役用家畜の労役生理、特に steady state に関する比較研究

II 黒毛和牛の生理的性質に対する労役及び暑熱の影響の比較

岡 本 正 幹・大 坪 孝 雄・小 川 清 彦*・田 代 一 男**

(*鹿児島大学農学部 **鹿児島大学教育学部)

Comparative studies on the physiology of exercise in work animals,
with special reference to the steady state.

II The relative effect of physical exercise and heat stress on physiological characters in Japanese Black cattle.

SEIKAN OKAMOTO, TAKAO OTSUBO, KIYOHICO OGAWA* and KAZUO TASHIRO**
(*Faculty of Agriculture, Kagoshima University and **Faculty of Education, Kagoshima University)

緒 言

前報において著者等(1954)¹⁾は、褐毛和牛を材料として、労役中における体温、呼吸数、脈拍数、血乳酸、血糖、血沈、血水分、血粘度、及び血色素の変化を測定した。その場合著者等は、石原等(1952)²⁾及び野田等(1953)³⁾の報告によつて、牛の役力が著しく暑熱の影響を受ける事実を知つて、できるだけ気候的要因の影響を均一にすることにつとめている。しかし労役中の変化にどの程度暑熱の影響が介入するかを知ることは、著者等の意企する steady state の様相を把握するために、必要な事項であると思われるので、本報においては、一応労役中の変化と暑熱のもとでの変化を、別個に測定して比較した結果を報告する。

材料及び方法

材料として鹿児島大学に飼養中の黒毛和牛の牝7頭を用いた。その体重は約 300kg~400kg で、概して非妊であり、調教程度は普通であつた。課した労役は前報において褐毛和牛を材料とした場合とほとんど同じであつて、平均抵抗を体重の12%に調節した荷桶を曳かせて、1周500mの回路を歩行させ、各10分(A₁)、30分(A₂)、50分(A₃)、及び90分(A₄)後に停止させて生理状態の変化を測定した。調査に要する時間は5分内外であつて、その後ひき続き10分(A₁)の場合には60分(B₁)まで、30分(A₂)の場合には90分(B₂)まで、60分(A₃)の場合には120分(B₃)まで歩行を継続させ、その後で同一測定を繰返した。従つてA₁—A₂—A₃—A₄においては、労役開始から90分間の変化を追及したものであるが、それぞれ別個に測定されたものであるから多少環境の差が介入して

いる。

これに対してA₁—B₁、A₂—B₂、A₃—B₃はそれぞれ60分、90分、及び120分までの変化を追及したものであるが、A群に関する測定のために約5分の労役中絶が介入しているので、厳密には直結できない。そこでこの労役中絶の誤差については60分及90分においてA₃とB₁、A₄とB₂とを比較して検討することにした。なお労役中の平均気温は21°Cであつた。

暑熱の影響を見るためには室温27°C乃至30°Cの際に舎外に出して120分直射日光下に繋留し、その間に10分、30分、60分、90分、及び120分の時間経過を追うて生理状態の変化を測定した。なお外温は平均41°Cで、照度の平均は4400LXであつた。

生理状態に関する測定項目及び測定法は前報に記載した通りである。

結果及び考察

測定の結果を労役及び暑熱別に総括し、それぞれの測定項目について、時間の経過に伴う平均値の変化を示せば第1表の通りであり、この関係を略図として比較すれば第1図—第9図の示す通りである。

これらの表及び図によつて変化の大要は比較できる訳であるが、次にこれらの変化の有意性を検定するために、各条件別による測定値と対照との差の平均、及び各条件別による測定値相互間の差の平均を算出し、それらの平均値の有意性を検定した結果を第2表に示した。ただしこの検定に当り、対応のとれるものについては対応をととり、対応のとれないものについては対応をとらないままに検定した。

つぎに労役及び暑熱による各測定項目の変化に差があ

第1表 労役及び暑熱による生理的性質の平均値の変化

性 質	体 温	脈 搏 数	呼 吸 数	血 乳 酸	血 糖	血 色 素	血 水 分	血 粘 度	血 沈
				mg%	mg%	%	%		
対 照 (労役前)*	38.4	72.8	26.8	24.5	53.1	8.5	82.4	4.8	0.48
労 10分(A ₁)	38.8	84.3	55.2	27.3	54.7	9.2	82.2	4.8	0.43
60分(B ₁)	40.0	98.7	119.8	26.9	59.4	9.0	82.0	5.2	0.51
30分(A ₂)	39.3	93.7	91.7	35.3	54.2	9.0	82.1	4.8	0.57
90分(B ₂)	40.3	112.3	134.0	34.0	63.2	9.0	82.0	5.0	0.53
60分(A ₃)	40.0	99.4	112.5	31.4	53.9	8.9	82.5	4.5	0.63
120分(B ₃)	41.2	112.7	108.5	35.9	73.3	8.5	82.3	4.4	0.64
90分(A ₄)	40.2	106.0	118.3	35.3	66.7	8.5	82.6	4.4	0.48
対 照 (室 内)**	38.4	61.3	44.7	32.4	51.4	9.0	81.2	5.7	0.35
炎 10分	38.8	58.5	72.8	35.0	53.6	8.6	81.7	5.9	0.36
天 30分	39.0	73.5	77.0	27.3	50.8	8.2	80.8	5.6	0.39
下 60分	39.1	68.2	77.5	32.6	52.1	8.9	81.4	5.7	0.38
緊 90分	39.3	74.5	82.5	26.6	49.4	8.2	80.9	6.3	0.39
留 120分	39.1	69.0	81.5	29.8	49.1	8.7	81.4	5.4	0.37

*平均気温=21.0°C

**平均気温=27.6°C

第1図 労役及び暑熱による体温の変化の比較

第2図 労役及び暑熱による脈搏数の変化の比較

役用家畜の労役生理

第3図 労役及び暑熱による呼吸数の変化の比較

第4図 労役及び暑熱による血乳酸の変化の比較

第5図 労役及び暑熱による血糖の変化の比較

第6図 労役及び暑熱による血色素の変化の比較

第7図 労役及び暑熱による血水分の変化の比較

第8図 労役及び暑熱による血粘度の変化の比較

第9図 労役及び暑熱による血沈の変化の比較

第2表 労役及び暑熱による生理的性質の差の平均値とその有意性

性	質	体 温	脈 搏	呼 吸	血乳酸	血 糖	血色素	血水分	血粘度	血 沈
労 役	対 照 ~ A ₁	+0.4	+11.5*	+ 28.4**	+2.8	+ 1.6	+0.7	-0.2	0	-0.05
	対 照 ~ B ₁	+1.6**	+25.9**	+ 93.0**	+2.4	+ 6.3	+0.5	-0.4	+0.4	+0.03
	A ₁ ~ B ₁	+1.2**	+14.4**	+ 64.6**	-0.4	+ 4.7	-0.2	-0.2	+0.4	+0.08
	対 照 ~ A ₂	+0.9**	+21.0**	+ 65.0**	+10.8*	+ 1.1	+0.5	-0.3	0	+0.09
	A ₁ ~ A ₂	+0.5*	+ 9.4	+ 36.5*	+8.0	- 0.5	-0.2	-0.1	0	+0.14
	対 照 ~ B ₂	+1.9**	+39.5**	+107.2**	+9.5	+10.1	+0.5	-0.4	+0.2	+0.05
	A ₂ ~ B ₂	+1.0**	+18.5**	+ 42.2**	-1.3	+ 9.0	0	-0.1	+0.2	-0.04
	対 照 ~ A ₃	+1.6**	+26.6**	+ 85.7**	+6.9	+ 0.8	+0.4	+0.1	-0.3	+0.15
	A ₂ ~ A ₃	+0.7*	+ 5.6	+ 20.7	-3.9	- 0.3	-0.1	+0.4	-0.3	+0.06
	A ₁ ~ A ₃	+1.2**	+15.0**	+ 57.2**	+4.1	- 0.8	-0.3	+0.3	-0.1	+0.11
	対 照 ~ B ₃	+2.7**	+39.9**	+ 81.7**	+11.4	+20.2	0	-0.1	-0.4	+0.16
	A ₃ ~ B ₃	+1.1**	+13.3	- 4.0	+4.5	+19.4	-0.4	-0.2	-0.1	+0.01
	対 照 ~ A ₄	+1.8**	+33.2**	+ 91.5**	+10.8*	+13.6	0	+0.2	-0.4	0
	A ₃ ~ A ₄	+0.2	+ 6.6	+ 5.8	+3.9	+12.8	-0.4	+0.1	-0.1	-0.15
	A ₂ ~ A ₄	+0.9**	+12.2*	+ 26.5	0	+12.5	-0.5	+0.5	-0.4	-0.09
炎 天 下 繋 留	A ₃ ~ B ₁	0	- 0.7	+ 7.3	-4.5	+ 5.5	+0.1	-0.5	+0.7	-0.12
	A ₄ ~ B ₂	+0.1	+ 6.3	+ 15.7	-1.3	- 3.5	+0.5	-0.6	+0.6	+0.05
	対 照 ~ 10 分	+0.4	- 2.8	+28.1	+2.6	+2.2	-0.4	+0.5	+0.2	+0.01
	対 照 ~ 30 分	+1.6**	+12.2	+32.2*	-5.1	-0.6	-0.8	-0.4	-0.1	+0.04
	10 分 ~ 30 分	+0.2	+15.0	+ 4.1	-7.7	-2.8	-0.4	-0.9	-0.3	+0.03
	対 照 ~ 60 分	+0.7**	+ 6.9	+32.8*	+0.2	+0.7	-0.1	+0.2	0	+0.03
	30 分 ~ 60 分	+0.1	- 5.3	+ 0.6	+5.3	+1.3	+0.7	+0.6	+0.1	-0.01
	対 照 ~ 90 分	+0.9*	+13.2	+37.8**	-5.8	-2.0	-0.8	-0.3	+0.6	+0.01
	60 分 ~ 90 分	+0.2	+ 6.3	+ 5.0	-6.0	-2.7	-0.7	-0.5	+0.6	+0.02
	対 照 ~ 120 分	+0.7	+ 7.7	+36.8*	-2.6	-2.3	-0.3	+0.2	-0.3	+0.02
	90 分 ~ 120 分	-0.2	- 5.5	- 1.0	+3.2	-0.3	+0.5	+0.5	-0.9	-0.02

* 5%水準で有意,

** 1%水準で有意

るかどうかを検定するために、時間経過と実験別とを要因として分散分析した結果を第2表に示した。ただしこの分散は各実験とも対照との差として算定された数値によるものである。

以上の第1—第3表によつて実験の結果を総括して考察すれば大体次の通りである。

まず体温については、労役の場合にも炎天下繋留の場合にも、時間の経過に伴つて次第に増加する傾向が認められる。もつとも労役の場合も炎天下繋留の場合も、対照と10分との差はまだ有意でないが、30分以後においては有意の差が認められる。また労役の場合には60分と90分、炎天下においては各時間経過の測定値相互の間にはいずれも有意の差は認められないが、総括的に分散を分

析した結果では時間経過による差は有意となつている。なお分散分析の結果では労役及び炎天下繋留の要因別によつても有意の差があることが認められる。ただし第1図によるとこの差は程度の差であつて、傾向としては類似しているように思われる。

脈搏数については第2表に示した差の平均値の検定によると、労役の場合には時間の経過に伴つて次第に増加する傾向が認められるが、炎天下繋留の場合にはその傾向は認められない。従つて第3表に示した分散分析の結果によると、労役及び炎天下繋留の要因別による差は有意であるが、これらを同時に考慮した時間経過による差は有意でなくなつている。労役による脈搏数の増加は既によく知られているところであるが、暑熱の影響について

第3表 労役及び暑熱による生理的性質の変化に関する分散分析表

性 質	要 因	自由度	平均平方	分 散 比
体 温	時間経過	8	13,521.9	3.300*
	実験別	1	62,050.9	15.144**
	誤 差	25	4,097.3	
	計	34		
脈搏数	時間経過	8	21,766.7	0.691
	実験別	1	391,254.2	12.424**
	誤 差	25	31,491.1	
	計	34		
呼吸数	時間経過	8	174,977.0	2.206
	実験別	1	1,049,100.2	13.226**
	誤 差	25	79,321.9	
	計	34		
血乳酸	時間経過	8	7,560.7	1.153
	実験別	1	101,494.9	15.472**
	誤 差	25	6,559.8	
	計	34		
血 糖	時間経過	8	8,566.8	0.416
	実験別	1	54,378.2	2.640
	誤 差	25	20,598.7	
	計	34		
血色素	時間経過	8	280.4	0.059
	実験別	1	17,916.8	3.773
	誤 差	25	4,747.6	
	計	34		
血水分	時間経過	8	1,400.1	0.446
	実験別	1	10,400.3	3.315
	誤 差	25	3,137.7	
	計	34		
血粘度	時間経過	8	3,729.1	0.417
	実験別	1	2,526.0	0.283
	誤 差	25	8,928.1	
	計	34		
血 沈	時間経過	8	76.5	0.568
	実験別	1	103.0	0.765
	誤 差	25	134.6	
	計	34		

* 5%水準で有意

** 1%水準で有意

は異論があつて、著者等(1955)⁴⁾は乳牛について多少増加する傾向があるように見えるが確実でないとした。いずれにせよ、労役による脈搏数の増加には、暑熱の影響はほとんど加算されていないと見なし得るようである。もつとも暑熱が甚だしく体温の上昇が著しい場合には、第二義的に脈搏数の増加が起こることがあるが、本報ではそれにはふれない。

呼吸数については、労役の場合の60分までは顕著に増加するが、60分以後においては増加の傾向は認められず、60分～120分の経過においては個体別にはむしろ減少するものがあつた。ただしこの場合呼吸の様相は、浅く弱い呼吸から深く強い呼吸に変つていたので、呼吸量としては増加しているように思われたが、実測していないので論及はできない。この60分以後における傾向は前回褐毛和牛について報告した成績とは多少異なつてゐる。すなわち褐毛和牛の場合にはまだ増加し続けるように思わ

れたが、今回の黒毛和牛の場合には上に述べたような成績であつた。もつとも、黒毛和牛の方が60分までの増加程度もある程度著しいようであつた。この増加程度の差は体温及び脈搏数についても見られるようであるが、これをもつて両種の役用能力を比較することは本報の趣旨でない。炎天下繋留の場合には10分以後いずれも対照に対して有意の増加が認められたが、各時間経過の測定値相互の比較においては有意の差は認められなかつた。ともかくも時間経過による差が以上のような様相を呈しているので、分散分析の結果によると、実験別による差は有意であるが、時間経過による差は有意性を認めうる程度には達していない。この場合実験別による差は有意ではあるが、労役による呼吸数の増加に対して、かなり暑熱の影響が介入することは第3図によつて想像することができよう。

血乳酸については、労役の場合には一般的に労役前に比較して若干増加しているように思われるが、明確に有意差が認められるのは対照～A₂及び対照～A₄のみであつて、その他は対照との差も相互の間の差も有意ではない。従つて労役の場合にある程度増加することは確実と思われるが、時間の経過に伴つて次第に増加して行くものとはいえないことは前報に報告した褐毛和牛の場合と同様である。炎天下繋留の場合には時間的变化に全く一定の傾向を見出し難い。分散分析の結果は、実験別による差は有意であるが時間経過による差は無意となつてゐる。この場合の実験別による差は、類似の傾向を示すものの間に見られる程度の差と考えることは、第4図の示すところによつては不可能である。従つて労役による血乳酸の増加については、暑熱の影響を見出すことは困難である。ただし労役の場合の対照値は平均気温 21°C、炎天下繋留の場合の対照値は平均気温 27.6°C の場合の測定値によるもので、これらの間にはかなり差があるように思われるので、絶対値としてのレベルについては、多少とも暑熱の影響があるかもしれない。本報では単に差のみを問題にしているので、それにはふれないことにする。

血糖、血色素、血水分、血粘度、及び血沈については、労役の場合にも炎天下繋留の場合にも、時間経過による差の変化に一定の傾向を見出し得ず、また分散分析によつてもどちらの要因についても有意差を認め得なかつた。これはおそらくこれらの諸性質の変化は本報で取扱つたような方法では把握できないことを意味するであろう。ただし今後の検討が必要と思われる。著者等も暑熱の影響については別途検討中である。

なお参考資料として労役の際の歩速の変化を第4表に示した。これは同一速度、従つて同一仕事量の労役が継

続的に行われたわけではないことを付記するためである。もし同一仕事量の労役が継続的に行われたとすれば、以上述べた諸性質の変化が多少とも異なってくるかもしれないが、本報ではそのことにはふれないことにする。

第4表 労役中の歩速の変化

試験群	毎周次（各周500m）の平均歩速 m/sec										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
A ₁ —B ₁ 群	1.13	—	1.03	0.97	0.96						
A ₂ —B ₂ 群	1.12	1.03	1.03	—	1.02	0.95	0.95	0.93			
A ₃ —B ₃ 群	1.16	1.06	1.07	1.04	1.04	—	0.99	0.94	0.91	0.91	0.93
A ₄ 群	1.19	1.12	1.03	1.01	1.01	0.93	0.94	0.96			

註 A₁—B₁, A₂—B₂, A₃—B₃の各群にある一線は測定のために労役を中止した部分の存在を示す。

摘 要

平均気温 21°C の際に前回の研究に用いたものと同じ橇を曳かせて2時間の労役を課した場合と、夏の直射日光下に2時間繋留して熱負荷を与えた場合との、黒毛和牛の生理的性質に及ぼす影響について比較研究した。その結果を要約すれば次の通りである。

1) 体温及び呼吸数については、労役及び暑熱の影響によつて類似の傾向をもつた増加が見られるが、その場合労役の影響による増加の方が著しい。従つて夏の直射日光下で労役を課する場合には、これらの性質については、労役と暑熱との加算的影響があるものと推定され

る。

2) 脈搏数については、労役の影響としては漸次増加する傾向が見られるが、夏の直射日光下においては有意の変化は見られない。

3) 血乳酸については、労役の最初の30分間にはわずかながら有意の増加が見られるが、夏の直射日光下では有意の変化は見られない。

4) 血糖、血色素、血水分、血粘度、血沈等については、労役及び夏の直射日光のいずれの影響としても有意の変化は見られない。しかし有意性の認められなかつたこれらの変化については、今後の研究が必要であらう。

(1956.1.31 受付)

文 献

- 1) 岡本正幹・大坪孝雄・石神信男 日畜会報, 25: 163, 1954.
- 2) 石原盛衛・吉田武紀・吉田正三郎・甲木茂・林正夫・宮下静英 中国四国農試報告, B, 1: 17, 1952.
- 3) 野田真五郎・中野優 関東々山農試報告, 4: 129, 1953.
- 4) 岡本正幹・小山田巽・大坪孝雄 鹿大農学術報告, 4: 16, 1955.

Résumé

Relative physiological effects of two hours' moderate exercise at 21°C of average ambient temperature for pulling the sledge used in the authors' preceeding study and of two hours' heat stress under the direct summer sunlight were studied in Japanese Black cattle. Results obtained are summarized as follows:

(1) On the body temperature and respiration rate, the similar trend of increase was shown as the effect of exercise and heat stress, in which a significantly large increase is considered as the effect of the former. Therefore, on these physiological characters, some additional effect of exercise and heat stress shall be assumed when exercise is performed under the direct summer sunlight.

(2) On the pulse rate, a gradual increase was shown as the effect of exercise, while no significant change was estimated under the direct summer sunlight.

(3) On the blood lactic acid, a little but significant increase was estimated during first 30 minutes of the exercise, while no significant change was estimated under the direct summer sunlight.

(4) No significant change was estimated on the blood sugar, hemoglobin, blood moisture, blood viscosity, and the sedimentation velocity of red blood cells as the effect of each of the exercise and the direct summer sunlight. However, further studies are indispensable to confirm these insignificant changes.