

新得畜試研究報告
Bull. Shintoku Anim.
Husb. Exp. Stn.

北海道立新得畜産試験場研究報告

第 5 号

Bulletin
of the
Hokkaido Prefectural Shintoku
Animal Husbandry Experiment Station

No. 5

昭和48年10月

October 1973

北海道立新得畜産試験場

北海道上川郡新得町

Hokkaido Prefectural Shintoku
Animal Husbandry Experiment Station
Shintoku, Hokkaido, Japan

北海道立新得畜産試験場研究報告

第5号

目 次

十勝地方の山麓地帯におけるサイレーシユ用とうもろこしの栽培法 田辺安一・土岐和夫・大原益博……………	1
長尺プラスチックフィルム被覆による乾草調製法 石栗敏機・田辺安一……………	9
牛の消化管内線虫に関する研究 1. 子牛における消化管内線虫のある季節的消長 工藤卓二・八田忠雄・谷口隆一……………	13
牛趾間腐爛の発生に及ぼす一般化膿菌、趾間外傷および泥湿地の影響 岸 晃司・工藤卓二・八田忠雄・谷口隆一……………	19
高泌乳牛の飼養法に関する研究 I 濃厚飼料の給与量が第一胃内性状および揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響 和泉康史・大橋尚夫……………	25
反芻家畜の心拍数および放牧行動の測定のための簡易ラジオテレメトリーシステム 岡本全弘・田口礼造・渡辺 寛……………	33
場外学術雑誌掲載論文抄録……………	43

Bulletin
of the
Hokkaido Prefectural Shintoku
Animal Husbandry Experiment Station
No. 5

Contents

Cultural Practices of Corn for Silage at the Piedmont in the ToKachi District, Hokkaido. Yasuichi Tanabe, Kazuo Doki and Masuhiro Oohara.....	1
Haymaking Technique with Application of Plastic Film to lessen the Damage by Rain. Toshiki Ishiguri and Yasuichi Tanabe.....	9
Study of Gastro-Intestinal Nematodes in Cattle. I. A Seasonal Incidence of Gastro-Intestinal Nematodes of Calves. Takuji Kudo, Tadao Hatta and Ryuichi Taniguchi.....	13
A Study on the Cause of Bovine Footrot Kooji Kishi, Takuji Kudo, Tadao Hatta and Ryuichi Taniguchi	19
Studies on the Feeding of High-Producing Cow 1. Effects of Level of Concentrate Feeding on Condition and VFA Production in the Rumen of Cow. Yasushi Izumi and Hisao Ohashi	25
A Radio Telemetry System for Obtaining Electro- Physiological Data and Its Application to Determine Heart-Rate and Grazing Behavior of Unrestrained Ruminants. Masahiro OKamoto, Reizo Taguchi and Hiroshi Watanabe	33
Summaries of the papers by the staff appearing on other scientific journals	43

十勝地方の山麓地帯におけるサイレージ用
とうもろこしの栽培法

田 辺 安 一 土 岐 和 夫 大 原 益 博

十勝地方の山麓地帯におけるサイレージ用とうもろこしの栽培法を、品種、栽植密度および施肥量を組合せ、3カ年にわたって検討した。品種では早生の交4号が糊熟～黄熟期に達し、収量的に最も安定し、交8号がこれに次ぎ、ジャイアンツは最も不安定であった。栽植密度は3,333～8,889本/10aの範囲で検討したが、密植によって収量は直線的に高まることが認められた。施肥量は標準施肥量とその2倍および3倍量について比較したが、増肥による増収効果はほとんど認められなかった。これらのことから、当該地帯でサイレージ用とうもろこしを栽培する際には、少なくとも収穫時には糊熟期以上に達する品種を選定し、栽植密度は6,667～8,889本/10aの密植、標準施肥量を施用することによって、10a当り約0.9tのTDNが得られることを明らかにした。

十勝地方の畑酪経営あるいは酪酪経営では、牧草とともにサイレージ用とうもろこしが粗飼料として重要である。十勝地方のサイレージ用とうもろこしの作付面積は、この数年間約1万ha前後で推移し、気象条件¹²⁾の不利な山麓地帯でもその約30%が作付されている。中央地帯の乾性火山灰土におけるサイレージ用とうもろこしの適品種、栽植密度および施肥量に関する試験結果は既に報告されているが、⁵⁾¹⁰⁾山麓地帯あるいは湿性火山灰土における栽培法についての検討はほとんど行われていない。

本報では、十勝地方の山麓地帯におけるサイレージ用とうもろこしの安定多収栽培法を明らかにするため、品種の早晩性、栽植密度および施肥量を組合せて比較検討した。

試 験 方 法

新得畜産試験場の圃場で試験を実施した。試験圃場は湿性火山灰土（黒色火山灰土）である。

試験は1970年から1972年の3カ年にわたって実施した。その処理および耕種概要を表1に示した。各試験の前作物は、試験1～3がそれぞれ、イタリアンライグラス、菜豆（大正金時）およびソバである。

施肥量は北海道施肥標準³⁾⁴⁾に準拠した。試験1および2の標肥区をN, P₂O₅, K₂Oで10-14-8kg/10aとし、その2倍肥区および3倍肥区を設けた。標肥は作条に施用し、2倍肥および3倍肥の増肥分は表層全面に施用した。なお、Nの30%は7月上旬に畦間に施用した。試験3では、12-15-10kg/10aとし、このう

表 1 処理および耕種概要

試 験	1	2	3
年 次	1970	1971	1972
施 肥 量	標 肥 2 倍 肥 3 倍 肥	標 肥 2 倍 肥 3 倍 肥	標 肥
栽植密度(本/10a)	3,333 4,444 6,667	3,333 4,444 6,667	4,444 6,667 8,889
品 種	交 4 号 交 8 号 ジャイアンツ	交 4 号 交 8 号 ジャイアンツ	交 4 号 交 8 号 ジャイアンツ
堆 肥(t/10a)	3	3	0 4
試 験 区 設 計	3 ^a 混同法, r = 1	3 ^a 混同法, r = 2	細細区配置法, r = 2
播 種 期	5 月 19 日	5 月 24 日	5 月 20 日
収 穫 期	9 月 21 日	9 月 21 日	9 月 21 日

ちNの17%を7月上旬に畦間に施用した。栽植密度は、畦巾を75cmにして、畦間を40, 30, 20, 15cmとし、10a当り3,333, 4,444, 6,667, 8,889本にした。なお、1株1本立とした。供試品種は3試験ともに、交4号（フリント種）交8号およびジャイアンツ（テント種）である。堆肥は試験1および2には3t/10a施用し、試験3では0および4t/10aの2処理とした。試験区設計は試験1および2が3³混同法、試験3では、堆肥、品種、栽植密度の順の細細区配置法とした。1区面積は3試験ともに15m²（3m×5m）1区4畦とし中央の2畦を調査対象とした。播種期は5月20日前後、収穫期は3試験ともに9月21日であった。生育については、前半の生育を検討するために8月1日前後の草丈、絹糸抽出期、収穫期の草丈、雌穂の熟度、雌穂数を調査し

た。生草および乾物収量は茎葉と雌穂別に秤量した。乾物、粗蛋白質および粗繊維含有率は常法¹¹⁾によって測定した。TDN収量は石栗⁷⁾の推定式、 $TDN = \text{無水茎葉重} \times 0.582 + \text{無水雌穂重} \times 0.850$ (以下、I式と略記)によって算出した。また、Adams¹⁾の回帰式、(以下、A式と略記)によってTDN含有率を推定し、TDN収量も算出し、I式によるTDN収量との相関を求めた。

結 果

1. 生育の概況

処理別の草丈の推移を表2に、品種の絹糸抽出期、収穫時の熟度、生育日数、生育中の日平均気温および積算温度を表3に示した。

表 2 処理別の草丈の推移 (cm)

処 理		8 月 1 日前後 ¹⁾			9 月 21 日		
		1970	1971	1972	1970	1971	1972
品 種	交 4 号	190	174	167	223	232	225
	交 8 号	214	185	191	288	296	273
	ジャイアント	198	158	156	291	287	264
栽 植 密 度 (本/10a)	3,333	195	164	—	263	266	—
	4,444	199	173	170	268	274	251
	6,667	207	179	172	270	275	254
	8,889	—	—	173	—	—	255
施 肥 量	標 肥	198	169	—	272	267	—
	2 倍 肥	203	173	—	266	273	—
	3 倍 肥	201	175	—	263	274	—
堆 肥 (t/10a)	0	—	—	162	—	—	248
	4	—	—	181	—	—	260

1) 1970年……7月30日, 1971年……8月2日, 1972年……8月2日

1) 1970年……7月30日, 1971年……8月2日, 1972年……8月1日

表3 各品種の絹糸抽末期、収穫時の熟度、生育日数、生育中の日平均気温および積算温度

生育日数、生育中の日平均気温および積算温度													
年次	品 種	絹 糸		収 穫 時 の 熟 度	生育日数 (日)			日平均気温 (℃)			積算温度 (℃)		
		抽出期 月・日	播種期から 糸抽出期 まで		糸抽出 期から収 穫期まで	全 期 間	播種期から 糸抽出期 まで	糸抽出 期から収 穫期まで	全 期 間	播種期から 糸抽出期 まで	糸抽出 期から収 穫期まで	全 期 間	
1970	交 4 号	8.5	黄 熟	78	48	} 126	16.4	18.0	} 17.0	1,280	863	} 2,143	
	交 8 号	8.11	乳熟〜 糊熟	84	42		16.6	17.8		1,396	747		
	ジャイアンツ	8.16	乳 熟	89	37		16.8	17.4		1,498	645		
1971	交 4 号	8.12	糊 熟	80	41	} 121	16.3	14.8	} 15.8	1,304	607	} 1,911	
	交 8 号	8.26	未 乳 熟	94	27		16.2	14.4		1,522	389		
	ジャイアンツ	8.30	未 乳 熟	98	23		16.3	13.5		1,600	311		
1972	交 4 号	8.10	糊 熟	82	43	} 125	16.7	17.3	} 16.8	1,367	742	} 2,109	
	交 8 号	8.17	乳 熟	89	36		17.1	16.4		1,518	591		
	ジャイアンツ	8.20	乳 熟	92	33		17.2	15.9		1,585	524		

1970年は生育期間を通じて高温に経過し、生育は良好であった。1971年は6月13日に晩霜があり、7月下旬、8月上旬を除いて概して低温・寡照に経過し、とくに8月中旬以降の著しい低温のため生育は不良であった。1972年は断続的な低温のため生育はやや遅延し、9月中旬後半に台風接近のため倒状が認められた。なお、1970～1972年の初霜は、それぞれ10月6日、1日および25日であり、いずれも収穫後であった。

生育前半の草丈（8月1日前後）は各年次とも交8号が最も高く、ジャイアンツは1971年と1972年に他の品種より著しく低かった。栽植密度を高めると草丈が高まる傾向が認められた。施肥量処理間では著しい差はなかったが、堆肥処理間では4 t 区が0 t 区より著しく高かった。収穫時の草丈は交4号が2.3m前後で最も低く、交8号およびジャイアンツは2.6～3.0mの範囲で、交8号はジャイアンツより高い傾向が認められた。栽植密度間および堆肥処理間では生育前半の草丈とほぼ同じ傾向が認められた。

絹糸抽出期は交4号が最も早く、1970年と1972年には交8号は交4号よりも6～7日、ジャイアンツは10～11日遅かった。冷害年の1971年では、交8号は交4号より14日、ジャイアンツは18日遅く、その差は著しかった。播種から絹糸抽出期前日までの生育日数は、

交4号では78~82日, 交8号では84~94日, ジャイアンツでは89~98日で, その期間の平均日気温は16~17℃, 積算温度は, 交4号では1,280~1,367℃, 交8号では1,396~1,522℃, ジャイアンツでは1,498~1,600℃であった。

収穫期を一定にしたために、絹糸抽出期から収穫期までの日数は、早生が長く晩生が短くなり、収穫時の熟度は、早生の交4号が糊熟～黄熟期で最も進み、交8号は未乳熟～糊熟期、ジャイアンツは未乳熟～乳熟期の範囲にとどまった。

2. 雌穂数、雌穂重および雌穂重割合

品種と栽植密度について雌穂数、雌穂重および雌穂重割合を表4に示した。10a当りの雌穂数は栽植密度を高めるにしたがって各品種ともに増加した。しかし、雌穂1本当りの重量は栽植密度を高めると明らかに低下し、1971年には未熟乳にとどまった交8号およびジャイアンツは10~20gであった。10a当りの雌穂重は交4号が最も多く、交8号がこれに次ぎ、ジャイアンツは少なかった。栽植密度を高めると10a当りの雌穂重は多くなったが、雌穂重割合は各品種ともに著しく変化しなかった。

3. 乾物、粗蛋白質、粗繊維およびTDN含有率

処理別の乾物、粗蛋白質、粗繊維およびA式によつ

表 4 雌穂数、雌穂重および雌穂重割合

	栽 植 密 度 (本/10a)	1970			1971			1972		
		交 4 号	交 8 号	ジャイアンツ	交 4 号	交 8 号	ジャイアンツ	交 4 号	交 8 号	ジャイアンツ
雌 穂 数 (本/10a)	3,333	3,888	4,555	4,222	4,111	5,777	6,222	—	—	—
	4,444	4,888	5,185	5,036	6,073	7,258	8,740	4,888	5,333	5,333
	6,667	7,556	7,112	6,889	7,778	10,667	11,334	6,667	8,334	7,334
	8,889	—	—	—	—	—	—	9,334	10,223	10,667
雌 穂 重 (乾物 g/本)	3,333	160	107	79	70	20	12	—	—	—
	4,444	129	101	82	62	16	9	136	59	59
	6,667	93	72	72	48	13	8	98	41	50
	8,889	—	—	—	—	—	—	81	40	35
雌 穂 重 (乾物 t/10a)	3,333	0.62	0.48	0.33	0.29	0.12	0.07	—	—	—
	4,444	0.63	0.52	0.41	0.38	0.12	0.08	0.67	0.31	0.31
	6,667	0.70	0.51	0.50	0.37	0.14	0.09	0.65	0.34	0.37
	8,889	—	—	—	—	—	—	0.76	0.41	0.37
雌 穂 重 割 合 (乾物%)	3,333	53	38	28	31	16	9	—	—	—
	4,444	53	39	29	37	11	8	60	27	29
	6,667	53	31	32	33	11	8	56	26	28
	8,889	—	—	—	—	—	—	57	28	28

で算出した TDN 含有率を表 5 に示した。乾物は 1971 年が他の 2 カ年より著しく低く、品種では交 4 号が最も高く、交 8 号、ジャイアンツの順であった。栽植密度、施肥量および堆肥処理間では著しい差は認められなかった。粗蛋白質は年次間および処理間に著しい差は認められなかった。粗繊維では、交 4 号が交 8 号およびジャイアンツより低く、栽植密度を高めると粗繊維が高まる傾向が認められた。TDN 含有率は交 4 号

が 3 カ年とも 70% 以上で最も高く、交 8 号およびジャイアンツは 1971 年および 1972 年には約 65% で交 4 号より約 5% 低かった。栽植密度、施肥量および堆肥処理間には著しい差は認められなかった。

4. 生草、乾物および TDN 収量

処理別の生草、乾物および I 式によって算出した TDN 収量を表 6 に、各年次の収量の分散分析結果を表 7-1 ~ 3 に示した。

表 5 処理別の乾物、粗蛋白質、粗繊維および TDN 含有率¹⁾

処 理		乾物 (%)			粗蛋白質 (%)			粗繊維 (%)			TDN ²⁾ (%)		
		1970	1971	1972	1970	1971	1972	1970	1971	1972	1970	1971	1972
品 種	交 4 号	28.8	19.2	27.9	8.2	8.9	8.2	18.7	19.3	19.7	72.1	71.6	70.5
	交 8 号	23.4	16.8	20.7	8.2	7.8	7.4	19.1	24.2	24.3	71.6	65.9	65.7
	ジャイアンツ	21.2	15.9	19.2	8.1	8.6	8.0	22.6	24.6	24.8	67.8	65.7	65.3
栽 植 密 度 (本/10a)	3,333	24.3	17.1	—	8.3	8.7	—	19.0	21.4	—	71.7	69.3	—
	4,444	23.9	17.6	21.5	8.2	8.3	8.0	20.3	22.8	22.7	71.7	67.6	67.6
	6,667	23.7	17.2	22.0	8.0	8.3	7.9	21.0	24.0	23.0	69.5	66.3	66.7
	8,889	—	—	22.2	—	—	7.7	—	—	23.1	—	—	67.1
施 肥 量	標 肥	24.5	17.4	—	8.1	8.3	—	20.9	24.2	—	69.6	68.3	—
	2 倍 肥	23.7	17.2	—	8.0	8.3	—	19.9	22.7	—	70.7	67.7	—
	3 倍 肥	24.1	17.0	—	8.4	8.7	—	19.5	23.3	—	71.2	67.3	—
堆 肥 (t/10a)	0	—	—	21.6	—	—	7.6	—	—	23.1	—	—	66.6
	4	—	—	21.9	—	—	8.2	—	—	22.7	—	—	67.7

1) 乾物以外は乾物中%

2) Adams¹⁾の回帰式から算出

表 6 処理別の生草、乾物および TDN 収量

処 理		生草収量(t/10a)			乾物収量(t/10a)			TDN 収量 ¹⁾ (t/10a)		
		1970	1971	1972	1970	1971	1972	1970	1971	1972
品 種	交 4 号	4.20	5.30	4.27	1.21	1.02	1.19	0.88	0.69	0.88
	交 8 号	6.02	6.44	6.43	1.41	1.08	1.33	0.96	0.66	0.87
	ジャイアンツ	6.55	6.35	6.51	1.39	1.01	1.25	0.93	0.61	0.82
栽 植 密 度 (本/10a)	3,333	4.89	5.32	—	1.19	0.91	—	0.82	0.57	—
	4,444	5.53	5.96	5.26	1.32	1.05	1.13	0.91	0.66	0.77
	6,667	6.36	6.80	5.72	1.51	1.17	1.26	1.03	0.73	0.85
	8,889	—	—	6.23	—	—	1.38	—	—	0.94
施 肥 量	標 肥	5.39	5.70	—	1.32	0.99	—	0.90	0.63	—
	2 倍 肥	5.57	6.10	—	1.32	1.05	—	0.91	0.66	—
	3 倍 肥	5.82	6.28	—	1.40	1.07	—	0.96	0.67	—
堆 肥 (t/10a)	0	—	—	5.50	—	—	1.19	—	—	0.81
	4	—	—	5.97	—	—	1.31	—	—	0.90

1) 石栗⁷⁾の推定式により算出

表 7-1 収量の分散分析表, 1970 年

要 因	自由度	平 均 平 方		
		生 草 収 量	乾 物 収 量	TDN 収 量
品 種 (V)	2	13.6258 **	0.109738 *	0.015782
栽 植 密 度 (P)	2	4.9097 **	0.233513 **	0.102470 **
施 肥 量 (F)	2	9.7682 **	0.460800 **	0.202672 **
交互作用 {Pl, Pq}	1	0.0511	0.006230	0.002268
誤 差	2	0.4116	0.022315	0.009048
V P	4	0.3409	0.012537	0.004576
V F	4	0.1264	0.004570	0.001637
P F	4	0.2376	0.002665	0.001293
V P F	2			
" (W)	2			
" (X)	2	0.0969	0.011837	0.004652
" (Y)	2	(Xを除く)	(Xを除く)	(Xを除く)
" (Z)	2			
全 体	26			

*, ** は 5% および 1% 水準で有意

表 7-2 収量の分散分析表, 1971 年

要 因	自由度	平 均 平 方		
		生 草 収 量	乾 物 収 量	TDN 収 量
ブ ロ ッ ク (V)	5	0.6792	0.031638 *	0.012853 **
品 種 (V)	2	7.1897 **	0.026146	0.027517 **
栽 植 密 度 (P)	2	10.0428 **	0.309608 **	0.121072 **
交互作用 {Pl, Pq}	1	19.9660 **	0.618844 **	0.241736 **
施 肥 量 (F)	2	0.1195	0.000371	0.000408
交互作用 {Fl, Fq}	1	1.6043 *	0.031385	0.009606
V P	1	3.0567 *	—	—
V F	1	0.1519	—	—
P F	4	0.3186	0.004269	0.001914
V P F (無混同)	4	0.5385	0.017130	0.007206
V P F (部分混同)	4	0.5051	0.011191	0.004886
誤 差	22	0.4709	0.012634	0.005417
全 体	53	0.2844	0.009758	0.003997

*, ** は 5% および 1% 水準で有意

表 7-3 収量の分散分析表, 1972 年

要 因	自由度	平 均 平 方		
		生 草 収 量	乾 物 収 量	TDN 収 量
ブ ロ ッ ク (M)	1	0.2240	0.003803	0.001737
堆 肥 (M)	1	1.9787	0.133226	0.063337
E (a)	1	0.3762	0.002669	0.000624
品 種 (V)	2	19.3784 **	0.052637 *	0.011670
M V	2	0.2451	0.015358	0.006303
E (b)	4	0.2079	0.005270	0.002531
栽 植 密 度 (P)	2	2.8340 **	0.193887 **	0.086711 **
M P	2	0.1095	0.003325	0.000542
V P	4	0.1400	0.007653	0.003749
M V P	4	0.1225	0.017484	0.008425
E (c)	12	0.1079	0.003342	0.001439
全 体	35			

*, ** は 5% および 1% 水準で有意

1970年は生草および乾物収量では交4号が他の2品種より低収であり、品種間に1%および5%水準で有意差が認められたが、TDN収量では有意な差は認められなかった。栽植密度間ではいずれの収量も1%水準で有意差があり、密度を高めるにしたがって直線的に増収することが認められた。施肥量間および交互作用はいずれも統計的に有意ではなかった。1971年は生草収量では交4号が他の2品種より少収であり、品種間に1%水準で有意差が認められたが、乾物収量は3品種とも大差なかった。しかし、TDN収量ではジャイアンツが他の2品種より少収であり、品種間に1%水準で有意差が認められた。栽植密度間には前年と同様にいずれの収量にも1%水準で有意差が認められ、密度を高めることによって直線的に増収した。施肥量間には生草収量のみに5%水準で有意差が認められた。なお、どの交互作用も有意でなかった。1972年は品種間では1970年とはほぼ同じ傾向が認められた。栽植密度間にはいずれの収量にも1%水準で有意差があり、密植の効果が高かった。堆肥間および交互作用は有意でなかった。

上述のTDN収量は無水茎葉重および雌穂重から直接算出するI式によったが、一方、表5に示したA式によって推定したTDN含有率に乾物収量を乗じたTDN収量も算出した。これらのTDN収量間の相関係数は、1970年では0.9576(d.f.=25) 1971年では0.9829(d.f.=25) 1972年では0.9716(d.f.=15)であり、各年とも1%水準で有意なきわめて高い相関が認められた。

考 察

サイレージ用とうもろこしの収穫適期については、同一品種を異なる熟期に収穫、あるいは熟期の異なる品種を同一時期に収穫し比較検討した報告があり、栄養収量²⁾⁵⁾⁷⁾⁹⁾¹⁴⁾、あるいは乳牛の飼養効果¹⁴⁾¹⁵⁾の面から、糊熟期以降の収穫、あるいは収穫期までに糊熟期以上に登熟の進む品種の栽培が奨められている。十勝地方におけるサイレージ用とうもろこしは、播種から絹糸抽出期までの積算温度が、交4号で約1,340℃、交8号で約1,500℃、ジャイアンツで約1,600℃、また絹糸抽出期から糊熟期に達するにはおよそ650℃の積算温度を要すると推定されている⁵⁾。本試験では気象条件がきわめて良好な1970年を除く2カ年は、各品種ともに播種後絹糸抽出期までの積算温度がほぼ上述の推定値と一致した。十勝地方の初霜は平年は10月上旬であるが、年によっては山麓地帯には9月下旬にとうも

ろこしの登熟を停止させるような降霜がある。したがって、絹糸抽出期が早く、降霜までの登熟日数が多い品種の選定が重要である。本試験では9月下旬の降霜を想定して、3カ年とも収穫期を9月21日にしたため、絹糸抽出期から収穫期までの日数は、交4号で40日以上、交8号で27~42日、ジャイアンツで23~37日となり、晩生品種ほどその期間が短縮された。この結果、交4号は3カ年とも糊熟期に達したが、交8号は未乳熟~糊熟期、ジャイアンツは未乳熟~乳熟期にとどまった。

収穫時の熟度は雌穂重に影響し、1970年および1972年には交4号が0.6t/10a以上、他の2品種は0.3~0.5t/10aであり、1971年には0.1t/10aに低下した。また、TDN含有率は交4号が3カ年とも70%以上であったが、他の2品種は年次によって不安定であり、交4号より常に低かった。

生草収量は3カ年とも交4号が他の2品種より1~2t/10a低収であったが、乾物率が高いため乾物収量ではその差は小さくなり、さらにTDN収量ではその差はほとんどなくなり、冷害年には最も多収であった。したがって、栄養収量の安定性、収穫貯蔵における取扱量の面でも、収穫時には常に糊熟期以上に達する交4号、あるいは最近育成された耐倒伏性のきわめて強い道交16号⁶⁾のような早熟品種の選定が重要であると考えられる。

サイレージ用とうもろこしの栽植密度については、品種の早晚性および耐倒伏性と施肥量あるいは土壌肥沃度を考慮した報告²⁾⁵⁾⁸⁾¹⁰⁾¹³⁾がある。十勝地方の中央地帯の乾性火山灰土においては、交8号は5,556本/10a、ジャイアンツは4,444本/10a、強稈性のP3620は6,667本/10aを最適栽植密度とし、交8号とジャイアンツには標準施肥量より若干増肥することが奨められているが、とくに倒伏による不稔および無雌穂個体の増加に注意している¹⁰⁾。また、北海道の中央部では、8,000~10,000本/10aで多収が期待できるとしながら、上述の理由で5,000~6,000本/10a程度が望ましいと報告されている²⁾。

本試験では栽植密度を3,333~8,889本/10aの範囲で検討したが、3カ年とも密度を高めることによって3品種ともに生草、乾物およびTDN収量は増加し、密植の効果が認められた。TDN収量について4,444本/10aを標準にして各品種の密度に対する反応を検討すると、交4号は6,667本では10%前後、8,889本では18%増収した。交8号とジャイアンツは6,667本で15%前後、

8,889本では24%増収し、早生品種よりも中晩生品種において密植に対する反応が大きいことが認められた。密植によって雌穂1本当りの重量の低下は明らかであった。最も懸念された倒伏は、1972年の収穫直前に起きたが栽植密度間ではその差は明らかでなかった。これらの結果から、栽植密度を6,667本あるいは8,889本/10aに高めることによって多収を得られることは確実である。しかし、前述のように倒伏の危険のある場合には栽植密度を低くする必要がある。

本試験の標肥は年次によって若干異なるが、いずれも十勝地方の火山灰土の標準施肥量³⁾¹¹⁾とした。2倍肥区および3倍肥区は密植にもなう増肥効果と倒伏程度を検討するためであったが、その目的は達し得なかった。増肥による増収は5%前後にとどまり、あまり大きな効果は認められなかった。これは現行の標準施肥量がほぼ十分な量であるためと考えられる。また、無堆肥区は堆肥施用区よりも生育が劣り、TDN収量では約10%低収であったことから、堆肥の効果がうかがえる。

以上の結果から、十勝地方の山麓地帯のサイレージ用とうもろこしの栽培は、収穫時には少なくとも糊熟期以上に達する品種を選定し、栽植密度は6,667本あるいは8,889本/10aの密植、標準施肥量に準じた施肥量によって、10a当たり約0.9t程度のTDN収量の確保が可能であることが明らかである。

文 献

- 1) Adams, R. S.: A modern dairy cattle feeding program. Results of feed analysis in feeding dairy cattle. J. Dairy Sci., 40, 2105-2112 (1961)

- 2) 長谷川春夫・金子幸司：サイレージ用トウモロコシの栽培試験。北農，39(9)，42-57(1972)
- 3) 北海道農務部：北海道施肥標準，1-24(1967)
- 4) 北海道農務部：北海道施肥標準，1-21(1971)
- 5) 北海道立十勝農業試験場：十勝地方におけるサイレージ用とうもろこしの地帯別適品種区分，1-36(1969)
- 6) 北海道立十勝農業試験場：とうもろこし「道交16号」に関する試験成績，1-9(1973)
- 7) 石栗敏機：粗飼料の飼料価値査定に関する研究，第3報 青刈とうもろこしサイレージの品質改善と飼料価値査定に関する試験，新得畜試研究報告，3，1-12(1972)
- 8) 岩田文男・大久保隆弘：とうもろこしの生育に関する生理生態的研究，第3報 品種および土壌肥沃度を異にした条件下における栽植密度効果，日作紀，39，97-104(1970)
- 9) 国井輝男：サイレージ用とうもろこしの収穫時期と原料の品質に関する調査。北農，39(6)，26-37(1972)
- 10) 国井輝男・仲野博之：十勝地方におけるサイレージ用とうもろこしの栽植密度と施肥量に関する試験，北農，39(7)，11-23(1972)
- 11) 農業技術研究所：飼料分析法(1960)
- 12) 農林省北海道統計情報事務所：昭和47年北海道農作物市町村別統計，1-110(1973)
- 13) 田中明・山口淳一・藤田耕之輔：トウモロコシの栄養生理学的研究(第3報) 窒素施肥量および栽植密度が、乾物生産と子実収量に与える影響，土肥誌，40，498-503(1969)
- 14) Rutger, J. N.: Relationship of corn silage yields to maturity. Agron. J., 61, 68-71 (1969)
- 15) 八幡林芳・名久井忠・岩崎薫・浅野昭三：十勝地方における「とうもろこし」サイレージの品質と乳牛の飼養効果，北農，37(9)，22-30(1970)

Cultural Practices of Corn for Silage at the Piedmont in the Tokachi District, Hokkaido

Yasuichi TANABE, Kazuo DOKI and Masuhiro OOHARA

In order to set up planting practices for corn as silage at the piedmont in the Tokachi district, Hokkaido, experiments have been carried out for three years on the varieties, density of planting and fertilization.

Variety: An early maturing hybrid, Tōmorokoshi Ko No. 4 gave stable yields constantly for three years reaching milk or starch stages. Tōmorokoshi Ko No. 8 came next, but Giant was not expected to secure stable yields per year.

Density of planting: It was examined in the rate 3,333–8,889 plants per 10 a. Increased yield could be obtained in straight accordance with the density of planting.

Fertilization: The amount of three levels of fertilizer was tested. —Standard, $\times 2$ of standard and $\times 3$. However, the favorable effect of the increase of the amount of fertilizer was scarcely observed in the experiment.

The experiments were concluded as follows: In order to secure stable yields of corn for silage, about 0.9 t TDN per 10 a, at the piedmont in the Tokachi district, Hokkaido, an early maturing variety reaching starch stage should be chosen and planted in the density of 6,667–8,889 plants per 10 a with standard fertilization.

長尺プラスチックフィルム被覆による乾草調製法

石 栗 敏 機 田 辺 安 一

連続した晴天が少なく、低温多雨の不安定な気象条件下で、大部分の農家は自然乾草を調製している。そこで、降雨による養分損失の少ない乾草を調製する目的で、列条に集草した牧草を長尺のプラスチックフィルムで被覆して、雨に直接あてることなく乾草調製する方法を針金架法との比較で検討した。使用したフィルムはポリエチレン製の厚さ0.07mm、巾3m、長さ50mのもので、1ha当り約600mを必要とした。2回の試験から、この方法で調製された乾草のDCPとTDN含量は針金架法の乾草と同等であった。長雨が数日続いたり、被覆をとらずに強い日差しのもとに放置した場合、列条下にある再生草の生育が阻害される欠点を認めた。この方法はテッター、サイドレーキ、ヘイベーラーを使用して乾草調製する場合に適した技術であることがわかった。

北海道における乾草調製は小堆積法、針金架・三角架法または一連の機械化作業で調製する方法などが一般的に指導され用いられており、連続した晴天の少ない、低温多雨の不安定な気象条件下で大部分の農家は自然乾草を調製している。このため、1番草の刈遅れ、調製中の降雨による養分の損失、刈取りから収納までに長い日数を必要とすることなどが原因して、良質な乾草を収穫利用することがむずかしい現状にある。小堆積法や針金架・三角架法はすぐれた調製方法であるが、人手を多く要し、ヘイベーラーで梱包して収納する機械化作業にむかないきらいがある。

ここ数年、一部の農家で、サイドレーキで集草し、ウインドロー（列条）にした牧草に長尺のプラスチックフィルムで被覆をして、雨に直接あてることなく、乾草調製する方法が用いられている。しかし、この方法について、他の調製技術と比較したり、乾草の品質を検討した報告はまだない。この技術はテッター、サイドレーキ、ヘイベーラー等を用いた機械化調製作業

に適した方法であると考えられることから、著者らは調製技術の検討と針金架法で調製された乾草との飼料価値の比較を行なった。なお、本試験は新得畜産試験場において実施した「畑作酪農経営における標準技術体系の実証試験」のなかで飼料生産を担当し、そこから得た成績を活用した。

試 験 方 法

飼料価値の比較に用いた乾草の調製方法は次のとおりである。「プラスチック・カバー法（以下、PC法と記す）」：レシプロモーターで刈取り、晴天日には1日3～4回ジャイロテッターで反転し、夕方にサイドレーキで集草して放置した。翌日、テッターで拡散、反転し、夕方また集草した。この作業を繰返しタイトのヘイベーラーで梱包して、畜舎に収納した。降雨が予想された場合は、長尺のポリエチレンフィルムで列条の牧草に被覆をした。使用したフィルムは厚さ0.07mm、巾3m、長さ100mの市販品で、長さ50mに切断して、直径18m、長さ1mの塩化ビニールパイプに巻取って使用した。「針金架法」：刈取日の作業はPC法と同様で、翌日の午後、高野らの示した針金架に積み上げ、放置した。試験1では架積み乾草をポリエチレンフィルムでおおって、雨に全くあたらないようにしたが、試験2ではこれを行なわなかった。晴天に架積み牧草をくずして仕上げ乾燥を行ないPC法と同様、列条にし、梱包して収納した。

表1 原料草と収穫月日

	原 料 草				刈 取 月・日	乾 草 収 納 月・日
	生草収量 (t/10a)	乾物含量 (%)	オーチャード グラス草丈 (cm)	マメ科 混入率 (%)		
試験1	1.8	14.2	90	10	6・6	6・15
試験2	2.2	18.3	99	0	6・17	7・2

供試圃場は試験1に造成3年目のオーチャードグラス主体混播草地を、試験2に造成12年目のオーチャードグラス単一草地を用い、1番刈牧草で試験を行なった。原料草の状況と収穫月日は表1に示した。

乾草調製中の気象は試験1で6回の降雨、合計70.0mmの雨量、平均気温14.8℃、試験2で8回の降雨、合計96.0mmの雨量、平均気温15.2℃であった。

各乾草の一般飼料成分は慣行法⁴⁾で測定し、消化率は去勢雄めん羊3頭を用い、予備期7日間、本期7日間の全糞採取法により求めた。

結 果 と 考 察

PC法と針金架法で調製した乾草の組成、消化率およびDCP・TDN含量は表2に示した。

組成では両試験とも針金架法がPC法より高粗蛋白質、低粗繊維含量を示した。しかし、粗脂肪、可溶無窒素物および粗灰分含量には一定した違いはなかった。PC法では、晴天のたびに拡散反転が繰返され、イネ科牧草でも早期に乾燥した葉部が脱落して、圃場にとり残されて、高蛋白・低繊維含量を示したものと考えられる。

消化率では両試験とも針金架法の粗蛋白質の消化率が高く、粗繊維の消化率が低かった。また、粗蛋白質、粗脂肪および可溶無窒素物の含量が高いとそれらの消化率が高くなる結果を得た。同様な成績を石栗²⁾はオーチャードグラス乾草の組成と消化率の関係について得ている。粗繊維についてはPC法の含量が高いのに、その消化率が高かった点について説明はできない。しかし、牧草の粗繊維含量が高いとその消化率が低く、TDN含量が少ないとはかならずしもいえない例¹⁾がある。

DCP、TDN含量ともに針金架法が高かったが、これらの差は統計的に有意なものでなかった。これら飼料価値のわずかな違いは調製作業の行程や天候状況の

差違が原因していると考えられる。前記の葉部脱落のほかに、PC法ではフィルム被覆内部は空気の流通がなく、地面からの湿気を受け、地表面にある牧草は湿ってくる。被覆したまま長時間経過すると部分的に発熱したり、むれたりする現象が観察された。試験2では刈取りから収納まで16日間も要したが、このような場合、前記の影響を受けていると思われる。また、針金架法でもたびたびの降雨で架積み牧草の表面は色があせ、内部で部分的にカビが発生した。試験1では針金架法もフィルムで被覆をしたため、牧草のどの部位も雨にあたっていないので、高いDCP・TDN含量が保持できたと考えられる。

PC法による調製作業：この方法ではサイドレーキを多く利用した。これは毎夕、牧草を列条にして放置したため、夜露を受ける部分を少なくし、サイドレーキによる集草は刈取った後の株と株の間に落ちた牧草もきれいに集められるため、次の拡散、反転がむらなく行なわれる利点がある。また、2回目からの反転作業でトラクターの可動時間が短縮された。第1回目の集草のめやすとして刈巾1.8mのモアカ刈取った4列を1本の列条とした。2本の近接した列条を作る目的は、使用したジャイロテッターが4回転軸のもので、拡散がうまく行なわれることと、左右から草を集めるため、草の移動距離を短くし、また、フィルムで被覆した場合、列条間の凹みに雨水がたまって重しの役目を果たすためである。

被覆作業はトレラーにパイプに巻取られたフィルムと化学肥料のビニール製空袋に土砂を5kg程度詰めて上部をひもでしばった重しを積み、列条の牧草のそばを移動しつつ、フィルムは50m、重しは10mおきに2個ずつ落していく。風がない場合は重しを省略することが可能である。1ha当りの必要な資材量はフィルム約600m、重し120個程度であった。なお、フィルムの耐用年数については、現在まで畑酪経営における標準

技術体系の実証試験のなかで3ヵ年間使用したが、十分使用に耐えている。1ha当りの作業時間は2人でこの作業を行なうとして、初回の被覆に約2時間、2回目以降は約1時間、被覆をはいでフィルムと重しをトラクター作業の支障にならない場所へ移動するために30分、資材を圃場から撤去するために約3時間程度必要であった。この作業時間は十数回におよぶ他圃場でのPC法による調製作業から推定したものである。

PC法による乾草調製上の注意：(1)第1回目の集草作業では草の移動距離が長く、部分的によじれた状態の草のかたまりができ、テッターで拡散できない場合がある。(2)列条の草をテッターで拡散する時、ジャイロテッターの回転角度を大きくつけて、草を遠くへとばさないと、テッターに草がからみつことがある。(3)長雨が数日続いたり、被覆をとらずに強い日差しのもとに放置した場合、列条下は空気の流通が悪く、むれたり、高温になることから、再生草の生育が阻害される欠点がある。このため、晴天の日は早朝に被覆をとりのぞき、ただちに拡散し、列条に集草する場所を前回のところからずらす注意が必要である。

以上、PC法によっても針金架法と同等の飼料価値を保持した乾草が調製可能であった。PC法は天候の

急変やヘイコンディショナーを使用して積極的に乾燥を促進させたり、あと1日の晴天で乾草が仕上げられる程度に乾燥しているのに降雨が予想される場合などに非常に有効な方法である。フィルムの被覆と撤去は多労なきらいがあるが、すでにトラクターでこの作業を行なう機械が市販されている。また、1度降雨があると雨水が重しの役目をしてくれるので、重しの省略も可能なことから、少人数で大面積の圃場より、降雨があっても雨にあたらない自然乾草の収穫可能な示唆を得た。

文 献

- 1) 石栗敏機：同一採草地から調製した1, 2, および3番刈オーチャードグラスとオーチャードグラス主体混播乾草の飼料価値について、日草誌19, 196~201 (1973)
- 2) 石栗敏機：投稿準備中
- 3) 高野信雄, 鈴木慎二郎, 山下良弘：乾草調製技術の改善に関する研究 第2報 乾草調製法が品質、消化率、採食栄養量および養分回収率に及ぼす影響、北農試彙報97, 63~71 (1970)
- 4) 農業技術研究所：飼料分析法 (1960)

表2 調製方法別乾草の組成、消化率およびDCP・TDN含量

	調製方法	組 成 (%)						消 化 率 (%)				DCP (%)	TDN (%)
		乾 物	粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維	粗灰分	粗蛋白質	粗脂肪	可溶無窒素物	粗繊維		
試験1	P C 法	83.5	13.5	5.1	38.4	33.7	9.4	64	68	58	71	8.6	62.9
	針金架法	80.4	16.1	4.1	43.2	27.9	8.8	70	40	72	68	11.3	65.1
試験2	P C 法	83.3	13.8	3.5	39.5	34.6	8.7	63	43	51	62	8.7	53.6
	針金架法	80.5	15.0	5.3	37.7	32.9	9.1	64	57	49	59	9.6	54.0

注 乾物以外の組成とDCP・TDNは乾物中パーセント

Haymaking Technique with Application of Plastic Film to lessen the Damage by Rain

Toshiki ISHIGURI and Yasuichi TANABE

Many farmers in Hokkaido often have to do haymaking during changing weather in the season. Experiments were carried out in order to make the hay with less spoilage of nutrients by the rain covering windrow with long plastic film. Control was made with hay hung and dried on the wiring set on the field.

The plastic film was of colorless polyethylene 50 m wide and 0.07 mm thick. It was necessary to provide about 600 m per ha.

Experiments conducted twice showed that the TDN and DCP contents in the hay were almost as much as that in the hay made by the wiring set.

A problem was on the regrowth of forage when the film was spread for several days in the rain or left in the strong sunshine.

This method is approved as recommendable to farmers in the hay making system with the tedder, side delivery rake and hay baler.

牛の消化管内線虫に関する研究

1. 子牛における消化管内線虫のある季節的消長

工藤卓二 八田忠雄 谷口隆一*

育成牛の糞便4gのかわら培養によって得られる子虫数の消長を約1年間調査した。供試牛は1) ルースバーンで哺育し、5月初旬に4~5か月令で母牛とともに放牧したヘレフォード種(A群)および2) カーフベンで飼育し、6月下旬に7か月令で放牧したホルスタイン種(B群)である。その結果、A群では、舎飼時の3月に *Strongyloides papillosus* の短期間の寄生が認められ、また8月と12月には、おもに *Cooperia oncophora*, *Mecistocirrus digitatus*, *Ostertagia ostertagi* などの高いピークが認められた。B群では、7月以降急激に子虫数が増加し、10月から12月にかけて、おもに *C. oncophora* や *O. ostertagi* などの高いピークが認められた。両群において観察した秋から冬にかけての子虫数の増加は、秋のやや連続的な多雨によって草上の子虫の生存性が高まったことによるものと推察された。

最近、公共用草地の増設にともない、放牧による牛の育成が盛んになった反面、これまで比較的重要視されていなかった疾病が集団的に発生するようになった。

内部寄生虫の面では、ピロプラズマ病や牛肺虫症が多発し、これらの疾病とともに反芻獣の胃虫症や毛様線虫症と称される胃や腸の粘膜に寄生する小型の線虫類による直接・間接的な被害も注目されはじめた。反芻獣とくにめん羊、および牛の消化管内寄生線虫は寄生性胃腸炎をおこす主要な寄生虫として、これに関する調査研究は非常に多い。とくに本病による被害が顕著である羊についての業績は著しい^{3,7,14)}。牛については、とくに近年、寄生性胃腸炎の主因となる *Cooperia* 属、*Ostertagia* 属の線虫を中心とした研究が報告されている^{1,2,12,15,17)}。

わが国においても、この疾病は、今後、放牧を主体とした若令牛の育成や低月令牛の公共用草地の利用向上にとって重要な阻害因子となることが考えられ、これら線虫類の基本的な研究をふまえた防除法の検討が望まれる。

著者らは育成牛に対するこれら線虫の影響をすでに報告したが⁹⁾、本稿は、消化管内線虫の季節的消長を知る目的で飼育管理形態の異なった子牛について糞便検査を実施したので報告する。

調査方法

この調査は、昭和41年2月から42年2月までの約1年間、北海道立新得畜産試験場において実施した。

供試牛は40年12月から41年1月までの間に生まれたヘレフォード種雌子牛5頭と同時期に生まれたホルスタイン種雌子牛5頭の計10頭であった。ヘレフォード種子牛(以下、A群と略す)はルースバーン内の分娩室で生まれ、その後母牛とともに同畜舎内および畜舎に隣接したパドックで飼養され、約1か月の準備放牧を経て、6月9日から10月6日まで昼夜放牧された。これらの子牛は放牧終了後、再び、ルースバーンで飼養された。ホルスタイン種子牛(以下、B群と略す)は分娩室で生まれ、生後4日目以降よりカーフベンで飼養され、7か月令より畜舎に近い放牧地に、6月下旬から10月12日まで、日中6時間放牧された。

糞便材料は、両群とも生後約1か月から毎月1回の割で直腸から採取し、すみやかに冷蔵保管して検査を実施した。さらに、その一部を速達便で農林省家畜衛生試験場寄生虫第2研究室に送付し、その検査成績を対比して参考とした。

放牧牛の糞便検査法として家畜衛生試験場で採用されている次の3法を併用実施した。

(1) 集卵法: 直腸便3~4gについて沈澱法(渡辺氏法)¹⁹⁾により集卵を実施。

* 北海道立滝川畜産試験場

M. digitatus は、A群において5月下旬から出現し、7月にピークを示した後9月に完全に消失した。しかし、再び11月から検出されはじめた。Fig. 2に示す12月のピークは、1号牛に負うところが大きく、第2のピークを示しているか否かは明らかでない。B群においては8月に少数の子虫が出現したが、9月に消失し、その後再び出現しはじめ、10月から12月にかけてピークを示した。

O. ostertagi は、A群において5月下旬に出現しはじめ、その後8月にひとつのピークを示し、10月にやや減少する傾向を示したが、11月から再び増加し、12月に大きなピークを示した。B群においては、8月に検出されはじめ、その後12月のピークまで増加し続けた。

本年度の降水量

本調査が行なわれた年をはさんだ昭和36年から45年までの旬ごとの降水量と、10年間の平均降水量をFig. 3に示した。本調査が行なわれた年の5月から10月初旬までの降水量は、平年に比べ、とくに、5月下旬から6月中旬の乾期と、8月中旬、9月下旬と10月中旬の多雨が著しい。また、これらの降水量は、10年間のうちで最高の降水量でもあった。したがって、本年の降水量の特徴は、放牧初期の乾期と、秋放牧中間期から終了期にかけてのやや連続的な多雨があげられる。

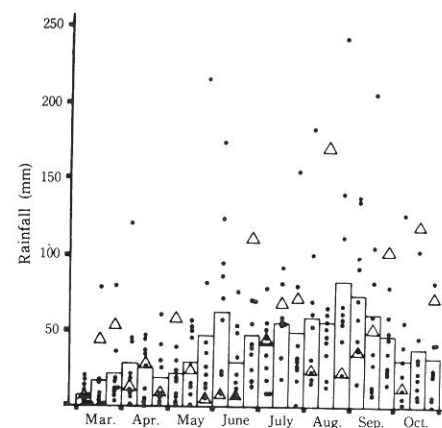


Fig. 3 Rainfall in ten days for 10 years from 1961 to 70. Mean rainfall by histogram, rainfall in 1966 by (△), and in other years by (•).

考 察

道内における牛の消化管内線虫の年間の消長は、7月から8月にかけての放牧中間期に急増し、秋期にはほとんど排卵されないことが観察されている^{9, 15)}。本調査のA群は、9月にいったん減少し、上述のパターンを示したが、再び冬期にむかって増加しており予想されたパターンと明らかに異なる推移を示した。

消化管内線虫の排卵数の増減は、多様な要因によって影響される⁵⁾が、とくに宿主の線虫に対する免疫の獲得と草上の感染子虫の死滅に関連した草地環境があげられる。本調査で観察されたA群の9月ごろの子虫数の減少は、草地環境の悪化によるものとも考えられるが、同じ時間のB群のそれが増加していることを考慮した場合、草地環境はほとんど問題でないと考えられる。

Morgan and Sloan¹³⁾は同一地域において、気象に急激な変化がなければ、排卵数の推移は毎年同一のパターンであることを述べている。この推移は晩春の増加 (Spring rise) とその後の急激な減少 (Self-cure) であって、さらに Soulsby¹⁸⁾は、Self-cure現象が宿主の線虫に対する免疫獲得による抵抗性の増加によるものと説明し、また、Self-cure後の排卵がきわめて少ない推移 (Protection) を示すと述べている。A群に観察された9月ごろの減少は、時期が遅いにもかかわらず、この Self-cure 現象と考えられ、とくに *M. digitatus*, *C. oncophora* においてこの現象は著しい。B群にこのような現象が起らなかったのは、おそらく、放牧期間の差、あるいは放牧開始時期の差によるものと考えられる。すなわち、A群は5月初旬から草を摂取し、放牧終了時までに *M. digitatus* や *C. oncophora* に対する免疫を獲得したものと考えられるが、B群は6月下旬から短期間の放牧により十分な免疫を獲得できなかったものと推察される。

両子牛群に示された秋期の子虫数の増加は、とくにA群において予想されなかった異常な現象である。Elekら⁶⁾は、*O. radiatum* を用いての実験で、降雨後虫卵数が増加することを認めている。また、Michel¹¹⁾は、草上の感染子虫は宿主の虫卵数の減少後に増加することを述べており、これらのことは、降水によって活力を得た感染子虫が秋遅くまで草地上で生存し、放牧子牛は常に感染を受けるチャンスがあることを意味している。本試験が遂行された年の秋の降水状況はやや

連続的な多雨であって、これにより多数の感染子虫が草地上で生存し、子牛は連続的に感染を受けたものと考えられる。

Martinら¹⁰⁾はスコットランドで、舎飼期の11月から1月にかけて寄生性胃腸炎が頻発し、その原因として秋期における感染と子牛の栄養不良をあげている。本調査の期間中に、このような疾病の発生は認められなかったが、さらに栄養の低下などの感染を容易にする要因が加われば、放牧後かなりの被害をもたらすことが予想される。

多くの消化管内線虫類の感染源は草であるが、冬期のA群において、*S. papillosus* の感染が認められ、このような経皮感染をする線虫の感染源は、草ばかりでなく、ルースバーンの床面 (牛糞と敷料) も考えられる。

糞便検査ならびに校閲を快く引き受けて下さった農林省家畜衛生試験場寄生虫第2研究室長 (現、日本獣医畜産大学教授) 渡辺昇蔵氏に厚く感謝の意を表する。

文 献

- 1) Alicata, J. E.: Incidence of parasites in calves in Hawai and the treatment of *Cooperia punctata*, with special reference to the efficacy of Ruelene. *Amer. J. Vet. Res.*, 21, 410-5, (1960).
- 2) Anderson, N., Armour, J., Jarrett, W. F. H., Jennings, F. W., Ritchie, J. S. D., and Urquhart, G. M.: Experimental *Ostertagia ostertagi* infections in calves. *Amer. J. Vet. Res.*, 27, 1259-65, (1966).
- 3) Crofton, H. D.: Nematode parasitic population in sheep and on pasture. *Tech. Commun.*, 35, Commonwealth Bureau of Helminthology, St. Albans, England. (1963).
- 4) Durie, P. H., and Elek, P.: The reaction of calves to helminth infection under national grazing condition. *Aust. J. agric. Res.*, 17, 91-103 (1966).
- 5) Egerton, J. R., Wather, H. O., and Ashton, C. C.: Methods for evaluating anthelmintics in the laboratory and their application to field conditions. *Proceedings of The Symposium on: The Evaluation of Anthelmintics*. 46-52, Hanover, (1963).
- 6) Elek, P., Bremner, K. C., and Durie, P. H.: Reaction of calves to helminth infection under national grazing condition. *Aust. J. agric. Res.*, 19, 161-70, (1968).
- 7) Gordon, H. M.: Helminth diseases, *Advances in Veterinary Science* 3, 287-351, (1957).
- 8) Keith, R. K.: The differentiation of the infective larvae of some common nematode parasites of cattle. *Aust. J. Zool.* 1, 223-35, (1953).
- 9) 工藤卓二・谷口隆一・佐野信一・八田忠雄・佐々木嘉郎: 消化管内寄生線虫の低寄生が初放牧牛に及ぼす影響。北獣会誌, 13, 176-80, (1969).
- 10) Martin, W. B., Thomas, B. A. C., and Urquhart, G. M.: Chronic diarrhoea in housed cattle due to atypical parasitic gastritis. *Vet. Rec.* 69, 736-9, (1957).
- 11) Michel, J. F.: The control of stomach-worms infection in young cattle. *J. Br. Grassld. Soc.*, 23, 163-73, (1968).
- 12) Michel, J. F.: Observation in the epidemiology of parasitic gastroenteritis in calves. *J. Helminth.* XLIII, 111-33, (1969).
- 13) Morgan, D. O., and Sloan, J. E. N.: *Scot. agric.*, 32, 1, (1947) *Textbook of Veterinary Clinical Parasitology*. Vol. I Helminth. 401, by Soulsby, J. H., Blackwell Scientific Publication Oxford, (1965).
- 14) Morgan, D. O.: The seasonal variations in the worm burden of Scottish hill sheep. *J. Helminth.*, 25(3/4), 177-212, (1951).
- 15) 難波功一・高野信雄・鈴木慎二郎: 北海道の一放牧地における牛消化管内線虫の消長。農林省家畜衛生試験場研究報告, 64, 40, (1972).
- 16) Riek, R. F., Roberts, P. H., and O' Sullivan, P. J.: Further observations on the epidemiology of parasitic gastro-enteritis of cattle. *Aust. Vet. J.*, 29, 122-8, (1953).
- 17) Rose, J. H.: The development of the parasitic stage of *Ostertagia ostertagi*. *J. Helminth.* XLIII, 173-84, (1969).
- 18) Soulsby, E. J. L.: *Textbook of Veterinary Clinical Parasitology*, Vol. I Helminth, 402, by Soulsby, E. J. L., Blackwell Scientific Publication Oxford, (1965).
- 19) 渡辺昇蔵: 放牧牛の寄生性胃腸炎。家畜診療, 58, 3-11, (1961).

Study of Gastro-Intestinal Nematodes in Cattle.

1. A Seasonal Incidence of Gastro-Intestinal Nematodes of Calves.

Takuji KUDO, Tadao HATTA, Ryuichi TANIGUCHI.

The influence of different rearing managements on the seasonal incidence of gastro-intestinal nematodes was studied in calves on the pasture in an area of eastern Hokkaido.

The calves observed consisted of two groups. 5 head of cattle raised in a loose-barn with grazing from early May to autumn (loose-barn calves) and 5 head of cattle raised in a calf-pen with grazing from late June to autumn (calf-pen calves). The rate of incidence were estimated with the number of larvae from fecal culture. The results obtained were as follows:

- 1) A decrease of larvae of *M. digitatus* and *C. oncophora* after the peak rise in July was observed in loose-barn calves, but was not in calf-pen calves for their grazing term.
- 2) The calves of two groups had an increase of larvae of *O. ostertagi*, *M. digitatus* and *C. oncophora* from autumn to winter.
- 3) A large number of larvae of *S. papillosus* appeared in the calves in the loose-barn in the winter.

Such results suggest that calves with a long term of grazing had the self-cure phenomenon with *M. digitatus* and *C. oncophora*, that such a optimum climate in autumn for survival of larvae as higher sustained rainfall brings a concentration of the parasitisms of nematodes in grazing calves in the area, and that a dung pad in a loose-barn would be the infectious means for *S. papillosus*.

牛趾間腐爛の発生に及ぼす一般化膿菌

趾間外傷および泥湿地の影響

岸 昊司 工藤卓二
八田忠雄 谷口隆一

牛趾間腐爛の原因には、*Sphaerophorus*属菌によるいわゆる特定菌説と一般化膿菌による非特定菌説がある。いずれも、趾間皮膚の創口、湿潤環境による趾間皮膚の組織細胞の膨化、乾燥による趾間皮膚の亀裂などが発生の誘因と考えられている。

本報は、1) 一般化膿菌 *Corynebacterium pyogenes*, *Staphylococcus aureus* の皮膚接触、2) 人為的な趾間外傷、3) 泥湿地放牧の3因子が発症に及ぼす影響を検討した。ホルスタイン種雄子牛12頭(48肢)を反復供試し、2試験を行なった。その結果、試験1の「趾間部に人為的な外傷をつけ、化膿菌を接触し、泥湿地草地に放牧した処理」にのみ30中2例(6.7%)の発生が認められた。なお、発生した2例の病巣から *Coryne.*, *Strepto.*, *Diplococcus.* などが分離されたが、*Sphaerophorus*属菌は分離されなかった。試験2では、いずれの処理にも発生が認められなかった。以上から、3因子、あるいはこれらの組合せでは、牛趾間腐爛の発生について明確な結論は得られなかった。

俗に「マダグサレ」と称される牛の趾間腐爛は、近年、北海道内公共用草地において放牧牛の約10%に発生の見られる蹄疾患である¹³⁾。これは治療に多大な労力を要すること、また、夏季増体不良の一要因であること⁸⁾からも、早急に防除法の樹立が望まれている。

本病は、わが国において古くから知られていた疾病にもかかわらず、個畜繁養の時代には発生頭数が少なく、また加療によって予後はおおむね良好であるという病性のために関心があまり寄せられず、その発生原因もまだ解明されていない。

欧米において Bovine footrot, Foul in the foot, Panaris, Panaritium という名称で記述されている疾病が、わが国の牛趾間腐爛と同一と考えられる。欧米の研究者間では、この疾病を *Sphaerophorus necrophorus* (以下、*S. necrophorus* と略す)、*Sphaerophorus nodosus* (以下、*S. nodosus* と略す) の感染に基づく壊死性炎症であり、この菌の侵入を許す誘因として、趾間皮膚の創口、湿潤環境で生じた趾間皮膚の組織細胞の膨化、乾燥による趾間皮膚の亀裂などが前もって存在するといういわゆる特定菌説^{1,2,6,7,17)} を採っているのが大勢である。

一方、わが国で今までに報告された菌検索においては、*Sphaerophorus* 属菌は検出されず、分離菌は *Corynebacterium* 属^{9,10,11,12,13,16,18)}、*Staphylococcus* 属^{9,10)} *Streptococcus* 属^{10,11,12)} などの一般化膿菌である。このことから、発症試験による証明は伴わないが、既述の誘因と自然環境に広く分布している雑菌の感染による疾患、すなわち非特定菌説が推論として有力である。

本報では、牛趾間腐爛の発生原因を解明する目的で、非特定菌説に立脚して、1) 一般化膿菌 *Corynebacterium pyogenes*, *Staphylococcus aureus* の皮膚接触、2) 人為的な趾間外傷、3) 趾間皮膚の湿潤膨化をもたらすための泥湿地放牧の3因子が発生に及ぼす影響を検討した。

試験方法

北海道立新得畜産試験場内放牧地において蹄に異常のない7ヵ月齢のホルスタイン種雄子牛12頭(48肢)を10ヵ月齢に至る間、3回反復、延36頭(144肢)供試し、2試験を行なった。なお、趾間皮膚に病巣が生じた場合は加療し、治癒の後供試する手順をとったので、反復間隔は27~34日になった。

試験 1

表1のとおり、3因子の有無で $2 \times 2 \times 2$ 要因配置法により8処理を設けた。非特定菌説に基づく処理1に趾間腐爛の最も高い発生率が見られると推測されたので、この説の真否を明らかにするために、限られた供試肢数の枠内において処理1に多く割付けた。

泥湿地：放牧地の一面にゴム管で川より水を引き、泥湿地を作った。

趾間外傷：写真1に示す鉄製の道具で趾間皮膚に深さ1.0cm、長さ3.5cmの擦過傷を4本つけた。

化膿菌の接触：北海道立滝川畜産試験場衛生科から入手した羊の蹄膿瘍由来のCorynebacterium pyogenesをCooked meat培地に培養して、1mlにつき1億個の菌濃度液を作り、この0.5mlを趾間皮膚の擦過傷部に接触し、その上に包帯した。なお、擦過傷をつけない場合は趾間皮膚に直接接触し、包帯した。

試験 2

表2のとおり、3因子の程度を試験1に比べて重度化し、 2×4 要因配置法により8処理を設けた。

泥湿地：写真2に示すとおり、試験1の泥湿地よりよどみの程度が大である。

趾間外傷および化膿菌接触：試験1に用いたCorynebacterium pyogenesを増菌して、1mlにつき5億個の菌濃度液を作るとともに、北海道立新得畜産試験場所属牛の乳房炎由来Staphylococcus aureusをCooked meat培地に培養して、同じく1mlにつき5億個の菌濃度液を作った。この2つを混ぜた菌液を用いて、表2のとおり趾間部に外傷処置した。すなわち、処理1・2には、菌液に浸した尖った小石を趾間部にはさめて、その上を包帯で縛った。処理3・4には、菌液

表1 供試趾間の区分（試験1）

因子 処理	泥湿地	趾間外傷	化膿菌 接触	供試 趾間 数
1	+	+	+	30
2	+	+	-	18
3	+	-	+	12
4	+	-	-	12
5	-	+	+	12
6	-	+	-	12
7	-	-	+	12
8	-	-	-	12

注 +：因子処置
-：因子無処置

に浸した既述の金具で趾間部を乱刺した。処理5・6には、菌液に浸した上記金具で深く（1.5cm）擦過した。処理7・8は無処置とした。

試験1、試験2を通じて泥湿地のある草地に放牧する牛は、地形上給水所の行き帰りに必ず泥湿地を通過するようにした。また、供試牛は趾間外傷および化膿菌接触を処置する日の5日前から試験放牧地に入れた。なお、諸外国における趾間腐爛の発症試験報告^{3,6,15)}に基づいて処置後15日目に趾間部を観察し、趾間腐爛発生の有無を調べるとともに病巣から菌検索の材料を採った。すなわち、病巣に付着した土、泥を水洗の後、滅菌綿棒で患部組織を拭い取り、パイヨンに入れた。これを凍結保存の状態北海道十勝畜保健衛生所病性鑑定室に送り、好気性・嫌気性菌の検索を依頼した。

結果と考察

試験1の処理別趾間腐爛発生数およびその発生率は、表3のとおりである。無処理、単一の因子、あるいは2因子の組合せ処理では発生しなかったが、3因子の組合せ処理「趾間部に人為的な外傷をつけ、化膿菌を接触し、泥湿地放牧した処理1」に30中2例（6.7%）の趾間腐爛が発生した。しかし、各要因およびそれらの交互作用に発生率の有意差は認められなかった。

発症した2例の病状はいずれも趾間皮膚表層組織に

表2 供試趾間の区分（試験2）

因子 処理	泥湿地	趾間外傷および化膿菌接触	供試 趾間 数
1	+	+ { 小石を菌液に浸し、趾間部にはさめて、その上を包帯で縛った }	3
2	-	- { 小石を菌液に浸し、趾間部にはさめて、その上を包帯で縛った }	3
3	+	+ { 菌液を浸した金具で乱刺した }	3
4	-	- { 菌液を浸した金具で乱刺した }	3
5	+	+ { 菌液を浸した金具で、深く（1.5cm）擦過した }	3
6	-	- { 菌液を浸した金具で、深く（1.5cm）擦過した }	3
7	+	+ { 無処置 }	3
8	-	- { 無処置 }	3

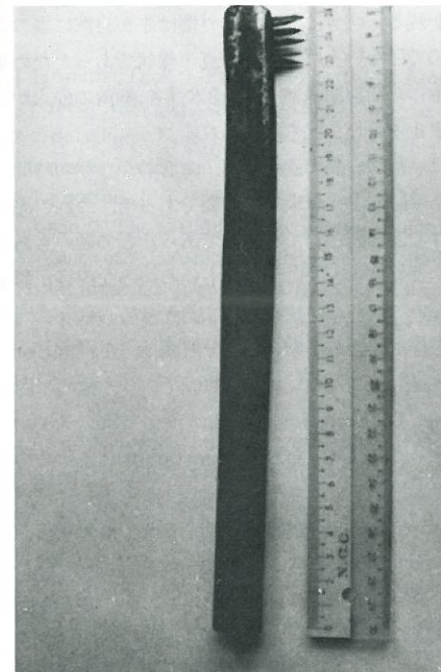


写真1 人為的に擦過傷をつけるのに用いた道具

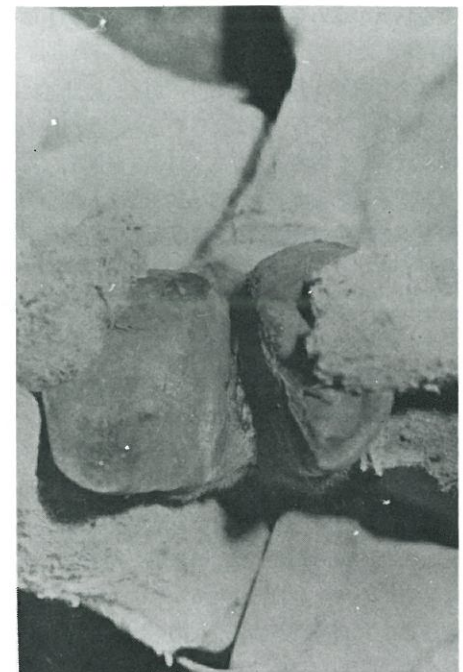


写真3 試験1における発症例



写真2 試験2に供試した泥湿地



写真4 試験2でみられた趾間部の異常例

軽度な病巣の認められるもので、そのうちの1例を写真3に示した。

試験2の結果は表4のとおりである。趾間部に菌液に浸した尖った小石を強引にはめ込み、泥湿地のない草地に放牧した処理2に写真4に示す趾間部の異常、すなわち趾間部のところどころに肥厚隆起部分の現出したものを認めた。しかし、趾間腐爛の自然発生例とは著しく異なっていた。

したがって、実施した2つの試験において趾間腐爛が発生したのは、試験1の処理1の2例のみであった。

牛趾間腐爛が1時期に1群の47%、80%に及ぶことを黒川¹²⁾、Adams¹⁾がそれぞれ報じているので、今回のわずか6.7%の発生をもって非特定菌説を証明したとはいえない。

牛趾間腐爛の発症試験に成功したEgerton & Parsonson⁶⁾は、*S. nodosus*菌の培養液を連続5日間趾間部に乱刺している。また、牛から羊へ趾間腐爛を自然感染させたRaven & Cornelisse¹⁷⁾は罹患牛と正常羊を2週間単房に同居の後発病を認めている。このことから、本報における細菌接触が一時的であったとの

表3 牛趾間腐爛の発生(試験1)

処 理	供 試 趾 間 数	趾間腐爛発生数 (%)
1	30	2 (6.7)
2	18	0 (0)
3	12	0 (0)
4	12	0 (0)
5	12	0 (0)
6	12	0 (0)
7	12	0 (0)
8	12	0 (0)

表4 異常趾間部の発生(試験2)

処 理	供 試 趾 間 数	異常趾間部の発生数 (%)
1	3	0 (0)
2	3	1 (33.3)
3	3	0 (0)
4	3	0 (0)
5	3	0 (0)
6	3	0 (0)
7	3	0 (0)
8	3	0 (0)

疑いが残る。次ぎに、本報の外傷は牛が自然に傷ついたものではない上に、傷形が点・線状であったため組織に生じた断裂創縁がくつきやすく、細菌の侵入が容易に阻止されたことも考えられる。

また、趾間皮膚の膨化には、1日のかなりの時間、肢がふやけるような環境が必要であって、今回の泥湿地条件では誘因として不十分であったとの疑いもある。以上のように各因子についてもいろいろな内容が想定されるので、さらに検討を要すると考えられる。

罹患した2例の病巣からの分離菌は、1例はCoryne., Strepto., Gram. pos. Bac.,であり、他の1例はCoryne., Diplococcus, Gram. neg. Bac., Gram. pos. Bac.,であった。なお、Sphaerophorus属菌についても検索したが分離されなかった。欧米の報告^{1,2,7)}ではS.necrophorusが本病に関与する第1の菌であると表明されており、さらに近年、S.necrophorusとともにS. nodosusも検出され^{6,14,17)}、この菌による発症試験の成功も2, 3報じられている^{6,17)}。また、牛趾間腐爛の報告では羊趾間腐爛に言及しているものが多い^{2,6,17)}。Egertonら^{3,15)}は病巣の分離菌の実態、病理組織所見、発症試験に基づいて、羊趾間腐爛は2種の嫌気性菌、すなわちS. necrophorus(a normal inhabitant of the ovine environment)とS. nodosus (the transmitting agent)の感染による疾患であり、Corynebacterium pyogenesやDiphtheroid bacteriaのような好気性菌は趾間部表層組織に定着して、上記嫌気性菌の増殖を安定・助長していると結論し、S. nodosusのワクチン開発まで研究を進めて、羊趾間腐爛の予防にかなりの成果を報告^{4,5)}している。わが国では、現存までのところ、牛趾間腐爛からSphaerophorus属菌が検出されていないが、この菌は嫌気性が強いので材料採取に問題を含んでいることも考えられる。この点について今後一層の配慮が必要であろう。

以上の試験結果から、1) 一般化膿菌の皮膚接触、2) 人為的な趾間外傷、3) 泥湿地放牧の3因子、あるいはこれらの組合せでは、牛趾間腐爛の発生について明確な結論は得られなかった。

終りに、細菌検索をして下さった北海道十勝家畜保健衛生所病性鑑定室長市村晃二博士、ならびに研究にご援助いただいた北海道立滝川畜産試験場松尾信三特別研究員に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) Adams, O. R.: Footrot in cattle. J. Amer. vet. med. Ass., 136, 589-599 (1960)
- 2) Belschner, H. G.: Cattle Diseases. 323-325, Angus & Robertson Ltd., Melbourne (1967)
- 3) Egerton, J. R., D. S. Roberts and J. M. Parsonson: The aetiology and pathogenesis of ovine foot-rot. I. A histological study of the bacterial invasion. J. comp. Path. 79, 207-216 (1969)
- 4) Egerton, J. R. and I. R. Morgan: Treatment and prevention of footrot in sheep with Fusiformis nodosus vaccine. Vet. Rec. 91, 453-457 (1972)
- 5) Egerton, J. R., I. R. Morgan and D. H. Burrell: Foot-rot in vaccinated and unvaccinated sheep. Vet. Rec. 91, 447-453 (1972)
- 6) Egerton, J. R. and I. M. Parsonson: Isolation of Fusiformis nodosus from cattle. Aust. vet. J. 42, 425-429 (1966)
- 7) Gibbons, W. J.: Diseases of Cattle. 303-304. American Veterinary Publications, Inc., Santa Barbara (1963)
- 8) 北海道立新得畜産試験場: 十勝地方における公共育成牧場(幕別町)の実態分析. 64-65(1971)
- 9) 市村晃二: 牛の趾間腐爛. 北海道獣医師会二十年史. 北海道獣医師会編. 68-69 (1969)
- 10) 岸晃司・工藤卓二・八田忠雄・谷口隆一: 牛の趾間腐爛の発生要因として趾間部外傷の検討と脚浴

槽による予防治療効果. 北獣会誌, 15, 6-8 (1971)

- 11) 岸晃司: 牛の趾間腐爛とその治療試験. 獣医界, 102号, 27-29 (1972)
- 12) 黒川俊男: 乳牛集団飼育に多発した趾間腐爛. 北獣会誌, 7, 1-4 (1963)
- 13) 松尾信三・籠田勝基: 放牧草地における牛の趾間腐爛の実態調査について. 北獣会誌, 16, 6-13 (1972)
- 14) Morgan, I. R.: A survey of cattle feet in Victoria for Fusiformis nodosus. Aust. vet. J. 45, 264 (1969)
- 15) Roberts, D. S. and J. R. Egerton: The aetiology and pathogenesis of ovine Foot-rot. II The pathogenic association of Fusiformis nodosus and F. necrophorus. J. comp. Path. 79, 217-227 (1969)
- 16) 谷沢重信・草刈直吉・大山秀夫・渋谷滝夫・平内邦夫・越野忍: 天塩町菅干拓牧場における趾間腐爛の発生状況および発生要因と脚浴効果について. 第5回家畜共済損害防止事業研究集会論文集, 34-39 (1972)
- 17) Toussaint Raven, E. and J. L. Cornelisse: The specific contagious inflammation of the interdigital skin in cattle. Vet. Med. Review.No 2/3, 223-247 (1971)
- 18) 宇津田嘉弘: 牛の趾間腐爛に関する研究. 第3報 細菌学的検索. 日獣会誌, 22, 527-529 (1969)

A Study on the Cause of Bovine Footrot

Kooji KISHI, Takuji KUDO, Tadao HATTA and Ryuichi TANIGUCHI

The study was designed to define the effects of the following three factors on the pathogenesis of bovine footrot: one was interdigital skin contact of pus organisms such as *Corynebacterium pyogenes* and *Staphylococcus aureus*, another was interdigital trauma, and the third was foot exposure to mud. Repeatedly using 12 Holstein bull calves (48 feet), the two experiments consisted of a 2×2 factorial one (the first experiment) and a 2×4 factorial one (the second experiment) were carried out.

In the first experiment, 2 of the 30 feet inoculated by pus organisms on artificial interdigital trauma and exposed to mud developed footrot. But bovine footrot could not be observed in the other treatments.

The bacteria found from 2 footrot lesions were genus *Corynebacterium*, *Streptococcus* and *Diplococcus*, however, genus *Sphaerophorus* was not detectable.

A clear conclusion was not drawn on the relation between the footrot pathogenesis and the associations of the three factors from the present experiment.

高泌乳牛の飼養法に関する研究

I. 濃厚飼料の給与量が第一胃内性状および揮発性脂肪酸の産生に及ぼす影響

和泉康史 大橋尚夫

第一胃フィステルを装着したホルスタイン種の成雌牛3頭を用い、乾草6kg、乾草6kg+濃厚飼料6kgおよび乾草6kg+濃厚飼料12kgを給与する場合について、1期21日間の 3×3 ラテン方格法により、第一胃内pH、乳酸、アンモニア態窒素および揮発性脂肪酸の変化を経時的に観察し、濃厚飼料給与量の影響を比較検討した。飼料は午前9時と午後9時に半量ずつ与え、第一胃内容物は各期の最終日に飼料給与前と給与後1時間ごとに連続12回採取した。その結果、次のことが認められた。1) 濃厚飼料給与量の増加により、乳酸、アンモニア態窒素および揮発性脂肪酸濃度は全時間にわたって上昇する傾向が認められた。一方、pHは逆に低下する傾向を示したが、いずれの処理も6.0~7.0の範囲内であった。2) 各揮発性脂肪酸の比率において、濃厚飼料給与量の増加により、酢酸が減少し、酪酸およびn-バレリアン酸の増加する傾向が認められたが、プロピオン酸およびiso-バレリアン酸には差が認められなかった。

乳牛は、泌乳初期より泌乳最高期にかけてきわめて多くの養分量を要求し、この時期に必要なエネルギーを十分供給されれば高乳量を長期間持続し、乳量を著しく高めることが知られている^{1), 17)}。また、高泌乳牛は、粗飼料の多い飼料構成では要求するエネルギーを摂取できず、必要とするエネルギーを最大限供給しようとする場合、多量の濃厚飼料の給与が必要となってくる。

しかしながら、濃厚飼料の多給は、第一胃内発酵に著しい影響を及ぼすことが報告されている。すなわち、Balch and Rowland²⁾は、乳牛に濃厚飼料を多給した場合、第一胃内pHが著しく低下し、飼料給与後の乳酸濃度が著しく上昇したことを述べている。Tremere¹⁹⁾らは、粉碎小麦を若雌牛に増給していった場合、飼料を摂取しなくなり、その時の第一胃内の乳酸含量は著しく高く、第一胃内pHは低かったことを報告している。また、Ryan¹⁸⁾は、めん羊にひき割小麦を多量に与えた場合、第一胃内pHが低下し、プロトゾアは消失し、反芻が停止したことを示している。一方、高澱粉飼料給与時に蛋白質飼料を給与した場合にpHが上昇し、アルカローシスを呈することも報告されている¹²⁾。さらに、濃厚飼料の給与割合が多くなると第一胃内揮発性脂肪酸(以下、VFAとする)の比率が変化し、乳脂率に影響を及ぼすことも報告されている^{4, 10)}。

このように、濃厚飼料の多給は、高泌乳牛に高エネルギーを供給するために必要な手段ではあるが、第一胃内発酵上きわめて問題が多い。一般に高泌乳牛は、粗飼料を十分摂取した場合でも、エネルギー要求量を満たすためには10kg前後の濃厚飼料の給与を必要とすることが多く、したがって、この程度の濃厚飼料を給与した場合の第一胃内性状の変化について十分検討する必要があるものと考えられる。

本試験は、乾草を一定量給与し、濃厚飼料の給与量を12kgまで増給した場合、第一胃内性状および各VFAがどのような変化を示すかを経時的に明らかにするため実施したものである。

試験方法

第一胃フィステルをつけた乾満期の6才令のホルスタイン種雌牛3頭(平均体重577kg)を用い、濃厚飼料無給与(以下、無給与とする)、濃厚飼料6kg給与(以下、6kg給与とする)および濃厚飼料12kg給与(以下、12kg給与とする)の3処理について、1期21日間の 3×3 ラテン方格法により試験を実施した。1日あたりの飼料給与量は、各処理に1番刈りオーチャードグラス乾草6kgを共通に給与し、6kg給与、12kg給与には濃厚飼料をそれぞれ6, 12kg給与した。飼料は、午前9時と午後9時に半量ずつ与え、水および鉱塩は常時自由に摂取させた。ただし、第一胃内容物の採取日に

は鉍塩の給与を中止し、水についても朝の飼料給与後1時間30分以降給与を中止した。各処理の飼料は、無給与および6kg給与において給与後1時間以内に、また、12kg給与では1時間30分以内にすべて摂取された。

第一胃内容物は、各期の最終日に次の要領で採取した。すなわち、約500gの第一胃内容物を朝の飼料給与前および飼料給与後1時間ごとに連続12回フイステルを通して採取し、直ちに4重のガーゼにてろ過した後pHを測定し、ろ液70mlに飽和昇液を1%加え、乳酸、VFAおよびアンモニア態窒素（以下、 $\text{NH}_3\text{-N}$ とする）の分析用として -20°C で貯蔵した。

乾草および濃厚飼料の消化率は、4歳令の去勢めん羊3頭（平均体重56kg）を用い、予備期10日間、本期7日間の全糞採取法により求めた。

第一胃内pHの測定には、ガラス電極pHメーターを用いた。VFA濃度の測定は、ろ液10mlに5%硫酸10mlおよび硫酸マグネシウム10mlを加え、水蒸気蒸留をし、

その留液500mlをN/10水酸化ナトリウムで滴定した。

VFAの比率は、VFA濃度を定量した留液をアルカリ性において蒸発乾固し、セライト535で増量したのち、少量の蒸留水と硫酸水素ナトリウムでVFAを遊離させエーテルで抽出し、ガスクロマトグラフ（島津GC-2C型）で分離定量した。充てん剤はリン酸で飽和したDiethylene glycol succinateを用い、キャリアガスは窒素を用いた。カラム温度は 120°C とし、検出器は水素炎イオン化ディテクターを用いた。

乳酸はBarker and Summerson法により $\text{NH}_3\text{-N}$ は減圧蒸留法¹⁴⁾により測定した。一般成分の分析は常法¹⁾によった。また、粉碎試料1gに1M- NaCl 100mlを加え、室温において3時間振盪抽出を行なった際に溶出してくる窒素を可溶性窒素として求めた。なお、供試した乾草と濃厚飼料の化学的成分および消化率は表1と表2に、濃厚飼料の配合割合を表3に示した。

Table 1. Chemical composition of the hay and the concentrate

	Moisture	Organic matter*	Crude protein	Ether extracts	N-free extracts	Crude fiber	Crude ash	Soluble N**
Hay	9.4	92.7	10.2	2.9	48.2	31.4	7.3	21.2
Concentrate	12.7	91.7	17.4	4.3	65.4	4.7	8.2	18.2

* % of dry matter

** % of total N

Table 2. Digestibility and digestible nutrients of the hay and the concentrate

	Dry matter	Organic matter	Crude Protein	Ether extracts	N-free extracts	Crude fiber	DCP*	TDN*
Hay	61.6	62.7	57.8	42.5	64.3	63.6	5.9	59.6
Concentrate	76.3	80.3	70.3	78.3	84.5	59.2	12.2	78.0

* On dry matter basis

Table 3. Composition of concentrate

Ingredients	kg
Yellow corn	35.0
Barley	20.0
Wheat bran	14.0
Linseed meal	12.0
Defatted rice bran	10.0
Soybean meal	5.0
Trace mineralized salt	2.0
Dicalcium phosphate	1.5
Calcium carbonate	0.5
Vitamine A	10,000 units/kg
Vitamine D	5,000 units/kg
Total	100.0

結 果

1. pH

各処理における第一胃内pHの変化は、図1に示すとおりである。

濃厚飼料の給与量が増加するにしたがって、第一胃内pHは全時間にわたって低下している。各処理ともpHは飼料給与前が高く、飼料給与後低下する傾向を示しているが、無給与においては時間的変動が少なかった。一方、6kg給与と12kg給与のpHの経時的変化はほぼ同様であり、両者の飼料給与後のpHの低下は無給与に比べて大きかった。

各処理の0～11時間目にいたる12回の測定値の平均値および範囲を表4に示した。無給与のpHは6.71～

6.97の範囲であり、最低でも6.7以下になることはなく、また、最高でも7.0を越えることはなかった。6kg給与のpHは、最低が6.20で飼料給与後2時間目においてみられたが、最高は11時間目の6.78であり、いずれも無給与より著しく低くなっている。12kg給与のpHは6kg給与よりさらに低く、最低が飼料給与後4時間目の5.98、最高は11時間目の6.64であった。しかし、全時間の平均値において処理間に統計的有意差は得られなかった。

2. 乳 酸

各処理における第一胃内乳酸濃度の変化は、図2に

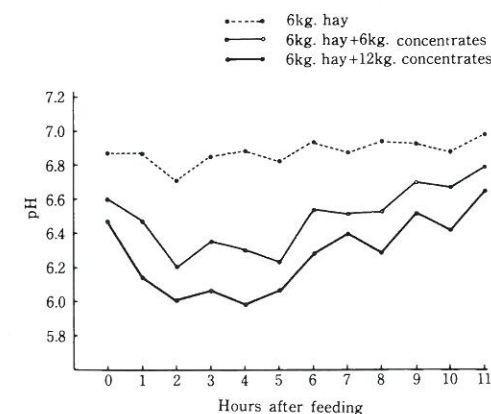


Fig. 1 pH of rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

示すとおりである。

乳酸の時間的変動は各処理とも少なく、とくに明瞭なピークは認められず、ほぼ一定の濃度で推移している。濃厚飼料給与量の増加によって、乳酸濃度は高まる傾向を示し、その増加量は濃厚飼料の給与量にほぼ比例している。各処理における平均乳酸濃度は、表4に示すとおり、無給与13.6mg/100ml、6kg給与18.8mg/100ml、12kg給与27.5mg/100mlであり、12kg給与の乳酸濃度は無給与の約2倍であった。しかし、処理間に有意差は認められなかった。

3. $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度

各処理における第一胃内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の変化は、図3に示すとおりである。

第一胃内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の変化はpHとは逆の傾向であり、いずれの処理も飼料給与前が低く、飼料給与後上昇し、2時間目でピークに達している。その後、徐々に濃度は低下しているが、6時間以降はほぼ一定水準で推移している。濃厚飼料の給与量が多くなるにしたがって $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は全時間にわたって高くなっており、乳酸と同様、濃厚飼料の給与量にほぼ比例して高くなっている。各処理の平均濃度は表4に示すとおり、無給与6.9mg/100ml、6kg給与11.2mg/100ml、12kg給与14.5mg/100mlであり、12kg給与の濃度は無給与の約2倍になっている。しかし、有意差は得られなかった。

各処理とも全般的に $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度はあまり高くなく、最も濃度の高かった12kg給与の2時間目においても、

Table 4. Concentration of lactic acid, $\text{NH}_3\text{-N}$ and VFA in, and pH of, rumen liquor

		6kg. hay		6kg. hay +6kg. concentrates		6kg. hay +12kg. concentrates	
		Mean*	Range**	Mean*	Range**	Mean*	Range**
pH		6.87	6.71–6.97	6.49	6.20–6.78	6.27	5.98–6.64
Lactic acid	(mg/100ml)	13.6	11.1–17.2	18.8	15.0–22.9	27.5	22.3–32.5
$\text{NH}_3\text{-N}$	(mg/100ml)	6.9	4.7–12.5	11.2	6.0–21.7	14.5	8.0–25.8
Total VFA	(mmol/100ml)	9.4	7.6–11.2	10.4	8.0–12.8	11.2	8.8–13.4
Acetic acid	(mol %)	65.4	62.0–69.0	60.7	54.5–65.1	58.9	52.6–62.1
Propionic acid	(mol %)	22.9	21.5–24.5	23.3	21.4–25.8	22.9	20.7–25.7
Butyric acid	(mol %)	9.6 ^a	7.9–10.5	13.7 ^b	11.7–16.4	15.8 ^b	13.9–18.2
iso-Valeric acid	(mol %)	0.8	0.6–0.9	0.8	0.6–1.2	0.8	0.6–1.1
n-Valeric acid	(mol %)	1.1	0.6–1.8	1.2	0.8–2.1	1.3	0.9–1.9

Values followed by different letters are significantly different ($p < .05$) as determined by Duncan's multiple range test.

* The mean value shows the average of twelve values obtained immediately before feeding and at hourly intervals after feeding.

** The range shows the minimum and maximum of above twelve values.

その濃度は25.8mg/100mlに過ぎなかった。

4. VFA濃度

各処理における第一胃内VFA濃度の変化は、図4に示すとおりである。

VFA濃度の変化はpHと逆の傾向を示している。すなわち、いずれも飼料給与前が低く、飼料給与後高まる傾向が認められ、12kg給与においては1時間目、無給与

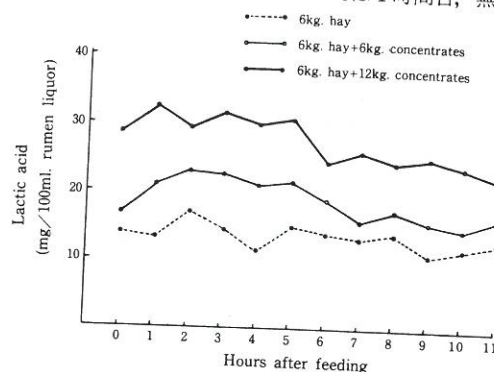


Fig. 2 Concentration of lactic acid in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

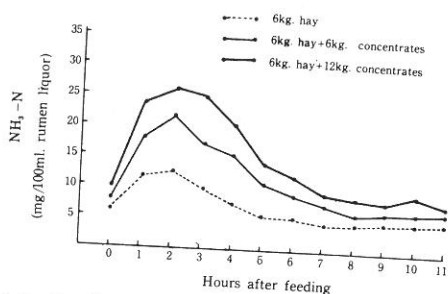


Fig. 3 Concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

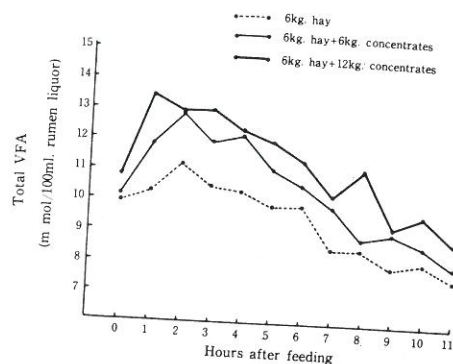


Fig. 4 Concentration of total volatile fatty acids in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

与、6kg給与においては2時間目に、それぞれ最高値に達している。各処理とも、VFA濃度は後半低下し、給与後9～11時間目の濃度は、飼料給与前よりも低い濃度となっているが、この理由は明らかでない。

VFA濃度は、乳酸および $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度と同様、濃厚飼料給与量の増加によって高まる傾向が認められたが、処理間に有意差は得られなかった。

5. VFA組成

1) 酢酸

各処理における第一胃内酢酸(mol%)の変化は、図5に示すとおりである。

酢酸の時間的な変化はpHと類似した傾向を示している。すなわち、いずれの処理も飼料給与前が高く、飼料給与後低下し、2時間目で最低値に達したのち上昇の傾向を示している。若干時間的な変動は認められるが、濃厚飼料給与量の増加によって酢酸は減少している。その減少割合は6kg給与と12kg給与において小さく、無給与と6kg給与間において大きくになっている。しかし、処理間に有意差はなかった。

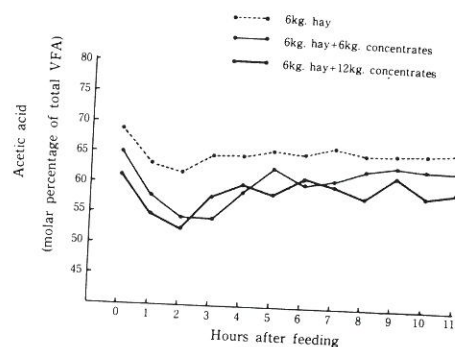


Fig. 5 Proportion of acetic acid of the total volatile fatty acids in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

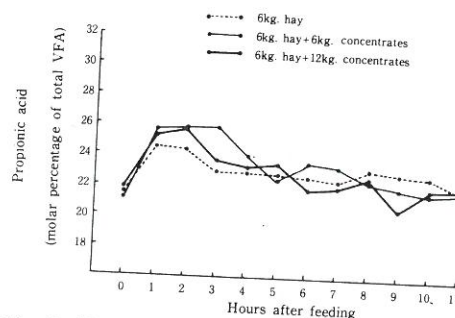


Fig. 6 Proportion of propionic acid of the total volatile fatty acids in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

2) プロピオン酸

各処理における第一胃内プロピオン酸(mol%)の変化は、図6に示すとおりである。

プロピオン酸の時間的な変化は酢酸と逆の傾向を示している。いずれの処理も飼料給与前が低く、飼料給与後増加し、1～3時間目で最高値に達した後減少している。

各処理の平均値は、表4に示すとおりで、処理間にほとんど差はなく、また、濃厚飼料の給与量による特定な傾向は認められなかった。

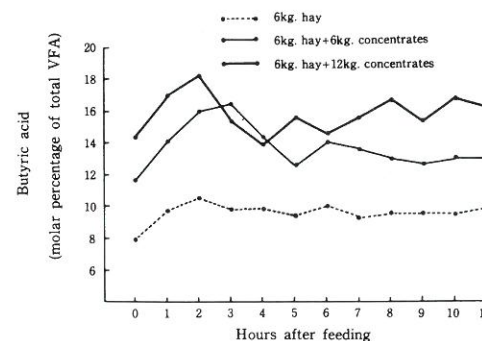


Fig. 7 Proportion of butyric acid of the total volatile fatty acids in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

3) 酪酸

各処理における第一胃内酪酸(mol%)の変化は、図7に示すとおりである。

酪酸の時間的な変動は酢酸と逆の傾向を示している。すなわち、どの処理も飼料給与前が低く、飼料給与後高まり、2～3時間目で最高値に達している。濃厚飼料の給与量が多くなるにつれて酪酸は増加しており、その増加割合は無給与と6kg給与間において顕著であるが、6kg給与と12kg給与間においてはそれほど大きくはなく、無給与と6kg給与および12kg給与間において有意差($P<0.05$)が認められた。

4) バレリアン酸

各処理のiso-バレリアン酸(mol%)およびn-バレリアン酸(mol%)の変化は、図8と図9に示すとおりである。

iso-バレリアン酸は、各処理とも飼料給与後若干高まり、その後減少し、後半になってやや増加する傾向を示しているが、濃厚飼料給与量による影響はほとんど認められなかった。一方、n-バレリアン酸は、いずれの処理も飼料給与後増加しており、2時間目で最高値に達し、その後徐々に低下している。

iso-バレリアン酸およびn-バレリアン酸の平均値は表4に示すとおりで、iso-バレリアン酸において処理間の違いは全く認められなかったが、n-バレリアン酸において濃厚飼料の増給に伴い若干増加する傾向が認められた。しかし、処理間に統計的有意差は得られなかった。

考 察

本試験において、濃厚飼料の給与量が増加するにしたがい第一胃内乳酸、VFAおよび $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度が上昇し、pHの低下する傾向が認められた。濃厚飼料の給与量が多くなると乳酸およびVFA濃度が上昇することは、Tremereら¹⁹⁾によって、また、飼料中の濃厚飼料の割合が多くなるにしたがってVFA濃度が上昇することが、Cowser and Montgomery⁶⁾やMontgomery and Baumgardt¹³⁾によって示されており、濃厚飼料の増給による乳酸およびVFA濃度の上昇は主として、易発酵性の炭水化物が多量に供給された結果によるものと考えられる。また、第一胃内pHの低下は、乳酸あるいはVFA濃度とpHとの間に密接な関連のあ

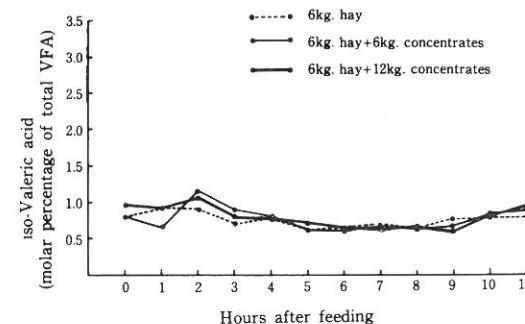


Fig. 8 Proportion of iso-valeric acid of the total volatile fatty acids in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

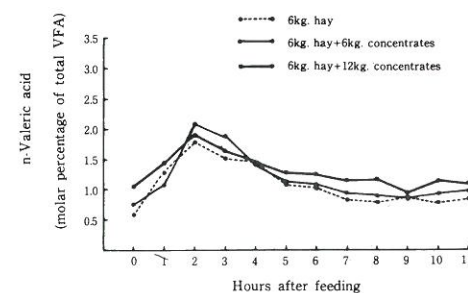


Fig. 9 Proportion of n-valeric acid of the total volatile fatty acids in rumen liquor of fistulated cows at hourly intervals after feeding.

ることが多くの報告によって示されており、^{2, 6, 10, 16, 19)}濃厚飼料の増給により第一胃内乳酸およびVFA濃度が上昇したことによるものと考えられる。

本試験における各処理のpHは、5.98~6.97の範囲であり、第一胃内容がアルカリ性に傾くことはなく、また、著しいpHの低下は認められなかった。橋爪⁸⁾は、濃厚飼料の多い飼料を牛に給与した結果、第一胃内pHは6.0~6.8の範囲であったことを述べている。Ghorban⁷⁾らも、各種飼料を牛に給与したが、給与後4時間目までの平均pHは6.0~7.1の範囲であったことを述べており、本試験と類似した結果を報告している。一方、Tremere¹⁹⁾らは、若雌牛に粉碎小麦を主体とした濃厚飼料を給与した場合、pHの低下は5.3までであったが、粉碎小麦を多給した場合、pHが5.0またはそれ以下に低下したことを述べている。また、Balch and Rowland²⁾は、乾草のみ、あるいは乾草の割合の多い飼料給与の場合、第一胃内pHは高いが、濃厚飼料を多給した場合、4.5~5.5まで低下したことを報告しており、これらの試験における最低pHは、本試験で得られた最低pHより著しく低くなっている。このように濃厚飼料の給与と第一胃内pHの低下については、報告によって著しく異なっているが、これは、主として、給与した濃厚飼料の構成原料や給与量あるいは併給した粗飼料の種類や給与量の相違に原因するものと考えられる。

第一胃内アンモニア濃度について、大山¹⁵⁾は、同一飼料について摂取量を異にした場合、第一胃内アンモニア濃度は摂取粗蛋白質量がある程度以上多いとき差が生ずるものと認めており、濃厚飼料の増給に伴う第一胃内NH₃-N濃度の上昇は、粗蛋白質の摂取量が増加した結果によるものと推察される。

VFAの比率において、濃厚飼料の増給により酢酸が減少し、酪酸およびn-バレリアン酸の増加する傾向が認められたが、プロピオン酸およびiso-バレリアン酸⁵⁾には、ほとんど変化は認められなかった。Coppock⁵⁾らは、乾草と濃厚飼料を用い、正味エネルギー量の割合をかえて試験を行なった結果、濃厚飼料の給与量が多くなるにつれて酢酸が低下し、酪酸が増加したが、プロピオン酸には変化がなかったことを報告しており、本試験と同様の結果を示している。一方、Cowser⁶⁾ and Montgomery¹³⁾や Montgomery and Baumgardt¹³⁾は、濃厚飼料の給与割合が多くなるにしたがって酢酸が減少し、酪酸およびバレリアン酸が増加する傾向のあることを認めているが、プロピオン酸においても増

加がみられたことを報告している。これらの報告において、濃厚飼料の給与量が多くなると酢酸が減少し、酪酸の増加することについて、ほぼ一致しているが、プロピオン酸については一致がみられていない。

Ghorban⁷⁾らの報告によると、給与する飼料の種類によってVFA組成が著しく異なっている。また、橋爪⁸⁾らは、大麦の形態が異なることによってVFAの比率が変化することを報告しており、濃厚飼料の給与とVFAの比率については、給与する濃厚飼料の種類や形態が大きな影響力をもつものと考えられる。

以上、述べたとおり、濃厚飼料を12kgまで増給した場合でも、第一胃内乳酸、VFAおよびNH₃-N濃度はそれほど高くはならず、PHの低下も6.0までであった。このことは、高泌乳牛の飼養上において、第一胃内発酵の観点から濃厚飼料の給与を考えた場合、12kg程度の濃厚飼料を給与しても、第一胃内性状にとくに異状をきたさないことを示している。

しかし、前述のように給与する濃厚飼料の種類が第一胃内発酵上きわめて重要な意味をもつものであり、この点について、粗飼料との関連において、さらに、追究する必要があるものとする。

文 献

- 1) Association of Official Agricultural Chemists, Official Methods of Analysis 9th ed. Washington, D. C. (1960)
- 2) Balch, D. A., and S. J. Rowland: Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. *Brit. J. Nutr.*, 11, 288-298 (1957)
- 3) Barnett, A. J. G.: Silage Fermentation. Butterworths Scientific Publication. London (1954)
- 4) Bauman, D. E., C. L. Davis, and H. F. Bucholtz: Propionate Production in the Rumen of Cows Fed Either a Control or High-Grain, Low-Fiber Diet. *J. Dairy Sci.*, 54, 1282-1287 (1971)
- 5) Coppock, C. E., W. P. Flatt, L. A. Moore, and W. E. Stewart: Relationships between end products of rumen fermentation and utilization of metabolizable energy for milk production. *J. Dairy Sci.*, 47, 1359-1364 (1964)
- 6) Cowser, R. L. and M. J. Montgomery: Effect of Varying Forage-to-Concentrate Ratio of Iso-nitrogenous Rations on Feed Intake by Ruminants. *J. Dairy Sci.*, 52, 64-67 (1969)
- 7) Ghorban, K. Z., K. L. Knox, and G. M. Ward: Concentrations of Volatile Fatty Acids and Lactic Acid in the Rumen as Influenced by Diet and

Post-Feeding Time. *J. Dairy Sci.*, 49, 1515-1518 (1966)

- 8) 橋爪徳三・伊藤稔・針生程吉・田辺忍・久保辰雄大森昭一朗: 和牛の肥育における飼料の利用効率に関する研究II. ルーメン内における飼料成分と揮発性脂肪酸の推移よりみた大麦・ふすま蒸煮の効果. *畜試研報*, 14, 75-82 (1967)
- 9) 橋爪徳三・伊藤稔・針生程吉・田辺忍: 和牛の肥育における飼料の利用効率に関する研究III. 大麦の形態と蒸煮処理が消化率・第一胃内容物および揮発性脂肪酸に及ぼす影響. *畜試研報*, 15, 53-60 (1967)
- 10) Hoogendoorn, A. L., and C. M. Grieve: Effects of Varying Energy and Roughage in Rations for Lactating Cows on Rumen Volatile Fatty Acids and Milk Composition. *J. Dairy Sci.*, 53, 1034-1041 (1970)
- 11) 和泉康史・大橋尚夫: 泌乳初期における濃厚飼料の給与量が産乳量、血液性状並びに繁殖性に及ぼす影響 I. 飼料摂取量、乳量および乳組成について. *新得畜試研報*, 3, 13-18 (1972)
- 12) 木全春生: 梅津元昌編, 乳牛の科学, 農山漁村文化協会, 389 (1966)
- 13) Montgomery, M. J., and B. R. Baumgardt: Regulation of food intake in ruminants. 1. Pelleted rations varying in energy concentration. *J. Dairy Sci.*, 48, 569 (1965)
- 14) 森本 宏監修: 動物栄養試験法, 320, 養賢堂, 東京 (1971)
- 15) 大山嘉信: 生草および乾草給与時のめん羊第一胃内のアンモニア濃度の変化. *日畜会報*, 37, 382-388 (1966)
- 16) Reid, R. L., J. P. Hogan, and P. K. Briggs: The effect of diet on individual volatile fatty acids in the rumen of sheep, with particular reference to the effect of low rumen pH and adaptation on high-starch diets. *Aust. J. Agric. Res.* 8, 691-710 (1957)
- 17) Reid, J. T., P. W. Moe, and H. F. Tyrrell: Energy and Protein Requirements of Milk Production. *J. Dairy Sci.*, 49, 215 (1966)
- 18) Ryan, R. K.: Concentrations of Glucose and Low-Molecular-Weight Acids in the Rumen of Sheep Following the Addition of Large Amounts of wheat to the Rumen. *Am. J. Vet. Res.* 25, 106, 646-651 (1964)
- 19) Tremere, A. W., W. G. Merrill, and J. K. Losli: Adaptation to High Concentrate Feeding as Related to Acidosis and Digestive Disturbances in Dairy Heifers. *J. Dairy Sci.*, 51, 1065-1072 (1968)

Studies on the Feeding of High-Producing Cow

1. Effects of Level of Concentrate Feeding on Condition and VFA Production in the Rumen of Cow.

Yasushi IZUMI and Hisao OHASHI

The purpose of this trial was to know the effect of the level of concentrate feeding on the condition and VFA production in the rumen of cows.

This trial, utilizing three fistulated Holstein cows in a Latin-square design, was conducted with three rations: 6kg.hay, 6kg.hay+6kg. concentrates, and 6kg.hay+12kg. concentrates.

The concentration of lactic acid, ammonia and VFA, and pH values were determined in rumen liquor taken immediately before feeding (9.00 a. m.) and at hourly intervals over a 11-hr. period after feeding.

The results obtained are as follows:

The concentration of lactic acid, ammonia and VFA tended to increase as the level of concentrate feeding increased, whereas pH tended to drop.

The per cent of the total VFA as acetate tended to decrease as the level of concentrate feeding increased, but the per cent of butyrate and n-valerate tended to increase. The level of concentrate feeding did not affect the per cent of propionate and iso-valerate.

反芻家畜の心拍数および放牧行動の測定の ための簡易ラジオテレメトリーシステム

岡本全弘 田口礼造* 渡辺 寛

無拘束の反芻家畜より、生理学的・行動学的データを収集するための簡易ラジオテレメトリーシステムを開発した。小型 FM 送信機および自記電接計数器を活用するために必要な信号リレーを製作した。受信機として、ポータブルラジオを使用し、テープレコーダー、心電計、ペンレコーダーおよび自記電接計数器を記録機器として使用した。搬送周波数は76~90MHzであり、送信機の大きさは10×7×3 cm、重量は乾電池とも120gである。電池の寿命は連続使用で約70時間であった。実用距離は約100mであった。本システムにより、心拍数、採食時間、反芻時間、採食時および反芻時のそしゃく数、歩行活動などが遠隔測定された。自記電接計数器は安価であり、特にそしゃく行動の記録が読解しやすい形でなされ、簡便で有効であった。また、乾電池で作動するので、放牧地においても実用的であった。

家畜の行動は肉眼や望遠鏡により観察され、写真や映画として記録されてきた。これらの観察、記録方法は多大な労力と時間、時には多額の費用を要するうえに、客観性に乏しいという欠点があるといわれている¹⁾。また、家畜を拘束することなしに、生理学的データを収集することは至難であった。

近年、これらの欠点や困難を克服する有力な手段として、ラジオバイオテレメトリーが登用されるようになった。家畜においては体温^{6, 12, 13)}、心電^{8, 15, 16)}、筋電^{5, 7, 14)}、第1胃内圧^{3, 11)}、子宮の運動^{4, 14)}などが遠隔測定されている。これらのうち、心電信号(心拍数)や筋電信号は、それぞれエネルギー代謝の指標としての⁹⁾、あるいは行動の測定への応用^{5, 7, 16, 17)}が可能であり、両者の遠隔測定技術は家畜の生理、生態を解明する上で重要な役割をになうものと考えられる。

市販のテレメーター装置は高価なため、入手が困難である。さいわいに、心電も筋電も対象部位の活動電位であり、同一あるいは類似の機器により、捕捉、送・受信することができ^{7, 8, 16, 17)}、装置の自作も困難ではないといわれている¹⁰⁾。

そこで、送信機と記録機の一部を安価に自作し、これらと市販の装置とを組合せた簡易テレメーターシステムを考案した。本システムにより、無拘束の牛およ

びめん羊から心電信号および筋電信号の遠隔測定ができ、心拍数、そしゃく行動、歩行行動などの測定に応用できたので報告する。

I 簡易ラジオテレメトリーシステム

1. システムの概要

本テレメーターシステムのブロックダイアグラムは第1図のとうりであり、①電極と送信機、②受信機、③記録装置の3部に大別される。送信機は自作した。受信機として、市販のFMポータブルラジオを使用した。記録装置には心電計、ペンレコーダー、自記電接計数器の3種があるが、測定目的に応じて、いずれかを選択する。このうち、電接計数器は風速計や雨量計の記録機として、普遍的で比較的安価に入手できる。また、目的によっては、高価なペンレコーダーや心電計より簡便で有効である。また、送信機、受信機と同様に乾電池を電源としているので、放牧地など、電灯線のない場所において使用できる長所がある。

2. 自作機器の概要

FM送信機：既報の送信機の多くは、対象とする動物が小さいことなどの理由から、小型化、軽量化を重視して設計されてきた^{2, 5, 10, 16)}。本機は反芻家畜を対象としたため、重量よりも動作の安定性に重点をおき設計した。

本機の回路は第2図のとおりであり、低周波増幅部

* 新得町富村牛中学校

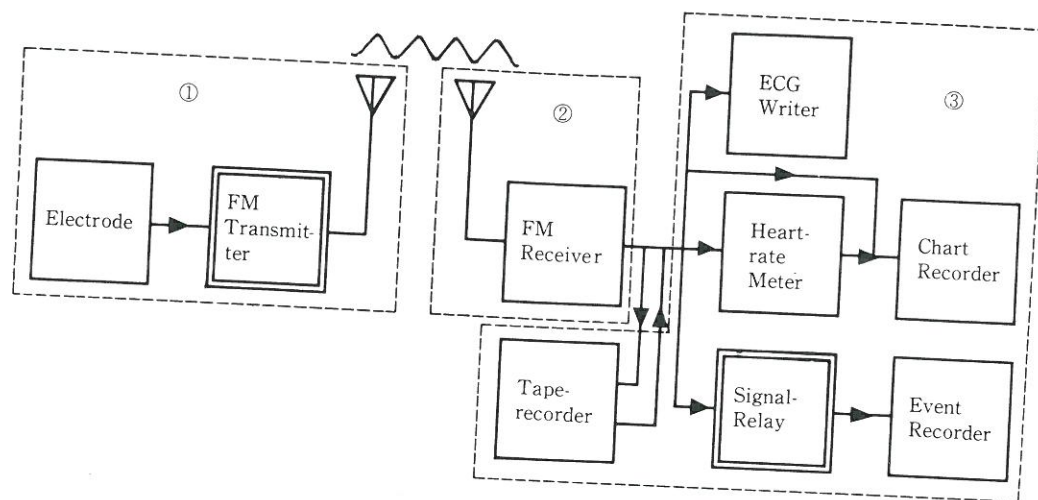


Fig. 1 Block diagram of the telemetry system.

および送信部よりなる。低周波増幅部は3段増幅器であり、初段および2段目には低雑音トランジスタを使用した。各段とも、温度の変化に対して安定な電流帰還バイアス回路を採用した。発振周波数を安定にたもつため、発振器の後段に低利得の増幅回路をもうけ、緩衝器とした。市販ラジオのFM放送受信帯にあわせ、本機の搬送周波数は76~90MHzの範囲で可変とした。すぐれた信号／雑音比と忠実度を期待するため、周波数変調とした。本機は可変容量ダイオードを用いた可変リアクタンス変調方式を採用した。

信号リレー：記録機として、自記電接計数器を使用するために必要な信号リレーを製作した。

回路は第3図に示したとおりである。2石のトランジスタにより、低周波増幅とスイッチングを行なう。2個のダイオードを使用し、効率のよい倍電圧整流回路とした。また、動作の信頼度を増すため、両極の入力端子を100 μ Fのコンデンサーで結合した。

本機は1回の信号入力で1回リレーが閉開するよう作られている。したがって、リレーの共通接点とメーク接点に電接计数器を接続すれば、信号の入力回数を経時的に記録することができる。

FM送信機、信号リレーとも、手持ちの中古部品を利用して製作した。したがって、現在では入手しにくい部品もあるかもしれないが、多くの互換品がある。

発振器および緩衝器にはトランジション周波数の高い ($f_T > 200\text{MHz}$) トランジスタを使用すべきである。

3. 性能と使用上の注意

FM送信機の重量は電池を含めて120gであり、大きさは $10 \times 7 \times 3$ cmである。動物に装置する送信機はできるだけ小型で軽量であることが望ましい。一般に、送信機重量は体重の $\frac{1}{20}$ 以下であれば動物への影響はないとされている。これによれば、本機は体重2.4 kg以上の動物に使用することができ、反芻家畜を対象とする限り、送信機重量は問題とされないものと考えられる。集積回路や小型部品を利用すれば、さらに小型化することは困難ではないが、工作を容易に行なうため、特に小型化に努力しなかった。

市販のポータブルラジオにより、安定して受信できる距離は約100mであった。発振コイルと緩衝器との結合を適度に保ち、電波法に触れるような強力な電波を発射しないよう注意しなければならない。市販のFM用八木アンテナを使用することにより、受信距離はさらに延長された。必要ならば受信アンテナの工夫により利得を上げることが推奨する。送信機の電源として、市販の乾電池（9V）を使用した際、連続70時間は電池交換の必要はなかった。

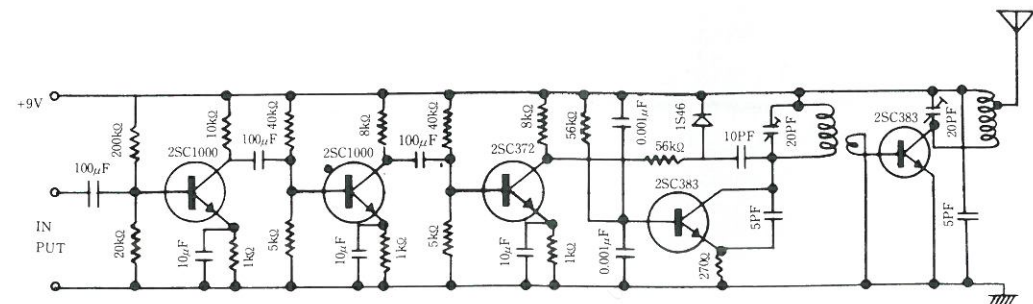


Fig. 2 Circuit diagram of the FM transmitter.

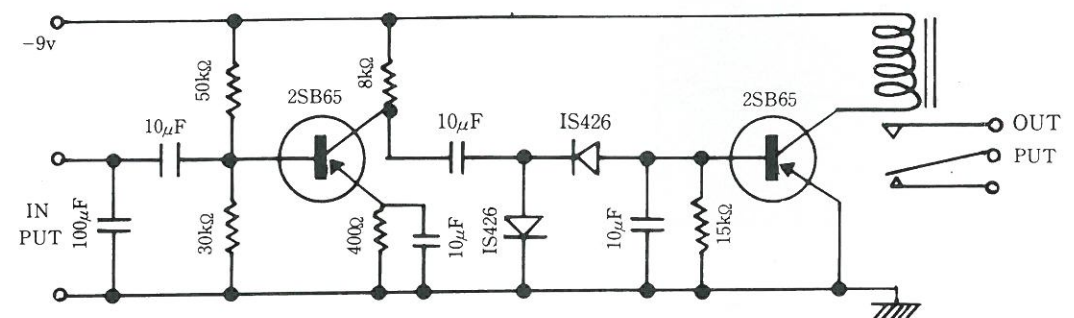


Fig. 3 Circuit diagram of the signal-relay

II. 家畜に対する応用

1. 電極と送信機の装着

電極の装着法は戸尾¹⁴⁾に従った。すなわち、電極の装着点をよくせん毛し、電極ゼリーをすり込み、電極を接着剤にてはりつけた。ゼリーの代わりに食塩と糊をよく混合し、ペースト状としたものを使用してみたが結果は良好で、ゼリーに比べ特に劣ることはなかった。

送信機の装着位置であるが、反芻家畜は横臥を好むので腹部は不適であり、後駆は他の家畜に乗駕される恐れがある。首部、前胸部は牧柵と接触する恐れがあり、結局、肩甲棘上部付近に適当なハーネスにより装着するのが安全であった。なお、電極のリード線はかじられないよう、できるだけ露出部分を少なくする必要がある。

2. 心拍数の測定

電極の装着位置はA-B誘導に準じた¹⁶⁾。心電計によ

る牛の心電図信号の記録例を第4図aに、心電図を同図bに示した。電送された心電図信号は心電図に比べR棘に相当する部分が強調され、P・T棘相当部は低く抑えられる傾向が認められた。家畜が活発に運動した際に基線の動揺や筋電図信号の混入もみられたが、心電図信号は明確に判読できた(第4図c)。なお、テープレコーダーにいったん録音し、再生すると波形はさらに歪むが、心拍リズムはよく記録されている(第4図d)。

3. そしゃく行動の測定

咬筋の筋電図信号により、そしゃく行動が測定され、反芻家畜では採食、反芻、休息の区別ができることが報告されている^{7,17)}。Nichols⁷⁾に習い、左右の咬筋上に電極を装着し、牛のそしゃく時の筋電図信号を電送し、心電計で記録したところ、第5図が得られた。ペンレコーダーによる筋電図信号の記録例は第6図のとうりであり、(a)採食時、(b)休息時、(c)反芻時には、

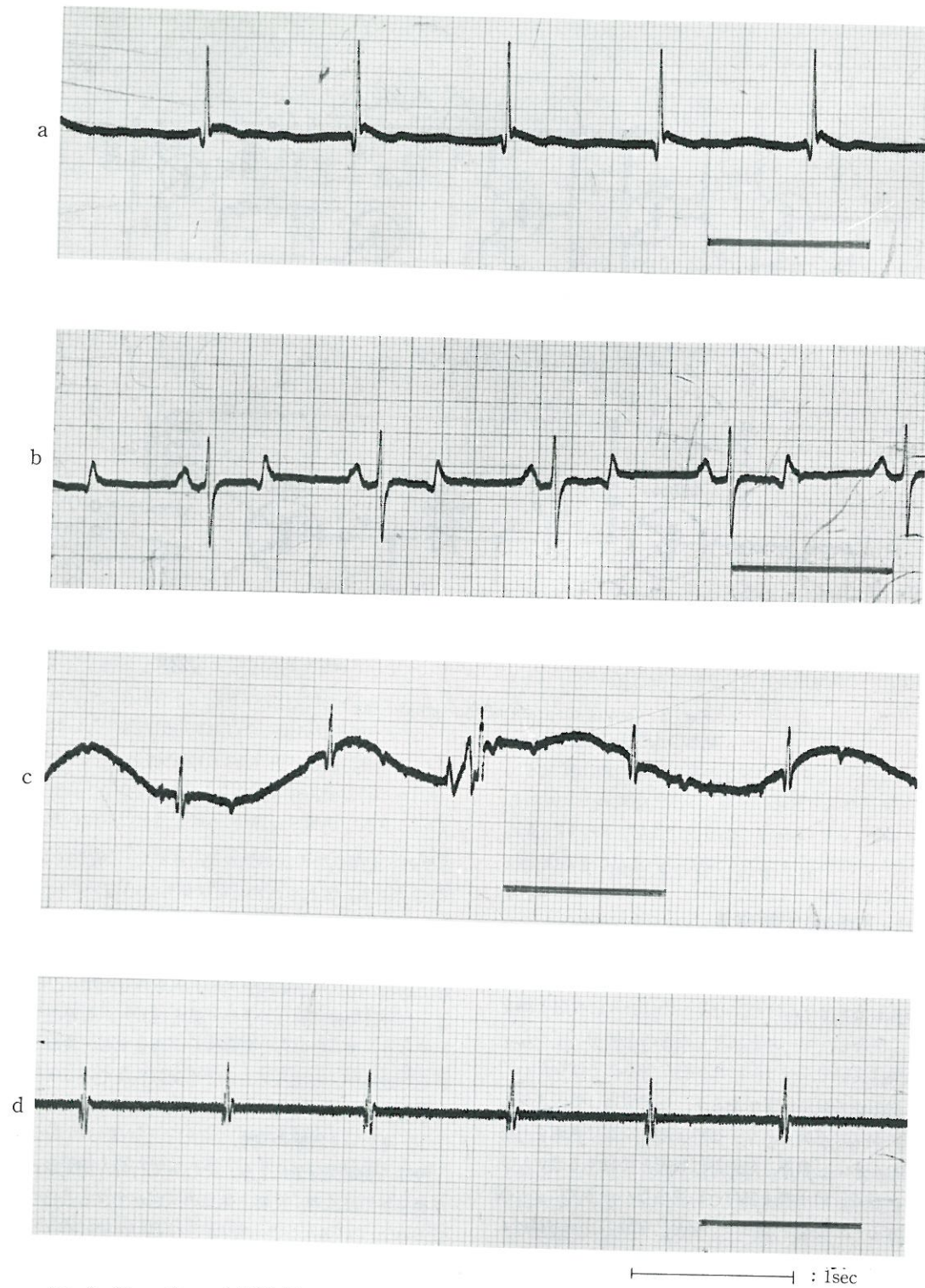


Fig. 4 Recordings of ECG (b) and ECG-signals from cattle at rest (a) during exercise (c) and ECG-signals from the tape-recorder (d)

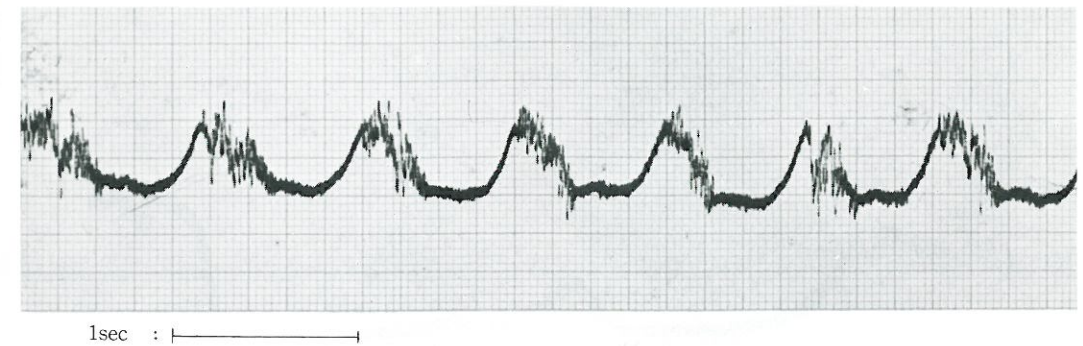


Fig. 5 Recording of the potentials of the jaw muscles (*M. masseter*) from cattle.

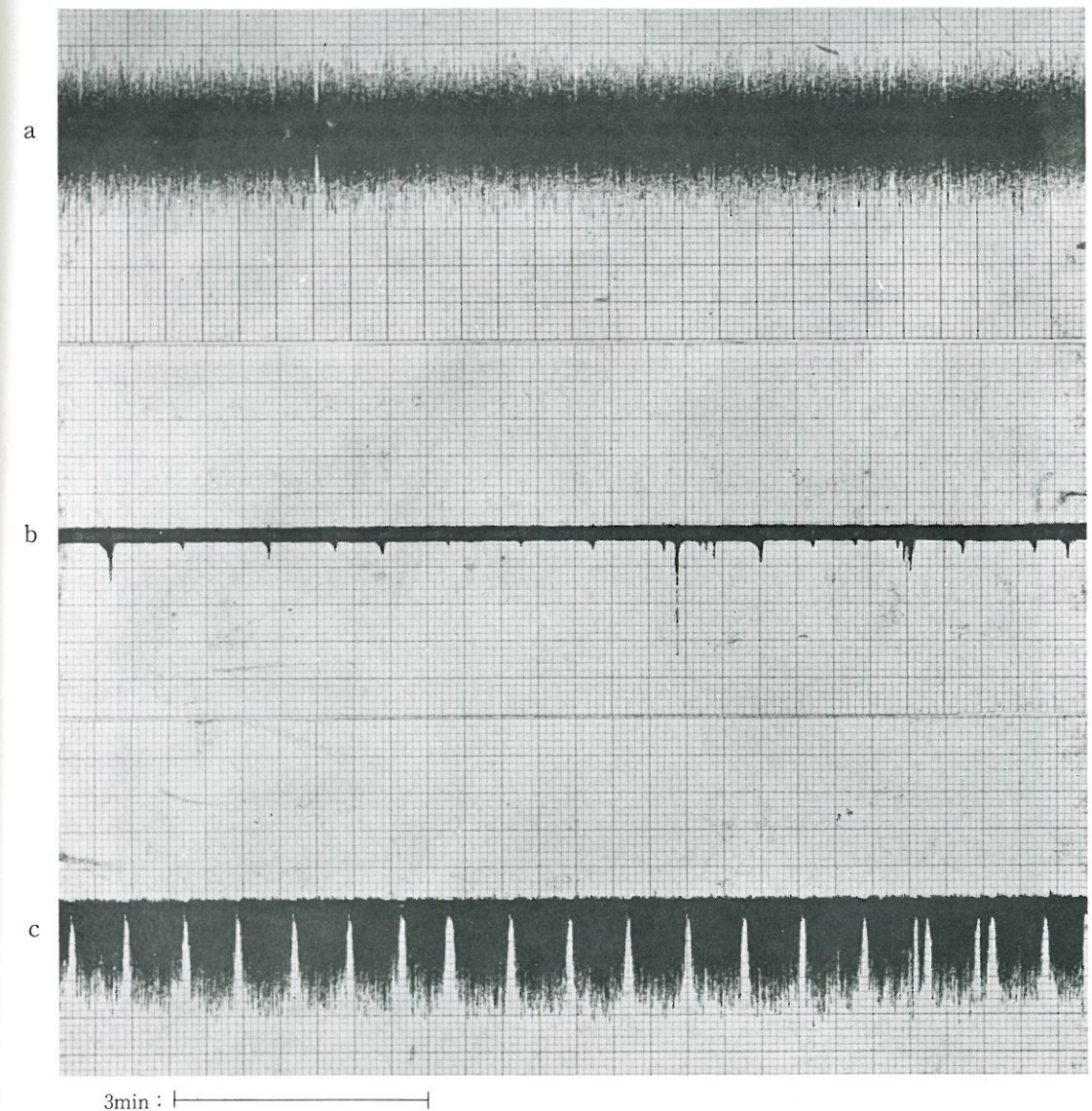


Fig. 6 Paper chart recording of ingesting (a), resting (b) and ruminating (c). (potentials of jaw muscles; *M. masseter*)

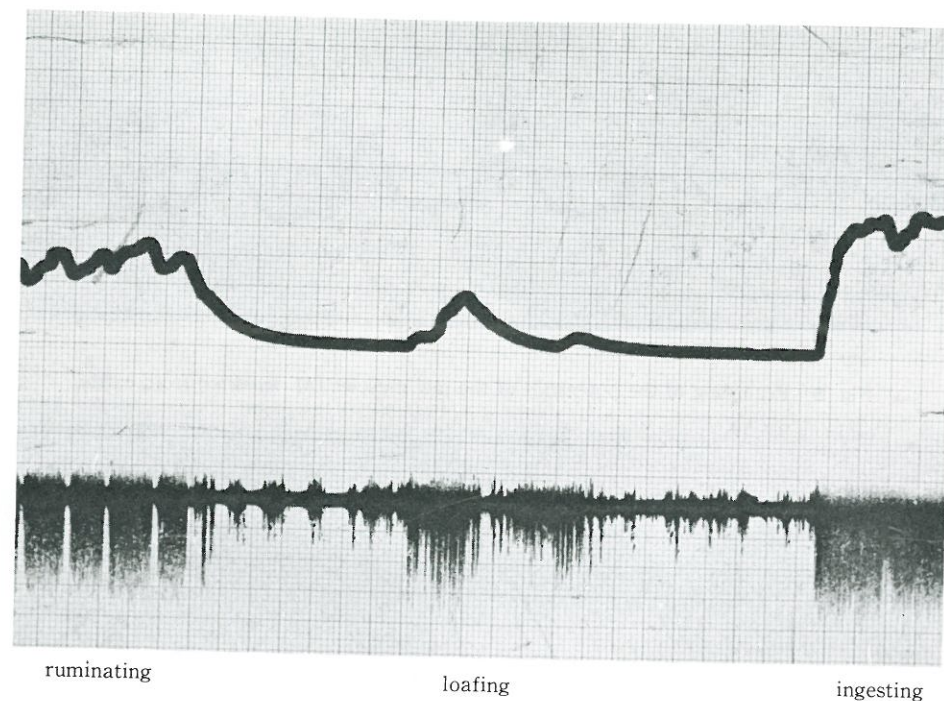


Fig. 7 Paper chart recording of ruminating, loafing and ingesting (upper; rate of bites, lower; muscle potentials)

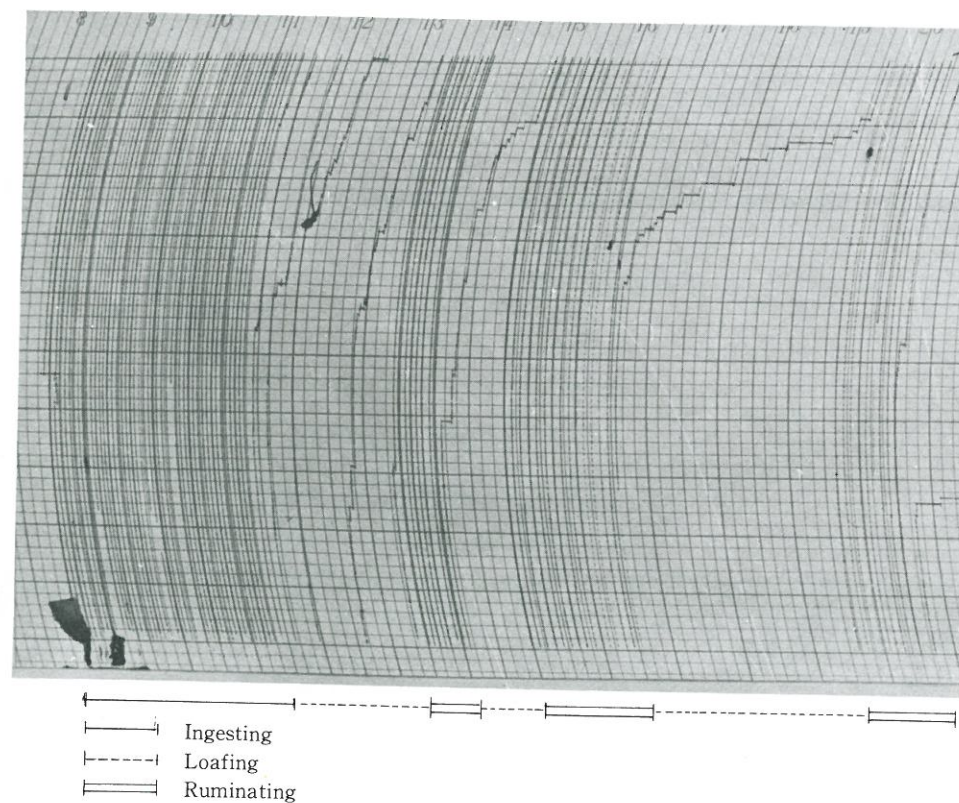


Fig. 8 Continuous recording of the number of bites by the event recorder.

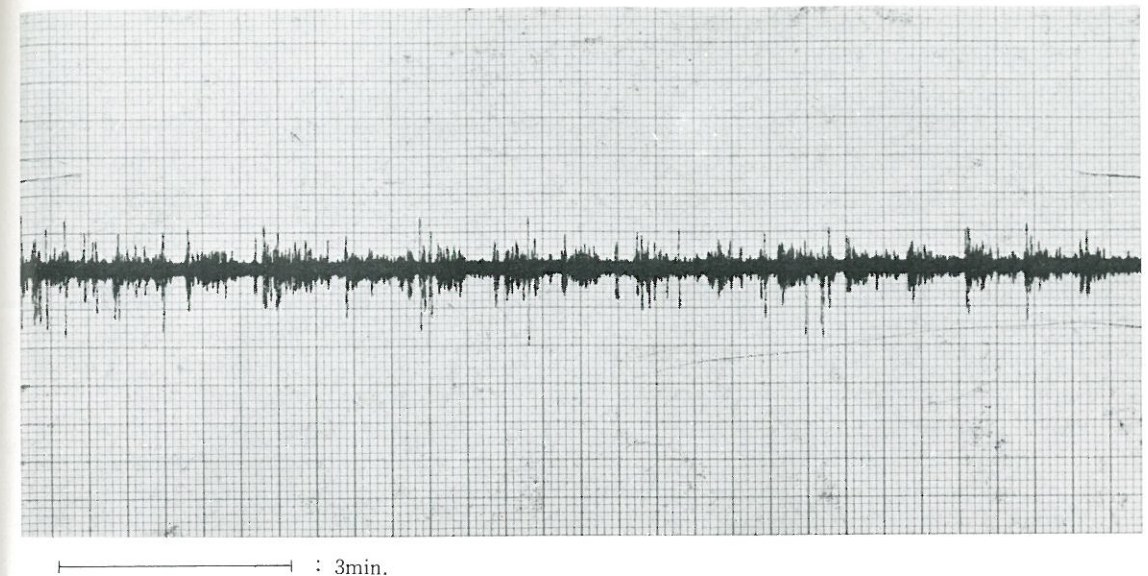


Fig. 9 Paper chart recording of walking — potentials of muscles on the calf of the front leg. (*M. extensor carpi ulnaris*)

Nichols⁷⁾、戸尾¹⁷⁾と同様、それぞれに特徴的なパターンが得られ、3者を区別できた。

受信機のイヤホン出力を心拍数計に入力し、そして速度図を得た(第7図上)。同時に筋電図信号をペンレコーダーに記録した(同図下)。心拍数計は1回のそしゃくで2回以上を数えることがあり、第7図上は必ずしも正確なそしゃく速度図とはいえない。しかし、採食・休息・反芻時に特徴的な線が描かれ、3者は容易に区別された。すなわち、反芻時には周期的な蛇行線、休息時には直線、採食時には不規則な曲線が描かれた。このことはそしゃく速度による記録によっても、そしゃく行動の測定ができることを示すものである。

記録機として、普遍的で安価な自記電接计数器を自作の信号リレーとともに使用し、そしゃく数の経時的な記録を得た(第8図)。信号リレーは心拍数計よりそしゃく行動に忠実であり、じゅうぶん信頼できる結果が得られている。计数器の時計ドラムに24時間計以上を使用したところ、記録線が重なり、識別が困難となった。したがって、12時間計以下を使用する。第8図は6時間計による記録例であるが、採食時と反芻時では、そしゃく速度に差があり(記録線間隙の幅の差)これにより両者が区別された。電接计数器による記録から、採食時および反芻時のそしゃく数・そしゃく速

度、採食時間、反芻時間、反芻回数(6時間計以下を使用した場合)を判読することができ、ペンレコーダーによる記録より、多くの情報を安価に得ることができた。また、広い放牧地における測定・記録に不可欠な電灯線を必要としないという条件を備えており、そしゃく行動の測定には有効で実用的であった。電接计数器の使用により、送信から記録まで一貫して安価な簡易システムとなる。

4. 歩行行動の測定

電極を貼付する部位は橈側手根伸筋、上腕三頭筋、尺側手根伸筋上の3部位について、比較検討したところ、尺側手根伸筋上が最も良好であった。両前肢の同部位に電極を貼付することにより、一歩ごとに明瞭な信号を受信し、ペンレコーダーにより記録できた(第9図)。また、歩行しなくとも、踏ん張った際に強い筋電信号の混入があった。

自記電接计数器により、歩行数の経時的記録をすべく研究中である。目下のところ、踏ん張る際、数回リレーが開閉したり、歩行時においても、時として一歩に2度開閉することがある。電極の貼付位置やリレーの回路について、さらに検討する必要がある。しかし歩行時間や歩行の活発度の測定・記録には電接计数器はじゅうぶん利用できた。

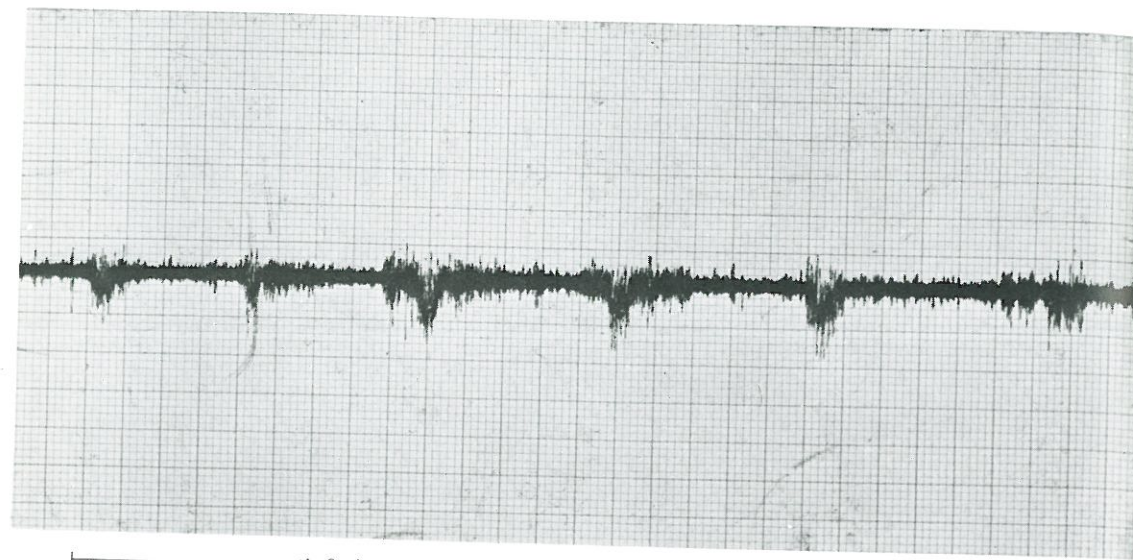


Fig. 10 Paper chart recording of tail movement — potentials of the tail muscles (*Mm. coccygici*)

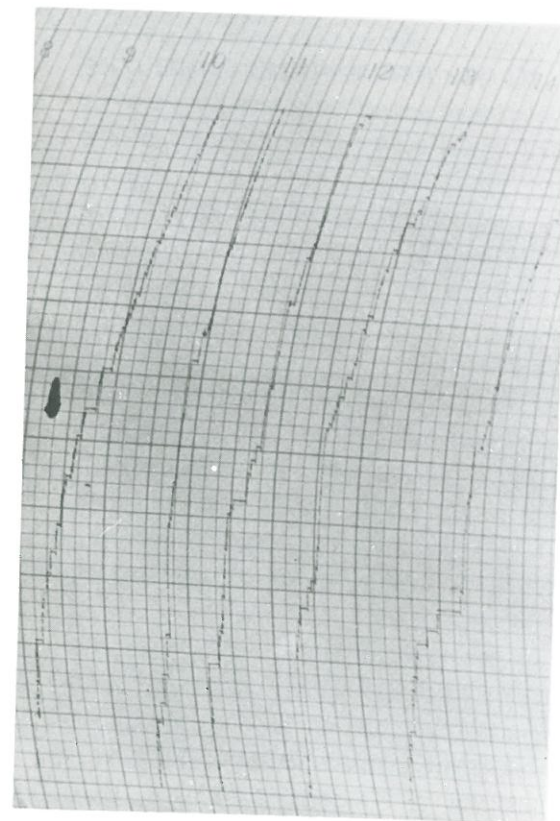


Fig. 11 Recording of tail movements by the event recorder.

5. 尾の運動の測定

戸尾らは電極を尾根部に装着し、尾の動きを筋電図信号により遠隔測定した。本装置によっても同様に測定・記録できた(第10図)。

尾の運動は信号リレー・電接计数器方式によって、そしゃく行動と同様に、信頼できる精度で記録できた。記録例を第11図に示す。これにより、尾の運動回数の経時的記録が解読に便利な形で可能となる。また、乾電池を電源とする有利性は前述のとおりである。

電極の装着部位を適当にとれば、子宮の運動など、他の運動も遠隔測定することができるものと考えられる。

6. 測定上の問題点

長期間使用する場合、電極の離脱・接触不良などの事故が予想される。著者が経験した例では、電極の貼付部位を樹木や牧棚にこすりつけることによる電極の脱落や接触不良、長期の場合、ゼリー(のり)の固化による接触不良などがあった。電極や電極装着法の改良が待たれるところである。また、リード線を他の家畜にかじられる事故は、実験の初期において、かなりの頻度で予想されるので、リード線はなるべく露出しないよう工夫する必要がある。

また送信機を家畜に装着するハーネスについても形状・材質・耐水性・家畜に対するフィットネスなど多くの点の検討が必要である。

文 献

- 1) Arnold, G. W.: Measurement of Behavioral Adaptation. In E. S. E. Hafez (Ed). Adaptation of Domestic Animals. 1st ed. Lea and Febiger, Philadelphia, 367—373 (1968)
- 2) 安藤 滋: バイオテレメトリー野生動物の遠隔測定. 自然, 27, (6, 通巻 315) 80—88 (1972)
- 3) Cook, H. M. and J. L. Riley: Radio telemetry capsule for recording stomach motility in ruminants. Cornell Vet, 60, 317—329 (1970)
- 4) Hindson, J. C., Brenda M. Schofield, C. B. Turner and H. S. Wolff: Parturition in the sheep. J. Physiol., 181, 560—567 (1965)
- 5) Kuck, A., F. M. Liebman and L. Kussick: A miniature transmitter for telemetering muscle potentials. IEEE Trans. Bio-Med. Electron. BME-10, 117—119 (1963)
- 6) Kurtenbach, A. J. and A. E. Dracy: The design and application of an FM/FM temperature telemetering system for intact, unrestrained ruminants. IEEE Trans. Bio-Med. Engng. BME-12, 187—190 (1965)
- 7) Nichols, G. D.: Radio transmission of sheep's jaw movements. N. Z. J. Agric. Res., 9, 468—473 (1965)
- 8) Nichols, G. D. and E. D. O'reilly: Transmission and reception of sheep heart-rate. N. Z. J. Agric. Res., 9, 460—467 (1965)
- 9) 野附 巖, 沼田 茂, 加藤道弘, 穴戸弘明, 渡辺 利夫, 辰己 博: 乳牛の放牧時におけるエネルギー消費量の間接測定法についての検討. 1. 歩行中のエネルギー消費量と心拍数との関係. 日畜会報, 41, 学会号, 57 (1970)
- 10) 小野幹雄, 藤原 弘: 軽量心拍テレメーターの小動物応用への試み. 獣畜新報, 477, 920—922 (1968)
- 11) 大島俊三, 川越郁男, 五島治郎, 長島一雄: 乳牛の第一胃内圧監視用テレメーターの試作に関する研究. 日畜会報, 43, 49—50 (1972)
- 12) Reece, F. N. and J. W. Deaton: A radio transmitter for telemetering body temperatures of chickens. Poultry Sci., 47, 424—428 (1968)
- 13) Riley, J. L.: Radio telemetry system for transmitting deep body temperatures. Cornell Vet. 60, 265—273 (1969)
- 14) Simmons, K. R., A. E. Dracy and W. O. Essler: Recording uterine activity by radio telemetry techniques. J. Dairy Sci., 48, 1126—1128 (1965)
- 15) Statteleman, A. and W. Buck: A transmitter for telemetering electrophysiological data. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 119, 352—356 (1965)
- 16) 戸尾祺明彦, 沢野公孝, 小国親久: 小型テレメーター装置による家畜の生体現象の観察. 1. 装置の考案および心拍数計測に対する基礎試験. 北獣会誌, 16, 63—66 (1972)
- 17) 戸尾祺明彦, 佐藤和男, 籠田勝基, 沢野公孝, 小国親久: 小型テレメーター装置による家畜の生体現象の観察. II. 母体心電図, 胎児心電図および筋電について. 日畜会報, 44, 学会号, 15. (1973)

A Radio Telemetry System for Obtaining Electro-physiological Data and Its Application to Determine Heart-Rate and Grazing Behavior of Unrestrained Ruminants

Masahiro OKAMOTO, Reizo TAGUCHI* and Hiroshi WATANABE

This paper describes a radio telemetry system designed for telemetering physiological and ethological data such as heart-rate, time spent for ingesting and ruminating, number of bites when ingesting and ruminating and also walking activity from ruminants grazing in a pasture.

A transmitter and a signal-relay which required the effective use of an event recorder has been developed. A portable radio set was used as a receiver and a tape-recorder, ECG-writer, multipurpose electrograph and event recorder were used as recording equipment.

The transmitter operates at 76~90 MHz, measures 10×7×3 cm and weighs 120 g with a 9 volt dry battery which has a life of approximately 70 hours. Stable signal reception has been obtained at a distance of 100 meters. The event recorder was very useful to record masticating behavior.

* Shintoku, Tomuraushi Junior High School.

場外学術雑誌掲載論文抄録

同一採草地から調製した1, 2, および3番刈オーチャードグラスとオーチャードグラス主体混播牧乾草の飼料価値について

石 栗 敏 機

Seasonal Variations of Chemical Composition and Feeding Value of Orchard grass Hay and Mixed grass Hay Composed mainly by Orchard grass.

Toshiki ISHIGURI

日本草地学会誌 第18巻 第4号 252~259 (1972)

オーチャードグラス単一草地3は場とオーチャードグラス主体混播草地3は場から、1番草を6月上・中旬、2番草を7月中・下旬、3番草を9月に刈取って調製した牧乾草の飼料価値を番草間で比較した。

1. 粗蛋白質含量は、おおむね1番草より2・3番草で高くなった。粗繊維含量は2番草で高く、3番草で低下したが、すべて乾物中30%以下の含量であった。ADF, リグニン, およびケイ酸含量は1番草が最も低く、2・3番草で増加し、これらの含量とTDN含量との間に有意な負の相関が得られた。

2. DCP含量には一定した傾向がみられなかった。TDNとDE含量は1番草に比べ、2・3番草ですべ

て低下した。

3. 1番草に比較して、2・3番草で、乾物、粗脂肪、可溶無窒素物およびエネルギーの消化率はすべて低下し、粗繊維の消化率も低下したものが多かった。

4. 再生草で、1番草と比較して、粗蛋白質の消化率が低いのは、細胞膜物質中に窒素化合物が多く沈着し、不消化の窒素化合物として排泄されるためと考えた。また、窒素出納でも劣る傾向があった。

5. 番草間の飼料価値の比較には、Van Soestの分画方法による検討法が、従来の Weende 法より、よりすぐれていることがわかった。

新得畜試研究報告 No.5 1973.10.

昭和48年10月20日 印刷

昭和48年10月30日 発行

編集兼
発行者 北海道立新得畜産試験場
北海道上川郡新得町
Tel 5321

印刷所 株式会社 正文舎印刷所
札幌市白石区菊水西町2丁目
Tel 811 - 7151 ~ 4
