

# 牛の呼吸数, 心搏数, 体温および肉生産に対する気動の影響

和田 宏<sup>a)</sup>・湯原 正高・奥島 史朗<sup>b)</sup>・中井 捷宏<sup>c)</sup>

(家畜機能調節学講座)

## Effects of Air Movement on Respiration Rate, Heart Rate, Rectal Temperature, and Meat Production in Cattle

Hiroshi Wada<sup>a)</sup>, Masataka Yuhara, Shiroh Okushima<sup>b)</sup> and Katsuhiro Nakai

(Department of Animal Science and Technology)

The study was designed to investigate the effect of air movement on respiration rate, heart rate and rectal temperature, using six Holstein steers, averaging 9 months of age and 375.0kg of body weight at the beginning of the study and 10 months and 402kg at the end. The investigation was carried out in the days in July and August when ambient temperature were over 28°C. Either cooled air using a pad-and-fan system or natural air was sent by electric fan to the back of each steer from distributing hole of vinyl film duct set 1 meter upside from the back of cattle in the shelter.

The fanning caused a decrease in heart rate and respiration rate, but not in rectal temperature. Decrease in ambient temperature also caused a decrease in respiration rate. On reduction of the respiration rate, the fanning in the study had the effect same with that of decrease in ambient temperature as much as 4°C.

Fanning using the wet pad system was more effective on reduction of respiration rate than the fanning without the pad. Respiration rate had a positive correlation with dry bulb temperature and dry kata cooling power, and a negative correlation with wet kata cooling power.

On the basis of the relation between heart rate and energy consumption, the effect of the fanning on beef production was estimated. The fanning for 5 hours a steer economized energy equivalent to the Calorie in 60 grams of beef with standard quality at ambient temperature of 28-32°C, and 105 grams of beef in above 32°C.

Key words : Steer, Respiration rate, Heart rate, Fanning, Beef production

### 緒 言

暑熱は視床下部の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン (TSH-RH) 分泌を抑制し, 甲状腺機能の低下, 摂食量の低下, ひいては家畜の生産性の低下を生ずる<sup>1-3)</sup>. 牛では品種により耐暑性の差異があり気温24°C以上ではホルスタイン種の泌乳力は低下する<sup>4)</sup>. 動物の生産力が比較的旺盛なのは至適温度帯であり, その下限は輻射により拡大し, 気動および湿度により

縮小し, 上限は輻射および湿度により縮小し, 気動により拡大する<sup>5,6)</sup>. 気動は暑熱時に体温の放散を促し生産維持に貢献する.

Received October 4, 1994

a) 岡山大学名誉教授

(Professor Emeritus, Okayama University)

b) 農地生産力開発学講座

(Department of Agricultural Technology of Integrated Land Use)

c) 兵庫県柏原農業改良普及所

(Hyogo Prefectural Agriculture Extension Office at Kaibara)

暑熱の影響の軽減方法には送風<sup>7)</sup>、畜舎の撒水冷却、畜舎の構造および材料の改善による暑熱の伝導透徹の防止、牛体の部分冷却、エアーカーテン利用による冷却空気送風などがある。暑熱期には牛の体重の停滞または低下がみられる。これは肉牛では特に重要な問題である。本研究は肉牛の防暑に関する基礎的研究の1つとして行ったものである。

### 材料と方法

#### 1. 供試牛

肉用目的で飼育中のホルスタイン種去勢牛6頭を1カ月間供試した。日令および体重の平均値±S.D.は試験開始時275±1.3日、375±18kg、終了時に305日、403±20kgであった。

#### 2. 牛舎、飼養管理

木造瓦平屋で無天井の牛舎を用い、牛6頭を横単列につなぎ、飲水は自動給与、飼養管理は常法による。送風時には牛舎の窓および戸を閉め、非送風時には時には窓・戸を開いた。

#### 3. 送風

送風には送風機に送風ダクトを接続した通常の送風方式とそれに冷却パッド（冷却部）をつけたパッド・アンド・ファン方式を用いた。

パッドは木製で縦横各90cm、厚さ9cm、その両側面に1cm目の金網を張り、中に木毛600gを均一に詰め、その上方から水道水を滴下させ送風機により気化熱を奪った冷却空気をダクトに吸い込み6頭の牛に均等に配分した。流下した水は集めて再循環、冷却用に用いた。

送風機は径30cm、回転数2200回/分とし、1/4馬力モーターで駆動した。送風ダクトは厚さ0.07mmの塩ビフィルム製円筒形で底面に径5cmの円形の吹き出し口を1列に7個設けた。気動速度は4個目の吹き出し口より出た気動で測った。吹き出し口の直下0.5および1mの水平面上で気動速度の分布を調べた。測定位置を示すために16番線の針金で1辺1mの正方形を造り、20cm毎に縦横に細い針金を張り、その36個の交点で気動速度を測った。送風ダクトは吹き出し口の直下1mの位置に起立した牛のき甲部がくるように水平に架設した。気動速度はサミスター風速計で測った。また送風時のダクト内の静圧は内径5mmのガラス管製U字管を用いて測定した。

なお送風ダクトの末端部を適当に絞って、吹き出し

量を加減し気動の速度、風量を調節した。

#### 4. 気温、気湿、カタ冷却力の測定

気温、相対湿度の測定には乾湿球温度計を用いた。また牛の体感温度を基礎とした暑熱の程度を測るためにカタ寒暖計を用いた。用いたカタ寒暖計のカタ常数は458であった。寒暖計柄部2つの横刻線38℃、35℃の間を予め温めた着色アルコールの液頂が降下する秒数をストップウォッチで測定し、その秒数、カタ常数をもとにHILL氏のノモグラムからカタ数を読んだ<sup>8)</sup>。数値は寒暖計球部からの放散熱量(mcal)/cm<sup>2</sup>/秒で示した。すなわちこれが牛の体感温度になる。

#### 5. 呼吸数、心搏数、体温

呼吸数は牛の鼻翼の動き、また聴診器による気動の呼吸音をストップウォッチで数えた。体温（直腸温）はサミスター体温計で測定した。心搏数は聴診器で上腕骨内側胸部の心温、さらにプルスメータで読みとった。体温は連続2回測定の平均値、その他は連続3回測定の平均値をとった。

### 結果および考察

#### 1. 牛舎の温湿度環境

この研究をした7、8月における使用牛舎内の気温、湿度を毎日測定した。7月下旬は最高気温が27℃を超え、最高気湿は74～82%程度で朝9時半以後はTHI（不快指数）75.9±1.2～78.3±1.6程度で75を超える日が多くホルスタイン種には大きなストレスになる環境であった。この牛舎で28℃以上の主として晴天の午後に研究を行った。

#### 2. 送風ダクトの機能

##### (1) 吹き出し口の大きさと送風機能

吹き出し口の大きさと気動速度（気速）の関係をTable 1に示した。

送風ダクトの断面積に対する7つの吹き出し口の面積の和の比率を50%から100%まで増加の試験をした結果その比率の増加につれて気速の低下が示された。吹き出し口の大きさにより気速が異なり、大きい吹き出し口からの気速は大きかった。吹き出し口の大きさが等しければ吹き出し口の扇風機の遠近にかかわらず気速は等しかった。

##### (2) 吹き出し口の大きさとダクト内の静圧

吹き出し口面積和の対ダクト断面積比の増加により気速およびダクト内静圧が低下し、その比が90%くらいになるとダクト末端部の気速および静圧の低

Table 1 Effects of areal ratio of cross section of duct-hole to its total of distributing air-holes on air velocity and static pressure in duct at fanning

| Areal ratio of cross section of total distributing air holes to duct<br>% | Fanned air velocity                   |                                                 | Static pressure<br>mm |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|
|                                                                           | At distributing hole of duct<br>m/sec | At 1 m below distributing hole of duct<br>m/sec |                       |
| 50                                                                        | 17.3±0.3                              | 5.1±0.01                                        | 11.9±0.2              |
| 60                                                                        | 16.8±0.3                              | 4.9±0.1                                         | 8.3±0.3               |
| 70                                                                        | 15.3±0.5                              | 3.9±0.1                                         | 7.1±0.2               |
| 80                                                                        | 14.1±0.2                              | 3.6±0.2                                         | 5.7±0.2               |
| 90                                                                        | 13.7±0.2                              | 3.4±0.1                                         | 5.1±0.4               |
| 100                                                                       | 11.8±0.2                              | 3.0±0.1                                         | 4.7±0.2               |

下が原因と考えられる波動を生じ送風ダクトが不安定になった。しかし、その面積比が100%の場合でも秒速22mおよび18mの送風により吹き出し口から12mくらいの気速が保たれダクトは正常に機能した。

### (3)ダクト吹き出し口からの気速の分布

ダクト下方0.5mおよび1m下方水平面における気速の分布をFig 1に示す。本研究ではダクト末端の括りにより牛の背部中心部に2m/秒の気動が当たるように調節したが水平に20cm離れた位置では気速は1m以下であった。

### 3.呼吸数に対する送風の効果

気温と呼吸数の関係をFig 2とTable 2に示す。自然状態で14時と16時では気温差は約1℃であり、呼吸数は16時が9回ほど多かった。

送風により呼吸数は約20%低下した。14時と16時の気温差は殆ど無かったが呼吸数は16時のほうが11回多かった。これは不断給与であったが飼料摂取の時間との関係で第一胃内発酵熱の体内蓄積などの影響と考えられる。

自然状態の場合および中心風速2.5mの送風の場合の回帰曲線を34℃から30℃に平行移動したほどの効果を示しており、気温を4℃下げたと同じ効果がみられた。

### 4.冷氣送風の効果

呼吸数、心搏吸、体温に対する送風および冷氣送風の効果をTable 3に示す。通常の送風よりもパッドアンドファン方式の冷氣送風が呼吸数の低減に有効であった。動物の体熱放散は、環境温度が低温から高温に進に従がい輻射・伝導・対流から肺・皮膚面の水分蒸散によることになるが、温度上昇により蒸散が停止状態になるので呼吸数増加により気散蒸

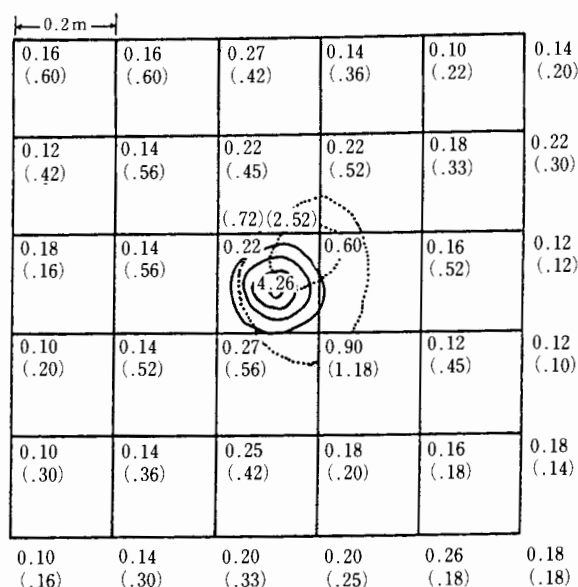


Fig. 1 Distribution of air velocity at each point on horizontal level beneath distributing hole on bottom of vinyl film duct of artificial blowing system in the study.

Solid curve and figure ; Air velocity on level 0.5m beneath air hole of vinyl film duct, m/sec  
Dotted curve and (figure) ; Air velocity on level 1.0m beneath air hole of vinyl film duct, m/sec.  
Figure in parenthesis shows air velocity.

散を促進する。冷氣送風は気温を下げ呼吸数を減らすことになる。

### 5.カタ冷却力と呼吸数

カタ冷却力と呼吸数の関係をTable 4に示す。呼吸数は乾カタ冷却力と負相関、湿カタ冷却力および気温と正相関がある。

乾カタ寒暖計は体温に温めてあるので気温が高いほど冷却が困難となり、カタ数値は小さくなる。一方湿カタ寒暖計は球部に水を含んだ網目布を巻いて

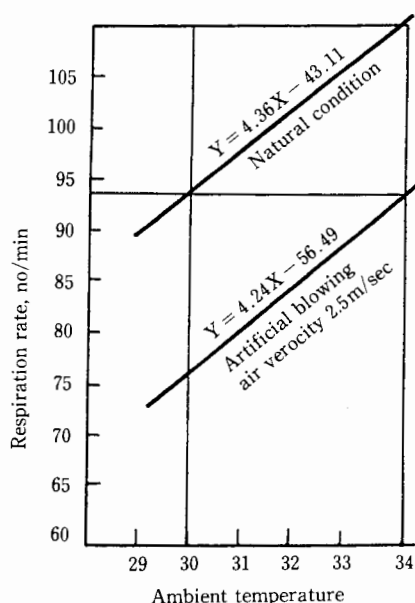


Fig. 2 Effect of artificial blowing on respiration rate in steers.

あるので高温になるほど冷却し易くカタ数値は大きくなる。湿カタ冷却力の大きい環境は体感温度も高く高温環境であり動物にとっても好ましくない。

#### 6. 肉牛に対する送風の経済的効果の試算

牛体に風または気動が当たると心搏数が減少する。心搏数により牛の熱発生量がわかる。心搏数 (X) と熱発生量 (Y) に関する回帰式  $Y = 0.328 \text{ (HR)} - 1.098$  から計算できる。ここに  $Y = \text{KJ/kg } 0.75/\text{hr}^{9)}$  で、5時間の送風の熱発生抑制効果の試算を Table 5 に示す。心搏数の減少は熱発生量の低下、エネルギー消費の低下を意味する。28~32℃の環境における無送風牛および受送風牛の心搏数から計算すると体重1kg当り1時間のエネルギー消費量、5時間における1頭(平均体重400kg)当りエネルギー消費量は7.056 Cal, 6,833 Cal; 3155 Cal, 3075 Calであり、送風により80 Calの節約ができた計算になる。同様に32℃以上の環境では送風により140 Calが節約された計算になる。環境温度が高いほど送風の経

Table 2 Relation of respiration rate to dry bulb temperature in steers

| Condition             | Time   | No. of observations | D. B. temperature rate (X)℃ | Respiration (Y)/min | Regression equation   |
|-----------------------|--------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
| Natural condition     | 2 p.m. | 15                  | 32.38                       | 95.2                | $Y = 4.7X - 58.32$    |
| "                     | 4 p.m. | 20                  | 33.27                       | 104.2               | $Y = -1.08X + 140.09$ |
| "                     | Total  | 35                  | 32.89                       | 100.3               | $Y = 4.36X - 43.11$   |
| Fanned-air condition  | 2 p.m. | 40                  | 32.72                       | 77.3                | $Y = 4.54X - 71.24$   |
| (without cooling pad) | 4 p.m. | 30                  | 32.64                       | 88.5                | $Y = 3.81X - 35.85$   |
| "                     | Total  | 70                  | 32.69                       | 82.1                | $Y = 4.24X - 56.49$   |

Table 3 Effects of fanned-air and pad-and-fanned-air on respiration rate, heart rate and rectal temperature in Holstein steers

| Ambient temperature |                | 28~32℃ |            | 32~34℃ |                         | 32~34℃ |                         |
|---------------------|----------------|--------|------------|--------|-------------------------|--------|-------------------------|
|                     |                | Trials | Mean±S. D. | Trials | Mean±S. D.              | Trials | Mean±S. D.              |
| Respiration rate    | Natural air    | 2      | 87.7±7.9   | 6      | 103.9±7.9               | 6      | 103.9±7.9               |
|                     | Fanned air     | 5      | 70.1±10.6  | 13     | 86.8±10.8 <sup>b)</sup> | 5      | 90.6±6.1 <sup>a)</sup>  |
|                     | Pad-fanned air |        |            |        |                         | 7      | 87.2±10.1 <sup>b)</sup> |
| Rectal temperature  | Natural air    | 1      | 39.5       | 5      | 39.7±0.6                |        |                         |
|                     | Fanned air     | 5      | 39.6±0.3   | 12     | 39.7±0.1                |        |                         |
| Heart rate          | Natural air    | 1      | 93.4       | 5      | 98.7±6.5                |        |                         |
|                     | Fanned air     | 5      | 91.2±2.7   | 12     | 94.4±3.3 <sup>a)</sup>  |        |                         |

a)  $P < 0.01$  b)  $P < 0.001$

Table 4 Coefficient of correlations of respiration rate in steers to drybulb temperature, dry Kata-cooling power and wet Kata-cooling power

| Condition            | Time   | Coefficient of correlation of respiration |                        |                        |
|----------------------|--------|-------------------------------------------|------------------------|------------------------|
|                      |        | Dry bulb temperature                      | Dry Kata-cooling power | Wet Kata-cooling power |
| Natural condition    | 2 p.m. | 0.32                                      | -0.82                  | 0.20                   |
|                      | 4 p.m. | 0.52                                      | -0.12                  | 0.17                   |
|                      | Total  | 0.33                                      | -0.50                  | 0.02                   |
| Fanned-air condition | 2 p.m. | 0.71                                      | -0.97                  | 0.04                   |
|                      | 4 p.m. | 0.75                                      | -0.83                  | 0.53                   |
|                      | Total  | 0.65                                      | -0.74                  | 0.25                   |

Table 5 Effect of fanning on heart rate, respiration rate, rectal temperature and economy of energy in steers

| Ambient temperature Item |                    | Examination |               | Estimated consumption of energy |                                    |                              |                               | Economy of energy by fanning 5 hrs <sup>b)</sup> |                           |
|--------------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|
|                          |                    | Condition   | No. of steers | Data                            | /hr/kg of metabolic body wt. (Cal) | /hr/head <sup>a)</sup> (Cal) | /head/5hr <sup>a)</sup> (Cal) | Energy (Cal)                                     | Beef with same energy (g) |
| 28—32°C                  | Heart rate         | Natural     | 1             | 93.4                            | 7.056                              | 631                          | 3055                          | 80                                               | 60                        |
|                          |                    | Fanning     | 5             | 91.2±1.2                        | 6.833                              | 615                          | 3075                          |                                                  |                           |
|                          | Respiration rate   | Natural     | 2             | 87.7                            |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
|                          |                    | Fanning     | 5             | 70.1±3.7                        |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
|                          | Rectal temperature | Natural     | 1             | 39.5                            |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
|                          |                    | Fanning     | 5             | 39.6±0.2                        |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
| 32°C<                    | Heart rate         | Natural     | 5             | 98.7±2.9                        | 7.471                              | 668                          | 3340                          | 140                                              | 105                       |
|                          |                    | Fanning     | 12            | 94.3±0.95                       | 7.158                              | 640                          | 3200                          |                                                  |                           |
|                          | Respiration rate   | Natural     | 6             | 103.9±3.5                       |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
|                          |                    | Fanning     | 13            | 86.8±2.4                        |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
|                          | Rectal temperature | Natural     | 5             | 39.6±0.3                        |                                    |                              |                               |                                                  |                           |
|                          |                    | Fanning     | 12            | 39.7±0.1                        |                                    |                              |                               |                                                  |                           |

a) Body weight : 400kg(=metabolic body weight : 89.44kg)

b) Energy in standard quality of beef in Japan : 133Cal/100g

済的效果が大きいこともわかる。

わが国の平均的牛肉100gのカロリーを133cal<sup>10)</sup>とすると、それぞれ約60gおよび105gの牛肉相当量のエネルギーの節約になり、これだけの量の増体効果が期待できることになる。

以上のごとく暑熱時の送風は体重停滞の防止、増体に寄与し肉牛経営に有益な効果がある。

### 摘 要

この研究は開始時平均9カ月令、体重375kg、終了時10カ月令、体重420kgのホルスタイン種去勢牛6頭を用い呼吸数、心搏数、体温に対する気動の効果を調べるために計画した。研究は7、8月で気温が28℃以上の日に実施した。自然の空気またはパッドアン

ドファン方式による冷気を送風機により牛舎内の牛の背部から1mの高さに設置したビニール・フィルム管の送風口から牛の背部に送風した。本研究の送風は乾球温度および乾カタ冷却力と正相関、湿カタ冷却力と負相関があった。

心搏数とエネルギー消費の関係に基づき牛肉生産に対する送風効果の概算評価を行った。5時間の送風により去勢牛1頭(400kg)当り、28~32℃の環境では標準的肉質の牛肉60g中のカロリーに相当するエネルギーの節約になり、32℃~34℃の環境では牛肉105g中のカロリーに相当するエネルギーの節約になった。

## 謝 辞

本研究の実施に当り広島大学生物生産学部山本楨紀教授の助言を戴いた。また岡山大学医学部衛生学教室技官小河孝則氏および兵庫県三原農業改良普及所長平野平治氏の助力を戴いた。ここに記して各位に深謝の意を表す。

## 文 献

- 1) Prema Chandra, B.N., G. W. Pipes and C. W. Turner : Variation in the thyroxine-secretion rate of cattle. J. Dairy Sci. **41**, 1609-1615 (1958)
- 2) Johnson, H. D. and A. C. Ragsdale : Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. **709**, Environmental physiology and shelter engineering LIII. Temperature effects on thyroid I release rate of dairy calves (1960)
- 3) Johnson, H. D. and R. G. Yeck : Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. **865** : Environmental physiology and shelter engineering LXVIII. Age and temperature effects on TDN, water consumption and balance of dairy calf and heifers exposed to environmental temperatures of 35 to 95°F (1964)
- 4) Cobble, J. W. and H. A. Herman : Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. **485**, The influence of environmental temperature on composition of milk of dairy cow (1951)
- 5) Brody, S. : Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul., **423**, Environmental physiology with special reference to domestic animals. I. Physiological Backgrounds (1948)
- 6) Johnson, H. D. : Response of animals to heat, Meteorolog. Monogra. **28**, 109-122 (1965)
- 7) Kibler, H. H. and S. Brody : Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. **522**, Environmental physiology with special reference to domestic animals. XXVII. Influence of wind on heat exchange and body temperature regulation in Jersey, Holstein, Brown Swiss and Brahman cattle (1954)
- 8) 渡辺徹一 : 基礎環境衛生学. pp. 29-32. 朝倉書店, 東京 (1975)
- 9) Yamamoto, Sadaki : Estimation of heat Production from heart rate measurement of free living farm animals, JARQ **23** (2), 134-143 (1983)
- 10) 内藤元男・岡本正幹・上坂章次・西田周作・田先威和夫・西川義正・広瀬可恒・三村 耕 : 畜産学. pp. 76-78, 朝倉書店, 東京 (1965)