

放牧牛の生理・生態に関する研究

II-6 放牧和牛の年齢その他によるエネルギー消費量の差異について (その1)*

加藤正信・青木晋平・武田 祥 (畜産学研究室)
藤光正昭 (付属三瓶農場)

Masanobu KATO, Shimpei AOKI, Masaaki FUJIMITSU and Shyō TAKEDA

Physiological and Ecological Studies on the Grazing Cattle

II-6 On the Differences of Energy Expenditure in
Grazing Japanese Black Breed of Cattle according
to their Ages and other Conditions (1)

I 緒 言

終日原野に放牧されている和牛が、放牧地において、各行動形に費やすエネルギーを間接的に概算する方法として、発生熱量と脈搏数との間に、直線的な正の相関があるところから、回帰式を用いて脈搏数から発生熱量を求め、放牧中の和牛においては、1昼夜間1頭当り、大略10,000~15,000 Cal, であるという概数を得ることができた。これらについては詳細に前報で述べた。しかし、その場合の供試和牛は約150頭の放牧牛のうちから、外貌上適当と思われる成雌牛を選んだのであって、年齢その他については確実性を欠いていた。しかもその試験結果からみると、大体の目的は達せられたとはいえず、年齢その他条件の違いによって、行動形および各行

動形に費やす時間の長さ割合などにも、かなりの差異があることがわかった。

この研究では、以上の点について、さらに検討を加える目的で、供試牛は前もってその詳細を調査し、個体識別を明らかにした上で放牧し、これらを供試し、条件の差異についてエネルギー消費量を検討したものである。

II 試験方法

1. 供試家畜： 供試和牛はいずれも黒毛和種成雌牛で、老齡牛 (Old cow)・壯齡牛 (Prime cow)・子付壯齡牛 (Prime cow, nursing) おのおの3頭の3区分け、計9頭を用いた。各供試牛の詳細は第1表のようである。

表中の生体重は巻尺 (石原式) によって推定した。

Table 1. Cattle on experiment

Lot and No. of cattle	Date of birth	Age	B. W.	Date of fertilization	Date of calving	Resting Pulse R. before grazing
No.		Year, Month	Kg			Beats/min.
Old cow	1	Mar. '52	9.2	Feb. 19, '61		68
	2	Oct. 10, '52	8.7		(June 10, '61)	66
	3	Aug. 19, '51	9.7		(Oct. '61)	74
Prime cow	4	June 3, '54	6.11	Mar. 20, '61		59
	5	Oct. 1, '55	5.7		(Nov. 4, '61)	65
Prime cow, nursing	6	July 24, '56	4.9	Dec. 7, '60		80
	7	July 12, '57	3.10		May 1, '61	60
	8	June 8, '56	4.11		Apr. 5, '61	58
	9	May 20, '56	5.0		Apr. 25, '61	Feb. 14, '61

* 1961年4月 日本畜産学会大会において講演

2. 試験期間および気象条件： 試験は1961年5月23日より30日まで行なった。放牧開始後10日以上を経過しており、放牧牛を調査するには好適な生理状態にあると

⁽⁵⁾⁽⁶⁾ 思われる。試験期間中の気象条件を表示すると、第2表のようである。
なお放牧地で、試験期間中に最高32°C、最低9°Cの

Table 2. Meteorological conditions (Observed at 9.00 a.m.)

Date	Weather mark	Cloud amount	Precipitation	Wind		Sunshine duration	Humidity	Evaporation	Environmental air temperature		
				Direction	Velocity				max.	min.	at 9.00
May, 23	☉	10	0	ESE	2.46	0	72	5.6	18.6	8.0	16.4
24	☉	10	9.2	WNW	2.04	5.5	94	0.9	19.0	10.0	13.9
25	○	1	0.1	NW	0.62	11.9	57	4.8	24.7	9.0	19.0
26	○	0	0	SE	0.82	12.0	64	6.6	26.6	12.0	24.6
27	○	0	0	W	0.82	11.6	63	6.6	26.9	14.0	23.1
28	☉	10	0	SW	3.69	0.8	90	7.6	24.4	15.0	22.7
29	☉	10	25.5	WSW	0.21	2.8	94	1.2	21.0	12.0	14.5
30	○	2	0.1	WSW	1.23	10.3	50	3.7	24.7	9.0	21.0

気温を記録し、較差の最大は26日の20.5°Cであった。また23日から24日にかけて夜中に霧と雨があり、気温もかなり低く、風も強かったほかは異状な気象条件の日は認められなかった。

3. 脈搏数測定法： 心搏を聴診するか、または尾根部尾脈動脈で検脈した。静的な行動形の場合は、脈搏数30を数えるに要する時間(秒数)を正確に計り、動的な行動形の場合は、一旦停止させて速かに脈搏数15を数える秒数を計り、それぞれ1分間値に換算した。測定は各牛について、各行動形ごとに3回以上測定し、平均して、その行動形の代表的脈搏数とした。

測定者は2名ずつ3班にわかれ、各班とも識別記号(Mark)のついた供試牛中より任意(at random)に1頭を選び、正午より翌日正午まで、その牛について連続的な行動の記録と、脈搏数の測定を行なった。

脈搏数からの発生熱量算出法は前報と同様である。

4. 放牧牛歩行距離の測定： 放牧中に和牛が移動する全歩行距離の概略を知るため、前以って測定者が100mを歩く歩数を測り、牛の歩くたびごとに、その経路をなるべく正確に歩測し距離を算出した。

III 試験結果および考察

1. 各行動形に費やす時間⁽¹⁾

行動形の詳細は本研究I-3で述べられているが、大体において前報⁽⁷⁾の場合と大差なく、5時~9時および16時~20時のいわゆる日の出と日没の頃に採食(Grazing)が最も盛んであり、正午前と夜半頃に反すう(Ruminating)が最も盛んである。しかし子付壮齢牛は採食を盛んに行なう時が1昼夜に5回以上あって、壮齢牛・老齢牛の3~4回と大分様相が異なっていた。

24時間中に各行動形に費やした時間を、老齢牛・壮齢牛・子付壮齢牛別に表示すると、第3表のようである。

Table 3. Time spent in each behavior

Types of behavior	Lot Cattle No.	Old cow				Prime cow				Prime cow, nursing			
		1	2	3	AV.	4	5	6	AV.	7	8	9	AV.
Grazing		min. 591	min. 462	min. 630	min. (%) 561(39.0)	min. 509	min. 590	min. 435	min. (%) 511(35.5)	min. 659	min. 514	min. 591	min. (%) 588(40.8)
Ruminating	Standing	315	122	65	167(11.6)	145	39	141	108(7.5)	4	207	117	109(7.6)
		Lying	84	265	282	210(14.6)	323	367	153	281(19.5)	377	177	325
Resting	Standing	236	171	117	175(12.1)	163	94	267	175(12.1)	92	155	105	117(8.2)
		Lying	174	307	159	213(14.8)	207	215	234	219(15.2)	151	228	105
Migrating		27	56	46	43(3.0)	48	17	90	52(3.6)	68	65	127	87(6.0)
Loafing		13	55	141	70(4.8)	35	117	120	91(6.3)	31	63	38	44(3.1)
Nursing		—	—	—	—(—)	—	—	—	—(—)	55	30	32	39(2.7)
Drinking		—	2	—	1(0.1)	10	1	—	4(0.3)	3	1	—	1(0.1)

老齢牛と壮齢牛とをくらべると、両者はかなりよく似ているが、採食時間は老齢牛の方が約10%長いのに、反すうする時間が壮齢牛より短い。この点から、老齢牛は時間をかけて採食しているにかかわらず、採食能率が悪く、採食量が壮齢牛よりかなり少ないことが考えられ、この傾向は前報と一致している。また、壮齢牛の方が移動 (Migrating) や彷徨 (Loafing) をする時間が長いようである。

次に哺乳犢を連れているかどうかにより行動形がかなり変わることがわかる。すなわち第3表の示すように、子付壮齢牛は子の付いていない壮齢牛に比し、採食・反すう時間ともかなり長く、採食量が多いことを示している。また子付壮齢牛は移動の時間が実に長く、老齢牛の約2倍になっている。この原因の一つは、子を見失ない、捜し回る時間がかなりあり、これが移動形に含まれていることであり、も一つの原因は、哺乳犢を連れている草生の良好な奥地などへはいることが不可能な

め、手近かなところで、盛んに場所を変えて採食するからであろうと考えられ、実際に行動観察時に特にこれらの行動に時間をかけていた。従って休息 (Resting) と彷徨の時間が短くなるのは当然であり、第3表を見ても明らかである。なお犢の哺乳に当てる時間は意外に少なく、1昼夜に4~6回で、短い場合は1回2~3分間、長くて約10分間に過ぎず、24時間内に平均約40分間であった。

2. 各行動形における脈搏数

同一行動形においても、採食・移動・彷徨などの行動形の場合に、その行動の激しさの程度によって、脈搏数にも遅速がかなりある。それで、相当激しいと思われる折をとらえて繰り返し回数、脈搏数を測定し、それらを平均して、その行動形を代表する脈搏数とした。老齢・壮齢・子付壮齢の各区別に一括して測定値を表示すれば第4表のようである。表中の空白部は、その牛が該当する行動形を示さなかったか、あるいは示しても検脈でき

Table 4. Pulse rate in each behavior (Beats/min.)

Types of behavior	Lot Cattle No.	Old cow				Prime cow				Prime cow, nursing			
		1	2	3	AV.	4	5	6	AV.	7	8	9	AV.
Grazing		76.3	85.4	75.3	80.9	74.1	90.1	82.5	84.9	82.2	87.0	89.0	86.2
Ruminating	Standing	66.4	65.6	—	65.2	65.7	85.0	—	79.2	74.4	66.8	77.2	70.2
	Lying	64.6	72.6	68.7	69.2	59.8	79.9	—	69.8	72.9	61.7	78.3	71.1
Resting	Standing	66.3	67.7	69.6	67.7	59.6	77.3	70.9	68.1	76.2	73.9	73.5	74.6
	Lying	57.4	63.1	—	61.5	55.5	69.0	65.7	64.9	69.3	64.6	73.0	67.6
Migrating		98.2	100.1	83.8	97.0	97.0	—	100.0	98.5	93.3	103.5	89.2	95.6
Loafing		71.8	76.6	76.7	75.2	72.4	81.1	77.4	78.0	86.2	88.6	80.8	85.3
Nursing		—	—	—	—	—	—	—	—	73.1	65.8	74.6	71.3
Drinking		—	67.0	—	67.0	64.0	64.0	—	74.0	70.9	—	—	70.9

なかったものである。

各行動形のうちで、最も安定して低く、変異の少ない脈搏数を示すのは横臥休息形 (Resting lying) であることは勿論である。第4表に示すように、この脈搏数は老齢牛61.5、壮齢牛64.9、子付壮齢牛67.6の順に多くなっており、これは第1表の年齢がこの順に高く、年齢の影響であろう。

次に、行動形別に比較してみると、最も速脈なのは移動形で、次いで採食・彷徨の順となっている。佇立時 (Standing) は横臥時 (Lying) より1分間当り5~7の脈搏数増加があることを BLEXTER⁽³⁾ が報告しているが、この結果でも同様な傾向が認められる。また、反すうによってはわずかし増加しない点も同氏の結果と一致している。なお、佇立休息形 (Resting standing)・反すう形・飲水形 (Drinking) の3行動形間には、脈

搏数における大きな差はないようであり、横臥休息形だけがやや少ないにすぎない。哺乳時 (Nursing) もこれらと大差はないようである。

採食という行動には意外に多くのエネルギーを費やすことが脈搏数からみても明らかであり、草生状況の良否と考えあわせて、重要な点の一つである。とくに、第3表に示したように、採食時間が24時間のうちの40%をも占めていることから、ますますこの点が重要視されねばならない。

3. 各行動形別体重1kg1時間当りの発生熱量

第4表の各行動形別平均脈搏数から、前報と同様に、回歸式 $Y = 0.022X - 0.143$ を用いて発生熱量を算出すると第5表のようである。

第5表から、前項2. で述べたのと同様の考察ができるが、発生熱量の最も少ない横臥休息時でさえ1.2~1.3

Table 5. Heat production culcated from average pulse rate (Cal./kg·hr)

Types of behavior	Old cow	Prime cow	Prime cow, nursing	Average (%)	
Grazing	1.64	1.73	1.75	1.71 (133.3)	
Ruminating	Standing	1.29	1.60	1.40	1.43 (111.9)
	Lying	1.38	1.39	1.42	1.40 (109.3)
Resting	Standing	1.35	1.36	1.50	1.40 (109.5)
	Lying	1.21	1.28	1.34	1.28 (100.0)
Migrating	2.00	2.02	1.96	1.99 (155.7)	
Loafing	1.51	1.57	1.73	1.61 (125.6)	
Nursing	—	—	1.43	1.43 (111.5)	
Drinking	1.33	1.49	1.42	1.42 (110.3)	

Cal/kg·hr で、牛舎内の安静値⁽⁴⁾⁽⁹⁾ 0.6~0.8 Cal/kg·hr に比して、その 50% 以上も高い。また 哺乳時には約 1.4 Cal/kg·hr の発生熱量があることを知った。

放牧牛の所要エネルギーについては、放牧地における採食量の正確な測定の困難性から、放牧牛の体を維持するためのエネルギー必要量、あるいは増体に必要なエネルギー摂取量などについての数的なデータはほとんどない。WOODMAN, REID, GREENALL は放牧中の牛やメソ羊で、舎飼のものより大きなエネルギーを必要とすることを報告しているが、一方 KROMANN らは去勢牛を用いて、標識法 (Indicator method) により試験を行ない、体維持に必要なエネルギーについては、放牧している牛と舎飼の牛との間に有意の差がないと結論している⁽⁸⁾。これらの研究者のエネルギー摂取面からの研究結果では、放牧されている家畜においては、体維持に要するエネルギー量は舎飼のものより大となるというのと、あまり変わらないというのと二通りあるが、筆者らのエネルギ

Table 6. Heat produced in each behavior and heat output for a day and night

Types of behavior	Old cow	Prime cow	Prime cow, nursing	
	kg A.V. B.W. : 396.0	kg A.V. B.W. : 346.1	kg A.V. B.W. : 376.0	
	Cal/kg (%)	Cal/kg (%)	Cal/kg (%)	
Grazing	15.297 (43.5)	14.701 (39.8)	17.179 (44.9)	
Ruminating	Standing	3.603 (10.2)	2.889 (7.8)	2.553 (6.7)
	Lying	4.834 (13.8)	6.524 (17.7)	6.939 (18.1)
Resting	Standing	3.921 (11.2)	3.945 (10.7)	2.931 (7.7)
	Lying	4.302 (12.2)	4.679 (12.7)	3.614 (9.4)
Migrating	1.426 (4.1)	1.742 (4.7)	2.831 (7.4)	
Loafing	1.754 (5.0)	2.377 (6.4)	1.271 (3.3)	
Nursing	—	—	0.927 (2.4)	
Drinking	0.015 (0.1)	0.091 (0.2)	0.031 (0.1)	
Total heat output per 1 kg B.W. per day	35.152 (100.0)	36.948 (100.0)	38.276 (100.0)	
Daily heat production per head	Cal. 13,920.192	Cal. 12,787.703	Cal. 14,391.776	

一消費面からの研究結果からみると、放牧地における各種の行動にはかなり大きなエネルギーを必要とし、家畜が採食・移動などに費やすエネルギーのほかに、体内の代謝 (Metabolism) のためにも多くのエネルギーを費やすことが明らかである。

次に、区による違いをみると、どの行動形においても老齢牛の発生熱量が低く、子付壮齢牛は子のついていない壮齢牛よりも若干高い行動形が多い。た

だ移動形の場合に低いのは、子付きのため、歩く速度が遅いことが原因ではなからうか。

4. 1 昼夜間の総発生熱量

第3表と第5表とから、各行動形別の 1 昼夜間における発生熱量を算出し、さらにこれらを合計して、体重 1 kg 当り 1 日当りの総発生熱量ならびに 1 頭 1 日当りの総発生熱量を求め、これらを一括表示すると、第6表のようである。また老齢・壮齢・子付壮齢牛おのおのにおける各行動形による発生熱量を 1 日の総発生熱量に対する率 (%) で図示すれば第1図のようである。

第6表および第1図によれば、採食に 15~17 Cal/kg のエネルギー消費があり、全体の半分近い 40~45% を占めている。子付壮齢牛が最も多く、子付でない壮齢牛が最も少ない。反すうには 8.5~9.5 Cal/kg で全体の約 25%、休息には 6.5~8.5 Cal/kg で、全体の約 23% (子付壮齢牛は約 17%) のエネルギー消費があり、これら三つの行動形に費やすエネルギーが 1 日の消費エネルギー

の大部分を占めている。反すう形には三者間にほとんど差が認められないが、子付壮齢牛は絶えず採食するので、採食に最もエネルギー消費が多く、また移動にも他の牛とくらべて、多くのエネルギーを費やしており、それだけ 1 日中の休息時間を減らしている様相を第1図がよく示している。

体重 1 kg 当り 1 日間の総エネルギー消費は約 35~38 Cal/kg で、前報⁽⁷⁾の 28~37 Cal/kg よりもやや大となった。これは、各行動形を代表する脈搏数が今回は一般に高いことによるもの

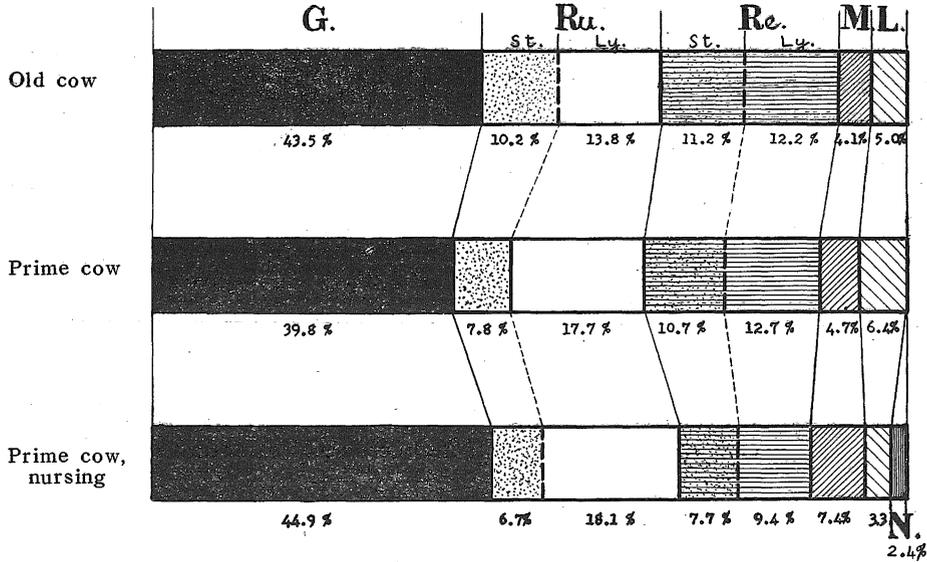


Fig. 1. Percentage of heat produced in each behavior for a day and night

で、ことに前述したように、採食時・移動時などの場合、相当激しいと思われる状態を見とけた上で検脈し、その脈搏数を熱量算出に用いているからであり、実際には発生熱量は今回の場合よりもいくらか少ないのではなからうかと考えられるが、一応最大の場合を測定しておいた方が実用的と思われる。

今、試みに、一頭当り1日のエネルギー消費を算出してみると、第6表最下欄に示すように約12,800~14,400 Cal/dayとなり、前報の10,500~15,000 Cal/dayと大体一致し、おそらく、三瓶山放牧地の場合は成牛1頭1日に、少ない時で約10,000 Cal、多い場合で約15,000 Calのエネルギー消費があることがわかった。また体重1kg当りでは、子付壮齢牛が最も大きく約38 Cal、子の付いていない壮齢牛がこれに次ぎ約37 Cal、老齢牛は少なく約35 Calである。

5. 放牧和牛の歩行距離

放牧地の地勢その他自然条件はまちまちで、そこに放牧される家畜が歩く距離を正確に測定するには数多くの困難な点がある。従来家畜の歩行距離を測定する方法として、歩数計を用いる方法・レンジメーター (Range-meter) を家畜に装着する方法・無電による追跡法などがあるが、いずれも使用が複雑で不正確を免れない。

CRESSWELL⁽²⁾らは従来の Rangemeter を改良し、抵抗の少ないすぐれたものを製作したが、これとても平地や丘陵地ではその利用価値が高いが、地形の変化が多く、野草・灌木・樹木の多い原野では、Rangemeter の使用は困難である。そこで、われわれは原始的ではあるが、放牧和牛の移動ごとに、その経路に忠実に沿って測定者が一定の歩幅で歩き、歩数を計数器 (Numbering) で数え、歩幅によって歩行距離を概算する方法をとった。供試牛9頭について一括表示すれば第7表のようである。

第7表に示すように、放牧和牛の1昼夜における歩行距離には非常に個体差が大きく、少ないものでは約3km、多いものでは約13kmと、約10kmの開きがある。温度・降雨などの外的条件による一定の影響も何ら認められない。草生の良否が影響すると考えられるが、これも明らかではなかった。本試験はすべて野草地において行なわれたものであるが、牧草地の場合にはあるいは野草地よりも歩行距離は少なくなるのではないかと考えられる。CRESSWELL⁽²⁾らは、牧草放牧地においては、メン羊では1日1.6km以内の日が多いことを報告している。また同氏は品種による差を認め、これを活動力の遺伝的差異に基くものとしている。

Table 7. Distance walked (km)

Lot	Old cow				Prime cow				Prime cow, nursing				
	Cattle No.	1	2	3	AV.	4	5	6	AV.	7	8	9	AV.
Distance		3.43	5.99	6.98	5.47	5.95	11.19	3.22	6.79	6.42	13.17	5.93	8.51

われわれの和牛の場合、同じ黒毛和種でこれだけの個体差があることから、CRESSWELL らの説には一部疑問はあるが、結果はかなり一致した点が多い。また一般に、牡齢牛とくに子付牡齢牛は老齢牛よりも長い距離を歩く傾向があり、第3表の移動・彷徨に要する時間の多いことと一致する。ごく大まかに言って、放牧中の和牛は1日に普通6~7km歩行するものが多いようである。

IV 要約および結論

約300町歩の原野に約150頭放牧されている黒毛和種のうち、老齢牛・牡齢牛・子付牡齢牛のおのおの頭ずつを用いて、1昼夜間の各行動形における代表的脈搏数を測定し、間接法によってエネルギー消費量を算出し、また歩行距離を測定して大要次の結果を得た。

(1) 体重1kg当りのエネルギー消費量は約35~38 Cal, 9頭平均約36.8 Calで、子付牡齢牛・牡齢牛・老齢牛の順に多い。

(2) 1日1頭当りのエネルギー消費量は体重の大小によるが、大まかにいって13,000~14,000 Calで、三瓶山放牧地では、これは多い方であると思われる。

(3) 1日の消費エネルギーを行動形別にみると、採食(40~45%)・反すう(約25%)・休息(17~23%)の3行動形に消費するのが多く、移動(4~7%)・彷徨(3~6%)・哺乳(約2.5%)などの行動形に消費するエネルギーはごく少ない。子付牡齢牛は1日の消費エネルギーのうち、その約70%を採食と反すうに費やし、休息に費やすのは比較的少なく、約17%である。

(4) 放牧された和牛は1昼夜間に、少ないものでは約3km, 多いものでは約13kmも歩行し、個体差が大きい。普通6~7km歩行するものが多いようである。一般に牡齢牛、とくに子付牡齢牛が老齢牛に比して長い距

離を移動する。なお気温などの環境条件による一定の影響は明らかでない。

以上の結論として、放牧牛は舎飼のものと比較して、エネルギー消費量はかなり大きいので、放牧地の所要面積・放牧頭数・放牧期間などを決定する場合には、放牧家畜の年齢・子付の有無などによる消費エネルギーの差を考慮した上で、草生状況を調べ、食草によるエネルギーの供給と、放牧家畜側のエネルギー消費とのバランスのとれた合理的な放牧規模と放牧法を決定することにより、はじめて健康な家畜体の維持増進と飼養経済の改善が可能である。

引用文献

1. 青木晋平・加藤正信・藤光正昭・武田 祥：島根農大研究報告 10, A:49-56, 1962
2. CRESSWELL, E. and L. E. HARRIS: J. Animal Sci. 18(4): 1447-1451, 1959
3. DUKES, H. H.: The physiology of domestic animals 1955: New York, P.144
4. 羽部義孝・上坂章次・福島豊一・八幡策郎：京大食研報告 9: 8-15, 1952
5. 加藤正信・青木晋平・田畑一良・藤光正昭：島根農大研究報告 7, A:61-68, 1959
6. 加藤正信・青木晋平・春本 直・藤光正昭：同上 8, A:43-51, 1960
7. 加藤正信・青木晋平・春本 直・藤光正昭：京大畜産学研究室創設25年記念論文集: 32-38, 1961
8. KROMANN, R. P., J. H. MEYER and J. L. HULL: J. Animal Sci. 20(3): 450-453, 1961
9. 吉田武紀・野附 巖：中国農試報告 3(2): 523-533, 1957

Summary

This experiment was designed to study the influences of age and nursing on the energy expenditure of grazing Japanese Black Breed of Cattle.

Three lots of cow were used; 3 old, 3 prime and 3 prime nursing cows.

The heat production was calculated indirectly by using the regression formula (discussed in the previous report) from the typical pulse rate in each behavior observed.

The principal results are as follows:

1. Heat output was about 36.8 Cal. per kg. per day in average, and prime cow nursing produced the largest quantity of heat and old cow the smallest.
2. Daily heat production was about 13,000~14,000 Cal. per head, and this value is seems to be higher as usual on this range.
3. Daily heat production was consisted mostly of grazing form (40~45%), ruminating

form (about 25%) and resting form (17~23%). The energy expenditure in migrating form (4~7%), loafing form (3~6%) and nursing form (about 2.5%) were very little. Prime cow nursing spent about 70% of her energy on grazing and ruminating, and her resting time (about 19%) was comparatively short.

4. Grazing cow walked about 6 or 7 km a day, but the distance was greatly varied individually—from 3 to 13 km. Generally, prime cow seems to walk longer distance than old one.

In conclusion, as the energy expenditure of grazing cattle is considerably larger than that of those confined to the barn, in the case of determine the range area, stocking rate and grazing period, we must investigate the condition of grassland and determine the ideal grazing scale and method which keep the balance in energy intake and expenditure of grazing animal, under consideration of its age and other conditions.