細胞数を用い、搾乳中の電気伝導度によるこれら異常とされる分房の検出方法について検討した。検出の特異度が 95% となる条件で比較した、搾乳中の電気伝導度による高体細胞数分房及び感染分房の検出感度は、搾乳開始 15 秒間の最大値より搾乳終了までの最大値を用いた方が高かった。また、電気伝導度の最大値より分房間差値を用いた方が検出感度は高く、最大値と分房間差値を併用するとさらに検出感度が高まった。検出の目的とする体細胞数が大きいほど検出感度は高く、また、二次性乳房炎起因菌に比べて一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度が高かった。搾乳中の電気伝導度の最大値とその分房間差値を併用した場合の検出感度は、体細胞数 51 万/ml 以上の分房で 82%、一次性乳房炎起因菌による感染分房で 57% であった。

緒 言

風味と安全性に優れた高品質牛乳の生産のためには、牛乳への細菌混入と乳房炎乳の混入を防止することが必要である。なかでも、牛の乳房炎は乳量、乳成分の減少^{16,17)}、チーズの製造効率の低下¹⁾、さらには治療による管理費の増加などにより酪農経営に大きな損失をもたらす。このため、酪農において乳房炎防除技術の開発は大きな課題であり、多角的な研究が行われている。乳房炎防除では予防対策とともに乳房炎感染牛の分離搾乳や治療等の適切な対処の必要性が指摘されている。体細胞数の多い乳汁を排出する分房（以下高体細胞数分房とする）や乳房炎起因菌に感染した分房（以下感染分房とする）は、乳房炎防除のう

えからは異常をもつ分房（以下異常分房とする）とされている。乳牛の管理の上からはこれら異常分房を的確に把握することが必要とされ、このため異常分房を簡易・早期に検出する技術の開発が求められている。

乳房炎起因菌に感染すると乳汁中の体細胞数が増加するとともに、ナトリウムや塩素イオンの増加により乳汁の電気伝導度が上昇することはよく知られており、前搾り乳あるいは後搾り乳の電気伝導度を用いて間接的に乳房炎分房を検出する試みが多くなされ、その有用性が報告^{2,4,5,7,10,11)}されている。

しかし、正常な分房と異常分房をふるい分ける能力は十分でなく、異常分房の見逃しや正常な分房を誤って異常と判断する割合はやや大きく、また、前搾り乳あるいは後搾り乳の採取と電気伝導度の測定などに人手を必要とする。このようなことから、飼養頭数が多頭化している酪農現場で異常分房の検出に日常的に利用するためには、異常の有無をふるい分ける能力を高めるとともに、電気伝導度の測定、記録さらには異常の有無の判別を自動化することが望まれる。このためには、ミ

1990年9月3日受理

*1 本報の一部は、第 82 回日本畜産学会大会 (1989) で発表した。

*2 北海道立根釧農業試験場 (086-11 標津郡中標津町)

*3 同上(現北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町)

ルククロー内に分房毎の測定電極を設置し、搾乳中を通じて経時的に電気伝導度を測定することが必要であるが、このような報告^{6,9)}は少ない。

そこで、高体細胞数分房及び感染分房を搾乳中に自動検出する装置の開発を目的に、分房別に電気伝導度を連続して測定する装置を改良試作し、搾乳中の電気伝導度の特性と搾乳中の電気伝導度を用いた高体細胞数分房及び感染分房の検出方法について検討した。

試験方法

供試牛は二つの牛群で繋養されている分娩直後及び乳房炎治療中の牛を除いたホルスタイン種乳牛 80 頭で、供試分房数は延べ 402 分房であった。調査は、道立根釧農業試験場繋養牛群では 1988 年 9 月の午前搾乳時に、農家繋養牛群では同年 10 月と 11 月の午後搾乳時に行った。

分房別の体細胞数と乳房炎起因菌による感染状況は、前搾り乳により反復調査した。すなわち、各分房毎に搾乳前の検乳の後に、細菌検査用の乳汁約 2 ml と体細胞数測定用の乳汁 50 ml を採取した。分房別の乳房炎起因菌による感染の有無は IDF 法⁹⁾ に準じて検査した。検査で分離された乳房炎起因菌の分類は久米⁹⁾ に準じて一次性及び二次性乳房炎起因菌に分類したが、*Corynebacterium bovis* については乳房炎起因菌として分類せず、この菌が検出された分房は非感染分房とした。体細胞数は、蛍光電子細胞数測定装置（フォソマチック 215、デンマーク・フォスエレクトリック社製）で測定した。

搾乳中の分房別の電気伝導度はミルククロー内に分房別の乳汁貯溜室と測定電極を装備したミルククロー（オリオン機械株式会社製）と経時電気伝導度測定器（乳汁測定用、東亜電波工業株式会社製）を用いて測定し、ペン書きレコーダにより連続記録した。なお、このようにして得られた電気伝導度値は、37°C における電気伝導度の値とみなした。

解析のための搾乳中の電気伝導度値の指標（以下電気伝導度指標とする）として、分房毎の搾乳開始 15 秒間の電気伝導度の最大値（以下 Ei とする）、搾乳終了までの電気伝導度の最大値（以下 Et とする）、それぞれの分房間差値（以下それぞれ Eid, Etd とする）、Ei と Eid の併用値（以下 Ei+

Eid とする）及び Et と Etd の併用値（以下 Et+Etd とする）を用いた。なお、各分房の分房間差値は、各分房の測定値から同時に測定された 4 分房のうちの最も小さい測定値を減じて求めた。

正常分房と異常分房における電気伝導度指標の差異を検討するとともに、電気伝導度指標による異常分房の検出方法について検討した。電気伝導度指標による異常分房の検出方法については、異常分房のうち電気伝導度指標により陽性と判別される分房の割合（以下検出感度とする）を求め検討した。なお、電気伝導度指標により検査分房を陰性と陽性に区別するための基準の値（以下判別閾値とする）は、正常分房のうち電気伝導度指標により陰性と判別される分房の割合（以下検出の特異度とする）が 95% となるように設定した。

高体細胞数分房の検出では、検出の基準となる体細胞数（以下基準体細胞数とする）を 50 万、30 万、20 万/ml の 3 水準に設定し、基準体細胞数以下の分房を正常分房として、基準体細胞数を超える分房の検出感度を比較した。また、感染分房の検出では、非感染分房を正常分房として、一次性および二次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度を比較した。いずれの場合も検出の特異度及び検出感度は、Ei と Et については 0.5 mS、Eid と Etd については 0.25 mS の階級幅で作成した供試分房に関する度数分布表から求めた。

結 果

供試分房における体細胞数及び乳房炎起因菌感染分房の分布を表 1 に示した。供試分房のうち体細胞数 20 万/ml 以下の分房は全体の 88.6%、21 万~50 万/ml の分房が 7.2%、51 万/ml 以上が 4.2%であった。また、感染分房は 10.0%で、うち二次性乳房炎起因菌による感染分房は 6.5%、一次性乳房炎起因菌による感染分房は 3.5%であった。体細胞数による感染分房の検出感度を表 1 から算出すると、検出の特異度が 95%となる体細胞数の判別閾値は 30 万/ml で、この判別閾値による感染分房の検出感度は一次性乳房炎起因菌では 64.3%、二次性乳房炎起因菌では 23.1%であった。

搾乳中の電気伝導度の推移の代表的な例を図 1 に示した。搾乳中の 30 秒毎の最大値の推移は、体細胞数が少なくしかも感染を受けていない個体で

表1 供試分房における体細胞数及び乳房炎起因菌感染分房の分布

体細胞数 万/ml	乳房炎起因菌別の感染状況			合計(%)
	非感染	一二次性	二次性	
~10	306	1	9	316(78.6)
11~20	28	2	10	40(10.0)
21~30	15	2	1	18(4.5)
31~50	7	4	0	11(2.7)
51~100	2	2	0	4(1.0)
101~	4	3	6	13(3.2)
合計(%)	362(90.0)	14(3.5)	26(6.5)	402(100.0)

非感染は *Corynebacterium bovis* が検出された分房を含む。一二次性乳房炎起因菌はコアグラールゼ陽性ブドウ球菌，エスクリン陰性レンサ球菌，グラム陰性かん菌及びその他とした。二次性乳房炎起因菌はコアグラールゼ陰性ブドウ球菌及びエスクリン陽性レンサ球菌とした。以下の図表も同じ。

は87号牛に示した推移がほとんどで、分房間の差が小さく、搾乳前半にわずかに漸増し、後半では漸減する傾向がみられるが変化はごく小さかった。しかし、高体細胞数分房あるいは感染分房は、102号、24号、15号にみられるように他の分房に比較して電気伝導度が高く、搾乳の途中で一時的に高い値を示す例もみられるなど分房間の差や搾乳中の電気伝導度の様々な変動がみられた。

体細胞数階層別の Ei 及び Eid の分布を図2に示した。Ei は、体細胞数の階層が高くなるほど高い値となる傾向がみられた。また、Ei が 7.51 mS 以上の値となる割合は、体細胞数 20 万/ml 以下では 5% と少なかったが、体細胞数 51 万/ml 以上では約 30% とやや多かった。

Eid は、いずれの体細胞数の階層でも 0.00~0.25 mS の間に最も多く分布した。また、

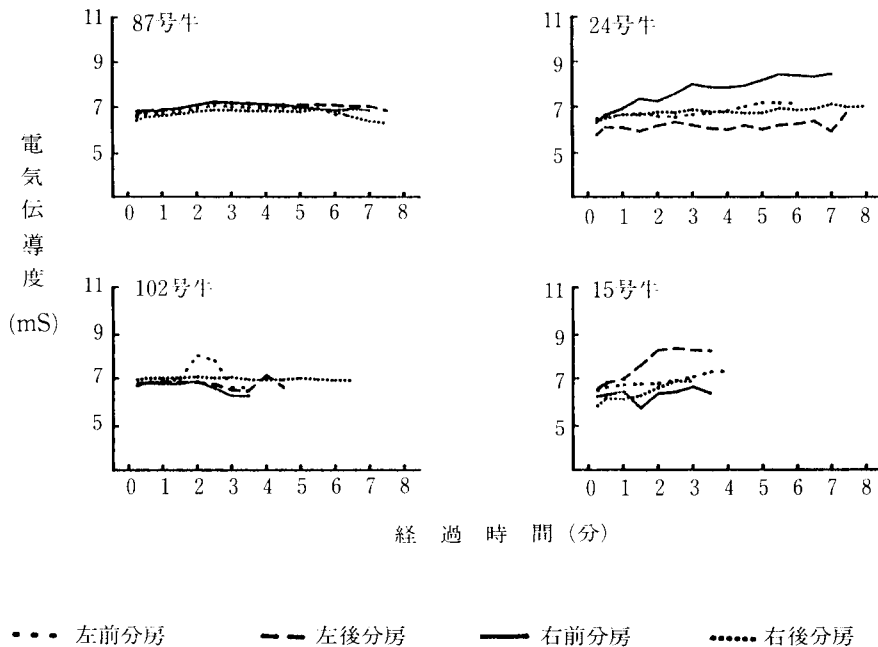


図1 搾乳中の電気伝導度の推移

87号牛はいずれの分房も非感染分房で体細胞数 1 万/ml 以下。
 102号牛は左前分房がコアグラールゼ陰性ブドウ球菌による感染分房で体細胞数は10万/ml，その他の分房は非感染分房で体細胞数 1 万/ml 以下。
 24号牛は右前分房がコアグラールゼ陰性ブドウ球菌による感染分房で体細胞数は37万/ml，その他の分房は非感染分房で体細胞数 1 万/ml 以下。
 15号牛は左後分房がコアグラールゼ陽性ブドウ球菌による感染分房で体細胞数は37万/ml，その他の分房は非感染分房で体細胞数 1 万/ml 以下。

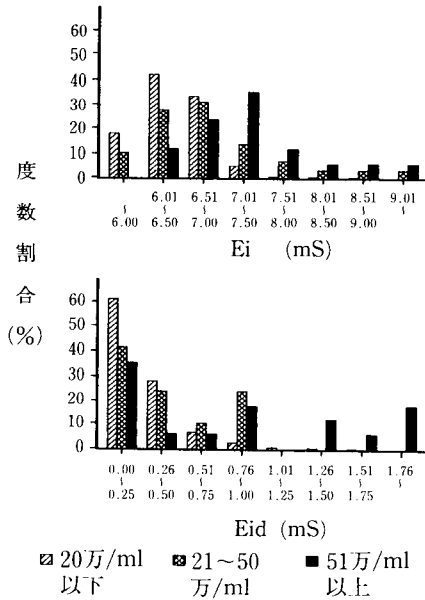


図2 体細胞数階層別のEi及びEidの分布
Eiは搾乳開始15秒間の電気伝導度の最大値、
EidはEiの分房間差値を表わす。

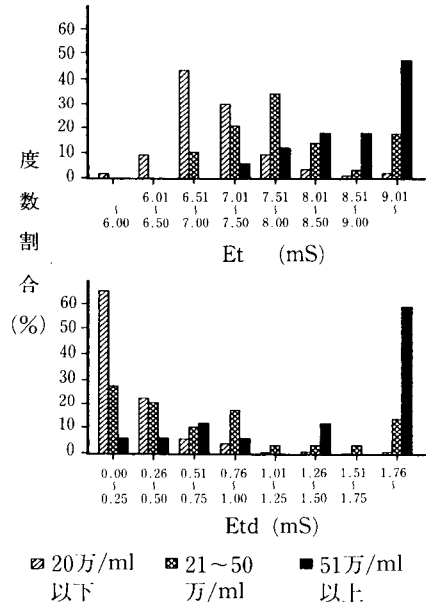


図3 体細胞数階層別のEt及びEtdの分布
Etは搾乳終了までの電気伝導度の最大値、
EtdはEtの分房間差値を表わす。

Eidが0.76 mS以上の値となる割合は、体細胞数20万/ml以下では5%以下と少なかったが、体細胞数51万/ml以上では約50%と多かった。

このように、体細胞数の階層によりEiあるいはEidの分布に差がみられたものの、体細胞数の階層の間の分布の重なりは多かった。

体細胞数階層別のEt及びEtdの分布を図3に示した。いずれの体細胞数の階層でもEtはEiに比べ高い値となる傾向がみられ、この傾向は体細胞数20万/ml以下では小さく、体細胞数が高い階層ほど大きかった。また、Etが8.51 mS以上の値となる割合は、体細胞数20万/ml以下では5%以下と少なかったが、体細胞数51万/ml以上では約60%と多かった。

Etdは体細胞数20万/ml以下では0.25 mS以下の値が最も多く、0.51 mS以上の値となる割合は10%以下であった。これに対し体細胞数51万/ml以上では、Etdは1.76 mS以上の値が最も多く全体の約60%を占めた。

このように、体細胞数の階層の間のEtあるいはEtdの分布にはやや大きな差がみられ、また、体細胞数の階層の間の分布の重なり部分もやや減少した。

体細胞数の階層による電気伝導度指標の分布の違いは、Eiに比べEtに大きく現われ、また最大値(Ei, Et)に比べ分房間差値(Eid, Etd)で大きく明瞭であった。

乳房炎起因菌感染状態別のEi及びEidの分布を図4に、Et及びEtdの分布を図5に示した。非感染分房は、いずれの電気伝導度の指標においても、体細胞数20万/ml以下の階層と同様な分布の傾向を示した。また、非感染分房と感染分房では、各種の電気伝導度の指標の分布に差がみられ、その差は二次性乳房炎起因菌による感染分房では小さく、一次性乳房炎起因菌による感染分房では大きかった。さらに、非感染分房と感染分房の分布の違いは、体細胞数と同様にEiに比べEtに大きく現われ、また最大値(Ei, Et)に比べ分房間差値(Eid, Etd)で大きかった。

Etdの判別閾値と検出の特異度及び検出感度の関係を図6に示した。分房間差値であるEtdの判別閾値によって高体細胞数分房を検出する場合、検出の特異度には基準体細胞数の違いによる大きな差はみられなかった。しかし、検出感度には差がみられ基準体細胞数が高いほど高かった。また、検出の特異度と検出感度は相反し、分房間差値で

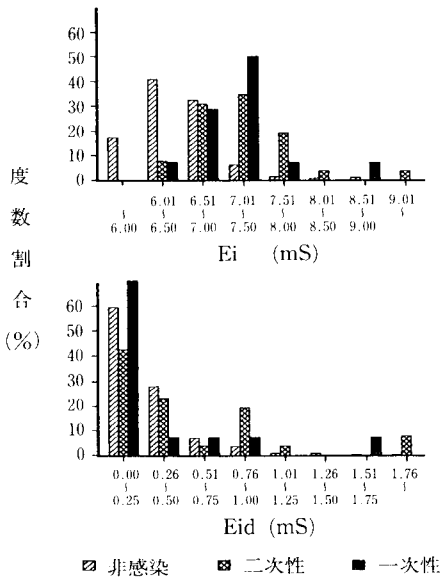


図4 乳房炎起因菌感染状態別の Ei 及び Eid の分布

Ei は搾乳開始15秒間の電気伝導度の最大値、Eid は Ei の分房間差値を表わす。

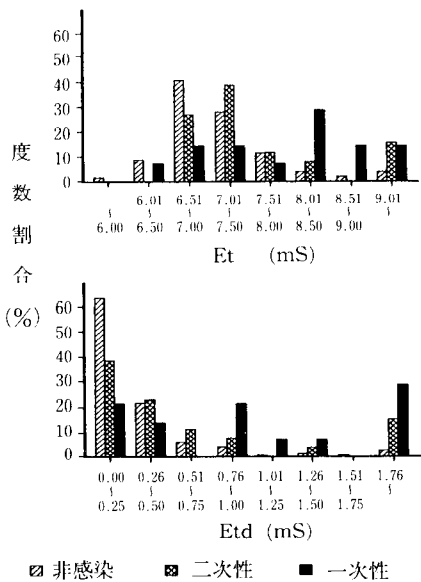


図5 乳房炎起因菌感染状態別の Et 及び Etd の分布

Et は搾乳終了までの電気伝導度の最大値、Etd は Et の分房間差値を表わす。

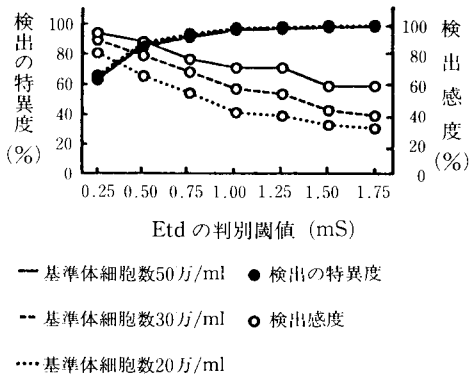


図6 Etd の判別閾値と検出の特異度及び検出感度の関係

Etd は搾乳終了までの電気伝導度の最大値 (Et) の分房間差値を表わす。

ある Etd の判別閾値を小さく取れば基準体細胞数を超える分房に対する検出感度は高まったが、一方で基準体細胞数以下の分房を陰性と判断する割合である検出の特異度は低下し、この結果として検出された分房に正常分房であるのに検査で陽性と判別された分房（以下偽陽性分房とする）が多く含まれることとなった。また、偽陽性分房を少なくするため判別閾値を大きく取ると基準体細胞数を超える分房に対する検出感度が低下した。

90%以上の検出の特異度を保つ条件で判別閾値を移動した場合、検出の特異度の変化に比べて検出感度の変化が大きかったが、このような傾向は Ei, Eid, Et においてもみられ、感染分房の検出においても同様の傾向がみられた。

各種の電気伝導度指標による異常分房の検出感度を表2に示した。各基準体細胞数を超える分房及び感染分房に対する判別閾値は、それぞれ検出の特異度が95%になるように度数分布表から設定した。しかし、図6に示したようにいずれの検出対象においても、検出の特異度の差は小さかった。このため、検出の特異度が95%となる電気伝導度指標の値は度数分布表の同一カテゴリーに含まれることとなり、各検出対象に対する判別閾値は同じ値となった。

各種の電気伝導度指標による基準体細胞数を超える分房あるいは一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度は、高に順に (Et+Etd), Etd, Et,

表2 各種の電気伝導度指標による異常分房の検出感度

電気伝導度指標 (判別閾値)	異常分房検出感度				
	基準体細胞数(/ml)			乳房炎起因菌による感染	
	20万	30万	50万	一次性	二次性
	%				
Ei(7.5mS)	21.7	17.9	29.4	7.1	7.7
Eid(0.75mS)	30.8	35.7	52.9	14.3	30.8
Ei(7.0mS) +Eid(0.5mS)	34.8	39.3	58.8	14.3	23.1
Et(8.5mS)	37.0	42.9	64.7	28.6	23.1
Etd(1.0mS)	41.3	57.1	70.6	42.9	19.2
Et(8.0mS) +Etd(0.5mS)	47.8	66.7	82.0	57.1	19.2

Eiは搾乳開始15秒間の最大値、EidはEiの分房間差値、Ei+Eidはこれらの併用を表わす。Etは搾乳終了までの最大値、EtdはEtの分房間差値、Et+Etdはこれらの併用を表わす。判別閾値はそれぞれ検出の特異度が95%となるよう設定した。電気伝導度は37°Cにおける実測値。

(Ei+Eid)、Eid、Eiであった。しかし、二次性乳房炎起因菌による感染分房の検出に関してはこのような傾向はみられなかった。

同じ判別閾値による基準体細胞数を超える分房の検出感度は、基準体細胞数大きいほど高かった。また、搾乳終了までの電気伝導度の最大値やその分房間差値を用いた場合、二次性乳房炎起因菌に比べて一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度が高かった。

検出感度が最も高かった搾乳終了までの電気伝導度の最大値とその間差値を併用した場合、検出の特異度が95%となる判別閾値は[Et(8.0mS)+Etd(0.50mS)]であった。この判別閾値による体細胞数51万、31万及び21万/ml以上の分房の検出感度はそれぞれ82.0、66.7及び47.8%であった。また、一次性乳房炎起因菌及び二次性乳房炎起因菌による感染分房を検出する感度はそれぞれ57.1%及び19.2%であった。

[Et(8.0mS)+Etd(0.50mS)]により検出された分房の内訳を表3に示した。検出された分房の中で体細胞数51万/ml以上の分房の割合は41.2%、感染分房の割合は38.2%、体細胞数51万/ml以上で感染を受けている分房は29.4%であった。しかし、検出された分房にしめる感染を受けている分房あるいは体細胞数51万/ml以上である分房の割合は、50%にとどまった。また、体細胞20万/ml以下で非感染の分房が、検出され

表3 [Et(8.0mS)+Etd(0.5mS)]により検出された分房の内訳

検出分房数	前搾り乳の体細胞数(万/ml)						
	-10	11-20	21-30	31-50	51-100	101-	
非感染	21	7/306	5/28	3/15	2/7	2/2	2/4
二次性	5	0/9	0/10	0/1	0/0	0/0	5/6
一次性	8	0/1	0/2	1/2	2/4	2/2	3/3
計	34	7/316	5/40	4/18	4/11	4/4	10/13

体細胞数階層別の内訳は、検出された分房数/該当分房数。

た分房の35.3%を占めた。

考 察

Gebre-Egziabher et al.⁶⁾は搾乳中の分房別の電気伝導度の測定を行い、非感染牛は電気伝導度値が低く分房間差値が小さいが、感染分房は非感染分房に比べ高い値を示し、いずれの場合も搾乳開始から終了まで漸増する傾向がみられたと報告している。久米⁹⁾は、搾乳中の電気伝導度が乳房炎起因菌による感染と関連して変化したと述べている。

本研究においても、搾乳中の電気伝導度は体細胞数が少ない分房や非感染分房では低く、また分房間の差が小さく搾乳中の変動も少なかったが、感染分房や高体細胞数分房では電気伝導度が高く、搾乳中の変動がみられた。しかし、体細胞数が少ない分房や非感染分房での搾乳中の推移は、搾乳前半はわずかな漸増傾向がみえたが後半では漸減し、Gebre-Egziabher et al.⁶⁾の報告とはやや異なった推移を示した。このような違いが生じた原因は明らかでなく、今後の検討が必要である。

Fernando et al.⁴⁾は非感染分房では前搾り乳と後搾り乳の電気伝導度の差は小さく、むしろ後搾りの方が低い傾向にあり、また、一次性乳房炎起因菌による感染分房では後搾り乳は前搾り乳に比べ電気伝導度が高く、一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度も後搾り乳で高かったと報告している。

本研究で搾乳中の電気伝導度の指標としたEiとEtの比較でも、Eiに比べてEtが高い傾向がみられ、またEiとEtの差は体細胞数の少ない分房や非感染分房においては小さく、高体細胞数分房や一次性乳房炎起因菌感染分房では大きかった。このため、高体細胞数分房や一次性乳房炎起因菌

による感染分房の検出感度は、Ei に比べて Et が優った。この理由は搾乳開始 15 秒間に排出される乳汁に比べて、それ以後に排出される乳汁の方が炎症の場である乳腺細胞の近くにあり、乳汁が炎症による塩基の浸潤の影響を受け易いためと思われる。

電気伝導度の最大値である Ei, Et に比べてその分房間差値である Eid, Etd は、体細胞数の少ない分房や非感染分房では低い値に集中し分布のばらつきが少なかった。このため、高体細胞数分房及び一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度は Ei, Et に比べ Eid, Etd が優った。

乳汁の電気伝導度の値は、乳房炎起因菌の感染により高くなるが、その他にも乳成分¹⁴⁾、泌乳ステージ、季節、種雄牛による影響¹³⁾や搾乳間隔の影響³⁾など多くの要因の影響を受けるとされている。しかし、分房間差値は個体内の差をとることにより、先に述べたような影響が消去されるため個体間のばらつきを小さくすることができ、このため高体細胞数分房及び感染分房の電気伝導度の上昇が顕現化し、検出感度が向上したものと考えられる。さらに、絶対値と分房間の補正值の併用は検出感度が高まるので有利であると報告^{2,4)}されているが、本研究の結果も同様であった。

正常分房における前搾り乳の電気伝導度が 95 及び 99% 含まれる値は、絶対値では 6.0 及び 6.2 mS、分房間差値では 0.3 及び 0.5 mS と報告¹²⁾されている。この値は、大島¹⁵⁾に従って 37°C に換算すると絶対値では 7.27 及び 7.50 mS、分房間差値では 0.36 及び 0.60 mS である。表 2 に示したように、本研究の結果では前搾り乳に近いと思われる乳汁から得られた Ei 及び Eid の判別閾値については、これらの値と近似した値であった。しかし、搾乳開始から終了までの乳汁から得られた Et 及び Etd については、これらの値よりやや高い値であった。

Fernando et al.⁴⁾ は夕方搾乳での試験から、検出の特異度を 90% 以上とする条件で電気伝導度の絶対値と分房間比率の判別閾値を用いた場合、一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度は、前搾り乳では 71.7%、後搾り乳では 98.1% であったが、二次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度はそれぞれ 30.7 及び 61.9% であったと述べている。

本研究では検出の特異度を 95% とする条件のもとで、搾乳中の電気伝導度の最大値と分房間差値の判別閾値を併用し、前搾り乳で 51 万/ml 以上の高体細胞数分房について 82.0% の検出感度が得られたが、一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度は 57.1%、二次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度は 19.2% と低かった。このような感染分房に対する検出感度の違いは、本研究では調査が朝と夕に行われたことや設定した検出の特異度の差、さらには乳房炎起因菌とその感染率など供試牛群の感染状況の差によるものと考えられる。一次性乳房炎起因菌に比べて二次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度が低いことについては、Fernando et al.⁴⁾ の報告と一致していた。二次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度が低い原因は、久米⁹⁾が指摘するように、二次性乳房炎起因菌による感染ではひどい感染状況に至ることが少なく、乳腺組織への損傷程度が少ないためと思われる。

本研究では高体細胞数分房に比べ感染分房の検出感度が低かった。これは、乳腺の炎症の程度と乳汁の体細胞数は強く結びついているが、乳房炎起因菌による感染では乳房炎起因菌の病原性ととも生体の抵抗力により乳腺の炎症の程度が大きく変化し、乳房炎起因菌による感染と炎症の程度が必ずしも一致しないこと、また、Linzell et al.¹¹⁾ が電気伝導度は乳腺の過去の感染による損傷を反映する恐れがあると述べているように、乳房炎起因菌が乳腺から消失したのちも乳腺の損傷の回復が遅れ、電気伝導度に影響することがあるためと推察される。

Greatrix et al.⁷⁾ が指摘したように、検出の特異度と検出感度は相反する傾向にあった。加えて図 6 に示したように、判別のための基準値である判別閾値を移動した場合の影響は、検出の特異度に対してよりも検出感度に大きく及んだ。このため、検出の特異度をどの程度に設定するかは、検出感度や検出された分房に占める異常分房の割合（以下陽性反応的中度とする）にも大きく影響する。多くの報告^{4,6,7)} は、検出の特異度を 90~95% として、判別閾値の設定を行っている。しかし、搾乳中の電気伝導度による判別が搾乳現場で個々の分房を対象に利用されることを考慮すると、検出感度が高いだけでなく、陽性反応的中度が高い

ことが必要である。

本研究においては一回の搾乳中の電気伝導度の最大値とその分房間差値を用いることにより、前搾り乳の体細胞数による検出感度にはやや劣るもののほぼ同程度の一次性乳房炎起因菌による感染分房の検出感度を得た。しかし、陽性反応的中度は50%と低く、搾乳現場で異常分房の検出に利用するためには、より高い検出感度と陽性反応的中度が必要と思われる。

牛群の異常分房の保有率をK、異常分房を陽性と判別する割合である検出感度をP、正常分房を陰性と判別する割合である検出の特異度をNとすると、検出された分房に占める異常分房の割合である陽性反応的中度Rは次の式で表わされる。

$$R = \frac{(K \times P)}{(K \times P) + (1 - K) \times (1 - N)}$$

陽性反応的中度を66%とするために必要な検出の特異度と検出感度を図7に示した。このように、陽性反応的中度を一定に保つために必要な検出の特異度と検出感度は、牛群の異常分房の保有率に大きく影響される。とくに牛群の異常分房の保有率が低い場合に陽性反応的中度を高めるには、検出の感度を高めるだけでなく、検出の特異度も高めることが必要である。

Linzell et al.¹¹⁾ は電気伝導度の絶対値により中程度の感染分房を検出する感度は、連続測定した4日間の46%に比べ連続した7日間では62%と高かったと述べている。また、電気伝導度が測定日より変動すること¹¹⁾ や、乳房炎の炎症の程度は流動的であり、分房毎にみれば電気伝導度が

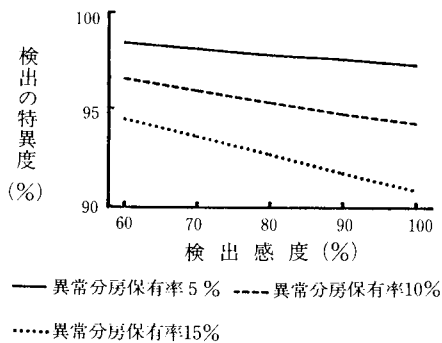


図7 陽性反応的中度を66%とするために必要な検出の特異度と検出感度

経時的に変化することから、多くの報告^{6,10,11)} では数回の搾乳にわたる連続測定や反復測定を推奨している。

しかし、搾乳中の電気伝導度の日間変動の大きさやその要因については明らかでない。また、異常分房の検出において数回の搾乳にわたる連続測定が検出感度や検出の特異度へ与える影響については明らかでなく、今後の検討が必要である。さらに、異常分房を搾乳中に自動検出する装置を実用化するためには、多頭数同時測定・収録装置の開発とともに測定回数増加による検出感度と陽性反応的中度の向上手法、多数事例の調査に基づく検出のための基準値となる判別閾値の検討が必要である。

謝辞 本研究を遂行するにあたりエーザイ株式会社山本雅一氏並びにオリオン機械株式会社からは測定装置等を提供していただいた。道立根釧農業試験場管理科諸氏には実験に際し多大な助力をいただいた。さらには、同試験場国井輝男場長には御校閲を賜わった。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 1) Ali, A. E.; Andrews, A. T.; Cheeseman, G. C. "Influence of elevated somatic cell count on casein distribution and cheese-making". J. Dairy Res. **47**, 393-400 (1980).
- 2) Emanuelson, U.; Olsson, T.; Holmberg, O.; Hageltorn, M.; Mattila, T.; Nelson, L.; Åström, G. "Comparison of some screening tests for detecting mastitis". J. Dairy Sci. **70**, 880-887 (1987).
- 3) Fernando, R. S.; Rindsig, R. B.; 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).
- 4) Fernando, R. S.; Rindsig, R. B.; Spahr, S. L. "Electrical conductivity of milk for detection of mastitis". J. Dairy Sci. **65**, 659-664 (1982).
- 5) Fernando, R. S.; Spahr, S. L.; Jaster, E. H. "Comparison of electrical conductivity of milk with other indirect methods for detection of subclinical mastitis". J. Dairy Sci. **68**, 449-

- 456(1985).
- 6) Gebre-Egziabher, A.; Wood, H. C.; Robar, J. D.; Blankenagel, G. "Evaluation of automatic mastitis detection equipment". *J. Dairy Sci.* **62**, 1108-1114 (1979).
 - 7) Greatrix, G. R.; Quayle, J. C.; Coombe, R. A. "The detection of abnormal milk by electrical means". *J. Dairy Res.* **35**, 213-221 (1968).
 - 8) International Dairy Federation. "Laboratory methods for use in mastitis work". IDF Document. **132**, 1-27 (1981).
 - 9) 久米常夫. "牛の乳房炎, 乳房の感染と抵抗. その一断面". 近代出版, 1984, 112 p.
 - 10) Linzell, J. L.; Peaker, M. "Day-to-day variations in milk composition in the goat and cow as a guide to the detection of subclinical mastitis". *Br. Vet. J.* **128**, 284-295 (1972).
 - 11) Linzell, J. L.; Peaker, M.; Rowell, J. G. "Electrical conductivity of foremilk for detecting subclinical mastitis in cows". *J. Agric. Sci. Camb.* **83**, 309-325 (1974).
 - 12) 農林水産技術会議事務局. "牛乳品質, 特に無脂固形分含量向上技術の開発に関する研究". 研究成果. **152**, 56, 65 (1984).
 - 13) 鈴木 徹, 鈴木三義, 三好俊三, 光本孝次. "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". 帯広研報. **13**, 175-181 (1983).
 - 14) 大島正尚, 布施 洋. "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 (1977).
 - 15) 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).
 - 16) 高橋雅信, 塚本 達, 原田竹雄, 五ノ井幸男. "泌乳期における体細胞数の推移と体細胞数増加の乳生産に対する影響". 日本畜産学会北海道支部大会講演要旨. **31**, 33 (1988).
 - 17) Ward, G. E.; Schultz, L. H. "Relationship of somatic cells in quarter milk to type of bacteria and production". *J. Dairy Sci.* **55**, 1428-1431 (1972).

Detection Method of Abnormal Quarters by Electric Conductivity on Milking

Masanobu TAKAHASHI*, Tatsushi TSUKAMOTO*, Katsumi SASAJIMA*,
Tetsuo TAMAKI* and Saneyuki SHIMADA**

Summary

In order to develop auto detective equipment, detection method of abnormal quarters by electric conductivity on milking was investigated. Electric conductivity of milk in 402 quarters from a total number of 80 cows in two herds was measured. A three types of electric conductible values, those were maximum values in initial milk in fifteen seconds after onset of milking, maximum values during whole milking hour and differential values between quarters, were determined in conjunction with somatic cell counts in fore milk and mastitis pathogenic conditions. Differential values of quarters were derived from values of each quarters subtracted with minimum values among quarters measured at same period. The threshold was decided with level of 95% of identification efficiency of normal quarters. Detection sensitivity using electric conductible threshold was marked highest in this order, combined with maximum and differential value, differential value, maximum value. Detection sensitivity based on maximum values during whole milking hour was higher than that of maximum values in initial milk in fifteen seconds. Using the threshold combined with maximum value during whole milking hour and differential value of quarters, quarters of more than 510,000/ml of somatic cell could be identified in 82%, while 57.1% of quarters infected with primary pathogens were detected correctly. However, this detection sensitivity of quarters infected with primary pathogens was lower than that of 64.3% detection by threshold of somatic cell counts setted by the same identification criteria of normal quarters.

* Hokkaido Prefectural Kosen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido, 086-11 Japan.

** Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.