

日本ウズラの高, 低温度環境下での生存時間に 関する遺伝変異について

三枝 雅・河本泰生・猪 貴義
(家畜育種学研究室)

Received June 25, 1976

Genetic Variation of Survival Time of Japanese Quail under High and Low Ambient Temperatures

Tadashi SAEGUSA, Yasuo KAWAMOTO and Takayoshi INO
(*Laboratory of Animal Genetics and Breeding*)

The main objective of this study was to obtain further information concerning the inheritance of heat and cold tolerance in Japanese quails and the feasibility of selection for this trait.

Japanese quail chicks were exposed to high (42°, 45° and 48°C) and low (3°, 0°, -3° and -5°C) temperatures. Survival time and rectal temperature were investigated at 2, 3, 4, 5 and 6 weeks of age.

Heritabilities were estimated by sib-analysis for survival time of 4 and 2-weeks chicks under ambient temperatures at 45° and -5°C.

The results obtained were as follows :

- 1) It was indicated that the survival time was shortened as the temperature went up higher under the high ambient temperatures, and as the temperature went down lower under the low ambient temperatures.
- 2) Significant difference for survival times was obtained between weeks of age at each environmental temperature ($P < 0.01$).
- 3) The lethal body temperature (rectal temperature) seemed to be 46.6°C at high ambient temperatures and 19.0°C at low ambient temperatures.
- 4) Significant correlation was obtained between survival time and body weight at low ambient temperatures ($P < 0.01$).
- 5) Heritability estimates for survival time were 0.415, 0.350 and 0.382 for sire, dam and combined components at high ambient temperature.
- 6) Heritability estimates for survival time were 0.868, 0.400 and 0.634 for sire, dam and combined components at low ambient temperature.
- 7) Therefore, it may be suggested that the selection for survival time under high and low environment temperatures had better be the within-family selection.

結 言

家畜・家禽にとって環境は、経済的生産能力発現の場としてのみでなく、遺伝育種の選抜の場としての重要な役割り、意義を持っている。そして、従来から多くの研究者により、飼料条件だけでなく温度環境条件に関して家禽、特に鶏において、その生産能力、成長及び生理的諸形質に関する研究が数多くなされている。体温調節機能の発達については、岡本・中西ら⁹⁾は鶏を用い、WECKSTEIN & ZOLMAN et al¹³⁾は Bobwhite Quail を用いての研究がある。また、LEE et al⁷⁾、岡本ら¹⁰⁾は高温に対する体温反応の臨界と限界について、ま

た、MORENG & SHEFFNER⁹⁾ は160°F という高温下での致死体温の日令別比較を行ない、日令を問わず致死体温はほぼ一致するが日令が進むと生存時間が長くなることを述べている。低温に対する耐性について、MORENG & SHEFFNER⁹⁾ は20日令までのヒナについて、-10°C で飼育した場合の50%死亡率について検討した結果、日令と共に死亡率はほぼ直線的に伸び、さらに、致死体温はいずれの日令でもほぼ同じであることを明らかにした。温度適応と遺伝性との関係とりわけ高温環境と遺伝性との関係においては、古く HUTT et al.⁵⁾ が衝撃的高温処理試験によって鶏の生存性に関して品種間差のあることを明らかにし、それが遺伝的支配を受けていると報告して以来注目された。YEATES et al.¹⁷⁾, LEE et al.⁷⁾, KHEIRELDIN & SHAFFNER⁶⁾, WILSON et al.¹⁴⁾ が高温条件に対するヒナの反応のし方に品種間差や家系間差のあることを報告している。特に WILSON et al.¹⁴⁾ は白色レグホンで $40.83 \pm 0.28^\circ\text{C}$ の高温条件にさらした場合の生存時間に関してかなり高い遺伝率を推定した。しかし、耐温性あるいは、温度適応性に関して選抜を考慮した研究は数少なく、WILSON et al.¹⁵⁾ の鶏での生存時間、繁殖能力などの調査、検討、CHAHLIL³⁾ のウズラを用い高低温度条件下での体重に対する直接選抜と選抜の効果に関する研究などがあるにすぎない。一方、低温条件での研究は BROWN²⁾ の一定時間低温にさらした場合の七面鳥の副腎皮質反応の高・低に対して選抜し、その結果として環境適応性に变化がみられたという報告がある。

本実験は耐温性に関する家禽の選抜育種並びに選抜育種の場の設定に関して、基礎的資料を得る目的で、既に WILSON et al.¹⁶⁾ によって鶏の実験動物用としてその有用性が明らかにされている日本ウズラ *Coturnix Coturnix Japonica* を用いて、異なる週令で高低温度環境にさらした場合、ウズラの生存性におよぼす効果、生存性と体温変化について調査し、さらに、生存時間について遺伝変異の大きさを検討し、遺伝率を推定し、選抜の可能性を検討した。

材 料 と 方 法

材料は当教室で無作為交配によって得た日本ウズラ、計820羽である。孵化直後ヒナは $34 \pm 2^\circ\text{C}$ に調節した24時間点灯の育雛器に移し、2週令より育雛温度を下げ、4週令で $27 \pm 2^\circ\text{C}$ になる様に調節し、以後、室温で飼育した。飼料は孵化直後より18%蛋白質含量の市販ウズラ産卵用を水と共に充分与えた。飼育密度は80~100羽/ m^2 であった。なお、高低温に対する生存性には、飼料摂取、飲水量等が大きく影響すると考えられるので、高低温の直接の影響をみるためには、できるだけこれらの条件を除かねばならない。そこで上述の条件で飼育しているヒナは、高低温感作に供する少なくとも1時間前に飼料給与を中止し、高低温感作中も飼料と水は一切与えなかった。

1 生存時間

高温環境下での生存時間の調査には、上述の条件で飼育した日本ウズラ、2, 3, 4, 5, 6週令ヒナ各々60, 60, 50, 60, 40羽を供試した。温度条件として、育雛器の温度を42, 45, 48°C 対照区として25°C の計4区を設けた。育雛器内の温度勾配をできるだけ小さくするために器内の各フロアに43cm×45cmの金網ワクを作り、その中に各々20羽づつ収容した。収容密度は1羽当り約100 cm^2 である。低温環境下での生存時間の調査には、2週令ヒナ60羽を用いた。なお、3, 4, 5, 6週令ヒナにおいても調査したが、3週令以後、週令が進むと生存時間が数時間にもおよび断餌、断水の影響が含まれることになり結果からはこれらのデータを除いた。温度条件としてショーケースを用い、-5, -3, 0, 3°C と対照区として25°C の計5区を設けた。ショーケースの中に7cm×15cmの木箱を作り、その

中に各々1羽づつ収容した。なお、高低温度条件にヒナをさらす前に体重を測定し、実験開始後は、外から生死を確認し、生存時間を分単位で測った。

2 体温測定

体温測定は高温条件の場合、上記で飼育した3週令ヒナ45羽、4週令ヒナ45羽を用い、低温の場合は、4週令ヒナ10羽を用いた。そして、温度条件は、45、48、0、 -3°C と対照区として 25°C の計5区を設け、高温条件にさらす場合は上述の育雛器内の金網ワク中に5羽を、低温条件の場合はショーケースの木箱の中に収容した。10分間隔で Thermistor (宝工業製 Type SpD-1D) を用いて直腸温度を測定した。

3 遺伝率、遺伝相関の推定

生存時間の遺伝率の推定と生存時間と体重との間の遺伝相関の推定の調査には1♂に対して3♀の交配より得た4週令ヒナ196羽と2週令ヒナ103羽を用いた。なお、高温区として 45°C 、低温区として -5°C の条件を設定した。統計処理は、スネデカーの方法¹¹⁾に従い、分散分析で遺伝率を、分散分析、共分散分析で遺伝相関を算出した。

結 果

1 生存時間について

表1は高温での、表2は低温での、各週令、各温度条件下でのヒナの生存時間と標準偏差及びその変動係数を示したものであり、図1、2は時間の経過に伴う、その生存率を示したものである。表1に明らかな様に高温下では、各温度区内でヒナの生存時間はすべての

Table 1. Survival time of Japanese quails at various ages under high ambient temperature

Age (wks)	Survival time (min.)		
	48°C	45°C	42°C
2	23.50±4.89 (20.81)	60.50±18.14 (28.57)	86.00±23.49 (27.30)
3	28.30±4.11 (14.52)	77.60±10.87 (22.84)	70.55±17.05 (24.23)
4	32.75±5.25 (16.03)	72.50±43.60 (60.14)	102.20±10.32 (10.10)
5	16.80±4.24 (25.24)	39.05±10.48 (26.84)	69.95±18.61 (26.59)
6	27.95±8.51 (30.45)	27.50±9.05 (32.91)	

Mean±SD, (): CV

週令間で有意な差が認められた。特に4週令ヒナがどの温度区においても生存時間が最も長く、これより若い週令、あるいはより進んだ週令では生存時間が短くなった。また、各週令内では、6週令ヒナの 45°C と 48°C との区間以外のすべての区間で1%レベルで有意差が認められ、温度が上昇すると生存時間が短くなった。生存率をみると、図1に示す様に、平均生存時間の最も長い4週令ヒナの生存率は曝露時間の経過につれてゆるやかな勾配で低下した。しかし、3、5、6週令では急勾配となり、特に6週令の場合は温度間差もなくなった。また、環境温度が高くなるほど生存率は急勾配に低下した。50%生存率を示すに至る時間は42、45、 48°C の順に3週令で70、40、30分、4週令で100、45、30分、5週令で70、40、15分、6週令でいずれの場合も20分であった。なお、 45°C における生存時間の変動が最も大きく、その中でも特に4週令ヒナでの変動係数が60%と最も大きかった。表2に示した低

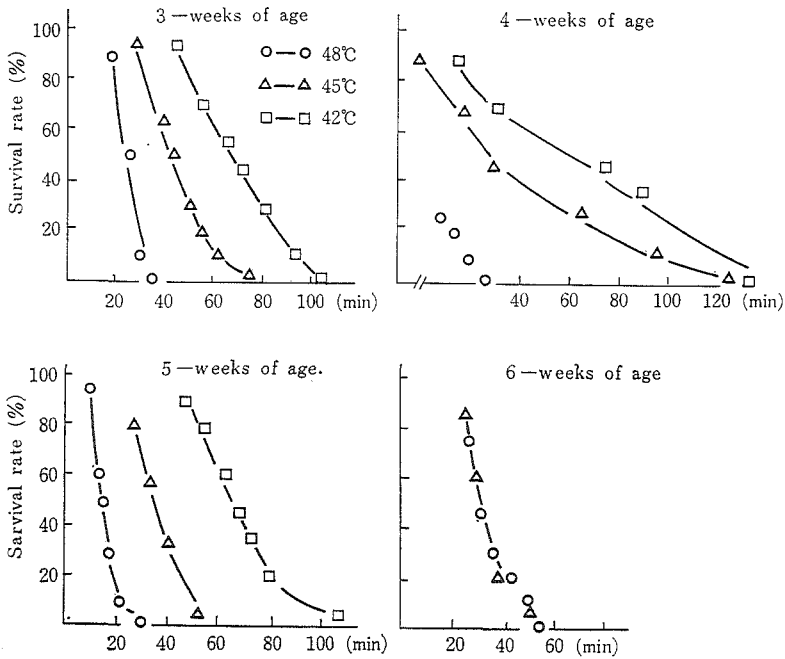


Fig. 1. Survival rate of Japanese quails at various age under different temperature.

温条件では、温度が低くなると、生存時間が短くなる傾向を示したが、 -3°C と 0°C との区間以外のすべての区間に1%レベルで有意差が認められた。なお、表には示していないが、3、4、5及び6週令ヒナになると生存時間が数時間にもおよびその場合には、温度以外の

Table 2. Survival time of Japanese quails at 2-weeks of age under low ambient temperature

Age (wks)	Survival time (min)			
	-5°C	-3°C	0°C	3°C
2	36.82 ± 14.26 (38.70)	60.80 ± 17.33 (28.50)	55.70 ± 12.81 (22.99)	94.95 ± 37.33 (39.31)

Mean \pm SD, () : CV

要因も加わることになり本研究の目的にはそぐわないので結果からは削除した。図2にある様に生存率は2週令ヒナのみ調査した。環境温度が低下すると生存率は急勾配で下降した。50%の生存率を示す曝露時間は -5 、 -3 、 0 、 3°C の順に40、60、60、90分であった。

2 生存時間と体重との間の関係

表3は各週令、各温度区での生存時間と体重との間の相関係数及び回帰係数を示し

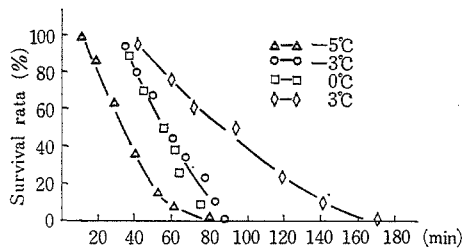


Fig. 2. Survival rate of Japanese quails at 2-weeks of age under low ambient temperatures.

たものである、表より明らかな様に、高温区では、どの週令でも相関係数は小さく有意な回帰は認められなかったが、逆に、低温度区では、0.57~0.79と非常に大きく、有意($P<0.01$)な回帰を示した。

Table 3. Relation between survival time and body weight at various ages under different temperatures.

Age (wks)	Temperature treatment (°C)	NO.	Correlation coefficient	Regression coefficient
2	-5	103	0.79*	2.84±0.2191*
2	-3	20	0.67*	3.81±0.9975*
2	0	20	0.73*	2.45±0.5374*
2	3	20	0.57*	5.20±1.7463*
4	45	196	-0.03	-0.05±0.1221
5	42	20	-0.21	-0.57±0.6118
5	45	20	0.15	0.18±0.0085
5	48	20	0.02	0.02±0.0375

* $P<0.01$

3 体 温

高、低温度条件下でヒナが長時間生存できなくなることについて、体温調節が維持できなくなること、つまり衝撃的な環境温度のため、生体の恒常性がくずれることによると考えられる。そこで、体温維持と死との関連において直腸温度変化を調査した。各週令と各温度条件下での直腸温度の推移は、図3、4に示す通りである。高温度条件下でのヒナの致死体温は温度条件をとわず、ヒナの令をとわず、ほぼ同じで46.6°C、低温度条件においても、温度条件をとわず19.0°Cを示した。しかし、図3、4に明らかな様に、高、低温度条件にさらしたあと致死に至るまでのヒナの体温変化の型に違いがみられた。比較的早く死に至るヒナはほとんど体温を維持することができず時間の経過と共にほぼ直線的に体温が上昇し致死体温に達したのに対し、長く生存しているヒナは、体温が45°C前後に上昇したあと、ある程度そ

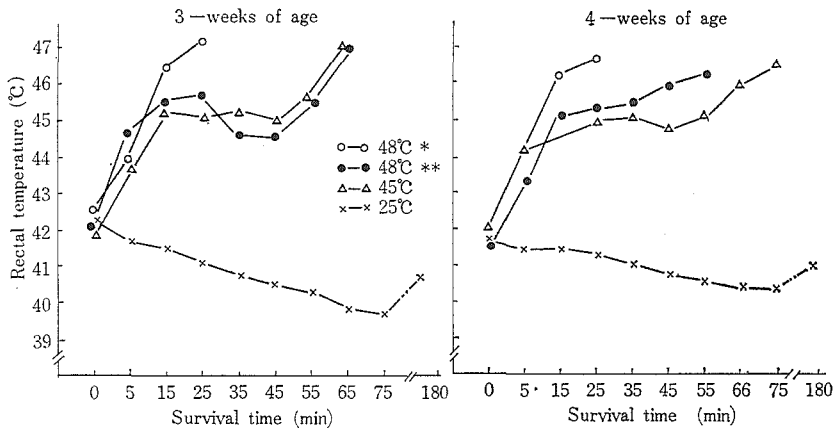


Fig. 3. Body temperature of Japanese quails at 3 and 4-weeks of age under high ambient temperature.

* : Earlier died groups at 48°C.

** : Longer survived groups at 48°C.

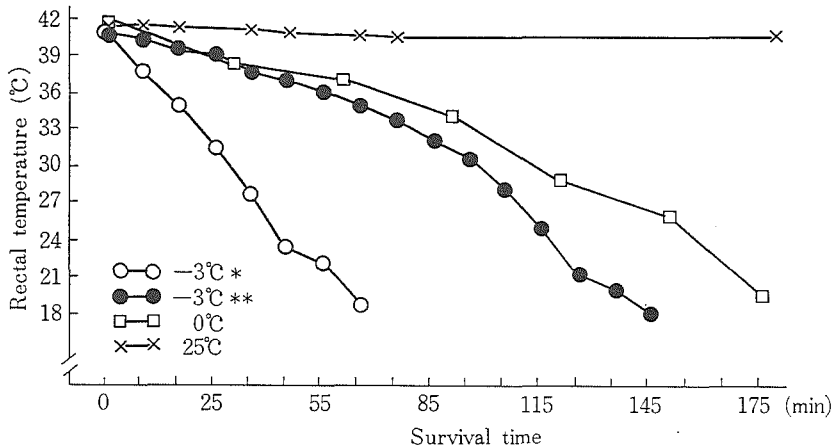


Fig. 4. Body temperature of Japanese quails at 4-weeks of age under low temperature.

* : Earlier died groups at -3°C .

** : Longer survived groups at -3°C .

のまま体温を維持し、その後、体温調節が限度にきて体温が急激に増加し、死に至る傾向を示した。

4 生存時間に対する遺伝率の推定

飼料摂取量、飲水量等の影響が含まれない形で、衝撃的な温度条件下での生存性を比較する場合、特にその遺伝変異をとらえる場合には、生存時間が長くなりすぎても、断餌、断水の影響が生存時間に現れ、短かすぎる場合には、その変異の大きさが問題となり、遺伝変異を十分とらえることができないかも知れない。これまでの結果から考えて、生存時間の変異を考慮した場合、高、低温度環境における生存能力に関する選抜の可能性を検討するために生存時間に対する遺伝変異の大きさをみるには、高温条件に対しては、 45°C 区の 4 週令ヒナ、低温条件に対しては、 -5°C 区の 2 週令ヒナを用いるのが有効であろうと考えた。そこで、これらの条件下で遺伝率を推定した。結果は、表 4、5 に示す通りである。表 4 に示した様に高温での遺伝率は、 $h_s^2=0.415$ 、 $h_p^2=0.350$ 、 $h_{s+p}^2=0.382$ であり比較的高い推定値

Table 4. Heritability estimates of survival time at 4-weeks of age, heat stressed at 45°C .

Component	Heritability
Sires	0.4145
Dams	0.3495
Combined	0.3820

Table 5. Heritability estimates of survival time at 2-weeks of age, cold stressed at -5°C .

Component	Heritability
Sires	0.8681
Dams	0.4000
Combined	0.6340

が得られた。一方、低温の場合でも、 $h_s^2=0.868$, $h_p^2=0.400$, $h_{s+p}^2=0.634$ と非常に高い値が推定された。次に、この両条件下での生存時間と体重との遺伝的な関係を検討するために、遺伝相関、表型相関を推定した。高温区では、遺伝相関は負の低い値が推定されたのに対し低温区では、きわめて高い値が推定された。

考 察

1 生存時間について

暑熱的条件下での実験で鶏の耐性に対して Fox⁴⁾ は飲水量が関係することを指摘し、また寒冷条件下での実験においては、古くから飼料摂取量が増すと報告されている。従ってこれらの要因は体温維持などに密接に関連していると考えられる。本実験では、そういった温度条件以外の要因をできるかぎり除外し、高、低温度条件に対するウズラの耐性と、その遺伝性を明らかにする為に、衝撃的な温度にさらし、できるだけ短時間で処理できる様に計画した。

高温度条件の場合においての MORENG & SHEFFNER⁸⁾ らの報告では、極高温、160°F のヒナの生存時間は3週令までは10~13分とかなり短い、発育令が進むにつれて生存時間は長くなっている。本実験ではいずれの温度条件下においても4週令ヒナが最も長く生存し、ヒナの令の進行と共に生存時間の長くなる傾向はみられず、むしろ4週令を除き短くなる傾向がみられた。この場合、ヒナが曝露された温度の極端な違いによるものと考えられるが、本実験でのこの特徴的なことは、ウズラでの4週令という令が高温環境に対して特別な適応能力を持つものかどうか、非常に興味深いことであり、現在、その原因については明らかでないが、今後、検討する必要があると考える。また、生存時間の変動が最も大きいのは45°Cであり、環境以外の他の条件を考慮せずに生存時間の遺伝変異をとらえるには、4週令ヒナの45°Cでの条件が適当と考えられる。低温度条件の場合においては、WECKSTEIN & ZOLMAN¹³⁾ はブロイラーヒナの体温調節機能が日令と関係していると述べ、BORCHELT & RINGER¹⁾ は Bobwhite Quail の体温調節機能の発達について、30日令までに体温を維持する能力が確立されるとしている。本実験では、高温条件の場合には、単純に体温調節機能の発達と関係しているとはいえなかった。しかし、低温条件の場合には、日令が進むにつれて生存時間が急速に長くなるのは、体温調節が令と共に確立されるということを示していると考えられる。MORENG & SHEFFNER⁸⁾ が-10°Cという極低温下で20日令までのヒナの生存時間をLD50を指標として日令別にみると、日令の進むに従って生存時間がほぼ直線的に長くなると述べていることもそれを裏づけていると考えられる。また、-5°Cでの変動が大きく、生存時間についての遺伝変異をとらえるには2週令ヒナの-5°Cでの条件が適当と考えられる。

2 体重と生存時間との関係

低温度条件ではどの温度条件とも、体重と生存時間との間に非常に高い正の相関がみられたが、高温度条件では逆に、非常に低い負の値を示した。このことは耐寒性と耐暑性との間には生理的に異った要因が作用していると考えられる。さらに、生理的な面から検討される必要がある様に考えられる。また、低温度条件に対する生存性には体重の影響が大きいことから体重大の方向に選抜することによって、その相関反応として、低温環境に対して抵抗性の高いものが育種されることを示唆していると考えられる。また、低温条件の場合には、生存時間は体重の修正を考慮する必要が考えられた。

3 体温について

致死体温は、ヒナの週令にかかわらずなく、高温で46.6°C、低温では19.0°Cを示した。これは鶏での実験処理における RANDALL & HIESTAND, MORENG & SHAFFNER⁹⁾らの示した、高温での47°C前後、低温での19°C前後とほぼ一致し、ウズラと鶏においては、ほとんど差がないと推定される。また、比較的早く死に至るものと、そうでないものとを比較すると明らかな様に、その変化の型の違いは、体温維持のホメオスタシスに関係する能力に直接つながるものと考えられ、高温での耐性の限界体温は45°C前後と推定される。また、対照区の体温が徐々に下がる傾向にあるのは、10分間隔で直腸にサーミスターをさし込むことによるストレスの影響と考えられる。

4 生存時間に対する遺伝率の推定

耐温性における選抜を考慮するため、生と死との区別という最も基本的なものとして、生存時間を指標とした。そして、上述の結果より、高温の場合、4週令ヒナ45°C、低温の場合、2週令ヒナ-5°Cにおける変動のうち遺伝変異の大きさを見るための遺伝率を推定した。高、低温度区共、遺伝率は比較的高く、高温条件では、1966年に WILSON et al.¹⁰⁾が白色レグホンをを用いて、40.83°Cの条件で推定した $h_s^2=0.44$, $h_D^2=0.47$, $h_{s+D}^2=0.45$ とほぼ同様な結果を得た。このことは選抜方法としては、家系内個体選抜が有効であると考えられる。

摘 要

本研究は日本ウズラの耐温性に関する選抜育種並びに選抜育種の場の設定について検討しその具体的資料を得る目的で行なった。

すなわち、日本ウズラを用いて、2, 3, 4, 5, 6週令ヒナの42, 45, 48°C および3, 0, -3, -5°C 条件下での生存時間の調査と体温を調査した。また、4, 2週令ヒナをそれぞれ45, -5°Cの温度条件下に曝らした時の生存時間に関する遺伝率の推定、並びに、体重との遺伝相関を推定し検討した。

得られた結果は以下の通りである。

- 1) ヒナはどの週令においても高温条件では温度が上昇するにつれて、また、低温条件では温度が低くなるにつれて生存時間は短くなる傾向を示した。
- 2) 平均生存時間で週令間には、どの温度条件でもすべての間に1%レベルで有意差が認められ、どの温度条件でも4週令ヒナが最も生存時間が長かった。
- 3) 致死体温は高温条件では46.6°C、低温条件では19.0°Cであった。
- 4) 生存時間と体重との関係は、高温度区では相関関係はほとんどなく、低温度区では非常に高い相関関係が有り、1%レベルで有意な回帰が認められた。
- 5) 高温度条件45°Cに4週令ヒナを曝らした生存時間についての遺伝率の推定値は、 $h_s^2=0.415$, $h_D^2=0.350$, $h_{s+D}^2=0.382$ であった。
- 6) 低温度条件-5°Cに2週令ヒナを曝らした生存時間についての遺伝率の推定値は、 $h_s^2=0.868$, $h_D^2=0.400$, $h_{s+D}^2=0.634$ であった。
- 7) 遺伝率の推定値から、高、低温度条件とも、選抜方法は、家系内個体選抜が有効と考えられた。

この研究は文部省科学研究費(特定研究「実験動物の純化と開発」課題番号012207)の援助によるものである。また、本稿をまとめるにあたり、多くの御指導と御助言を与えられた、佐藤勝紀助手に感謝の意を表す。

文 献

- 1) BORCHELT, P. and R. K. RINGER : Poul. t. Sci. **52**, 793—798 (1973)
- 2) BROWN, K. J. and K. E. NESTOR : Poul. Sci. **52**, 1948—1954 (1973)
- 3) CHAHILL, S., W. A. JOHNSON, and P. E. HUMES : Br. Poul. Sci., **16**, 37—44 (1975)
- 4) FOX, L. W : Poul. Sci. **30**, 477 (1951)
- 5) HUTT, H. B : Poul. Sci., **17**, 454—462 (1938)
- 6) KHEIRELDIN, M. A. and C. S. SHAFFNER : Poul. Sci., **33**, 1064 (1954)
- 7) LEE, D. H. K., K. W. ROBINSON., N. T. M. YEATES and M. I. R. SCOTT : Poul. Sci. **24**, 195—207 (1945)
- 8) MORENG, R. E. and C. S. SHAFFNER : Ibid **30**, 255 (1951)
- 9) 中西喜彦, 岡本正幹 : 九大農学芸誌 **21**, 155 (1964)
- 10) 岡本正幹, 大坪孝雄, 海江田穂 : 日畜会報, **26**, 71 (1955)
- 11) 岡本正幹 : 家畜家禽の環境と生理, 養賢堂, 東京 (1970)
- 12) スネデカー : 統計的方法, 岩波書店, 東京 (1962)
- 13) WECKSTEIN, D. R. and J. F. ZOLMAN : Proc. Soc. Exper. Biology. Med. **125**, 294—297 (1967)
- 14) WILSON, H. R., A. E. ARMAS., I. J. ROSS., R. W. DORMINEY and C. J. WILCOX : Poul. Sci. **45**, 784—788 (1966)
- 15) WILSON, H. R., C. J. WILCOX., R. A. VOITL., C. D. BAIRO and R. W. DORMINEY : Poul. Sci. **54**, 126—130 (1975)
- 16) WILSON, W. O., U. K. ABBOTT and H. ABPLANALP : Poul. Sci. **40**, 651—657 (1961)
- 17) YEATES, N. T. M., D. H. K. LEE and H. J. G. HINES : Proc. Roy. Soc. Queensland, 105—116 (1941)

正 誤 表 (ERRATA)

頁	行 目	誤	正
32	下から7行目	(<u>35</u> 頭)	(<u>58</u> 頭)
34	Table 2. の中3ヶ所	DAINI-SENGAN (PR 23)	DAINI-SENGAN (PR <u>323</u>)
38	上から13行目	第三中 <u>尾</u>	第三中 <u>屋</u>
44	Fig. 4.	Body <u>y</u>	Body <u>y</u>
71	上から10行目	FeSO ₄ ·7 <u>H</u> O	FeSO ₄ ·7H ₂ <u>O</u>
73	上から17行目	Fe ⁺ <u>y</u>	Fe ²⁺ <u>y</u>
76	下から2行目	SHA <u>A</u> FIA	SHA <u>F</u> IA
77	下から8行目	W <u>r</u> er	w <u>e</u> re
78	Fig. 1.	em <u>e</u> rgance	em <u>e</u> rgence