

## 電氣傳導度測定에 의한 乳牛準臨床型 乳房炎의 診斷에 관한 研究

### 2. 電氣傳導度值의 變動要因

康 炳 奎 · 辛 鍾 奉

全南大學校 農科大學

#### 緒 論

乳房에 炎症이 존재할 경우 우유중의  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , Ig 등의 성분은 증가하고  $\text{K}^+$ , 乳糖, 乳脂肪 등의 성분은 낮아지며, 分房乳의 電氣傳導度 (electrical conductivity, EC)는 높아진다는 報告와 관련하여 EC 值를 乳房炎症의 指標로 應用할 수 있음이 보고된 바 있다.<sup>5-7, 9-14, 16, 19, 21)</sup>

Linzell 및 Peaker<sup>13)</sup>는 EC 值가 全身性疾患, 飼料의 급변, 發情, 乳期 그리고 乳房內 抗生劑의 주입으로 變動될 수 있음을 示唆하고 있다. 그런데 Anderson 등<sup>1)</sup>은 性週期日數에 따라 우유성분중의 血清 albumin 濃度는 有意性있는 變動을 보였으나 EC 值, 總細胞數와 細菌數는 變動要因으로 인정되지 않음을 보고하고 있다.

前報<sup>20)</sup>에서 EC 值와 CMT(california mastitis test), 總細胞數(DSCC)間에는 그 乳房炎陽性限界에서 양자간에 반드시 一致하지 않은 사례가 있음이 관찰되어졌다.

本報에서는 EC 值의 變動要因을 검토할 목적으로 우선 產次와 年齡, 分娩後經過日數, 發情 그리고 檢出되어지는 細菌種이 EC 值에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보려 하였다.

#### 材料 및 方法

牛乳試料와 區分: 1981年 3月부터 약 2년사이에 全南地域 乳牛 211頭, 825個分房前乳를 대

상으로 하였다. 이 중 130個分房前乳는 發情을 확인한 소에서 채취하였으며, 試料의 채취방법과 그 후의 처리는 前報<sup>20)</sup>와 같다.

乳房炎診斷法중 前報<sup>20)</sup>에 기술한 CMT와 DSCC로 이를 乳房炎陽性乳(乳房炎乳)와 乳房炎陰性乳(正常乳)로 구분하였는데 단 그 陽性限界는 DSCC는  $5 \times 10^4/\text{ml}$  그리고 CMT (+)이상을 乳房炎乳로 하였다.

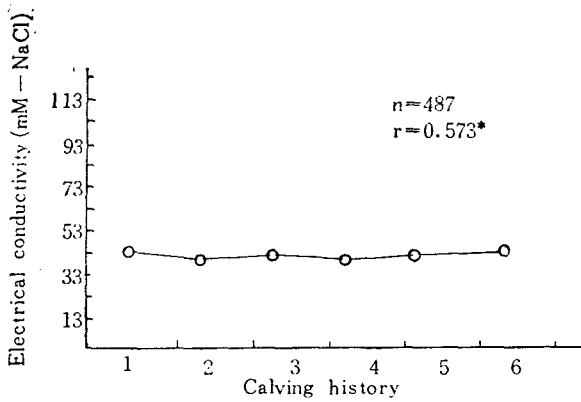
電氣傳導度(EC): EC의 測定術式은 前報<sup>20)</sup>와 같다. 다만 여기에서는 Linzell 등<sup>12, 13)</sup>의 기술에 따른 絕對傳導度(absolute conductivity, AC)로 비교검토 하였다.

原因菌의 分離同定: Schalm 등<sup>17)</sup>과 Cowan 및 Steel<sup>4)</sup>의 記述에 準하였다.

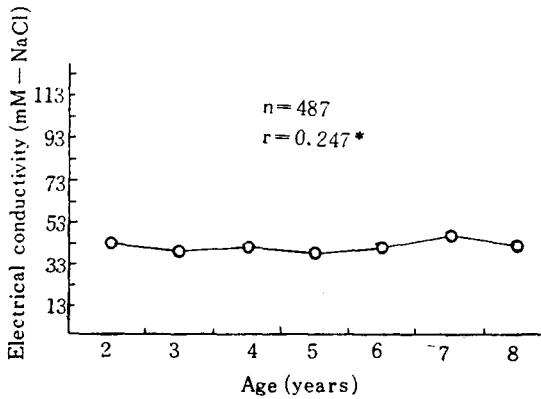
Resazurin 還元試驗(RRT)은 大塚의 方法<sup>24)</sup>에 準하여 試藥으로는 Lactester A錠(和光純藥)을 사용하였다.

#### 結 果

正常乳의 EC 值와 產次와의 關係: CMT와 DSCC에 의하여 正常乳로 判정된 分房前乳 487例에 대한 EC 值와 產次와의 關係는 그림 1과 같다. 全例數의 平均値는  $41.4 \pm 10.4 \text{mM-NaCl}$ (이하 mM)로서 乳房炎陽性限界值인  $53.0 \text{mM}$ 이하에 속하여 있었으나, 6.3%에 해당하는 31例는 陽性限界值이상에 속하여 있었다. 1~6產次間에는 正의 相關( $r=0.573$ )을 나타냈으나 有意性은



**Fig. 1.** Graph demonstrating the relationship between electrical conductivity and calving history. Quarter milk samples are diagnosed as normal by CMT and DSCC. The points indicated by 0 are mean titers.  
\*Not significant

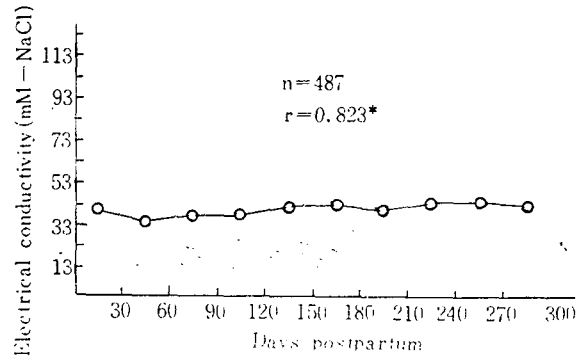


**Fig. 2.** Graph demonstrating the relationship between electrical conductivity and age of cows. Quarter milk samples are diagnosed as normal by CMT and DSCC. The points indicated by 0 are mean titers.  
\*Not significant

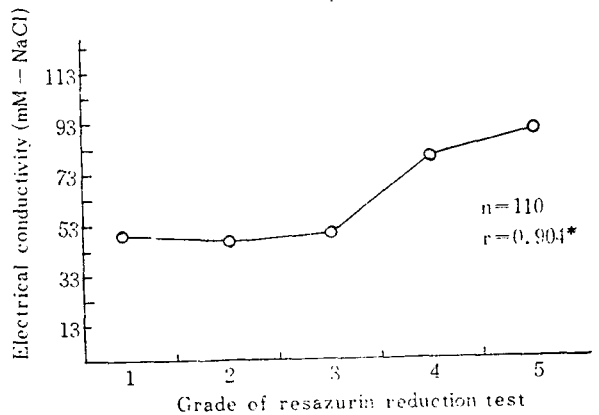
인정할 수 없었다.

正常乳의 EC 値와 年齡과의 關係 : 正常分房前乳 487例의 EC 値와 年齡과의 關係는 그림 2 에 나타낸바와 같다. 産次와 비슷한 경향을 보였고, 正의 相關( $r=0.247$ )을 나타냈으나 有意性은 인정할 수 없었다.

正常乳의 EC 値와 分娩後經過日數와의 關係 : 正常分房前乳 487例의 EC 値와 分娩後 經過日數와의 關係는 그림 3 에 나타내었다. 初乳期에서 移行된 分娩後 3~30日의 平均値는  $40.6 \pm 5.9$ mM 로서 泌乳全期間의 平均値  $41.4 \pm 10.4$ mM 보다 낮은 EC 値를 보였다. 그러다가 乳牛의 最高泌乳曲線을 나타내는 分娩後 31일부터 120日에서는



**Fig. 3.** Graph demonstrating the relationship between electrical conductivity and postpartum days of cows. Quarter milk samples are diagnosed as normal by CMT and DSCC. The points indicated by 0 are mean titers.  
\*Significant( $p < 0.05$ )



**Fig. 4.** Graph demonstrating the relationship between electrical conductivity and resazurin reduction test (RRT). Quarter milk samples are diagnosed as mastitic by CMT and DSCC. The points indicated by 0 are mean titers.  
\*Significant( $p < 0.05$ )

$35.7 \pm 11.3 \sim 38.8 \pm 8.8$ mM로 全乳期를 통하여 가장 낮은 値를 보였다. 그 후 分娩後 經過日數가 지나 乾乳期에 가까워질수록 EC 値도 높아져  $41.2 \pm 8.0 \sim 45.4 \pm 6.1$ mM의 범위를 나타내었다. EC 値와 分娩後 經過日數間에는 正의 相關( $r=0.829$ )으로서 有意性이 인정되었다( $p < 0.05$ ).

乳房炎乳의 EC 値와 RRT와의 關係 : CMT와 DSCC에 의하여 乳房炎陽性으로 診斷된 110例의 EC 値와 RRT의 關係는 그림 4와 같다. RRT의 3, 4 및 5等級의 EC 値는 각각  $50.4 \pm 18.4$ ,  $80.0 \pm 13.8$ ,  $89.8 \pm 14.3$ mM이었다. 110例의 平均EC 値도  $59.0 \pm 22.5$ mM로서 EC 値의 陽性限界인

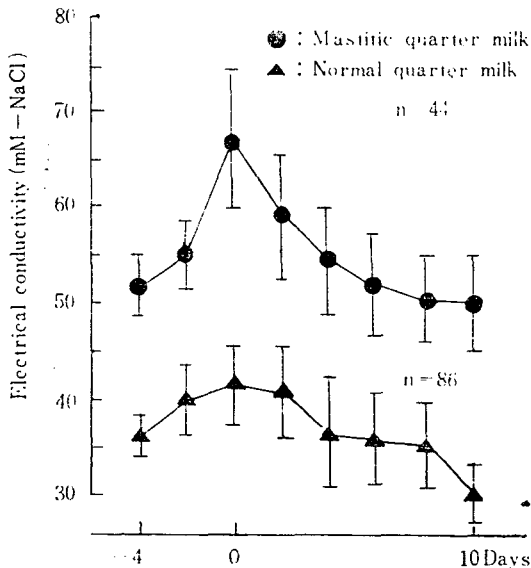
53.0mM 이상을 나타내고 있었다. EC值和 RRT의 사이에는 正의 相關을 나타내었고( $r=0.904$ ) 有意性이 인정되었다( $p<0.05$ ).

EC值和 細菌種 및 總細胞數와의 關係: 乳房炎乳 110例에서 分離된 細菌種에 따르는 EC值 및 DSCC數의 關係는 Table 1과 같다. 그 EC平均值는 *E. coli* 感染때에  $63.9\pm 15.5$ mM로 가장 높았으며, *Streptococcus* spp.는  $60.5\pm 19.5$ mM 그리고 *Staphylococcus* spp.는  $57.0\pm 14.1$ mM이었다. 한편 DSCC에서는 *Streptococcus* spp. 感染에서  $160\pm 35\times 10^4$ /ml로 가장 높았고, *E. coli*에서  $124\pm 42\times 10^4$ /ml, *Staphylococcus* spp.에서

**Table 1.** The Electrical Conductivity and Mean Cell Count of Mastitic Quarter Milk Samples from which Mastitis Organisms were Isolated by Hotis Test

Organism	No. of quarters	Electrical conductivity (mM-NaCl)	Mean cell count (cell $\times 10^4$ /ml)
<i>Staphylococcus</i> spp.	48	$57.0\pm 14.1$	$115\pm 32$
<i>Streptococcus</i> spp.	36	$60.5\pm 19.5$	$160\pm 35$
<i>Escherichia coli</i>	15	$63.9\pm 15.5$	$124\pm 42$
Other organisms	11	$55.9\pm 11.8$	$83\pm 27$

\*Mastitic quarter milk samples were diagnosed by direct somatic cell count and modified California mastitis test.



**Fig. 5.** Graph demonstrating the relationship between electrical conductivity and estrus of cows. Day 0 means the day of estrus.

$115\pm 32\times 10^4$ /ml이었다.

EC值和 性週期와의 關係: 野外에서 採取된 分房乳汁중 性週期日數를 정확히 파악할 수 있었던 130例를 正常乳와 乳房炎乳로 구분 그 EC值를 비교한 結果는 그림 5에 나타낸바와 같다. 發情前 4日과 發情後 10日에서의 EC值和 비교한다면 發情當日의 EC平均值는 正常乳에서 41.2 mM, 乳房炎乳에서 68.3mM로 분명히 發情을 前後하여 EC值가 上昇變動됨이 확인되었다.

### 考 察

牛乳의 各種成分濃度는 個體나 乳期에 따라 生理的으로 變化하고<sup>22,33</sup>) 따라서 電解質成分도 하루 하루 變動하기 쉬운것이기 때문에 어떤 分房乳의 成分測定值가 異常인가 아닌가는 그 異常의 정도가 크지않은 경우에는 뚜렷하지 않고 또 각각의 成分濃度の 變化에 대한 量的인 상호관계도 밝히기 어렵다.

EC值의 變動要因을 검토하기 위하여 DSCC 50만/ml, CMT(+)를 陽性限界로 보고 이를 正常乳와 乳房炎乳로 구분하여 生理的 變動要因 즉 產次와 年齡, 分娩後經過日數와 性週期日數에 따르는 EC值의 變動狀況을 검토하였다. 한편 牛乳중에 나타나는 細胞成分은 感染菌의 종류에 따라 현저한 차이를 보였다는 보고<sup>8,18</sup>)에 근거를 두어 原因菌別로 나누어 그 EC值를 비교검토하였다.

正常乳의 EC值는 產次와 年齡에 關係 없이 Linzell 및 Peaker<sup>13</sup>)의 陽性限界值인 53.0mM이하에 속하여 產次와 年齡은 EC值의 變動에 거의 影響이 없는 것으로 나타났다(Fig. 1, 2). 다만 初産牛 및 2歲齡에서 EC值가 陽性限界보다 높은 數例의 異常值를 나타낸것은 初産牛의 경우 乳腺上皮가 과도하게 손상된다는 지적<sup>2)</sup>과 다소 初乳成分이 포함된 試料의 採取때문이었으리라 推測된다.

Chamings 등<sup>3)</sup>은 潜在性乳房炎診斷을 위한 電氣傳導度를 4個乳牛群의 164個 分房前乳에서 보았던 바, 正常乳의 EC值는 최소 5,550 $\mu$ S에서 최고 6,250 $\mu$ S로 乳牛個體間과 群間에 상당한 차이를 보였다고 한다. 그림 3에서 보는바와 같이 分娩後 約 1개월간의 EC值는 40.6mM이었고 泌乳極期인 分娩後 61~120日에서는 EC值의 下

降(35.7~38.8mM)을 보였고 그 이후에는 經過日數의 증가에 따라 EC 値는 상승(41.2~45.4mM)하였다( $r=0.823$ ). 이 結果는 分娩前 EC 値가 正常平均値보다 높았다가 分娩後 갑자기 떨어진다라는 Linzell 및 Peaker<sup>13)</sup>의 結果와 일치하며 또 乳牛個體 또는 群間의 EC 値는 平均產乳量에 의하여 變動된다는 指摘<sup>3)</sup>과 일치한다. 이상과 같이 產次와 年齡은 EC 値의 變動에 크게 작용하지 않으나, 分娩後經過日數 내지 乳期는 EC 値의 變動要因으로 작용하는 것으로 보아진다.

Grootenhius<sup>9)</sup>는 *Streptococcus*에 感染된 경우 그 乳汁중의 總細胞數는 258.8萬/ml, *Staphylococcus aureus*는 138.0萬/ml 그리고 *Streptococcus*와 *Staphylococcus* 混合感染의 경우에는 243.5萬/ml이었다고 하였다. Tolle<sup>18)</sup>도 *Streptococcus*와 *Staphylococcus* 感染에서는 *Enterococci* 感染때 보다 그 總細胞數가 더 많았다고 보고하고 있다. 表 1에서 보는바와 같이 原因菌이 순수하게 分離되었던 乳房炎陽性乳의 總細胞數에 있어서 *Staphylococcus* spp. 및 *Streptococcus* spp.는 *E. coli*의 總細胞數보다 높은 數値를 보여 先人<sup>8,20)</sup>의 結果와 거의 비슷하였다. 한편 *Staphylococcus* spp.의 EC 値는 57.0mM, *Streptococcus* spp.의 그것은 60.5mM으로 *E. coli*의 EC 値 63.9mM 보다 훨씬 낮은 結果를 보이고 있었다. 이 結果는 乳房炎의 感染原因菌의 종류에 따라 電氣傳導度에 차이가 남을 제시하는 것으로 사료된다.

그림 5에서 發情期의 EC 値는 發情後期 내지 發情休止期보다 높으며, 發情前期 특히 發情 1~2일부터 상승하여 發情日에는 제일 높은 EC 値를 보였다. 이는 Linzell 등<sup>12)</sup>의 結果와는 일치한다. 다만 Anderson 등<sup>1)</sup>은 EC 値와 乳汁內의 血清 albumin, progesterone量과의 비교에서 性週期는 EC 値의 직접적인 變動要因이 아니라고 推測한 바 있다. 이 점에 관하여는 앞으로 보다 더 다각적인 측면에서 검토가 있어야 하리라 생각된다.

## 結 論

全南地域의 牛群을 대상으로 2年間に 걸쳐 825個 分房前乳의 電氣傳導度(EC) 値의 測定에 의하여 潛在性乳房炎의 診斷을 실시하였다. Cali-

fornia mastitis test(CMT)와 總細胞數計算(DSCC)으로 正常乳 487例와 乳房炎乳 110例로 구분하여 產次, 年齡, 分娩後經過日數, 發情 및 細菌種이 EC 値의 變動에 미치는 影響을 비교 검토하였다. 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 正常乳의 EC 値에 있어서 產次와 年齡은 有意性있는 變動要因으로 인정할 수 없었다( $r=0.573, 0.247$ ).

2. 正常乳의 EC 値는 全乳期를 통하여 最高泌乳期인 分娩後 30~120日에 가장 낮은 値를 보였고, 乾乳期에 가까울수록 높아지는 경향을 보여( $r=0.823$ ) 분만후 경과일수는 有意性있는 變動要因으로 인정되었다( $p<0.05$ ).

3. 乳房炎乳의 EC 値는 Resazurin 還元試驗(RRT)의 等級에 따라 正의 相關( $r=0.904$ ) 關係를 나타냈으며 RRT 等級間에 有意性이 인정되었다( $p<0.05$ ).

4. 乳房炎乳에서 分離同定된 細菌種과 EC 値와의 關係를 보면 *E. coli* 感染에서 63.9mM-NaCl로 가장 높고, 다음은 *Streptococcus* spp. 感染에서 60.5mM-NaCl, *Staphylococcus* spp. 感染에서 57.0mM-NaCl의 순이었다.

5. 發情當日의 EC 値는 正常乳에서 41.2mM-NaCl, 乳房炎乳에서 68.3mM-NaCl로써 發情을 중심으로 높은 値를 보이다가, 發情後期, 發情休止期에는 낮아지는 경향을 보였다.

이상의 結果를 종합하여 볼 때 分娩後經過日數, 發情 및 細菌種은 EC 値에 影響을 미치는 것으로 推定된다.

## 參 考 文 獻

1. Anderson, K.L., Smith, A.R., Spahr, S.L., Gustafsson, B.K., Hixon, J.E., Weston, P.G., Jaster, E.H., Shanks, R.D. and Whitmore, H.L.: Influence of the estrus cycle on selected biochemical and cytologic characteristics of milk cows with subclinical mastitis. Am. J. Vet. Res. (1983) 44: 677.
2. Blood, D.C., Radostits, O.M. and Henderson, J.A.: Veterinary Medicine. Bailliere Tindall, London(1983) p.455.
3. Chamings, R.J., Murray, G. and Bootri, J.M.: Use of a conductivity meter for the detection of subclinical mastitis. Vet. Rec. (1984) 114: 243.

4. Cowan, S.T. and Steel, K.J. : Manual for the identification of medical bacteria, Cambridge Univ. Press.(1967).
5. Davis, J.G. : The detection of subclinical mastitis by electrical conductivity measurements, Dairy Indus. (1975) 40 : 286.
6. Fleet, I.R., Linzell, J.L. and Peaker, M. : The use of an autoanalyzer for rapid analysis of milk constituents affected by subclinical mastitis. Br. Vet. J. (1972) 128 : 297.
7. Greatrix, G.R., Quayle, J.C. and Coombe, R. A. : The detection of abnormal milk by electrical means. J. Dairy Res. (1968) 35 : 213~221.
8. Grootenhuis, G. : Somatic cell counting in the Netherlands. Proc. Seminar on Mastitis Control 1975. IDF Bull. (1975) p. 116.
9. Kitchen, B.J. : Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. J. Dairy Res. (1981) 48 : 167.
10. Linzell, J.L. and Peaker, J. : Mechanism of milk secretion. Physiol. Rev. (1971) 51 : 564.
11. Linzell, J.L. and 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. (1972) 128 : 284.
12. Linzell, J.L., Peaker, M. and Rowell, J.G. : Electrical conductivity of fore milk for the detecting subclinical mastitis in cows. J. Agric. Sci. Camb. (1974) 83 : 309.
13. 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. Br. Vet. J. (1975) 131 : 447.
14. Oshima, M. : Detection of abnormal quarter milk by the quarter difference of the electrical conductivity and its theoretical basis. Jap. Agr. Res. Quart. (1977) 11 : 239.
15. Oshima, M. : Aspects of subclinical mastitis in a dairy herd observed by the quarter difference value of electrical conductivity. Jap J. Vet. Sci. (1982) 44 : 1007.
16. Peaker, M. : The electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows: Composition of various methods of handling conductivity data with the use of cell counts and bacteriological examination. Br. Vet. J. (1978) 134 : 308.
17. Schalm, O.W., Carroll, E.J. and Jain, N.C. : Bovine mastitis. Lea and Febiger. Philadelphia. (1971).
18. Tolle, A. : Mastitis-the disease in relation to control method. Proc. of Seminar on Mastitis Control. IDF Bull. (1975) p. 3.
19. Wheelock, J.V., Kook, J.A.F., Neave, F.K. and Dodd, F.G. : The effect of bacterial infections of the udder on the yield and composition of cow's milk. J. Dairy Res. (1966) 33 : 117.
20. 康炳奎 : 電氣傳導度測定에 의한 乳牛 準臨床型 乳房炎의 診斷에 관한 研究. 1. 電氣傳導度法과 間接檢診法(CMT 및 總細胞數)과의 比較. 大韓獸醫學會誌(1984) 24 : 91.
21. 朴龍浩, 金錦華, 安壽煥, 金東成 : 傳導率測定法(AHI mastitis detector)을 利用한 乳房炎診斷의 野外適用試驗. 大韓獸醫學會誌(1982) 22 : 273.
22. 大島正尙, 布施洋, 石井忠雄 : 分房乳の natrium と chlor 濃度の 増加に伴う 他乳成分濃度の 變化. 日畜會誌(1974) 45 : 543.
23. 大島正尙, 布施洋, 石井忠雄 : 分房乳中の natrium と chlor 濃度の 増加と 其れに伴う 電氣傳導度と 水素 ion 濃度の 變化及び CMT scoreとの 關係. 日畜會誌(1974) 45 : 644.
24. 大塚義一 : 生乳細菌檢査の 標準寒天平板培養と resazurin testとの 關係. 日獸師誌(1967) 20 : 471.

# Studies on the Diagnosis of Subclinical Mastitis in Dairy Cows by the Measurement of the Electrical Conductivity

## 2. Factors Influencing Electrical Conductivity Value

Byong-Kyu Kang DVM, MS, PhD. and Chong-Bong Shin

College of Agriculture, Chonnam National University

### Abstract

To probe the subclinical mastitis in a herd of cows in Chonnam district, the electrical conductivity(EC) of 825 foremilk samples were measured for 2 years. Normal ( $n=487$ ) and mastitic( $n=110$ ) foremilk samples were classified by the California mastitis test(CMT) and direct somatic cell count(DSCC) and investigated the relations between the changes of the EC value and the calving history, age, days of postpartum, estrus and causative organism isolated. Obtained results are summarized as follows.

1. In the normal foremilk samples, positive correlation, though not significant, was found between the EC value and calving history ( $r=0.573$ ) and age ( $r=0.247$ ).
2. In the normal foremilk samples, the EC values were lowered at 30~120 days of postpartum through the whole lactation period and revealed a tendencies to higher values following the day of postpartum increased untill to the drying off ( $r=0.823$ ), and the days of postpartum was recognized as one of a influencing factor on the EC value( $p<0.05$ ).
3. In the mastitic foremilk samples, significant correlation between EC value and resazurin reduction test (RRT) were observed ( $r=0.904$ ,  $p<0.05$ ).
4. In the mastitic foremilk samples, EC values were obtained in the *E. coli* infection as 63.9mM-NaCl, in the *Streptococcus* spp. infection as 60.5mM-NaCl and in the *Staphylococcus* spp. infection as 57.0mM-NaCl.
5. At day 0 of estrus, the mean EC values of normal and mastitic foremilk samples were 41.2mM-NaCl and 68.3mM-NaCl respectively and the EC value of day 0 of estrus was higher than that of days before and after estrus.