Influences of the Complex of Environmental Temperature, Relative Humidity and Air Velocity on the Body Temperature of Restrained Mice

Chuhei YAMAUCHI*, Hiroshi TAKAHASHI**
and
Takayasu TAKIZAWA***

**Institute of Laboratory Animal Sciences, Faculty of Medicine, Kagoshima University,
1208-1, Usuki, Kagoshima 890 **The National Institute for Environmental Studies,
Yatabe, Thukuba. Ibaraki, 300-21 ***National Institute of Animal Health, 1500, Josui-
honmachi, Kodaira, Tokyo, 187*

Effects of the complexes of environmental factors, such as ambient-temperature, relative humidity and air velocity, on the body temperature were investigated in restrained mice. Observations were carried out before and after 60 min-exposure to various triple combinations among environmental temperatures of 15, 25 and 35°C, relative humidities of 40, 65 and 90%, and air velocities of 0.2, 1.0 and 2.0 m/sec. The analysis of variance about the differences of body temperature revealed significant effects of the environmental temperature and the air velocity levels, while no significant effects were recognized of the relative humidity. Effects of the double factors, either the environmental temperature plus the relative humidity or the environmental temperature plus the air velocity, were significant at 5 or 1% level respectively. However, effects of the double factors the relative humidity plus the air velocity, as well as the triple factors were not significant. Under the environments consisted of triple factors, the environmental temperature of 20 and 25°C, the relative humidities of 40 and 70% and the air velocities of 0.1 and 0.5 m/sec, significant effects at 1% level were recognized only in the environmental temperature levels. In the relative humidity or the air velocity levels, and the double or triple factor levels, no significant effects were recognized. From the results obtained, the effective temperature (T_e) was indicated by the formula, $T_e = t + 100x - v\sqrt{38 - t}$, in which were given the environmental temperature in $t^\circ\text{C}$, the absolute humidity in $x\text{ kg/kg}$ and the air velocity in $v\text{ m/sec}$.

保定マウスの体温におよぼす環境温度 相対湿度および風速の複合影響

山内忠平*・高橋弘**・滝沢隆安***

*鹿児島大学医学部附属動物実験施設・**国立公害研究所環境生理学研究室

***農林省家畜衛生試験場疫学研究室

動物の体温に影響を与える環境因子として、温度、湿度、風速および日射量などがあるが、これらの要因は互に複合して体温に影響するものと思われる。しかし、従

来の報告は、単独の影響として個々に検討したものが多く、上記の環境要因の複合した影響の解析あるいは各要因の重みづけの検討を行った例は少い。また、実験動物

の飼育においても、閉鎖人工環境における温度、湿度、風速、その他の環境要因に対する制御目標値が示されているが、各要因相互間の関係は明かにされていない。

温度、湿度、風速の重みづけに関して、ヒトでは Yaglou [9, 10], 神山 [5] が実効温度あるいは体感温度の関係図または計算式を示している。家畜では Bianca [1] がウシで, Ingram [3] が子豚で, 山本ら [11,12] がめん羊とブタで, 三村ら [6] が乳牛で, 温度と湿度に重みづけした計算式を報告している。しかし、これらの計算式は、ヒトあるいは家畜の種類によって異なり、小動物に適用することはできない。

そこで、われわれはまず、保定マウスの体温に与える環境温度、相対湿度および風速の複合した影響について検討し、ついで、これら3要因の重みづけした実効温度の計算式について検討した。

材料および方法

マウス：22～24℃、50～70%の恒温恒湿環境で生産された9～10週令のJCL：ICR系の雄マウスを用いた。

実験の設計：つぎの2種類の実験を行った。

実験Ⅰ、3因子、各3水準、繰返し数6の繰返しのある三元配置法で行った。すなわち、要因およびそれらの水準として環境温度(以下温度)15, 25, 35℃(制御範囲±1℃)、相対湿度(以下湿度)40, 65, 90%(±5%)、風速0.2, 1.0, 2.0m/s(±0.1m/s)をとりあげ、それらを組み合せた27種の環境条件で、各6匹計162匹のマウスの体温を測定した。

実験Ⅱ、通常の実験動物飼育室でおこりうる環境条件

Table 1. Body temperature in mice exposed to various environments for sixty minutes, and the differences before and after exposure

Environment			No. of mice	Body temperature (°C)					
Env. temp. (°C)	Relative humidity (%)	Air velocity (m/sec)		Before		After		Difference	
				Mean	S.D.	Meen	S.D.	Mean	S.D.
15	40	{ 0.2	6	36.8	0.5	30.4	1.6	-6.40	1.37
		{ 1.0	6	36.9	1.2	27.9	2.6	-8.97	1.80
		{ 2.0	6	36.9	0.7	24.8	1.7	-12.08	1.19
	65	{ 0.2	6	36.9	0.6	30.1	1.4	-6.78	1.17
		{ 1.0	6	36.8	0.6	27.3	1.1	-9.47	0.68
		{ 2.0	6	36.5	0.6	24.8	1.7	-11.70	1.57
	90	{ 0.2	6	37.2	0.4	30.1	1.4	-7.05	1.58
		{ 1.0	6	36.5	0.6	27.7	1.3	-9.20	1.32
		{ 2.0	6	36.9	1.0	26.2	1.6	-10.73	1.50
25	40	{ 0.2	6	37.1	0.7	36.0	1.0	-1.08	0.62
		{ 1.0	6	36.5	0.2	33.7	0.5	-2.85	0.64
		{ 2.0	6	36.7	0.7	32.5	1.6	-4.15	1.16
	65	{ 0.2	6	38.1	0.5	36.2	0.3	-1.93	0.42
		{ 1.0	6	38.0	0.7	35.0	0.4	-2.93	0.42
		{ 2.0	6	36.6	0.4	34.0	1.2	-3.58	1.09
	90	{ 0.2	6	37.3	0.5	36.0	0.5	-1.33	0.40
		{ 1.0	6	36.6	0.5	32.7	0.7	-3.58	0.79
		{ 2.0	6	36.6	0.4	31.3	0.7	-5.35	0.52
35	40	{ 0.2	6	37.2	0.6	38.5	0.6	0.52	0.47
		{ 1.0	6	38.1	0.5	40.2	0.9	2.12	0.66
		{ 2.0	6	37.8	0.8	39.2	0.6	1.32	0.96
	65	{ 0.2	6	36.8	0.4	38.4	0.6	1.58	0.67
		{ 1.0	6	37.4	0.6	39.7	0.4	2.53	0.44
		{ 2.0	6	37.7	0.7	40.0	0.7	2.28	0.55
	90	{ 0.2	6	37.8	0.7	40.5	0.6	2.72	0.08
		{ 1.0	6	37.9	0.4	40.1	0.6	2.10	0.42
		{ 2.0	6	37.6	0.2	39.5	0.8	1.90	0.73

Table 2. Analysis of variance on the difference of body temperature in mice before and after exposure to various environments

Factor.	SS	DF	MS	FO
Temperature	3301.270	2	1650.635	1506.614 **
Humidity	0.638	2	0.319	0.291
Air velocity	167.027	2	83.514	76.227 **
Temp. & Humid.	15.946	4	3.987	3.639 *
Temp. & Air velocity	118.972	4	29.743	27.143 **
Humid. & Air velocity	7.415	4	1.854	1.692
Temp. & Humid. & Air velocity	16.836	8	2.105	1.921
Error	147.905	135	1.096	

*: $0.05 < P < 0.01$. ** $p > 0.01$

の範囲内で、3因子、各2水準、繰返し数10の繰返しのある三元配置法で行った。すなわち、温度20、25°C、湿度50、70%、風速0.2、0.5m/sをとりあげ、それらを組み合わせた8種の条件で、各10匹、計80匹のマウスの体温を測定した。

実験環境条件の作成：温・湿度条件はコイトロンで作出した。風速条件は、コイトロン内に27×27×68cmの風洞をおき、有圧換気扇の電圧をスライダックで調整して作出した。マウスは木製の保定台に背位に保定して風洞の中央におき、頭側から所定の風を与えた。

環境要因およびマウス体温の測定方法：温度と湿度は、気象庁検定の標準乾湿球温度計、横河電気KK製の温湿度検出器（HMT-11、11A型）および記録装置（ERB-6-30-203型）を用い、風洞の出口（保定マウスから約10cmはなれた部位）で測定した。風速は、日本科学工業KK製の24-3011型熱線式風速計を使用し、風洞内の保定マウスの胸部2cm上で測定した。マウスの体温は、日本光電工業KK製のサーミスター温度計を用い、感温部を直腸内2cmの深さに挿入し、暴露直前および暴露後60分間にわたり、10分間隔で測定した。

データとその解析：各環境条件に暴露直前と暴露後60分のマウス体温の差（以下体温変化度）を、環境条件がマウス体温に与える影響とみなし、解析用データとした。解析は分散分析法で行い、各要因単独の影響（主効果）および各要因の複合した影響（交互作用）について統計的な有意性の検定を行った。また、交互作用が有意な場合、各組み合わせ条件における体温変化度の平均値とその95%信頼限界を求めた。なお、本文中では省略したが、必要に応じてTukeyのq検定を行い、詳細な統計的判断を行った。

実効温度の計算式：実効温度（ T_e 、単位 deg）は、温度、湿度および風速に重みづけした空気の状態とみなされる。この実効温度の計算式のために行った温度、湿度および風速の重みづけは、各因子と体温変化度の関係

および各因子の物理学的関係を参照し、試行錯誤的に案出した。ただし、湿度は湿り空気線図を使用して相対湿度を絶対湿度に変換した。また、実効温度の適合度は、実効温度と体温変化度との間で、最小二乗法による回帰分析を行い、回帰線からの偏差が小さいものほど適合度がよいと判定した。

ノモグラム：実効温度の計算式の実用性を考慮し、図計算のためのノモグラムを作成した。

成 績

実験 I

Table 1 は、温度、湿度および風速を組み合わせた27種の環境条件に暴露前と暴露60分の体温および体温変化度の、マウス各6匹の平均値と標準偏差である。暴露前の平均体温の範囲は狭く、36.5～38.1°Cであるが、暴露後の範囲は拡がり、24.8～40.5°Cとなっている。

Table 2 は、体温変化度について解析してえた分散分析表である。分散分析から、体温変化度に与える各要因単独の影響、すなわち主効果は温度および風速が1%の危険率で有意であるが、湿度は有意でない。2つの要因が複合した影響、すなわち2要因の交互作用は、温度と湿度の交互作用が5%、温度と風速の交互作用が1%の危険率で有意であるが、湿度と風速の交互作用は有意でない。また、3つの要因が複合した影響、すなわち3要因の交互作用は有意でない。

Fig. 1 に、温度と湿度の複合条件における体温変化度の平均値とその95%信頼限界を示してある。温度15°Cにおける平均体温変化度は湿度条件による差は小さい。温度25°Cでは、湿度が高くなるにつれて負の値が大きくなる傾向を示すが、統計的有意差はみとめられない。温度35°Cでは、湿度が高くなるにつれて正の値が大きくなっている。

Fig. 2 に温度と風速の複合条件における体温変化度の

Fig. 1 The difference of body temperature in mice before and after exposure to various environments for 60 minutes

Marks : Level means and 95% confidence limits in the double factor levels with environmental temperature, and relative humidities

Fig. 2 The difference of body temperature in mice before and after exposure to various environments for 60 minutes

Marks : Level means and 95% confidence limits in the double factor levels with environmental temperature and air velocity

Table 3. Body temperature of mice exposed to various environments for thirty minutes, and the differences before and after exposure

Enviroument			No. of mice	Body temperature (°C)					
Env. temp. (°C)	Relative humidity (%)	Air velocity (m/s)		Before		After		Difference	
				Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
20	40	{ 0.1	10	35.1	0.9	30.0	1.5	-5.05	1.31
		{ 0.5	10	35.5	1.0	31.3	1.5	-4.20	1.51
		{ 0.1	10	35.6	0.5	30.1	1.3	-5.41	1.26
		{ 0.5	10	35.9	0.4	31.1	1.2	-4.88	0.92
25	40	{ 0.1	10	36.2	1.0	33.2	1.3	-2.95	1.02
		{ 0.5	10	37.0	0.6	34.6	1.2	-2.45	0.91
	70	{ 0.1	10	36.6	0.8	34.6	1.3	-1.94	1.04
		{ 0.5	10	37.1	0.9	34.1	1.5	-2.94	0.90

Table 4. Analysis of variance on the difference of body temperature in mice before and after exposure to various environments

Factor	SS	DF	MS	FO
Temperature	115.440	1	115.440	74.576 **
Humidity	0.946	1	0.946	0.611
Velocity	0.351	1	0.351	0.227
Temp & Humid.	4.560	1	4.560	2.946
Temp. & Velo.	2.926	1	2.926	1.890
Humid. & Velo.	5.886	1	5.886	3.803
Temp. & Humid. & Velo.	0.861	1	0.861	0.556
Error	111.453	72	1.548	0.556

** : P>0.01

Table 5. Effective temperature in weighting for environmental temperature, relative humidity and air velocity

Environmental temperature (°C)	Relative humidity (%)	Air velocity (n/sec)	Effective temperature : Te ※
15	40	0.2	14.5
		1.0	10.6
		2.0	5.8
	65	0.2	14.7
		1.5	10.9
	90	0.2	15.0
		1.0	11.2
		2.0	6.4
25	40	0.2	25.1
		1.0	22.2
		2.0	18.6
	65	0.2	25.4
		1.0	22.5
		2.0	18.9
	90	0.2	26.1
		1.0	23.2
		2.0	19.6
35	40	0.2	36.4
		1.0	34.7
		2.0	33.8
	65	0.2	36.7
		1.0	35.5
		2.0	33.8
	90	0.2	37.9
		1.0	36.6
		2.0	34.8

※ $Te = t + 100x - v\sqrt{38-t}$, x : Absolute humidity (kg/kg)

平均値とその95%信頼限界を示してある。温度 15°C における平均体温変化度は、風速が大きくなるにしたがって負の値が急速に大きくなり、著しい差がみとめられた。温度 25°C では、風速の強さとともに負の値が大きくなるが、その傾向は温度 15°C のときほど著しくない。温度 35°C では、温度 15°C および 25°C のときと異なり、風速条件による差は小さい。

実験Ⅱ

Table 3 は、温度、湿度および風速を組み合わせた通常の実験動物飼育室で起こりうる 8 種の環境条件における暴露前と暴露後 60 分の体温および体温変化度の、マウス各 10 匹の平均値と標準偏差である。暴露前の平均体温の範囲は狭く、35.1~37.1°C であるが、暴露後の範囲は拡がり、30.0~34.6°C となっている。しかし、実

験Ⅱで設定した環境条件の範囲は実験Ⅰより小さく、実験Ⅱにおける暴露後の平均体温の拡がりも実験Ⅰより小さい。

Table 4 は体温変化度について解析してえた分散分析表である。分散分析表から、温度単独の影響だけが、1%の危険率で統計的に有意であり、他の主効果および交互作用はいずれも有意でない。

Fig. 3 に、温度、湿度および風速それぞれ単独の条件下における体温変化度の平均値とその95%信頼限界を示してある。平均体温変化度は 20°C で -4.97°C、25°C で -2.57°C で、温度差によって有意差がみとめられた。湿度差および風速差による平均体温変化度の差はほとんどみとめられない。

Fig. 3 The difference of body temperature in mice before and after exposure to various environments for 60 minutes

Marks : Level means and 95% confidence limits on the environmental temperature, relative humidity and air velocity levels

実効温度

体温変化度に与える環境要因の影響は、実験 I および II の成績からつぎのような傾向がみとめられる。すなわち、温度の影響は大きく、湿度の影響は低温ではないが高温であり、風速の影響は低温で強く高温で弱い。そこで、この傾向を参考とし、実験 I の成績を使用して試行錯誤的に実効温度の計算式を求めた。その結果、適合度の高い計算式として、つぎの計算式をえた。

$$Te = t + 100x - v \sqrt{38 - t}$$

ただし、実効温度が Te 、環境温度が $t^{\circ}\text{C}$ 、絶対湿度が $x \text{ kg/kg}$ 、風速が $v \text{ m/s}$ である。

Table 5 は、上記の計算式から実験 I で設定した 27 種の環境条件における実効温度を算出したものである。表から明かなように、計算式の係数はつぎのように工夫されている。すなわち、湿度の重みづけは低温で弱く高温で強く、風速の重みづけは低温で強く高温で弱い。

Fig. 4 は、実験 I と II で設定した環境条件において、計算式から求めた実効温度と、実験からえられた平均体温変化度の関係を図示したものである。明かに線給関係があり、その相関係数は $+0.987$ である。

上記の実効温度の計算式は簡単であるが、その実用性を高めるために、Fig. 5 のようなノモグラムを作成した。この図は、左側から風速の目盛り v 尺、温度目盛り t 尺、交点作成に用いる A 尺、実効温度の目盛り Te および絶対湿度の目盛り x 尺の 5 つの線からなる。実効温度を求めるときは、まず、測定した風速と温度の数値をそれぞれ v 尺上と t 尺上に印し、この两点を結んだ延長線と A 尺上の交点を a とする。つぎに、 x 尺上の絶対湿度の点（温度と湿度から求めた絶対湿度 $x \text{ kg/kg}$ ）と A 尺上の a とを結ぶと、 Te 尺に交点ができる。この交点がある実効温度である。さらに、温度 25°C 、湿度 65% （このときの絶対湿度は 0.011 kg/kg ）、風速 1 m/s

Fig. 4 Correlation between the effective temperature and the difference of body temperature in mice before and after exposure to various environments for sixty minutes

- The first experiments
- The second experiments
- ** $P > 0.01$

Fig. 5 The nomogram for effective temperature
Direction for use :

- (1) Make a point (a) on the A line which are decided from an certain air velocity($v \text{ m/s}$)

- on the v line and an certain environmental temperature ($t^{\circ}\text{C}$) on the t line.
- (2) Connect a point (a) and an certain absolute humidity (x kg/kg) on the x line which are calculated from environmental temperature and relative humidity.
 - (3) An effective temperature correspond to an intersecting point on the Te line.

s のときの実効温度を Fig. 5 から求めると Te 尺上の交点は 22.5 となる。この値は、計算式から求めた実効温度 22.49 とよく一致している。

考 察

菅野ら [7], Yamauchi ら [13] は、環境温度が保定マウスの体温に影響することを報告している。また、山内ら [14] は、 30°C 以上の環境では湿度の上昇とともに体温が上昇する傾向のあることを報告し、石原ら [4] はマウスのアナフィラキシーショックによる死亡率が 30°C 以上の高温で、しかも湿度の高い環境で増加することを報告した。また、Flynn [2] は、 25°C 以下で相対湿度が 40% 以下の場合、ラットの ring tail が多発することを報告している。さらに、高橋ら [8] は、風速が保定マウスの体温、心拍数および呼吸数に影響することを報告し、温度と風速の複合条件の影響についても論及している。これらの報告はいずれも実験用小動物の生理的状态とくに体温に対して、温度、湿度、風速などの複合条件の影響を考慮しなければならないことを示唆している。しかし、いずれの報告も、複合条件の影響を詳細に解析したものとはいえない。

著者らは、今回、保定マウスの体温を指標とし、温度、湿度および風速の複合条件の影響を詳細に解析することを試みた。その結果、マウスの飼育にほぼ良好な条件を想定した実験Ⅱすなわち各要因の水準差の小さい実験では、温度要因のみが体温に影響を与えた。これに対し、各要因の水準差が大きい実験Ⅰでは、温度要因単独の主効果、温度と湿度の交互作用、温度と風速の交互作用が統計的に有意であり、複合条件によりマウスの体温変化度が大きく異なっていた。したがって、マウスの生理的状态とくに体温は、温度、湿度および風速の複合条件の影響を強くうけることが明かとなった。

環境要因の複合条件を実効温度あるいは体感温度として表現する試みがいくつか報告されている。すなわち、Yaglou [9, 10] は温度、湿度、風速からヒトの実効温度を求める図表を示している。神山 [5] は、室内の乾球温度 (T_d) および湿球温度 (T_w) と人の体感温度 (T_f) との関係を、 $T_f = 6.12 + 0.29T_d + 0.42T_w$ の式で示している。さらに、家畜では、乾球温度 (DBT) と湿球

温度 (WBT) の重みづけをして、Bianca [1] はウシの直腸温を指標として、 $0.35\text{DBT} + 0.65\text{WBT}$ とし、Ingram [3] は子豚の直腸温を指標として、 $0.65\text{DBT} + 0.35\text{WBT}$ とし、山本ら [11] はめん羊の呼吸数を指標として $0.1\text{DBT} + 0.9\text{WBT}$ として示している。また、三村ら [6] は乳牛の呼吸数を指標として、 $0.35\text{DBT} + 0.65\text{WBT}$ とし、山本ら [12] はブタの呼吸数を指標として $0.6\text{DBT} + 0.4\text{WBT}$ として示している。これらの式は、いずれも湿度が 100%、風速が 0 m/s のときの温度を標準として作成したものであり、ヒトおよび家畜の種類により、乾球温度と湿球温度の重みづけの係数が異なっている。

著者らが考案した実効温度の計算式は、湿度が 0%、風速が 0 m/s のときの環境温度を標準にしたものである。また、湿度および風速の重みづけは、試行錯誤的に行いながら、体温変化度と実効温度との間の回帰直線からの偏差二乗和が小さくなるように工夫したものである。湿度の重みづけは、絶対湿度 (x) の 100 倍を環境温度 (t) に加えることにより高温高湿の影響を表現し、風速の重みづけはマウスの平常体温 (38°C) と環境温度 (t) との差の平方根に風速 (v) を乗じた値を差引くことにより、低温における風速の影響を表現させたものである。このようにして求めた実効温度 (Te) とマウスの体温変化度とは有意な相関がある。したがって、この実効温度は、温度、湿度および風速の複合環境を 1 つの数値として評価するのに役立つものと考えられる。なお、実効温度の計算を容易にするためにノモグラムを作成したが、この使用法は簡単であり、精度も実用上十分と考えられる。

要 約

保定マウスの体温におよぼす環境温度、相対湿度および風速の複合影響を検討し、これらの要因に重みづけをした実効温度の計算式を作成した。

実験Ⅰでは、温度 15, 25, 35°C 、湿度 40, 65, 90%、風速 0.2, 1, 2 m/s を組合わせた 27 種の人工環境にマウスを 60 分間暴露し、暴露前後の体温変化度について分散分析を行った。その結果、温度および風速単独の影響は統計的に有意であったが、湿度単独の影響は有意でなかった。2 要因の複合した影響は、温度と湿度が 5% の危険率で、温度と風速が 1% の危険率で有意であった。しかし、湿度と風速の組み合わせ、温度、湿度、風速の 3 要因の複合した影響は有意でなかった。

実験Ⅱでは、温度 20, 25°C 、湿度 40, 70%、風速 0.1, 0.5 m/s を組合わせた 8 種の人工環境に 60 分間暴露した。体温変化度について分散分析を行った結果、温度単

独の影響だけが有意であった。

温度 ($t^{\circ}\text{C}$), 湿度 (相対湿度を絶対湿度に変換した $x \text{ kg/kg}$), 風速 ($v \text{ m/s}$) に次式のような重みづけをした実効温度 (Te) と体温変化度との間に直線関係が認められた。

$$Te = t + 100x - v\sqrt{38 - t}$$

また、実効温度を図で求めるためのノモグラムを作成した。

この研究は、昭和46～48年度文部省科学研究費、特定研究(1)生物環境制御に関する研究の“実験動物の環境制御に関する研究”の一部として、(財)実験動物中央研究所において実施したものである。終始、御指導御鞭撻戴いた、日本実験動物研究会田嶋嘉雄理事長および実験動物中央研究所野村達次所長に篤く御礼申し上げる。また、本研究に協力された平山三船、今井都泰両氏に感謝する。

文 献

- [1] Bianca, W.: Relative importance of dry- and wet-bulb temperature in causing heat stress in cattle. *Nature* No. 4838, 251-252, (1962).
- [2] Flynn, R. J.: Studies on the etiology of ringtail of rats. *Proc. Animal Care Panel*, 9, 155-160, (1959).
- [3] Ingram, D. L.: The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in the young pig. *Res. Vet. Sci.*, 6, 9-17, (1965).
- [4] 石原丈之・高橋 弘・山内忠平: 環境温度、湿度の Anaphylactic shock におよぼす影響。日本実験動物研究会、第3回研究発表会抄録集, 71, (1968).
- [5] 神山恵三: 身体を通じての熱収支——快適な気象条件——日本生気象学会編, 生気象学 pp. 333~371, 紀伊国屋書店, 東京 (1968).
- [6] 三村 耕・山本禎紀・伊藤敏男・佳田正彦・新谷勝弘・藤井宏融: 家畜の体感温度に関する研究, (1)乳牛の体感温度。日畜会報, 42, 493-500, (1971).
- [7] 菅野 茂・野村晋一: 実験用小動物の生理に関する研究, VIウマスの生理諸元に及ぼす環境温度の影響, 日獣誌, 25, 附 423-424, (1963).
- [8] 高橋 弘・田中智久・山内忠平・野村達次: マウスの心拍数・呼吸数・体温におよぼす風速の影響。日本畜産学会第57回大会講演要旨, 9, (1969).
- [9] Yaglou, C. P.: The comfort zone for men at rest and stripped to the waist. *J. Ind. Hyg.*, 9, 251-263, (1927).
- [10] Yaglou, C. P.: Temperature, humidity and air movement in industries: the effective temperature index. *J. Ind. Hyg.*, 9, 297-309, (1927).
- [11] 山本禎紀・山岸規昭・津田恒之: めん羊の呼吸数におよぼす乾球温度と湿球温度の影響。日畜会報, 38, 299-303, (1967).
- [12] 山本禎紀・所 和暢・富島信行・伊藤敏男・三村耕: 家畜の体感温度に関する研究(II)豚の体感温度、とくに育成豚の生理反応に及ぼす温・湿度の影響, 日畜会報, 42, 609-616, (1971).
- [13] Yamauchi, C., Takahashi, H and Nomura, T.: Influence of environmental temperature on circulatory and respiratory functions in the laboratory mouse. *Fed. Proc.*, 25, 1310-1311, (1966).
- [14] 山内忠平・高橋 弘・石原丈之: マウスの生理機能におよぼす温度と湿度の影響。日本畜産学会第55回大会講演要旨, 109, (1968).