

## 周産期における乳牛の咀嚼活動およびルーメン内性状が その後の生産性に及ぼす影響

石 塚 研 太<sup>1)</sup>・泉 賢 一<sup>2)</sup>

The effect of chewing activity and rumen condition on milk production during the close-up period and on postpartum reproductive performance in transition dairy cows

Kenta ISHIDSUKA<sup>1)</sup> and Kenichi IZUMI<sup>2)</sup>  
(Accepted 27 July 2011)

### 緒 言

酪農の安定経営のためには乳牛の疾病を減らし、多くの乳量を得る飼養管理をすることが重要である。乳牛の飼養管理は乾乳期と泌乳期に大別されるが、分娩前3週間から分娩後1ヶ月の期間は周産期と呼ばれ(三好 2000)、特に疾病罹患のリスクが増加する時期である。分娩前は胎子の急激な発達による消化管への圧迫や体内のホルモンバランスが崩れることで採食量が低下し、エネルギー摂取量が不足する。また、分娩後数週間は乾物摂取量が少ないため高産乳量に対し摂取エネルギーが少なくなりがちである。このことから、周産期では負のエネルギーバランス状態となるため体脂肪を動員し対処するが、それが急激かつ大量に起こると脂肪肝などの代謝病を引き起こす(元井 1998)。また、高産乳量の牛は泌乳初期において、エネルギーや蛋白の摂取量不足が生じやすく、これらの不足の大きいものほど分娩後の卵巣機能の回復が遅延する傾向にある(吉目木ら 1986)。このため、泌乳初期のエネルギー摂取量不足は繁殖機能にも影響を及ぼす。

さらに周産期には粗飼料主体の乾乳期から濃厚飼料が増加する泌乳期へと飼料構成が変化するため、ルーメン内微生物叢の変化やルーメン内 pH の低下などルーメン内の恒常性が崩れ、ルーメンアシドーシスなどの消化器疾患が発生しやすい。このような代謝病や消化器疾患は生産病と呼ばれ、その発生は乳生産に影響を及ぼす。乳量、乳質の低下、繁殖成績の悪化は牛にとっても酪農経営にとっても健全ではない。したがって、周産期の乳牛の栄養状態やその後の生産性と関係が深いルーメン内の生理的指標

を把握することで適切な飼養管理が行えると考えられる。

本研究では、周産期における乳牛の採食行動、反芻活動やルーメンの状態が分娩後の乳生産や繁殖成績にどのような影響を及ぼすかを調査した。

### 材料および方法

#### 供試動物および飼養管理

本学附属農場で飼養するルーメンカニューレ装着乳牛4頭(平均産次数1.8産)を用いた。飼養管理は附属農場の慣行に従い、乾乳前期群に入るのは分娩予定日60日前であり、夏期は放牧され、冬期はフリーバーンによる舎飼いであった。乾乳後期群に入るのは、乾乳前期が放牧の場合は分娩予定日21日前から、舎飼いの場合は分娩予定日30日前からであった。分娩後は泌乳群となり、フリーストールで飼養された。

放牧の場合は乾乳前期には放牧草と乾草の自由採食および1日1kgの配合飼料給与であり、舎飼いの場合は乾草の自由採食および1日2kgの配合飼料の給与であった。乾乳後期には乾草を自由採食とし、1日6kgのコーンサイレージと2kgの配合飼料の給与であった。泌乳期にはグラスサイレージ、アルファルファサイレージ、コーンサイレージ、配合飼料、ビートパルプ、大豆粕、醤油粕、アン粕を混合したTMR給与であった。

放牧地草、乾草、コーンサイレージおよびTMRの化学成分は乾物(DM)含量が22.5%, 73.9%, 30.4%, 42.4%, DM中の中性デタージェント繊維(NDF)含量が57.3%, 71.0%, 44.5%, 42.8%, DM中の粗蛋白質(CP)含量は21.6%, 9.7%,

<sup>1)</sup> 酪農学園大学大学院酪農学研究科修士課程  
Graduate School of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 酪農学園大学附属農場  
Research Farm, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

6.7%, 14.6%であった。

なお、水および鉱塩はすべての期間を通して自由に摂取させた。

#### 調査日程

1 頭につき乾乳前期、乾乳後期、分娩後 10 日、分娩後 35 日の 4 回調査日を設けた。乾乳前期、乾乳後期については各群に移行してから 10 日目に調査を行った。

#### ルーメン内性状の調査

##### (1) ルーメン内容物の堅さおよび深さの測定

各調査日、8 時 (AM) と 14 時 (PM) にルーメン内容物の堅さ (N, ニュートン) と深さ (cm) を求めるため、貫入抵抗調査を行った。測定方法および貫入抵抗値の求め方は泉ら (2008) の方法を用いた。貫入抵抗装置は本体とケーブルで繋がったルーメン内挿入用ロッドの先端が貫入抵抗値と挿入深度を感知し、得られた信号をコンピューターに入力させる仕組みであった。測定は二人で行い、一人が牛の左側面に立ちロッド先端をルーメンカニューレを介して内容物表層に固定し、もう一人が測定装置本体を操作し貫入抵抗値を測定した。ルーメン内容物の深さは各測定の直前に定規をルーメンカニューレより挿入することにより測定した。

##### (2) ルーメン内容物粒度分布の測定

ルーメン内容物の採取は、AM の貫入抵抗が終了した直後に行った。ルーメン背囊部の内容物表層に位置するものを上層部として素手で約 250 g 採取し、ルーメン腹囊底部に位置するものを下層部としてカップで約 250~500 ml 採取した。採取した各調査日の上層部および下層部のサンプルを SIEVE SHAKER (MRK-RETSCH; 三田村理研工業株式会社, 東京) を用いて、湿式篩別した。篩は、目開きが上から 5.60, 2.60, 1.18, 0.60, 0.30, 0.15 mm の 6 段構成であり、0.15 mm 以下のサンプルを採取するため 47  $\mu$ m のナイロンメッシュをホースの先端に取り付けた。0.7 mm の振動幅で 20 分間の震盪

後、目開きが 1.18 mm 以上の篩に残ったものを大飼料片分画 (LP), 0.60 mm 以下の篩とナイロンメッシュに残ったものを小飼料片分画 (SP), ナイロンメッシュから流れ出たものを可溶性分画 (SOL) とした。各サンプルは 60℃ で 48 時間通風乾燥した。風乾後は 105℃ で 3 時間乾燥し、乾物重量を測定した。

##### (3) ルーメン内 pH の連続測定

用いた pH メーターは、ルーメン内部に直接挿入し pH を測定する電極とルーメンカニューレの蓋に取り付けたデータロガーを備えたものであった。各調査日とも測定は 24 時間連続で行い、pH メーター回収後に得られたデータをパソコン内に取り込み解析した。

#### 採食行動および反芻活動の調査

各調査日、IC レコーダー内蔵の口輪を装着し、24 時間連続で咀嚼音の記録を行った。IC レコーダー回収後、データをパソコン内に取り込み解析した。

#### 乳生産および繁殖成績の調査

乳量は毎日記録した。乳成分は毎月の乳牛検定情報から調査した。また、初回授精日数、初回授精受胎率、受胎までの授精回数および空胎日数を調査した。乳生産は初乳期間が終了してから 200 日間、繁殖成績は分娩後 200 日間を調査期間とした。

## 結 果

ルーメン内容物の堅さと深さおよびルーメン内 pH について表 1 に示した。ルーメン内容物の堅さは分娩後 10 日に 10.1 N と最も堅くなった。ルーメン内容物の深さは分娩後 35 日に 65.1 cm と最も深くなった。

ルーメン内 pH6.0 以下の累積時間は、乾乳前期、乾乳後期、分娩後 10 日、分娩後 35 日でそれぞれ 93.6, 234.1, 474.0, 595.6 分/日と調査日が進むにつれ増加した。1 日の平均 pH は乾乳期に比べ分娩後に低い値となった。

表 1 貫入抵抗法によるルーメン内容物の堅さと深さおよび 1 日のルーメン内 pH (n=4)

	乾乳前期	乾乳後期	分娩後10日	分娩後35日
ルーメン内容物の堅さ, N (ニュートン)	8.9	8.4	10.1	8.5
ルーメン内容物の深さ, cm	57.3	55.3	57.5	65.1
ルーメン内pH6.0以下累積時間, 分/日	93.6	234.1	474.0	595.6
平均pH	6.37	6.36	6.11	6.05

表2 1日あたりの採食行動および反芻活動 (n = 4)

	乾乳前期	乾乳後期	分娩後10日	分娩後35日
採食期持続時間, 分/回	26.8	22.9	25.1	25.6
採食期回数, 回/日	14.5	12.3	11.0	13.5
総採食時間, 分/日	373.4	280.3	253.2	331.8
反芻期持続時間, 分/回	34.2	36.3	42.7	42.1
反芻期回数, 回/日	12.8	14.0	13.5	13.3
総反芻時間, 分/日	421.4	508.2	552.6	541.7

表3 分娩後200日間における平均日乳量および乳成分の推移 (n = 4)

分娩後日数	日乳量, kg/日	乳脂肪率, %	無脂乳固形分率, %	乳蛋白質率, %	乳糖率, %	体細胞数, 万/ml	MUN, mg/dL
35日	33.3	4.15	8.68	3.13	4.55	20	8.7
60日	32.6	3.68	8.75	3.23	4.55	4	8.1
100日	31.5	3.75	8.93	3.33	4.63	4	10.1
150日	31.3	4.00	9.08	3.45	4.63	4	10.4
200日	29.1	4.00	9.13	3.43	4.68	4	10.9

採食行動および反芻活動を表2に示した。採食期持続時間は調査日間で差はみられなかった。総採食時間は乾乳前期が373.4分/日と最も長く、以降は乾乳後期, 分娩後10日の順に短くなったが, 分娩後35日には331.8分/日と再度長くなった。採食期回数は総採食時間と同様の傾向を示した。反芻期回数は調査日間で差はみられなかったが, 反芻期持続時間および総反芻時間は乾乳期に比べ分娩後に長くなる傾向を示した。

ルーメン内容物の上層部および下層部の粒度分布を図1に示した。上層部のLP割合は乾乳前期, 分娩後10日, 分娩後35日で同程度(46~49%)の値であったが, 乾乳後期に37%と最も低い値を示した。乾乳後期はLP割合が低かったことから, 全調査日の中でLP+SPが72%と最も低かった。SP割合は乾乳期に比べ分娩後に減少する傾向にあった。乾乳前期ではSOL割合が15%と全調査日の中で最も低かった。分娩後は, 乾乳後期に比べLP割合が上昇し, SOL割合が低くなった。一方, 下層部の粒度分布では, 分娩後10日のLP割合が31%と他の調査日より高くなり, SOL割合が38%と低くなった。上層部に比べ下層部のLP割合が全調査日で明らかに低かった。

反芻活動と1日の中でルーメン内pH6.0以下の累積時間および反芻時間との関係を図2に示した。反芻時間とルーメンpH6.0以下の累積時間との間に相関はみられなかった。

分娩後35, 60, 100, 150, 200日の日乳量および

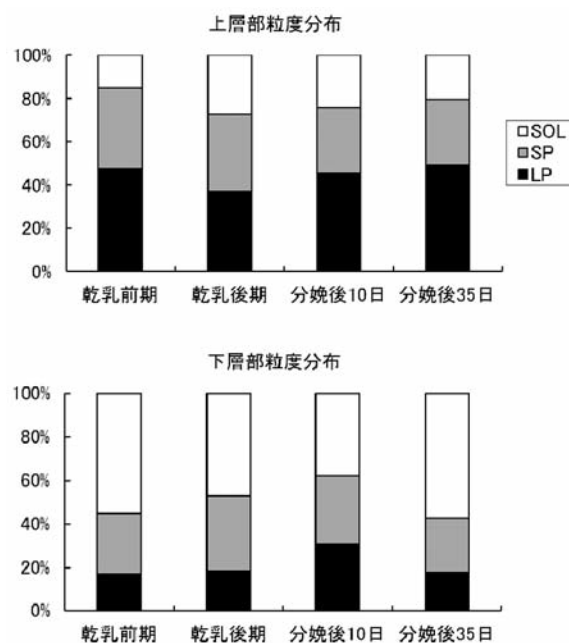


図1 ルーメン内容物の上層部および下層部の粒度分布  
SOL: 可溶性分画 <47  $\mu$ m, SP: 小飼料片 <1.18 mm, >47  $\mu$ m  
LP: 大飼料片 >1.18 mm

乳成分を表3に示した。分娩後200日間で供試牛4頭のうち3頭が受胎し, 1頭が不受胎であった。供試牛4頭の初回授精受胎率は50%であった。受胎牛3頭の平均初回授精日数は87日, 受胎に要した平均授精回数は1.3回, 平均空胎日数は95日であった。また, 不受胎牛の各調査項目について表4に示した。

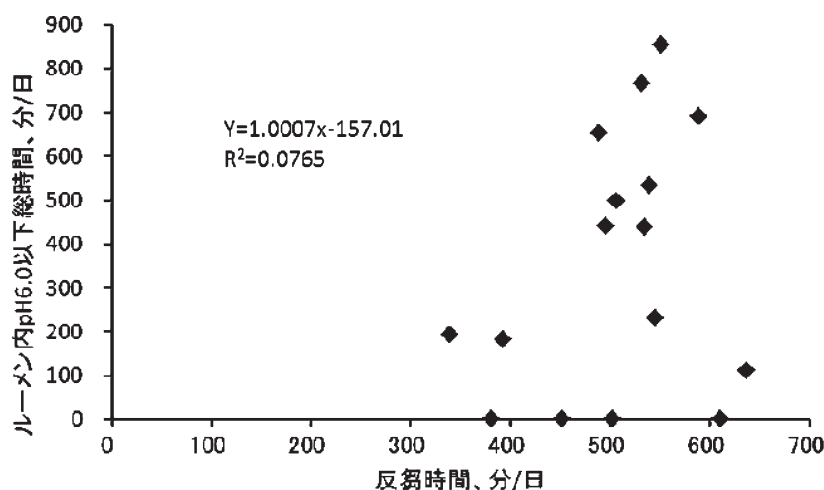


図2 総反芻時間とルーメン内 pH6.0 以下の累積時間との関係

表4 分娩後200日間における不受胎牛の採食行動, 反芻活動, ルーメン内容物の堅さと深さおよびルーメン内 pH

	乾乳前期	乾乳後期	分娩後10日	分娩後35日
採食行動				
採食期持続時間, 分/回	27.7	22.1	17.8	36.4
採食期回数, 回/日	14.0	13.0	14.0	11.0
総採食時間, 分/日	387.3	287.3	249.6	400.0
反芻活動				
反芻期持続時間, 分/回	32.8	39.0	53.5	50.1
反芻期回数, 回/日	12.0	13.0	11.0	11.0
総反芻時間, 分/日	393.0	506.6	589.0	551.1
ルーメン内容物の堅さおよび深さ				
ルーメン内容物の堅さ, N (ニュートン)	8.7	8.1	8.1	7.7
ルーメン内容物の深さ, cm	47.3	57.2	62.5	66.5
ルーメン内 pH				
ルーメン内 pH6.0 以下累積時間, 分/日	182.0	499.0	690.5	854.5
平均 pH	6.28	6.03	6.02	5.86

## 考 察

### 採食行動および反芻活動とルーメン内容物

Stanley ら (1993) は分娩 61 日前から分娩 6 日前にかけて第一胃容積は 20% 減少することを報告しており, 宮地ら (2008) は分娩前の第一胃容積減少による採食量の低下を, 採食期回数を増加させることにより回避できると示唆している。本研究では, 乾乳前期から乾乳後期にかけてルーメン内容物の深さおよび採食期回数が減少したことから, 第一胃内容積の減少による採食量の低下があったと考えられる。また, 分娩後に乾物摂取量が十分な牛なら分娩前に子宮が占めていた空間までルーメンが拡大できる (農業・食品産業技術総合研究機構 2006) が, 分

娩後 10 日のルーメン内容物の深さは分娩前と同程度であり, 採食期回数は分娩前より減少していたことから, 分娩前に引き続き採食量が低かったと考えられる。分娩後 35 日になるとルーメン内容物の深さおよび採食期回数の増加がみられたことから, この時期には採食量が回復したと考えられる。

乳牛は 1 日のうち反芻時間は約 8 時間, 回数は 10~17 回とされているが (三好 2000), 今回の調査期間では総反芻時間, 回数とも大きく減少する時期がなかった。乾草などの粗く軽い飼料片がルーメン内で絡まりあうことでルーメンマットを形成し, それがルーメン壁を刺激することで反芻が起こる (泉 2010)。乾乳期の飼料は乾草主体であったため強いルーメンマットを形成しており, 総反芻時間も十分



であったと考えられる。分娩後にも、ルーメン内容物の上層部および下層部どちらも反芻を引き起こす LP 割合が乾乳期と比べても遜色なく、ルーメン内容物の堅さも乾乳期と同程度、もしくはそれ以上であった。分娩後にも堅いルーメンマットを形成できたため、十分な反芻時間を有していたと考えられる。

#### 反芻活動とルーメン内 pH

ルーメン内の環境は pH6.0～7.0 と一定の範囲内に保たれることが理想的である。しかし、易発酵性飼料を給与することでルーメン内の発酵酸量が増え、容易に pH6.0 を下回る。ルーメン内は重炭酸塩やリン酸塩を含んだ唾液 (pH8.2) による酸の中和と多量の VFA がルーメン粘膜から吸収されることによって恒常性が保たれる。反芻動物の唾液分泌は採食・反芻時に増大し、それ以外の時間帯にも決して停止せず間断なく分泌される (小原 1998)。しかし、本調査では、図 2 に示したように、総反芻時間とルーメン内 pH との間に相関はみられなかった。給与飼料の粗飼料割合を増加させると総反芻時間は増加するが、総唾液分泌量は増加しなかったと Maekawa ら (2002) は報告している。これは、採食・反芻時の唾液分泌量増加が休息時の唾液分泌量減少で相殺されたためとしている。このことから、1 日の唾液分泌量には限度があると考えられる。また、鈴木ら (2000) によると、咀嚼を受けた食塊は、受ける前の食塊に比べ NDF 消失率が有意に高かったことから、反芻時咀嚼を受けた飼料繊維質の発酵促進が示唆されている。本研究では、調査期間を通して総反芻時間が 500 分/日程度あったため飼料繊維質の発酵促進は常にあったと考えられる。

以上のことより、飼料繊維質の発酵促進に加え、濃厚飼料由来の易発酵性飼料が増加したことで乳期が進むにつれルーメン内の酸生成は増加したと推測される。しかし、唾液分泌量には限度があるため中和しきれない酸が増加したと考えられる。よって、総反芻時間は適正であっても、ルーメン内 pH6.0 以下の累積時間は調査日が進むにつれ増加したと推察される。

#### 不受胎牛とルーメン内性状との関係

供試牛 4 頭の中で正常に受胎した牛は 3 頭おり、残り 1 頭は不受胎であった。表 4 より、不受胎牛の総反芻時間は 500 分程度あり十分な長さであったが、ルーメン内 pH6.0 以下の累積時間は、調査期間を通して常に長い時間を示していた。このことから、ルーメン粘膜による酸吸収が不十分であったと推測

される。ルーメンからの酸吸収にはルーメン絨毛が大きく関係しており、絨毛がルーメンの表面積を増大させることでより多くの酸吸収が行える。絨毛は乾草主体の乾乳前期に退化するが、濃厚飼料が増加する乾乳後期に伸張する (三好 2000)。不受胎牛の乾乳後期の総反芻時間は 506.6 分、ルーメン内 pH6.0 以下の累積時間が 499.0 分/日であったことから、唾液流入は正常に行われても、ルーメン粘膜からの酸吸収が効率的に行われていなかったことがうかがえる。このため、ルーメンからのエネルギー供給量は不足していたと考えられる。

また、低ルーメン内 pH が続いたことで乳酸生成が増加し、エネルギー産生のための糖新生前駆物質であるプロピオン酸生成が減少したと考えられた。これにより、アミノ酸の多くが乳蛋白質合成ではなくエネルギー源として使われたことで分娩後 35 日の乳蛋白質率が 2.9% と低い値になったと考えられた。加藤ら (1996) は、分娩直後の乳蛋白質率が 2.9% 以下の牛では受胎までの日数が長く、授精回数が多かったと報告している。本研究でも乳蛋白質率の低い牛で繁殖成績が悪かったのは、分娩後の生殖機能回復のためのエネルギー供給が少なくなったため、受胎しにくくなったと考えられた。

以上より、周産期における乳牛では堅いルーメンマットが形成され、反芻も正常に行われるが、1 日のルーメン内 pH6.0 以下の累積時間は増える傾向にあった。また、分娩前後で低ルーメン pH の状態が長く続く牛は、分娩後の繁殖成績が悪くなると考えられた。したがって、繁殖成績の悪化を防ぐには、生殖機能だけではなくルーメンの状態に注目するなど、広い視野を持つことが重要であると考えられた。

#### 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、供試牛の管理やデータ提供などにご協力いただいた附属農場職員ならびに試験に協力していただいたルミノロジー研究室の学生諸氏には大変お世話になりました。ここに記してお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 泉 賢一. 2010. 乳牛栄養学の基礎と応用 (増子孝義・花田正明・中辻浩喜編著). pp. 25-28. デーリィ・ジャパン社, 東京.
- 泉 賢一・坂本孝仁・柴山草太・辻 秀雄. 2008. 泌乳牛第一胃内容物の物理的性状の指標としての貫入抵抗値の評価. 日本畜産学会報 **79**, 361-

- 368.
- 加藤寿次・後藤正雄・佐藤 博. 1996. 乳牛における分娩直後の乳タンパク質率と繁殖成績との関係. 日本畜産学会報 **67**, 579-582.
- 農業・食品産業技術総合研究機構. 2006. 日本飼養標準・乳牛 (2006 年版). pp. 52. 中央畜産会, 東京.
- Maekawa M, Beauchemin KA, Christensen DA. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **85**, 1165-1175.
- 宮地 慎・大下友子・青木康浩・秋山典昭. 2008. 乳牛の妊娠末期における採食量, 採食行動および消化管内容物滞留時間. 日本畜産学会報 **79**, 211-219.
- 三好志朗. 2000. 移行期を飼いこなす 8 つのポイント — 分娩前 3 週間から分娩後 1 ヶ月間のベスト管理 —. pp. 8-44. デーリィ・ジャパン社, 東京.
- 元井霞子. 1998. 反芻動物の栄養生理学 (佐々木康之監修・小原嘉昭編). 第 1 刷. pp. 404-407. 社団法人農村漁村文化協会, 東京.
- 小原嘉昭. 1998. 反芻動物の栄養生理学 (佐々木康之監修・小原嘉昭編). 第 1 刷. pp. 50-51. 社団法人農村漁村文化協会, 東京.
- Stanley TA, Cochran RC, Vanzant ES, Harmon DL, Corah LR. 1993. Periparturient changes in intake, ruminal capacity, and digestive characteristics in beef cows consuming alfalfa hay. *Journal of Animal Science* **71**, 788-795.
- 鈴木知之・潘 軍・泉 賢一・上田靖子・上田宏

一郎・田中桂一・大久保正彦. 2000. ウシの反芻時咀嚼による飼料粒の微細化と繊維質発酵との関連. 日本畜産学会報 **71**, J 331-J 337.

吉目木勝策・中尾敏彦・森好政晴・河田啓一郎. 1986. 高泌乳牛における分娩後の栄養水準と卵巣機能の回復状態との関係. 日本畜産学会報 **57**, 553-560.

## 要 約

乳牛は周産期に生産病を発症しやすく, その後の生産性に影響を及ぼす。そこで本研究では, 周産期における乳牛の採食行動, 反芻活動やルーメンの状態が分娩後の乳生産や繁殖成績にどのような影響を及ぼすかを調査した。ルーメンカニユーレ装着乳牛 4 頭を用いた。乾乳前期, 乾乳後期, 分娩後 10 日, 分娩後 35 日に調査を行った。ルーメン内容物の堅さと深さは貫入抵抗法を用いて測定し, ルーメン内容物粒度分布を調べた。ルーメン内 pH, 咀嚼活動は 24 時間測定した。乳生産および繁殖成績も調査した。ルーメン内容物の粒度分布割合は上層部および下層部ともに分娩前と分娩後で同程度の値となった。ルーメン内容物の堅さは, 乾乳期と比べ分娩後に低下しなかった。総反芻時間は調査期間を通して 500 分/日程度であったが, ルーメン内 pH6.0 以下の累積時間は調査日が進むにつれ増加した。ルーメン内 pH6.0 以下の時間が調査期間を通して長時間続き, 分娩後 35 日の乳蛋白質率が 2.9% と低かった牛は, 分娩後 200 日まで不受胎であった。以上より, 周産期における乳牛は反芻活動が正常であっても, 低ルーメン内 pH の状態が増加すると考えられた。また, 低ルーメン内 pH の長時間化が繁殖成績にも影響すると推察された。

## Summary

The objective of this study was to investigate the effect of chewing activity and rumen condition on milk production during the close-up period and on postpartum reproductive performance in transition dairy cows. Four rumen-cannulated dairy cows were investigated during the far-off and close-up dry periods and at 10 days and 35 days postpartum. Hardness and depth of rumen digesta were measured by the penetration resistance method, and particle size distribution in the rumen digesta was measured by the wet sieving method. Rumen pH and chewing activity were measured for 24 hours. Milk yield, composition and reproductive performance were examined.

Results showed that particle size distribution in the rumen digesta in both the upper and lower layer during the postpartum periods was similar to that in the dry periods. Hardness of rumen content postpartum did not decrease compared with that in the dry periods. Time spent ruminating was  $\geq 500$  min throughout the investigation period, but with a rumen pH of  $< 6.0$  increased in line with advancing stage. Cows in which this condition continued for a long time had low milk protein (2.9%) at 35 days postpartum and did not

conceive for 200 days postpartum. These findings indicate that ruminating occurs for a long time throughout the transition period, although the length with a rumen pH of  $<6.0$  increases in line with advancing postpartum stage. Moreover, prolonged duration of low rumen pH appears to hinder reproductive performance.