

## 次世代型のセンシング技術を用いた家畜精密飼養管理技術の確立 ア 膈内粘液電気抵抗値を利用した繁殖管理システムの開発

Development of the breeding monitoring system of vaginal electric resistance in the cows

武石秀一・松岡恭二・池田哲<sup>1)</sup>・小田原幸夫<sup>1)</sup>・宇都宮茂夫<sup>2)</sup>・佐藤徳泰<sup>2)</sup>

### 要 約

膈内電気抵抗値と体温の24時間移動平均値(以下24時間体温)は、卵胞期に入ると低下する傾向が確認された。膈内電気抵抗値は発情日に一過性の低下を示し、24時間体温は発情の前日から低下し排卵後に上昇を示した。体温の低下により発情の始まりを察知し、膈内電気抵抗値の下降で授精適期を把握できることが示唆された。

(キーワード: 発情、膈内電気抵抗値、体温)

#### 背景及び目的

近年、効率的な畜産経営を行うために、規模拡大を図りながら省力化をすすめられてきた。しかし、一方では、個々の家畜の健康管理や繁殖管理に十分な時間がとれず、生産性の低下を招いている。

発情および授精適期は、発情牛の示す特有な徴候から推定されている。発情牛が他の牛に乗駕される行動は、発情の特有な徴候の一つである。この被乗駕行動から発情開始や発情終了の時間を推定し、これらの時間を目安とした授精適期推定の研究が報告<sup>1)</sup> されているが、実用化には至っていない。

このような行動的な徴候とは別に、内部的な徴候も発情及び授精適期の指標となり得る。内部的な徴候とは、卵胞の成熟、子宮の緊縮、外子宮口の弛緩、頸管粘液の流出及び頸管粘液の電気伝導度の上昇や体温変化等である。

この中で、頸管粘液の電気伝導度は、発情中に一過性に上昇することが報告<sup>2,3,4)</sup> されており、発情及び授精適期を知るうえで、有意な指標と思われる。

そこで、膈内電気抵抗値と体温を同時に測定することで、発情、さらには授精適期の把握が期待されること

から、両者の有用性を検討し、両者を一つにしたシステムの可能性について検討する。

#### 方法

自然発情と人為的に誘起した発情において膈内電気抵抗値の変化を測定し、発情と膈内電気抵抗値の関係を調査検討する。

#### 試験1 自然発情条件下で膈内電気抵抗値の変化

搾乳牛10頭を供試し、毎日10:00と16:00に膈内電気抵抗値と超音波画像診断装置を用いた卵巣所見をとり、搾乳時(4:30と16:30)の生乳を用いて乳中のプロゲステロン濃度(以下乳P値)をEIA法により測定した。排卵した日を基準日(0day)として-10day~+15dayの25日間の膈内電気抵抗値と乳P値及び卵巣所見を時系列に並べ比較検討した。排卵は卵巣の触診より確認した。膈内電気抵抗値の測定には、DRAMINSKI社製の膈内電気抵抗値測定器(図1)を用いた。

#### 試験2 人為的発情誘起条件下で膈内電気抵抗値の変化

黄体ホルモン徐放性周期同調剤(CIDR)を用い

1)大分県産業科学技術センター

2)(株)リモート

人為的に発情を誘起した搾乳牛6頭を供試して、腔内電気抵抗値の変化と腔内温度を調査した。

発情誘起の具体的な処置は、卵巣に黄体を確認した牛にCIDRを腔内に挿入、7日間留置後CIDRを除去、その際プロスタグランジンF2（PG）を4ml筋肉内投与した。

毎日定時（10:00と16:00）に腔内電気抵抗値と超音波画像診断装置を用いた卵巣所見をとり、また、搾乳

時（4:30と16:30）の生乳を用いて乳中のプロゲステロン濃度（乳P値）をEIA法により測定した。腔内温度は、（株）リモート社製の体温遠隔監視装置（図2）を用いて5分毎測定した。

排卵した日を基準日（0day）として-5day～+4dayの10日間の腔内電気抵抗値、乳P値、卵巣所見及び体温を時系列に並べ比較調査した。排卵は卵巣の触診より確認。



図1 腔内電気抵抗値測定器

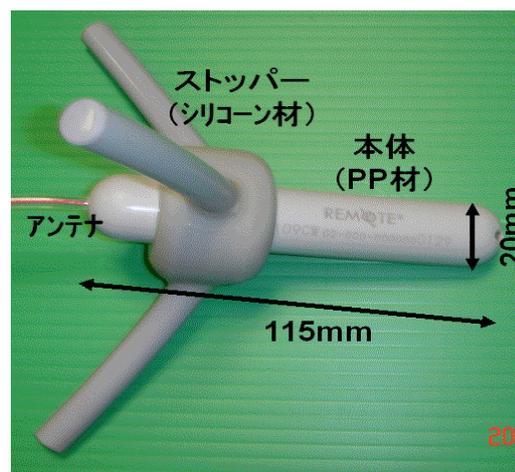


図2 体温遠隔監視装置

## 結果

### 試験1

供試牛10頭全てに排卵窩が確認された。

供試牛の25日間の平均腔内電気抵抗値（ $\Omega$ ）は、 $21.9 \pm 2.6$ であった。排卵日の1日前（-1day）は $15.7 \pm 3.9$ と一過性に低下した。排卵日（0day）には $21.5 \pm 4.2$ と平均値近くまで上昇がみられた。

乳P値は、-10day～-4dayまでは $9.0 \pm 6.6 \sim 4.2 \pm 2.4 \mu\text{g/ml}$ と緩やかな減少傾向を示し、-3dayには $1.5 \pm 2.35 \mu\text{g/ml}$ まで急速に減少し、-2.5dayには $1.0 \mu\text{g/ml}$ を下回り、+3.5dayまで $1.0 \mu\text{g/ml}$ を継続した。排卵3日前に黄体は急速に退行し、排卵4日目ころより黄体が形成されたことが伺われた（表1、図3）。

### 試験2

供試牛6頭全てに排卵が確認された。CIDR除去後、排卵までの時間は、短いもので2日、長いもので4日を

要した。

腔内電気抵抗値は、発情日に当たると推察される-1dayに $16.0 \pm 4.3$ まで一過性に低下した。排卵日（0day）には $22.3 \pm 5.5$ まで上昇が確認された。（表2、図4）。

乳P値は、-4day～-3dayまでは $4.16 \pm 3.24 \sim 2.86 \pm 3.84 \mu\text{g/ml}$ と緩やかな減少傾向を示し、-2dayには $0.64 \pm 0.37 \mu\text{g/ml}$ まで急速に減少した。このことから、排卵2日前に人為的な黄体退行が誘起されたことが裏付けられた。その後、乳P値は観察期間の+4dayまで $1.0 \mu\text{g/ml}$ 以下を示した（表2、図4、5）。

腔内温度（腔温）は、時間による影響（日内周期）を取り除く為に、24時間移動平均を用いた。腔温は、-3day以降下降を始め-2dayには0.16の急激な下降が認められた。その後排卵日（0day）まで約3日間低下を続け、+1dayに0.22の急激な上昇が認められた（表2、図5）。

表1 試験1 乳中P値及び腔内電気抵抗値

n = 10

排卵経過日数		-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
乳P値 (ng/ml)	平均	9.0	10.1	7.2	5.2	6.2	4.9	4.2	1.5	0.6	0.6	0.5	0.7	1.1
	SD	6.6	3.2	4.0	3.3	4.2	3.2	2.4	2.3	0.4	0.6	0.6	0.9	0.9
腔内電気 抵抗値( )	平均	25.0	21.0	23.3	19.7	21.6	23.4	20.3	21.8	20.5	15.7	21.5	21.7	23.4
	SD	2.6	3.6	4.0	4.5	5.4	5.5	4.6	3.5	5.8	3.9	4.2	2.7	2.7

排卵経過日数		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均
乳P値 (ng/ml)	平均	1.3	2.1	3.0	3.5	5.1	5.6	5.6	7.1	9.6	8.1	7.8	6.4	3.6
	SD	1.3	1.1	1.6	1.9	1.9	2.9	3.1	4.1	4.8	3.9	3.4	3.0	1.9
腔内電気 抵抗値( )	平均	21.5	22.3	21.7	21.0	22.5	21.3	20.8	24.3	22.5	23.5	23.1	23.7	21.9
	SD	5.0	1.7	2.7	1.6	2.3	4.7	2.8	2.1	3.0	1.8	2.5	3.9	2.6

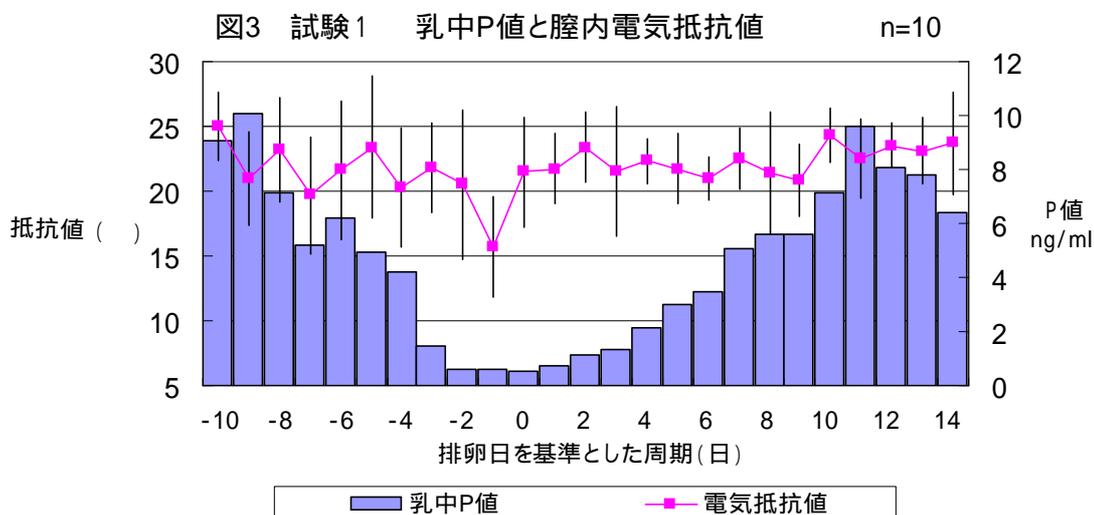


表2 試験2 体温、乳P値及び腔内電気抵抗値の推移

n=6

排卵経過日数	体温(24時間移動平均)					P値 (ng/ml)	腔内電気抵抗値 ( )
	始値 0:00	高値	低値	終値 24:00	始終値差		
-5	38.89	38.91	38.79	38.82	-0.06	4.16 ± 3.24	25.2 ± 3.2
-4	38.82	38.84	38.74	38.78	-0.04	3.22 ± 2.65	24.0 ± 3.4
-3	38.78	38.81	38.71	38.72	-0.06	2.86 ± 3.84	23.3 ± 4.8
-2	38.72	38.73	38.51	38.55	-0.16	0.64 ± 0.37	23.8 ± 5.4
-1	38.55	38.62	38.49	38.55	0.00	0.44 ± 0.16	16.0 ± 4.3
0	38.55	38.63	38.47	38.60	0.05	0.39 ± 0.10	22.3 ± 5.5
1	38.60	38.81	38.59	38.82	0.22	0.51 ± 0.22	25.0 ± 4.2
2	38.82	38.87	38.76	38.82	0.00	0.66 ± 0.41	25.3 ± 7.6
3	38.82	38.90	38.80	38.87	0.05	0.73 ± 0.45	27.4 ± 2.4
4	38.87	38.95	38.85	38.87	0.00	0.84 ± 0.49	27.5 ± 7.1

図4 試験2 腔内電気抵抗値とP値の推移

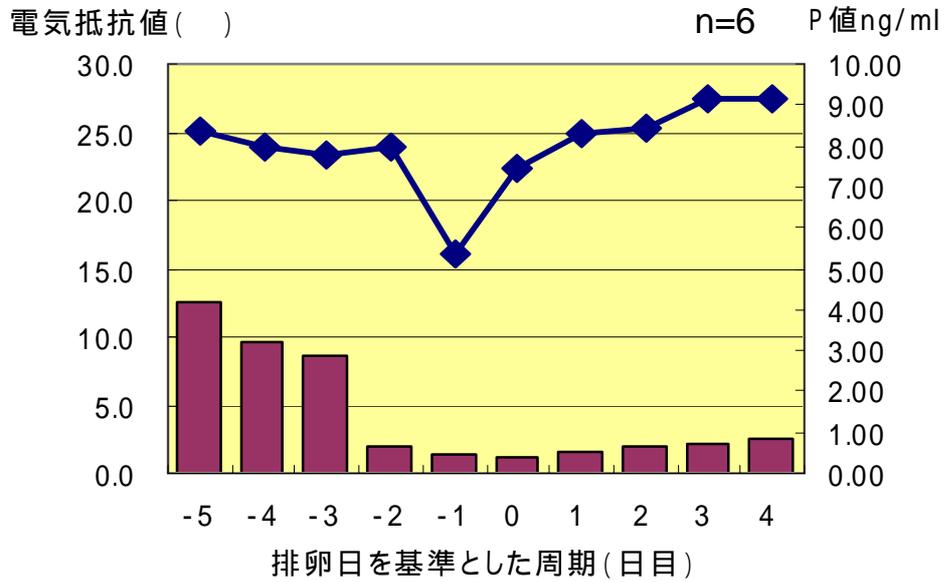
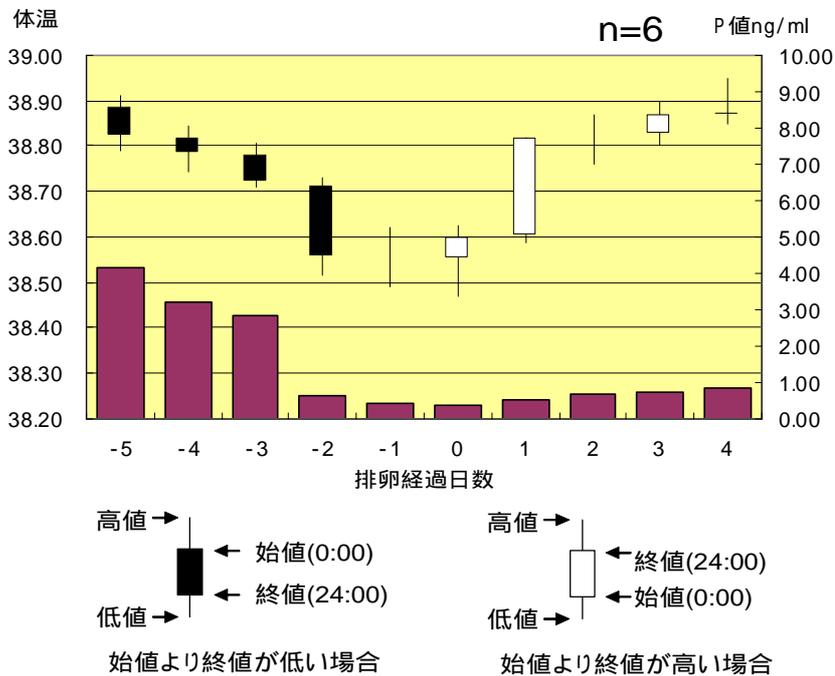


図5 試験2 24時間体温とP値の推移



高値 →  
← 始値(0:00)  
← 終値(24:00)  
低値 →  
始値より終値が低い場合

高値 →  
← 終値(24:00)  
← 始値(0:00)  
低値 →  
始値より終値が高い場合

まとめ及び考察

腔内電気抵抗値は、排卵日の前日に一過性に低下することが確認された。今回測定に用いた測定機は、

先端に電極が付けられており、外子宮口、即ち子宮頸管入り口に測定機を圧することで得られた値であることから、頸管粘液の電気伝導度の変化が腔内電気抵抗

値として表されたものと推察される。電気伝導度と電気抵抗値は、負の関係にあることから、今回の排卵前の一過性の低下は、頸管粘液の電気伝導度の上昇に由来するものと推察された。頸管粘液は、発情期にNaCl含量が増加し、粘液中のpHを下げ、電気電動度を上昇させることが報告<sup>5)</sup>されている。

今回供試した16頭の観察期間中の平均腔内電気抵抗値は、低いもので16.75、高いもので25.7と個体差が大きく、発情を発見する指標として、測定数値そのものでなく、減少率等変化を指標とすることが適当であった。

腔温の測定方法について、我々は先の共同研究の中で開発した遠隔監視できる体温計測定技術を用いた。これは、腔内に体温センサー留置することで5分毎の腔内温度を測定し、そのデータを無線送信し、インターネットを用いてどこからでも監視できるシステムである。今回、腔温を体温として代替した。また、実体温は、日内周期があり変化が分かりづらいことから、24時間移動平均を求めて比較した。

24時間体温は、黄体退行期から排卵前にかけて急激な体温低下を示し、排卵日当日にはその低下した体温が急速に復元することが確認された。本試験では人為的に黄体退行を誘起したが、自然条件下でも同様の傾向と思われる。

乳P値は血液中のP値と高い相関がある。搾乳時の乳を用いてプロゲステロンを測定できることは採血による牛のストレスを無くし、省力的な方法であることから、今回の検査に用いた。乳P値の推移は、黄体の退行と形成を反映するものであった。乳P値と卵巢所見より、黄体退行は排卵の10日前から徐々に始まり、排卵の2.5日前には乳P値は1 µg/ml以下となり、完全に退行したものと推察される。さらに乳P値が1 µg/ml以下を示す期間は、排卵後5日あたりまで続く。排卵5日目以降、黄体は急速に発育し、排卵後10～12日目当たりをピークとする軌跡をたどった。乳P値を指標とする発情及び授精適期の発見方法は、1 µg/ml以下を示す期間が1

週間程度あることから、精度上困難であると思われる。

今回の試験結果より、24時間体温と腔内電気抵抗値の両者の低下を発情及び授精適期の指標として活用できることが期待された。即ち、体温の有意な低下で卵巢のステージが卵胞期に入ったことを予察し、次に腔内電気抵抗値の一過性の低下により排卵の1日前を把握することで発情を捉え、人工授精に備えることが可能となった。

本試験の中で、家畜体温遠隔監視装置に電気抵抗値の機能を付加することが間に合わなかったが、技術的には、腔内電気抵抗測定センサーを加え、連続測定することは可能である。腔内電気抵抗値の連続データの集積により、更なる発情発見の精度向上も期待される。課題として、腔内に露出する電気抵抗値を測定する電極の対腐食性や家畜への安全性について検討が必要である。

#### 参考文献

- 1)平尾和義他, 牛の集団飼育における発情牛の行動と授精適期, 畜産の研究, 28:1310-1314, (1974)
- 2)土肥宏志, 放牧牛の発情推定法の開発, 「放牧牛のバイオテレメトリーシステムの開発に関する研究」農林水産俱術会議: 64-68(1994)
- 3)Edwards,D.F.and Levin,R.J.An Electrical Method of Detecting the Optimum Time to Inseminate Cattle, Sheep and Pigs. The Veterinary Record.,95:416-420(1974)
- 4)森純一・富塚常夫他, 牛の性周期中における子宮頸管粘液のpH並びに電気伝導度の変化 - 生体測定による検討・家畜繁殖誌., 25:6-11(1979)
- 5)森他, 頸管粘液のpHと電気伝導度・家畜臨床繁殖学., 87-88(1985)

