家畜生理への気象の影響

岡 本 正 幹

(九州大学農学部)

Influence of weather on animal physiology

Seikan OKAMOTO

(Faculty of Agriculture, Kyushu University)

はじめに

家畜生理学の一部門である環境生理学では、その環境要因として気象をとくに重要視しているが、術語としては気象のかわりに気候を用いるのがふつうである。したがってこの領域を取扱う学術の体系として、家畜気候学 Animal climatology の名称を用いる人もある。本稿も実はこのような立場から執筆したので、いささか場ちがいの感があるかと思うが、御了承願いたい。

1. 気象に対する家畜の反応性

家畜は経済動物であるから、気象の影響も生産機能の変動を重要視する。一般の生理機能の変動は、これと密接に関連することを考慮して、観測上の制約を軽減する意味をかね、指標として検討するべきが多い。別に生産機能の変動を支配する生理的要因を追求する意図のもとに、内分泌機能の変動などを観測した例も少なくないが、この発想には問題があつて、おそらく関連反応として追求する態度が妥当と思われる。

一般に生態には、外部から刺激を加えると、その影響をなるべく少なくしようとする性能がある。この性能の発現によつて生ずる反応を、一般に緩衝反応または防衛反応という。後者が SELYE¹⁾ のストレス学説以来、にわかに注目された用語であることはいうまでもないが、気象の変動に対してもこの性能が発現する。

気象条件がある臨界以上に不利な方向に変動するばかり、家畜にはある程度までこれに耐える性能がある。これは一般に耐性とよばれ、その条件について、たとえば耐暑性、耐寒性などという。この性能を測定する尺度はそれぞれの条件に対する生存時間であるが、大家畜では経済上の理由で、体温の変動を指標としてこれに代用す

るのがふつうである。この耐性の発現には、さきに述べた緩衝反応（防衛反応）が関係する。なお不利な気象条件が、致命的とならない範囲で連続すると、家畜は機能的または体制的変動をもつて耐性を強化するのがふつうである。一般にこれを順応または順化という。

2. 光周期と家畜の繁殖機能

家畜には、その繁殖活動に季節の制限があるものと、ないものとが区別される。前者を季節繁殖動物 seasonal breeder とよび、後者を周年繁殖動物 continuous breeder とよぶ。このような区別は野生動物の家畜化に伴つて生じたものと考えられているが、周年繁殖にもその繁殖機能に多少の季節差が認められる。いずれにしてもこのような繁殖活動の季節性を支配する基礎的要因は、光周期であると考えられ、日照時間を人工的に調節することによつて、季節繁殖動物の繁殖期を変更できることが確認されている。これらの事情については YEATES²⁾ の最近の著書を参照されたい。もつとも日照時間の調節による繁殖期の人工調節は、温度の調節を加えることによつてさらに効果的となることを指摘した例があるので、他の要因の関与も考えられよう。

鳥類は一般に光周期に対して敏感に反応する傾向があり、周年繁殖動物となつた家鶏にも、この性質がかなり明確に残存し、長日季の産卵率は、短日季の産卵率にくらべて、はるかに高い。自然環境にみられるこの季節差は、必ずしも光周期（日照時間の周期的変動）だけによるのではなさそうであるが、現象そのものは古くから注目されたもので、これを解消するためには多大の努力が重ねられてきた。この努力によつて多くの点灯技術が開発されたので、その概要を紹介したい。

3. 点灯養鶏の理念と技術体系

点灯養鶏法の当初の発想は、冬期における産卵率の低下は、採食時間の不足、ひいては採食量の不足によるという推察に基づいていた。その後日照時間の不足が、下垂体前葉・生殖腺系の機能を減退させ、これが冬季産卵率低下の主要因であるとの見解が有力となつたが、これには GOODALE³⁾ の示唆が大きく影響している。

照時時間については、当別は絶対的な長さが重要視され、1920年ころまでには12～14時間程度が最適であるとの見解がまとまつたようである。その後このような点灯は産卵率の季節変動を解消するには有効であるが、年間産卵率を高めるには有効でないという PENQUITE and THOMPSON⁴⁾ の見解や、産卵率の季節変動を支配する有力な要因は、日照時間の絶対的な長短ではなく、長くなるか短くなるかという変動の方向にあるとする WHETHAM⁵⁾ の見解が発表され、点灯養鶏の理念に多大の影響を与えた。

近年になつて、育成中の照明時間を抑制し、産卵開始の直前から、しだいにこれを増加して行く方法が考案されたのは、上に述べた見解を参照したものと考えられる。このような方法は当初 KING⁶⁾ によつて提唱されたもので、後になつて多少の改訂をうけたが、一般に KING 式点灯法とよばれる。現在無鶏舎の名で知られている施設は、このような点灯法に関連して考案されたものである。

KING 式、またこれに類する照明法は、合理的のように思われるにもかかわらず、実際には14時間程度の均一照明と、効果においてはほとんど差がない。一方 KING⁷⁾ の別の資料によると、育成期から産卵開始の1年後まで、引続いて暗室で飼育しても、平均産卵率は上記の照明を実施したばあいにくらべて、20%ほど低いだけである。これらの事実から、光周期の産卵機能支配は、絶対的なものではないという見解が成立つ。

以上のほか、深夜に瞬間的な照明を行なう方法や、日周期を生理周期（産卵間隔）に合致させるために26時間にする方法、なども公表されているが、前者は14時間の標準照明にくらべて効果が弱く、後者は BYERLY and MOORE⁸⁾ の提唱以後、その効果を追認した例に乏しい。

以上はほんの要点だけの記述であるから、最近公表された MORRIS⁹⁾ や岡本¹⁰⁾ の詳細な総説を参照されたい。

4. 家畜の体温調節機能と気温との関係

1) 体温調節の機構

家畜は恒温動物であるから、外気温がある程度変動し

第1図 気温と豚の体熱放散との関係

ても、一定の体温を保持する機能がある。この機能の本質は代謝熱の発生と体外（多くのばあい日光）からの吸収を熱源とし、これと輻射（放射）、対流、伝導、蒸散などの熱の放散とのバランスをとることである。この場合の体熱の放散は気象条件と体表の性状とに大きく影響されるが、一般に気温の上昇に伴つて蒸散による部分が增大する。図1は BOND et al.¹¹⁾ が豚について実測した資料の一部である。なお家畜は人にくらべて汗腺が発達していないので、体表からの蒸散量が少なく、暑熱による体温の上昇が起こりやすい。

2) 体温調節機能の限界

家畜の生理・生産活動がもつとも円滑に行なわれる気温を快適温度（至適温度）という。この温度は家畜の種類によつてちがつているが、一般に大動物は低く、小動物は高い。またこれにはある程度の幅が認められている。たとえば牛はおよそ 10～15°C、鶏は 15～20°C の

第2図 体温および体熱発生量に対する気温の影響

程度と考えられている。この範囲をこえても、体温調節機能が発動するために、体温はすぐには変動しないが、気温がある臨界をこえて上昇すると、体温が上昇し、逆にある臨界以下に気温が低下すると体温も低下する。気温降下に対しては、代謝活動の活発化による体熱の発生量の増加が容易なため、快適温度の下限と体温低下が起こる臨界とはかなりかけ離れている。気温の上昇または降下がある限界をこえると、家畜はついに熱死または凍死を起こすことになるが、これらの関係を示した Brody¹²⁾ の模式図を引用したのが図2である。

体温調節機能の完成は、家畜の種類によつて多少の差があるが、哺乳類では2～3日、鶏では10～20日といわれる。ただし個体によつてかなりの変異がある。

3) 体温調節に関する生理的諸反応

体温調節を支配する中枢については、関係者の多数意見として、間脳の視床下部にあるものと考えられているし、中枢への情報伝達は血液温度と体表温度によることにもほとんど異論がない。また中枢からの情報は呼吸、蒸散、血管運動とくに体表血管の膨大と縮小、立毛などとして受けとめられるが、その具体化は必ずしも並行的ではなく、多少の前後関係がある。これらの具体化を筆者は関連反応とこんでいるが、そのうちもつとも目立つのは呼吸数または呼吸量の反応である。この反応は気温の上昇の際にとくに顕著に認められるが、これは家畜の汗腺が発達していないこと、したがって呼吸中の水分または水蒸気として蒸散が起こることに関連している。このばあいの呼吸数の増加は、一般的には体温の上昇に先行して出現する。ここに乳牛に関する REGAN and RICHARDSON¹³⁾ の資料を引用すると表1のとおりである。

血管運動については、脈拍数が代表的な指標と考えられるが、これと気温との関係はあまり明確でない。ただし体温がいちじるしく上昇するような気温のもとでは、増加が認められる傾向から、体温に附随する反応とみる見解が妥当であろう。また血圧については、技術上の制約からか鶏だけに研究例があつて、夏は低く冬は高い傾向が WEISS et al.¹⁴⁾ によつて指摘されている。

4) 家畜の耐暑性とその指標

牛の耐暑性については、体温の上昇を指標として比較する方法が RHOAD¹⁵⁾ によつて提案された。すなわち

$$100 - 10(BT - 101)$$

の係数を用いてパーセントで示すもので、BT は直射日光下で測定した午前・午後の平均体温(°F)で、101 は快適気温下での標準体温(°F)である。別に呼吸数の変動も考慮する提案がなされたことがあるが、関係研究者の同意が得られなかつた。

体温の変動を耐暑性の指標とする構想は、他の家畜にも通用すると思われるが、家畜の種類間の比較には適用困難である。いうまでもなく体温がちがうからである。

現在の主要家畜のうちで、耐暑性をもつともすぐれているのはめん羊で、もつとも劣つているのは豚と考えられているが、これは耐性試験による見解である。

5) 体温のこう配と体表皮膚

高等動物の体温は、体内部と体表部とでかなり差があり、ふつうは前者が高い。これを体温のこう配という。この現象を物理的にみると、体表からの熱の放散に伴つて起こつたものと考えられるが、生理的にみると血管運動による体温調節機能の一部である。すなわち気温が低いときは体表に近い血管が縮小し、そのために体表と外気との温度差が小さくなり、気温が高いときは血管が拡大して体表の温度を高め、外気温との差をできるだけ大きくしようとする。

体表皮膚温度のうち、とくに注目されるのは哺乳類に属する家畜の陰のうの温度で、直腸部で測定される体内の温度よりも、4°C程度は低くないと、精巣内の精子造成が正常に行なわれず、このために繁殖機能障害が起こることが考えられている。

6) 蒸散量と飲水量

汗腺が発達していない家畜でも、気温の上昇によつて蒸散量が増加するので、水分の補充のために飲水量が増加することが考えられる。ただしこの意味での飲水量には、乳牛では乳量の変動が、一般には飼料摂取量の変動が、かなり強く影響するので、従来の研究では必ずしも一致した見解が得られているわけではない。なお高気温、すなわち暑熱条件での飲水は、蒸散した水分を補充するだけでなく、体内冷却の意義もあり、飲水量の多いものほど耐暑性が強いことを実証した例がある。鶏に関する Fox¹⁶⁾ の報告はその代表例であるが、体内冷却のための飲水量の増加は、軟便排出にも通ずるので、管理的には問題がある。

第1表 乳牛における気温と体温および呼吸数の関係

気 温 (°F)	40	50	60	70	80	85	90	95	100
体 温 (°F)	101.0	101.0	101.0	101.3	101.8	102.2	102.7	103.7	105.1
呼 吸 数 (分/数)	12	17	28	42	56	70	88	106	124

第2表 雄びなの飼料摂取量と平均気温との相関*

区 分	週 別 相 関 係 数						
	4(週)	5	6	7	8	9	10
白 色 レ グ ホ ー ン	-0.343	-0.780	-0.587	-0.802	-0.784	-0.896	-0.862
ニ ュ ー ハ ン プ シ ャ ー	-0.220	-0.291	-0.541	-0.778	-0.875	-0.926	-0.857

* 加温期(3週間)を除く

第3図 気温と牛の体熱発生量との関係

第4図 気温と牛の飼料摂取量との関係

7) 体熱発生量と飼料摂取量

牛の体熱発生量と気温との関係を精密に実測した例としては、KIBLER and BRODY¹⁷⁾の資料が代表的である(図3)。この体熱発生量の変動は、飼料摂取量の変動と密接に関連していることが考えられる。この点について同じミズーリーの研究グループである RAGSDALE et al.¹⁸⁾

の資料を引用すると図4のとおりで、図3との類似性がよくわかるはずである。

この飼料摂取量の変動は、生産量の変動と密接に関連する重要問題であるから、これを取りあげた研究は少なくないが、ここではひなの飼料摂取量と気温との相関を評価した岡本¹⁹⁾の例を引用しておく(表2)。

8) 内分泌機能

気温の変動に伴う体熱発生量の変動から、エネルギー代謝に関係する内分泌機能の変動が考えられるが、その代表的なのは甲状腺機能の変動である。近年 I¹³¹ を利用する甲状腺機能の測定法が急速に発展したことから、各種の家畜についてこの問題が研究され、季節変動としては冬が高く夏が低いこと、実験的には気温と逆の方向に変動することが確認された。この問題を取りあげた研究例はほとんど無数に存在するので、ここでは引用をさける。関心をもたれる人は岡本²⁰⁾の総説を参照願いたい。

寒冷または暑熱を、いわゆるストレスとみなせば、副腎の反応が考えられるが、このうち寒冷は古くから代表的なストレスの一つとして検討され、適応症候とよばれる副腎の肥大が認められている。しかし暑熱に対する副腎の反応は明確でなく、血液アスコルビン酸の減少や、コルチコイズの排出量の増加から、暑熱による副腎皮質の機能こう進を推論した例はあるが、直接証拠ではないので、確認できる段階には達していない。したがって現状で暑熱をストレスとみなすばあいには、かなり特異な存在と考えるのがむしろ妥当のようである。

5. 家畜の生産機能と気温との関係

1) 肉畜の増体重量

肉畜の増体重量は、快適温度の範囲をこえて気温が上昇すると急速に減少する。このばあいには、さきに述べた飼料摂取量の減少が関与するので、飼料効率(増体重量/飼料摂取量)は低下するとはかぎらない。逆に快適温度の範囲をこえて気温が低下すると、増体重量はしだいに減少するが、このばあいには飼料の摂取量が増加し、しかもその飼料のエネルギーが体温の保持に空費さ

第3表 肉鶏の9週齢体重と飼料要求率の季節差

季節	雄			雌		
	羽数	平均体重	同飼料要求率	羽数	平均体重	同飼料要求率
春	27	1232 g	2.98	27	1056 g	3.04
夏	27	923	2.66	27	855	2.70
冬	27	1170	3.43	27	1016	3.39

注 1) 品種は卵用×兼用に肉用を交配したもの

2) 飼料要求率は飼料摂取量/増体重量

第4表 乳牛の乳量および乳成分と気温との関係*

気温(°F)	40	50	60	70	80	85	90	95
乳量(lb/日)	29	28	27	27	25	23	20	17
乳脂(%)	4.2	4.2	4.2	4.1	4.0	3.9	4.0	4.3
無脂固形分(%)	8.26	8.26	8.06	8.12	7.88	7.68	7.64	7.58
カゼイン(%)	2.26	2.23	2.08	2.05	2.07	1.93	1.91	1.81

* 品種はホルスタイン、ジャージー、ガンジーこみ

れるために、飼料効率がいちじるしく低下する。この問題を取扱った研究例は、豚および鶏についてかなりみられるが、ここでは岡本ら²¹⁾の報告から一部を引用する(表3)。

2) 乳牛の産乳量と乳成分

乳牛は一般に寒さに強く暑さに弱い。これに関連して暑熱条件下での乳量の減少、乳質の低下などが古くから指摘されていた。たとえばさきに引用した REGAN and RICHARDSON¹³⁾の資料から、関係部分をさらに引用すると表4のとおりである。

この暑熱による産乳量の減少については、飼料摂取量の減少が大きく関係するとの想定のもとに、WAYMAN et al.²²⁾は強制給与試験を行なったが、その結果は図5のとおりで、乳量の減少を防止するのにかなりの効果があったが、完全でないところから、栄養素の吸収や利用性の低下も関係すると考察している。

3) 鶏の産卵機能

産卵鶏の生理および生産機能と気温との一般的関係については、CARD²³⁾の要約が原則的に通用する(図6)。

この模式的要約は、その後多少の修正または補足をう

第5図 気温と乳量と飼料摂取量の相互関係

第6図 気温と鶏の産卵活動との関係

第5表 白色レグホーンの産卵数および卵重量と気温、とくにその日周期変動 (55~90°F) との関係

項 目	年 次	90°F	55°F	55~90°F	自 然*
産 卵 数 (生存鶏平均)	1958~1959	141	175	187	182
	1959~1960	140	183	193	192
卵 重 量 (1個平均)	1958~1959	52.3 g	59.0 g	57.5 g	58.3 g
	1959~1960	48.7	59.3	56.0	59.4

* このばあいには季節変動を含め 50~80°F の範囲

けた。そのうちとくに注意を要する点がいくつかあるが、その一つは品種の問題で、HUSTON et al.²⁴⁾によると、90°F の連続でも白色レグホーンの産卵率はほとんど低下しないが、ニューハンプシャーや白色プリマスロックのような肉用鶏の産卵率はいちじるしく低下する。他の一つは日周期変動の影響で、最高気温が高いばあいでも、日周期変動が大きければ、産卵率は低下しないことである。ただしこのばあいにも産卵量の減少はさけ難いようである。これまでに行なわれた研究例としては、おそらく MUELLER²⁵⁾ の報告が代表的と思われるので表5として引用する。日周期変動の設定は特殊の施設を要するためか、追試例がほとんどない。日本では筆者のいる九州大学にこの施設があるが、目下テスト中でまだ実用に供していない。

4) 雄の造精機能と雌の妊娠

雄の造精機能が暑熱のために減退することにはさきにもふれた。この現象はめん羊でとくに顕著で、古くから summer sterility の名で知られていたが、近年は乳用種雄牛にもかなり出現することから、にわかに注目されるにいたつた。これはおそらく人工授精法の普及によつて、厳密な精液検査が行なわれるようになったことに関係していると思われる。実際に起こる条件は個体差があつて確定し難いが、30°C 以下ではほとんど認められず、これ以上の気温が連続するばあいに起こりやすい。

最近になつて、雄の造精機能だけでなく、受精卵または胚の死滅が、暑熱のために多発することが指摘されてきた。めん羊についてはこれを実験的処理によつて確認した例が多いが、乳牛ではこのような処理が困難である

から、精液の影響を除くために、ほぼ均質な凍結精液を用いて授精したばあいの、胎児確認率でこれを推論している。たとえば米国アリゾナ州で調査した STOTT and WILLIAMS²⁶⁾ の報告はその代表例で、春には60% 内外であるこの確認率が、盛夏(8月)には20%以下におちたという。

6. 湿度と家畜の生理

家畜の生理に対する湿度の影響は、古くから気温との関係で考えられてきた。すなわち高温のばあいの高温は家畜の生理に対して有害であるが、低温のばあいの高温はほとんど問題でないというのが、一般的な見解であつた。しかし近年はこれを統計的または実験的方法で確認した事例が公表されている。

乳牛について湿度の影響を統計的に検討した例として、SEATH and MILLER²⁷⁾ の報告が注目されるが、わが国にも岡本ら²⁸⁾ の報告があるので、ここではこれを引用したい(表6)。これによると高温季には体温および呼吸数のいずれにも湿度の影響が認められるが、低温季にはそのような傾向は認められない($r_{14.3}$ および $r_{24.3}$ 参照)。

KIBLER and BRODY²⁹⁾ の資料では、高温条件では乳量においても湿度の影響が認められている。

めん羊や豚でもほぼ同じような傾向があるらしいが、これを明らかにした報告は少ない。鶏では LEE et al.³⁰⁾ の報告以来ほとんどその例がない。

第6表 乳牛の体温(1)および呼吸数(2)と気温(3)および気湿(4)との相互関係

季	相 関 係 数						偏 相 関 係 数			
	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{23}	r_{24}	r_{34}	$r_{13.4}$	$r_{14.3}$	$r_{23.4}$	$r_{24.3}$
高 温	.30**	.22*	-.07	.45**	-.26**	-.81**	.28**	.19*	.43**	.22*
低 温	.06	.16	-.06	.37**	-.23*	-.69**	.17	.08	.08	.04

* は5%水準, ** は1%水準で有意

7. 風速と家畜生理および生産機能

風速の高低は、対流および蒸散を通じて体熱の放散に関係するので、生理および生産機能に影響するはずである。ITTNER et al.³¹⁾ はヘルフォード種の去勢牛に、秒速約 2 m の風を送り、夏季の増体重量を大きくしたと報告している(表 7)。この結果は少し過大の感があるが、気温がかなりきびしい悪条件にあるように思われるし、他に類例がないので引用した。乳牛について KIBLER and BRODY³²⁾ は 17~95°F の気温のもとで、送風は体温を低下させることを指摘し、その程度は 5 MPH (秒速約 2 m) まだがいちじるしいと述べている。

第 7 表 肉牛の夏の増体重量に対する送風の効果

項 目	1955年*		1956年**	
	送 風	対 照	送 風	対 照
頭 数	7	7	7	5
初 体 重 (lb)	669	669	645	647
終 体 重 (lb)	831	759	813	788
増体重量 (lb/日)	2.3	1.3	2.4	1.9

* 平均気温 90°F, ** 平均気温 88°F

8. 海拔高度と家畜の生理および生産機能

海拔高度の影響は、人体生理学では重要な課題の一つで、WEIHE³³⁾ のような専門書があるほどであるが、家畜ではこれまでどちらかといえば軽視されてきた。スイスではさすがに乳牛への影響を取りあげ、高地では乳量の減少を既成事実とみなしているが、これが気象だけの影響かどうかには問題があるように思われる。

鶏ではふ化率の低下を報告した例があるが、これを高度による気圧の影響であると認めるには、なお実験的追究が必要であろう。近い将来この問題は、おそらく活発な研究課題となることが予想される。

引 用 文 献

- 1) SELYE, H. (1937) Studies on adaptation. *Endocrin.* 21, 169.
- 2) YEATES, N. T. M. (1965) *Modern aspects of animal production*. Butterworth, London.
- 3) GOODALE, H. H. (1924) The influence of certain methods of management on egg production. I. Their influence on winter egg production. *Poultry Sci.*, 3, 173.
- 4) PENQUITE, R., and R. B. THOMPSON (1933) Influence of continuous light on Leghorns. *Ibid.*, 12, 201.

- 5) WHETHAM, E. O. (1933) Factors modifying egg production with special reference to seasonal changes. *J. agric. Sci.*, 23, 383.
- 6) KING, D. F. (1959) Artificial light for growing and laying birds. *Ala. agric. Exp. Sta. Prog. Rep.*, 72.
- 7) — (1962) Egg production of chickens raised and kept in darkness. *Poultry Sci.*, 41, 1499.
- 8) BYERLY, T. C. and O. K. MOORE (1941) Clutch length in relation to period of illumination in the domestic fowl. *Ibid.*, 20, 387.
- 9) MORRIS, T. R. (1967) Light requirements of the fowl. CARTER, T. C. (ed.) *Environmental control in poultry production*, p. 15-40.
- 10) 岡本正幹 (1968) 産卵と光、とくにその人工調節, 日本家禽学会誌, 5, 163.
- 11) BOND, T. E., C. F. KELLY and H. HEITMAN (1952) Heat and moisture loss from swine. *Agric. Eng.* 33, 148.
- 12) BRODY, S. (1945) *Bioenergetics and growth*. p. 283, Reinhold: Publishing. New York.
- 13) REGAN, W. M., and G. A. RICHARDSON. (1938) Reactions of the dairy cow to changes in environmental temperature. *J. Dairy Sci.*, 21, 73.
- 14) WEISS, H. S., H. FISHER, and P. GIMINGER (1961) Seasonal changes in avian blood pressure related to age, sex, diet, confinement and breed. *Am. J. Physiol.*, 201, 655.
- 15) RHOAD, A. O. (1944) The Iberia heat tolerance test for cattle, *Trop. Agriculture* 21, 162.
- 16) FOX, T. W. (1951) Studies on heat tolerance in the domestic fowl. *Poultry Sci.*, 30, 477.
- 17) KIBLER, H. H. and S. SRODY. (1950) Environmental physiology with special reference to domestic animals, XI. *Res. Bull. Mo. agric. Exp. Sta.*, 464.
- 18) RAGSDALE, A. C., H. J. THOMPSON, D. M. WORTSELL, and S. BRODY (1950) —, IX. *Ibid.*, 460.
- 19) 岡本正幹・古賀 脩・松尾昭雄・五斗一郎 (1961) プロイラーの発育および飼料消費量に対する環境温度の影響, 九大農芸誌, 19, 85.
- 20) 岡本正幹 (1964-1965) 家畜と家禽の環境と生理, 畜産の研究, 18 (1)-19(9), 連載総説,
- 21) 岡本正幹・五斗一郎・古賀 脩 (1964) プロイラーの発育におよぼす環境調節, 季節およびフランソリドン投与の影響, 日本家禽学会誌, 1, 9.
- 22) WAYMAN, O., H. D. JOHNSON, C. P. MERILAN and I. L. BERRY (1962) Effect of ad libitum or force-feeding of two rations on lactating dairy cows subject to temperature stress. *J.*

- Dairy Sci., 45, 1472.
- 23) CARD, L.E. (1952) Poultry production. Lee and Febriger, Philadelphia.
- 24) HWSTON, T.M., W.P. JOINER and J.L. CARMON (1967) Breed differences in egg production of domestic fowl held at high environmental temperatures. Poultry Sci., 36, 1247.
- 25) MUELLER, W.J. (1961) The effect of constant and fluctuating environmental temperatures on the biological performance of laying bullets. Poultry Sci., 40, 1562.
- 26) STOTT, G.H., and R.J. WILLIAMS (1962) Causes of low breeding efficiency in dairy cattle associated with seasonal high temperatures. J. Dairy Sci., 45, 1369.
- 27) SEATH, D.M., and G.D. MILLER (1946) The relative importance of high temperature and high humidity as factors influencing respiration rate, body temperature, and pulse rate of dairy cows. J. Dairy Sci., 29, 465.
- 28) 岡本正幹・古賀 脩・五斗一郎・中西喜彦・岡本 悟 (1963) 乳牛の耐暑性の遺伝に関する統計的研究, V, 九大農学芸誌, 20, 361.
- 29) KIBLER, H.H., and S. BRODY (1953) Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals. XXI. Res Bull. Mo. agric. Exp. Sta., 521.
- 30) LEE, D.H.K., K.W. ROBINSON, N.T.M. YEATES, and M.R.R. SCOTT (1945) Poultry husbandry in hot climates. Poultry Sci., 24, 195.
- 31) ITTNER, N.R., C.F. KELLY and T.E. BOND (1957) Cooling cattle by mechanically increasing air movement. J. Anim. Sci., 16, 732.
- 32) KIBLER, H.H., and S. BRODY (1954) Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals, XXVII. Res. Bull. Mo. agric. Exp. Sta., 552.
- 33) WEIHE, W.H. (ed.) (1964) *The physiological effects of high altitude*. Pergamon Press. Oxford.