

Ⅱ-1 放牧が和牛の休息時ガス代謝ならびに心肺機能に及ぼす影響

加藤 正信・青木 晋平・田畑 一良 (畜産学研究室)
藤光 正昭 (付属三瓶農場)

Masanobu KATO, Shinpei AOKI, Ichiro TAHATA and Masaaki FUJIMITSU.

Effects of Grazing on the Resting Gas-metabolism and on the Cardio-respiratory Functions in Japanese Black Breed of Cattle.

I 緒 言

家畜の休息時および労役時におけるガス代謝ならびに労役による心肺機能の変化については羽部・上坂・著者の研究^{(1)-(5), (8)-(10)}によっても、かなり解明せられているが、放牧時の家畜のガス代謝および心肺活動を調べることは放牧時の家畜の生理を究明する上に大いに参考となることである。放牧中の家畜は広義における環境により、すなわち放牧という一種の Stress によって、舎飼時とはかなり異なった生理状態にあることは想像できる。またエネルギー消費の面からみても、労役の場合とはかなり差があるようにも考えられる。これらの点について詳細に究明し、放牧家畜の飼養・管理ならびに保健衛生面に貢献する目的でこの研究を行なった。

Ⅱ 試 験 方 法

1. 供試家畜：

本学付属三瓶農場繋養の黒毛和種成牝牛4頭を用いたが、その詳細は第1表のようである。供試牛はいずれも栄養状態良好で、なんら異常も認められなかった。なお、他の放牧牛と判別しやすいように、白ペンキを角に塗り、横腹部被毛を刈って番号をつけた。

2. 試験期間：

1958年5月8日から7月28日までを試験期とし、春季放牧期(5月11日-7月10日)の開始3日前から、同終了15日後までで、放牧期間中は全放牧であり、開始前3日間以上と終了後15日間以上は全舎飼であった。

3. ガス代謝測定法：

(a) 呼気採取回数

放牧開始直前・開始直後・開始10日後・40日後・放牧終了直後・終了15日後の6回にわたり、各3日間計18回呼気を採取した。

(b) 呼気採取方法

舎飼時は牛舎において、放牧時は午前中に水飲または休息に来た折に試験牛を静かに捕え、日陰で約1時間休息させた後、反芻時をさけて DOUGLAS bag method により正確に3分間呼気を採り、同時に牛の体温(直腸温)・呼吸数・脈搏数を測定した。4頭の試験牛からの採気は連続的に行なったが、本試験開始に先だって試験牛はマスク装着に慣らしてあったので、採気中牛に動揺は認められなかった。

(c) 呼気量の測定ならびにガス分析方法

ポータブル型乾式ガスメーターを用いて呼気量を測定し、Gas-sample bottle に収めた呼気(各頭につき約1L)について、島津製作所製の HALDANE 型ポータブルガス分析器を使用して、常法により呼気中のO₂およびCO₂ガスの%を測定し、試験牛のO₂消費量・CO₂生産量を算出した。測定値はすべて0°C、1気圧の乾燥標準状態に換算した。

Ⅲ 試験結果および考察

1. O₂消費量およびCO₂生産量

各試験牛について毎回3日間測定を繰り返したが、3日

Table 1 供 試 和 牛 の 詳 細

No.	牛 名 号	性 別	生年月日	産 地	平均体重	備 考
1	第二たかよし	♀	1953, 2, 8	付属三瓶農場	310 kg	1958, 10月上旬, 3産目分娩予定
2	くろまつ	〃	1954, 5, 5	大田市三瓶町山口	295.5 〃	1958, 2月分娩. 未種付
3	しまのう	〃	1955, 4, 1	付属三瓶農場	271 〃	未経産空胎
4	たていし	〃	1957, 3, 13	〃	211.3 〃	〃

間の測定値は近似していたので、これら3測定値を平均して毎回の平均値でこれを表示すれば第2表のようである。

Table 2. O₂ consumed and CO₂ produced per 1 Kg. B.W. per 1 hr.

Date	O ₂ cons. (L/kg-hr)					CO ₂ prod. (L/kg-hr)				
	1	2	3	4	Average	1	2	3	4	Average
5. 8 — 5.10	0.236	0.195	0.196	0.226	0.214 (100)	0.245	0.207	0.186	0.230	0.217 (100)
5.11 — 5.13	0.264	0.244	0.267	0.290	0.266 (125)	0.266	0.257	0.241	0.271	0.259 (119)
5.17 — 5.19	0.312	0.294	0.335	0.317	0.312 (146)	0.338	0.321	0.335	0.325	0.330 (152)
6.19 — 6.21	0.376	0.359	0.328	0.346	0.353 (166)	0.394	0.377	0.308	0.346	0.358 (165)
7.11 — 7.13	0.294	0.257	0.246	0.276	0.268 (126)	0.278	0.253	0.201	0.246	0.245 (113)
7.26 — 7.28	0.266	0.258	0.242	0.282	0.262 (123)	0.263	0.250	0.233	0.282	0.257 (118)

なお放牧開始前の牛舎内における各牛の休息時O₂消費量・CO₂生産量は第3表のようである。

Table 3. O₂ consumed and CO₂ produced before grazing.

Date	O ₂ cons. (L/kg-hr)				CO ₂ prod. (L/kg-hr)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
5. 8	0.268	0.205	0.198	0.207	0.280	0.205	0.187	0.194
5. 9	0.201	0.200	0.193	0.238	0.216	0.212	0.176	0.258
5.10	0.240	0.181	0.198	0.233	0.240	0.205	0.195	0.237

すなわち個体によって若干の差異はあるが、全牛をひっくるめて、O₂消費量は0.18~0.27平均0.214L/kg·hr、CO₂生産量は0.18~0.28平均0.217L/kg·hrであって、従来羽部らの得たそれぞれの測定値⁽³⁾0.13~0.18、平均0.153L/kg·hrおよび0.10~0.15、平均0.12L/kg·hrに比べると若干大きい数値を得たが、従来のこの値は和牛を飼料給与量の少ないUnder-fedの状態下で測定したBasal metabolismに近い測定値であるので、今回のように約10kgの粗飼料(ワラ2と青草1の割合)と配合飼料300g(麦糠40・大豆粕1・コロイカル少量の割合)を給与している場合に、これらの測定値が大となるのは当然と思われる。

第2表における各牛測定値の変化する様相はいずれも同じ傾向を示しているのので、それらの一般的傾向をみるため、各期における全測定値(12データ)の平均を求めて、これを放牧前の値を1とした倍率で図示すれば第1図のようである。

第1図に示すように、放牧を開始するとO₂消費量・CO₂生産量とも急激に増加し、放牧開始10日後ぐらいまでとくに著しく、その後は徐々に増加を続けるが増加割合は小となる。放牧を終了すると急激に減少するが、すぐには放牧前の数値に戻

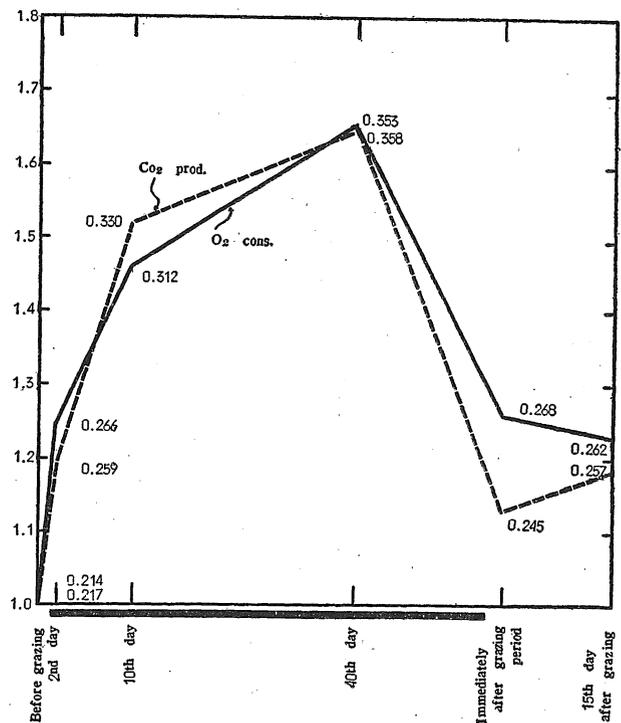


Fig 1 O₂ cons. and CO₂ prod. (L/Kg·hr)

ることなく、放牧終了後15日経過しても放牧前とは若干多いものである。この曲線の形は家畜に労役を課した場

合の脈搏曲線や、ガス代謝関係の曲線などの形に似ている。⁽⁴⁾⁽⁹⁾

また放牧して7~10日たった頃はO₂消費量よりもCO₂生産量の方がかなり多く、いわゆる超過(異常)代謝の様相が現われており、これは労役がかなり激しい場合と似ていて、血液・筋その他の臓器からCO₂がblow offされているものと思われる。つまり放牧開始後10日ぐらい経過すると、牛体中になんらかの化学的変化が起り、CO₂

が呼気中に超過排出されるものと解され、この点は今後さらに詳細に検討するつもりである。

2. 発生熱量

各試験牛について毎回の発生熱量を3日間の平均値で表示すれば第4表のようであり、各牛とも、その変化する様相は同傾向であるので、各回全測定値の平均を求め、測定時の全牛平均体重および平均気温とともに、倍率でこれを図示すれば第2図のようである。

Table 4. Heat production per 1 Kg. B.W. per 1 hr.

Cattle No.	1	2	3	4	AV.
5. 8—5.10	Cal. (100%)				
5.11—5.13	1.191 (100)	0.984 (100)	0.977 (100)	1.141 (100)	1.078 (100)
5.17—5.19	1.332 (111.8)	1.231 (125.1)	1.316 (134.7)	1.440 (126.2)	1.334 (123.7)
6.19—6.21	1.575 (132.2)	1.484 (150.8)	1.691 (173.1)	1.600 (140.2)	1.576 (146.2)
6.19—6.21	1.898 (159.4)	1.812 (184.1)	1.631 (166.9)	1.705 (149.4)	1.784 (165.5)
7.11—7.13	1.464 (122.9)	1.292 (131.3)	1.186 (121.4)	1.356 (118.8)	1.325 (122.9)
7.26—7.28	1.339 (112.4)	1.292 (131.3)	1.210 (123.8)	1.423 (124.7)	1.317 (122.2)

第4表および第2図に示すように、供試牛の発生熱量は放牧前でもかなり大で、under feedingの和牛の場合の0.58~0.85Cal.に比して高く0.98~1.19 Cal.であったが、これはO₂消費量の場合と同じ理由によるものであろう。放牧するとO₂消費量の場合と同様初期の急上昇がみられ、40日後には放牧開始前より65%以上も大となり、平均約1.78Cal.である。

エネルギーの面よりこれを見ると、このエネルギー消費量は実に大きく、羽部らの労役時のガス代謝の研究⁽²⁾における65kg以上のけん引抵抗で2km平地を歩行した直後の発生熱量1.37Cal.を上回るもので、おそらく軽労役終了直後ぐらいのエネルギー消費があるものと想像される。

発生熱量が気温が高くなると減少することは羽部・吉田・上坂らが和牛においてこれを認めており、著者・ROBERTらは山羊においてもこれを認めている。本実験の場合は第2図に示すように、気温は13~17°Cから25°C以上まで上昇しており、吉田の13~19°Cおよび21~27°Cの場合とよく似ている。一方第2図に示すように、供試牛の体重はむしろ増加気味であるので、発生熱量がこうに増加したことは明らかに放牧によるものであると言えよう。

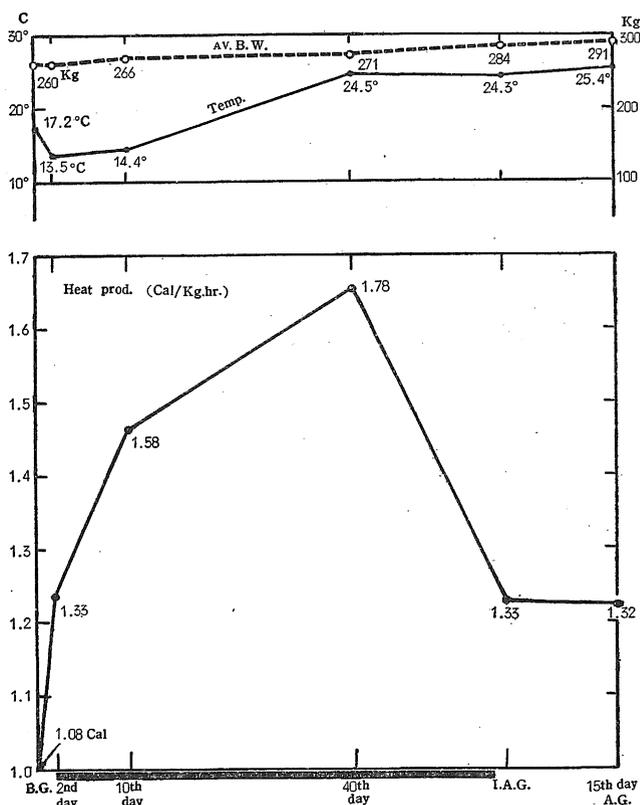


Fig 2 Body weight, air temperature and heat production.

この発生熱量の変化する様相からみて、放牧すると、その初期において急に発生熱量は増大し、その量を放牧中

持続しながら若干増加し、放牧終了とともに急に減少するが、半月くらいは放牧前の値に戻ることがない点から、全放牧をすることは牛に対してかなりのエネルギー消費を伴ない、このエネルギー源として飼料すなわち放牧地の草生の良否が大きな意義を有していることがわかる。

3. 呼吸商

供試牛の R.Q. はいずれも概して高く、全期間を通じて 0.9~1.0 であって、大きく変化することはなかった。

Table 5. Pulse rate per min.

Date	Cattle No.	1	2	3	4	AV.
5. 8—5.10		64 (100 %)	48 (100 %)	50 (100 %)	67 (100 %)	57.3 (100 %)
5.11—5.13		71 (110.9)	59 (122.9)	68 (316.0)	72 (107.5)	67.5 (117.9)
5.17—5.19		82 (128.1)	68 (141.7)	80 (160.0)	85 (126.9)	78.8 (137.6)
6.19—6.21		83 (129.7)	70 (145.8)	78 (156.0)	72 (107.5)	76.7 (134.0)
7.11—7.13		71 (110.9)	52 (108.3)	67 (134.0)	69 (103.0)	64.8 (113.2)
7.26—7.28		68 (106.3)	52 (108.3)	64 (128.0)	64 (95.5)	61.9 (108.2)

日後までは急に増加するが、その後放牧中はほとんど変化せずに一定を保つか、またはむしろ減少する傾向があり、放牧終了直後は完全に元に戻らないが、半月もすれば大体放牧前の正常数に戻っているようである。放牧開始直後から約10日間の急激な増加は、メタボリズムが盛んとなり熱発生の大となることと関連しているものと思われる。

5. 呼吸数

毎回の3日平均を表示および図示すれば第6表・第4図のようである。

呼吸数は放牧直後はいったん減少するが、

Table 6. Respiration rate per min.

Date	Cattle No.	1	2	3	4	AV.
5. 8—5.10		21 (100 %)	20 (100 %)	13 (100 %)	18 (100 %)	18.0 (100 %)
5.11—5.13		17 (81.0)	16 (80.0)	15 (115.4)	17 (94.4)	16.2 (90.0)
5.17—5.19		22 (104.8)	22 (110.0)	16 (123.1)	20 (111.1)	19.9 (110.6)
6.19—6.21		32 (152.4)	28 (140.0)	22 (169.2)	23 (127.8)	26.7 (148.3)
7.11—7.13		30 (142.9)	22 (110.0)	17 (130.8)	23 (127.8)	23.0 (127.8)
7.26—7.28		36 (171.4)	24 (120.0)	20 (153.8)	25 (138.9)	26.4 (146.7)

その後次第に増加し、放牧40日後は27~70%も増加する。また放牧終了直後いったん若干減少するが再び牛舎内で増加している。呼吸数のこの変化にはもちろん放牧の影響もあるが、家畜が体温を一定に保つために外気温が高まると熱を発散させるため呼吸数を増加することは広く認められており、この場合の呼吸数の変化には気温が大

供試牛は放牧前より粗飼料ことに青草・青刈麦類主体の飼養が続けられており、放牧中はもちろん原野草のみであるので、エネルギー源として70~100%まで炭水化物の分解に依存していた事実とよく一致する。

4. 脈搏数

毎回の3日平均を表示および図示すれば第5表・第3図のようである。

第5表および第3図の示すように、脈搏数は放牧開始10

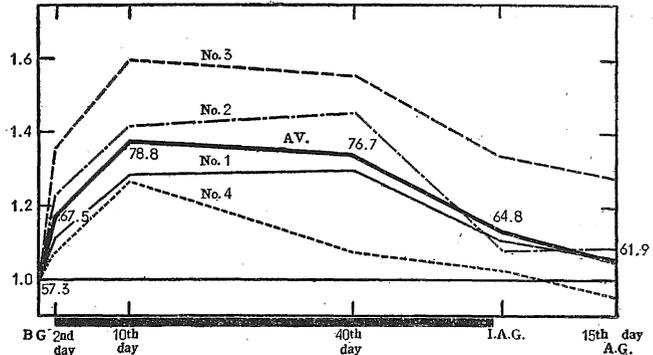


Fig 3 Pulse rate.

きく影響していると思われ、放牧開始直後の呼吸数の減少やその後の増加および放牧終了15日後の増加は、第2図の気温変化の曲線とよく一致しており、第4図の特異な曲線の原因は放牧よりもむしろ気温であろうと考えられる。とくに25°C以上の気温が脈搏数・呼吸数に大きく影響することは、ROBERTや著者も山羊でこれをみている。

6. Oxygen pulse (O_2 pulse)

各供試牛について、各回の O_2 pulseを3日間の平均値で表示すれば第7表のようであり、その変化の様相を图示すれば第5図のようである。

O_2 pulseの放牧前の値は0.06~0.07ccであって、測定時の気温(16~18°C)をも考慮して、この値は正常なものと思われる。放牧による O_2 pulseの変化は第4図のように個体によってかなり差異があるようであるが、3才以上の成牛(No.1・No.2・No.3)においては、ほぼ同様な傾向が認められるが、若齢牛であるNo.4はかなり違った変化をしている。体重1kg当りの O_2 pulseは、心臓の酸

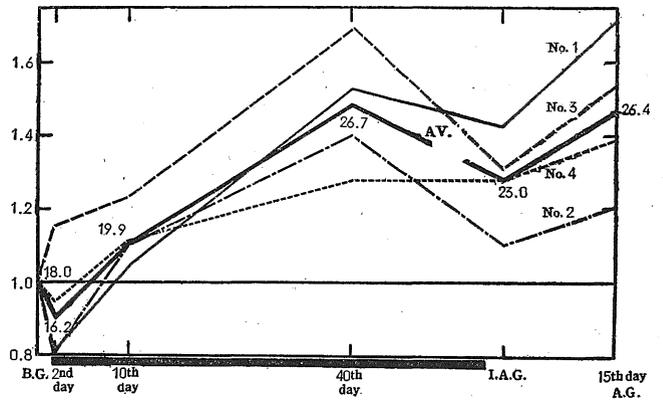


Fig 4 Respiration rate.

Table 7. Oxygen pulse per 1 Kg. B.W.

Date	Cattle No.					AV.
		1	2	3	4	
5. 8—5.10		0.061	0.068	0.066	0.057	0.063
5.11—5.13		0.061	0.069	0.066	0.067	0.066
5.17—5.19		0.064	0.070	0.070	0.062	0.067
6.19—6.21		0.076	0.085	0.070	0.063	0.076
7.11—7.13		0.069	0.081	0.061	0.070	0.070
7.26—7.28		0.065	0.083	0.064	0.074	0.072

素運搬能力、ひいては家畜の役用能力を表わすものであるから、本実験においては放牧によってこれらの能力は大となったことがわかる。また放牧終了後も高い値をしばらく維持するものがあり、とくにNo.2は0.083cc、No.4は0.074ccとそれぞれ22%と30%の増大であって、KIBLERらによるベルシュロン・人間のスポーツマン・犬などの測定値と近似している。また O_2 pulseの低下は新陳代謝の低下、ひいては疲労していることを意味しているので、この実験では放牧終了後No.3が若干疲労しているように思われるが、他の3頭は放牧により全然疲労することなく、かえって役用能力は向上したように思われる。

7. 呼気量 (P. V. R.)

各回の P. V. R. を3日間の平均値で表わせれば第8表のようであり、その変化の傾向を各回全測定値の平均で图示すれば第8図のようである。

放牧により呼気量は次第に増大し、40

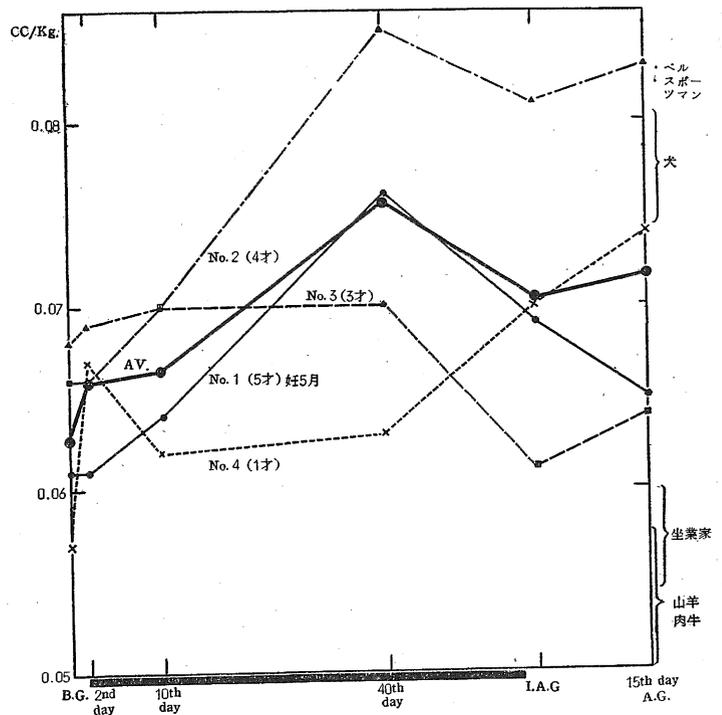


Fig 5 O_2 pulse.

Table 8. Pulmonary ventilation rate per min.

Date	Cattle No.	1		2		3		4		AV.	
		L	%	L	%	L	%	L	%	L	%
5. 8-5.10		53.94	(100)	38.73	(100)	36.16	(100)	31.84	(100)	40.17	(100)
5.11-5.13		56.41	(104.6)	44.65	(115.3)	43.74	(121.0)	38.26	(120.2)	45.77	(113.9)
5.17-5.19		74.83	(138.7)	53.93	(139.2)	53.51	(148.0)	42.89	(134.7)	56.29	(140.1)
6.19-9.21		86.61	(160.6)	71.92	(185.7)	52.33	(144.7)	46.56	(146.2)	67.92	(169.1)
7.11-7.13		69.76	(129.3)	50.60	(130.6)	41.11	(113.7)	41.30	(129.7)	50.70	(126.2)
7.26-7.28		75.11	(139.2)	56.58	(171.9)	49.18	(136.0)	45.70	(143.5)	56.64	(141.0)

日目には45~85%,平均約70%大となり,放牧終了後減少はするが,当分の間放牧前の量には戻らない。P.V.R.は呼吸数と関連が大で,第6図と第4図とは放牧と気温とによる変化の様相を同様に示している。

8. Tidal air

Tidal air すなわち1呼吸数当りの呼気量を前項同様に表示および図示すれば第9表ならびに第7図のようである。

Tidal air は放牧開始直後約20~40%増大するが,放牧してから日がたつにつれて次第に減少する傾向がある。これからみても放牧を開始すると,エネルギー代謝が急激に盛んとなり10日以後では体内物質の燃焼もそう多

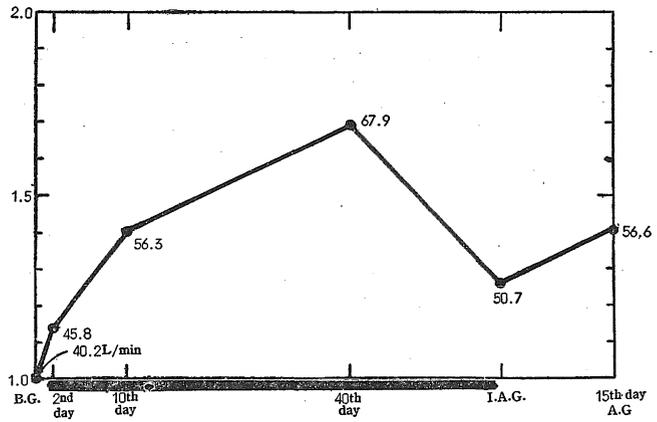


Fig 6 P.V.R.

Table 9. Tidal air.

Date	Cattle No.	1		2		3		4		AV.	
		L	%	L	%	L	%	L	%	L	%
5. 8-5.10		2.57	(100)	1.97	(100)	2.86	(100)	1.74	(100)	2.29	(100)
5.11-5.13		3.33	(129.6)	2.88	(146.2)	2.91	(101.7)	2.32	(133.3)	2.86	(125.2)
5.17-5.19		3.45	(134.2)	2.51	(127.4)	3.27	(114.3)	2.15	(123.6)	2.85	(124.5)
6.19-6.21		2.80	(108.9)	2.59	(131.5)	2.38	(83.2)	2.05	(117.8)	2.54	(111.0)
7.11-7.13		2.30	(89.5)	2.36	(119.8)	2.44	(85.3)	1.81	(104.0)	2.23	(97.5)
7.26-7.28		2.07	(80.5)	2.34	(118.8)	2.43	(85.0)	1.86	(106.9)	2.17	(95.1)

くは要しないようである。

Tidal air の変化する状況からみて放牧中の呼気量の増加はもっぱら呼吸数の増加に基づくものであることがわかる。

IV 要 約

三瓶山春期放牧の成牛4頭について,放牧開始直前・直後・放牧10日目・40日目・放牧終了直後・終了後15日目の6回各3日間,休息時の呼気を DOUGLAS bag method により採取し,同時に心肺活動を調べ,呼気はこれを常法によりガス分析して大要次の結果を得た。

(1) O₂消費量・CO₂生産量とも,放牧すると次第に増

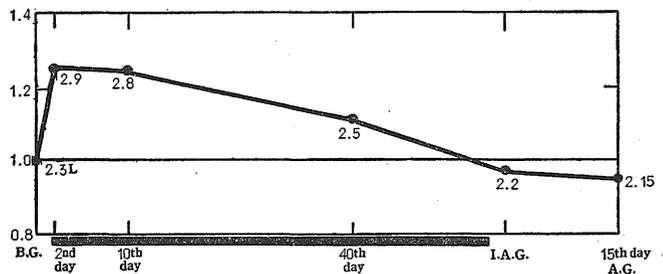


Fig 7 Tidal air. (P.V.R. / R.R.)

加し,平均して約65%も大となる。ことに放牧開始後7~10日目ごろには超過(異常)代謝が認められる。

(2) 放牧中の休息時における発生熱量は体重1kg, 1時間当たり1.30~1.85Cal. で、軽度の労役をした直後と同程度のエネルギー消費があるようである。放牧中の変化は初期に急増し、その後徐々に増加し、放牧終了とともに急減するが、約半月以上この終了直後の値を維持し、放牧前の値には戻らぬようである。

(3) R.Q. は放牧中大きな変化は認められないが、一般に高く、エネルギー源としてほとんど炭水化物の分解に依存していることがわかる。

(4) 脈搏数・呼吸数・呼気量はいずれも放牧により増加する。

(5) Oxygen pulse の変化には若干個体差があるが、放牧によりかなり大となる。したがって牛の心臓の酸素運搬能力は放牧することにより良好となるようであり、本実験の場合 Oxygen pulse の値から、放牧によって牛が疲労することは考えられなかつた。

(6) Tidal air は放牧の初期10日目ごろまでは大きくなるが、その後はかえって次第に減少したので、放牧による呼気量の増大はもっぱら呼吸数の増大によるものである。

以上の結果より考えて、放牧をすると、牛はかなりのエネルギーを消費することが明らかで、ことに放牧を開始してから7~10日間に急に代謝が盛んとなり多量の熱を発生する。三瓶放牧地は比較的草生も良く、これら熱源として草を十分に採食できるようであるが、草生の悪い放牧地では、かなり牛体への Stress が大となり障害の起る可能性が大きいと考えられる。ことに放牧の初期にこの懸念が大である。

文 献

- (1) 羽部・岡本：日畜会報19 (1-4). 79, 1949
- (2) 羽部・岡本・福島：日畜会報 19 (1-4). 82, 1949
- (3) 羽部・上坂・福島・八幡：京大食研報告 9. 16, 1952
- (4) 加藤・春本：日畜会報 28 (5). 295, 1957
- (5) 加藤・春本：日畜会報 28 (6). 347, 1958
- (6) KIBLER H. H. and BRODY S.: Univ. Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 367. 1943
- (7) ROBERT D. and DELOUCHE J. C.: J. Animal Sci. 17 (2). 326, 1958
- (8) 上坂章次：日畜会報 15 (1). 64, 1945
- (9) 上坂・加藤・福島・八幡：京大食研報告 9. 16, 1952
- (10) 上坂・加藤・三好：日畜会報 27 (2). 143, 1956
- (11) 上坂・加藤・春本：日畜会報 27 (3). 231, 1956
- (12) 上坂・加藤・春本：京大食研報告 18. 38, 1956
- (13) 上坂・加藤・春本：日畜会報 28 (5). 291, 1957
- (14) 吉田・野附：中国農試報告 3 (2). 523, 1957

Summary

Studies were made on the resting gas metabolism and the cardio-respiratory functions of 4 adult *Wagyu* (Japanese Black Breed of Cattle) in grazing.

The principal results obtained were as follows:

(1) Both O₂ consumption and CO₂ production gradually increased with grazing, and reached about 165% of their initial resting value. On the 7 or 10th day after grazing was started, the excess metabolism was observed.

(2) The average output of heat in grazing cattle at rest was 1.33~1.78 Cal. per Kg. B.W. per hour. This value seemed to be nearly equal to that produced by mild work. The changing curves of heat production in grazing cattle consisted of 3 parts: early rapid rising, next gradual rising and rapid falling immediately after grazing was over. And the resting value immediately after grazing was ended did not completely recover its initial level for about half a month afterwards.

(3) The respiratory quotient in resting metabolism of grazing cattle was high and remained virtually unchanged through the experiment. This suggests that the energy source of the grazing cattle mostly came from carbohydrate.

(4) The pulse rate, respiration rate and pulmonary ventilation rate gradually increased about 35%, 50% and 70% respectively on the 40th day after grazing was started.

(5) The oxygen pulse per 1 Kg. B. W. differed a little individually, but its con-

siderable increase was seen in all of the cattle during the grazing period. From this fact, it seemed that the oxygen-transport capacity of cattle's heart was improved by grazing. And this experiment seems to show that fatigue, if considered from the oxygen pulse, did not occur.

(6) The tidal air increased in the early 10 days of the grazing period, but then gradually decreased. Accordingly it follows that the increment of pulmonary ventilation rate in the grazing period should be

attributed to that of respiration rate.

In conclusion, the energy expenditure of grazing cattle is considerably high, and a remarkably rapid rise of metabolic level appears during the early 10 days of the grazing period. When cattle are pastured on poor grasslands, the stress of grazing on the cattle is so severe that they may possibly have various kinds of accidents or disorders. And the early stage of grazing period is most dangerous.