

氏 名(本籍) ^{もり}森 ^た田 ^{みのる}實

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 330 号

学位授与年月日 昭和 62 年 3 月 12 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 鶏の血漿グルコース濃度と温度環境との
関連に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 津 田 恒 之 教授 水 間 豊

教授 正 木 淳 二

論文内容要旨

血糖は生体の恒常性を維持するためのエネルギー源として重要な成分であり、その値は動物の種によってほぼ一定である。血糖値は高血糖や低血糖に対処する機構によって調節されており、とくに、内分泌系による調節は、血糖上昇作用や低下作用を有するホルモンの相互作用によるところが大きい。

鶏の血糖値は、他の哺乳動物に比べて高い。これは体温の高いことや、産卵や飛翔という特異な機能を持っていること、また、膵臓を摘出すると哺乳動物とは逆に低血糖を生ずることなどから、哺乳動物とは異なる血糖調節機能を有しているのではないかと考えられる。しかしながら、鶏の血糖の変動要因や調節機構に関する研究は少なく、これらの諸点を解明することは鶏の生理機構を究明するうえで重要であると考えられる。

以上の観点から、以下述べるような研究を行った。すなわち、まず鶏の常温下における血漿グルコース濃度の変動要因について調査し、次にそのホルモン性制御機構について調べた。更に温度環境の血漿グルコース代謝に及ぼす影響について検討を加え総括を行ったものである。なお、本研究では血液中グルコース濃度を全血ではなく血漿を用いて測定したので血漿グルコースの語を多く用いた。

I. 常温下における血漿グルコース濃度の変動要因に関する研究

本章では測定法の検討、保定の影響、性差、日齢差、品種差について検討した。

測定法の検討は、鶏の血中糖成分の確認とオルトトリイジン硼酸法による測定の是非について検討した。血中糖成分の確認はガスクロマトグラフィによって調べたが、鶏の血中には α および β グルコース以外の糖成分は含まれないことが確認された。また、オルトトリイジン硼酸法で得

られた値とガスクロマトグラフィで得られた値とを比較したところ、両者の間にほとんど差のないことがわかり、(図1)鶏の血漿グルコース濃度の測定にオルトトリイジン硼酸法を用いてさしつかえないことの確認ができた。従って以下の血漿グルコース濃度の測定には本法を用いた。また、保定の影響について確認しておく必要があるため、鶏を90分間背位保定して血漿グルコース濃度や他の生理諸元の変動について検討して、影響のないことが確認された。(図2)

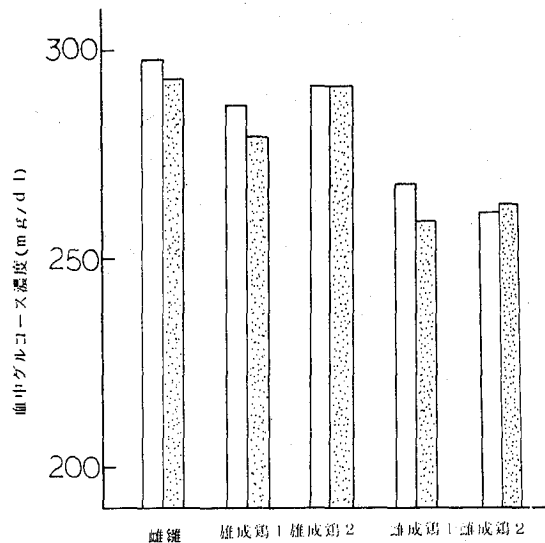


図1. ガスクロマトグラフィおよびオルトトリイジン硼酸法による鶏の血中グルコース濃度の比較



註: ガスクロマトグラフィ測定値 
オルトトリイジン硼酸法測定値 

表1. 血漿グルコース濃度の性差

性別	羽数	血漿グルコース濃度 (mg/dl)
雄成鶏	10	249.4 ± 3.62 ※
産卵鶏	10	224.9 ± 4.99
去勢鶏(♂)	5	220.6 ± 6.57

註: 平均値 ± SE

※産卵鶏の値に対する有意差 (P < 0.05)

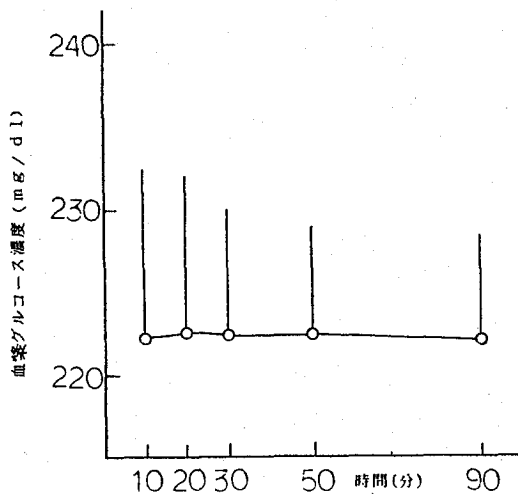


図2. 産卵鶏の血漿グルコース濃度及び
ぼす背位保定 (20°C) の影響 註: 平均値 ± SE

性差については、雄成鶏の血漿グルコース濃度が産卵鶏や去勢鶏に比べ高いことが認められた。(表1)

日齢差については、90日齢の大雛の血漿グルコース濃度が低く、幼雛や成鶏ではほとんど差のないことが明らかになった。(図3) 品種差についてはゴールデンネックの血漿グルコース濃度が高く、ロードホーンで低いことが認められた。(表2)

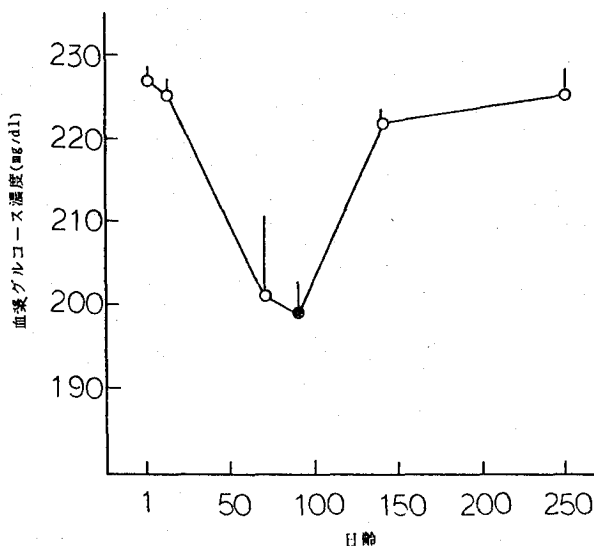


図3. 日齢別血漿グルコース濃度の変動

註: ○平均値 ± SE

● 1日齢の値に対する有意差 (P < 0.05)

表2. 品種別血漿グルコース濃度

品 種	羽数 (日齢)	血漿グルコース濃度 (mg/dl)
白色レグホーン	7 (220)	224.9 ± 7.45
ロードアイランドレッド	10 (242)	223.0 ± 4.05
ニューハンプシャー	10 (216)	230.8 ± 7.45※
ロードホーン	10 (237)	199.9 ± 4.07※
ゴールデンネック	10 (240)	252.6 ± 5.50※

註：平均値 ± SE

※ 白色レグホーン種の値に対する有意差 (P < 0.05)

II. 血漿グルコースのホルモン性制御機構に関する研究

本章では血糖調節ホルモンであるアドレナリン (0.05, 0.10, および 0.25 mg/Kg), インスリン (0.2 U/Kg), グルカゴン (0.05 mg/Kg) を雄成鶏に投与し, 血漿グルコース, インスリン, 遊離脂肪酸やグルカゴン濃度をはじめ, 他の生理諸元の変動について検討した。また, プレドニゾン (0.25 mg/Kg) の筋注の影響についても検討を加えた。

血漿インスリン濃度の測定は, カンサス大学の KIMMEL 教授の提供による七面鳥のインスリンをスタンダードにし, また, 血漿グルカゴン濃度の測定は, 抗血清 30K を用い, それぞれラジオイムノアッセイ法で測定した。この実験における血漿グルコース濃度の変動は, アドレナリン投与で増加し, その傾向は投与量に比例することがみとめられた。しかし, 鶏におけるアドレナリンの効果は綿羊に比べて小さいことが明らかになった。一方, 血漿グルコース濃度はインスリン投与では減少し, グルカゴン投与では増加した。グルカゴンの効果はアドレナリン投与と比較した場合, 大きいことが認められた。(図4) また, プレドニゾン投与では増加し, その効果は長時間に及んだ。

血漿遊離脂肪酸濃度の変動は, いずれのホルモン投与においても個体間差の大きいことが特徴的であったが, グルカゴン投与において有意な増加がみられた。(図5)

血漿インスリン濃度は, インスリンの投与で当然大きく増加したが, 血中からの消失には長時間を要するよう思われた。グルカゴン投与においては, 一時的な増加がみられるにすぎなかった。(図6)

血漿グルカゴンは, インスリン投与で僅かに増加する傾向がみられた。(図7)

生理諸元は, アドレナリンやグルカゴン投与で心拍動数や呼吸数が増加したが, 直腸温は変動しなかった。

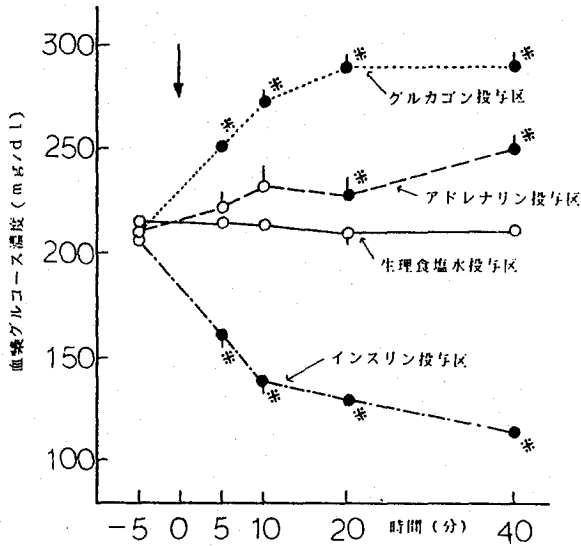


図4. 雄成鶏の血漿グルコース濃度に及ぼす生理食塩水、インスリン、アドレナリンおよびグルカゴンの静脈内投与の影響

註：○平均値±SE
●それぞれの投与前値に対する有意差 ($P < 0.05$)
※同一時間の生理食塩水投与値に対する有意差 ($P < 0.05$)

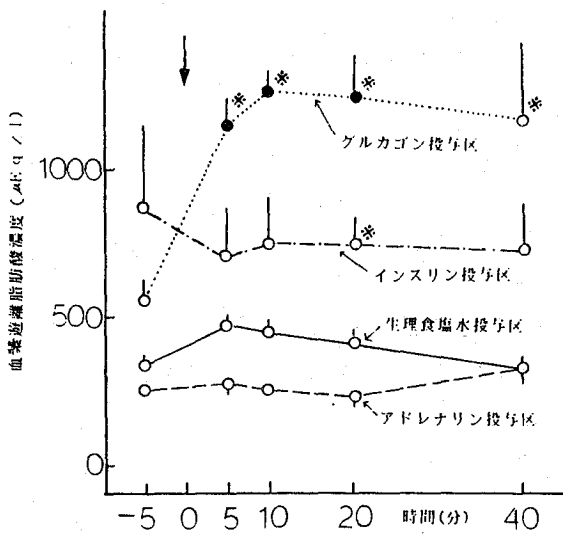


図5. 雄成鶏の血漿遊離脂肪酸濃度に対する生理食塩水、インスリン、アドレナリンおよびグルカゴンの静脈内投与の影響

註：○平均値±SE
●投与前値に対する有意差 ($P < 0.05$)
※同一時間の生理食塩水投与値に対する有意差 ($P < 0.05$)

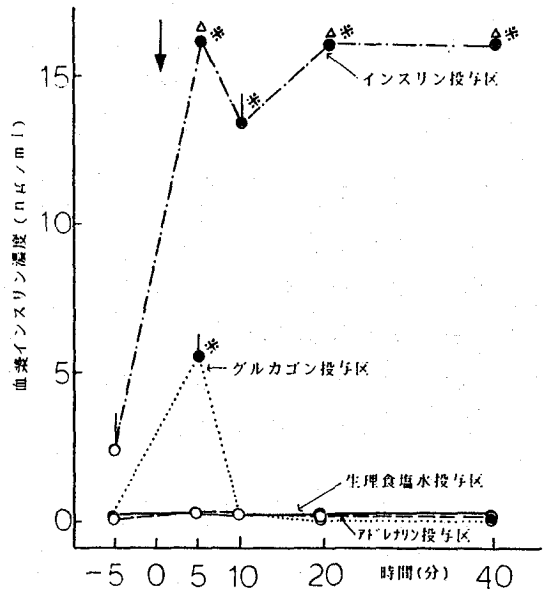


図6. 雄成鶏の血漿インスリン濃度に対する生理食塩水、インスリン、アドレナリンおよびグルカゴンの静脈内投与の影響

註：○平均値±SE
●それぞれの投与前値に対する有意差 ($P < 0.05$)
※同一時間の生理食塩水投与値に対する有意差 ($P < 0.05$)
△測定上限値

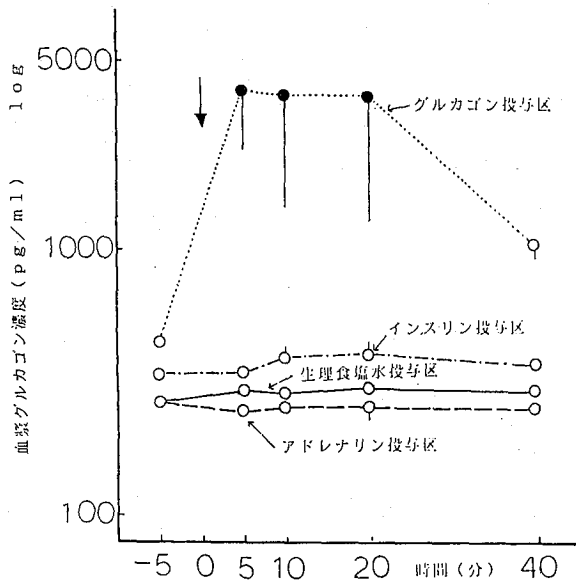


図7. 雄成鶏の血漿グルカゴン濃度に及ぼす生理食塩水、インスリン、アドレナリンおよびグルカゴンの静脈内投与の影響

註：○平均値±SE

●投与前値に対する有意差 ($P < 0.05$)

Ⅲ. 温度環境の影響に関する研究

1. 高温環境

高温環境下で保定して40℃処理をした実験、無保定で30℃処理をした実験および20日間30℃処理を続けた実験を行った。

血漿グルコース濃度は、保定下40℃処理実験や無保定30℃実験でいずれも増加し、(図8, 9) 20日間30℃処理実験では1日目に増加し、その後は回復する傾向がみられ、10日以後は正常値となった。(図10)

生理諸元の変動は、直腸温が、保定下40℃処理実験や無保定30℃処理実験において僅かに上昇し、呼吸数も増加することがみとめられた。(表3, 4, 5)

産卵成績については、産卵率が減少し、卵殻は厚くなった。また、その影響は20℃下に移した後も長時間に及ぶことが認められた。

2. 低温環境

低温環境下では、背位保定して氷冷した実験と、冬期に自然環境下においた実験、10日間5℃処理をした実験を行った。また、産卵成績については、自然環境においた実験と10日間5℃処理実験について調べた。

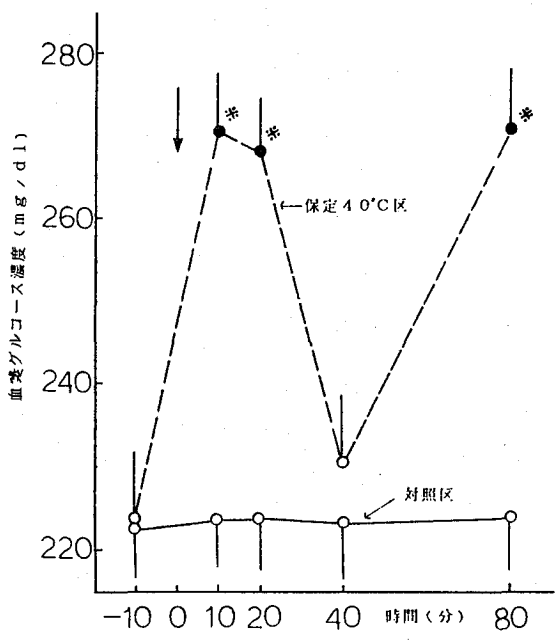


図8 産卵鶏の血漿グルコース濃度に及ぼす保定40℃処理の影響

註：○ 平均値 ± SE
 ● 処理前値に対する有意差 (P < 0.05)
 ※ 同一時間の対照区に対する有意差 (P < 0.05)

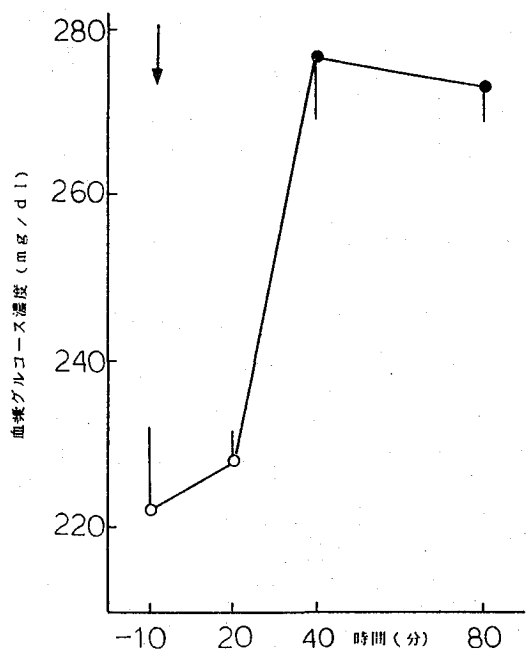


図9 産卵鶏の血漿グルコース濃度に及ぼす30℃処理の影響

註：○ 平均値 ± SE
 ● 処理前値 (-10時間) に対する有意差 (P < 0.05)

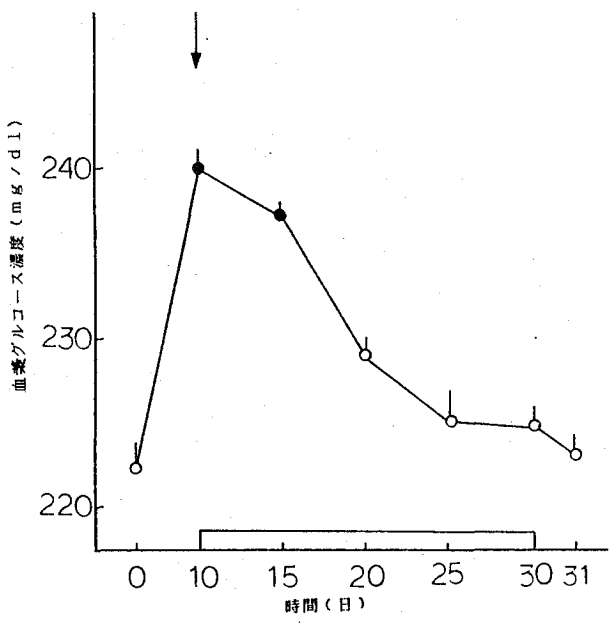


図10 産卵鶏の血漿グルコース濃度に及ぼす長時間30℃処理の影響

註：○ 平均値 ± SE
 ● 処理前値 (20℃10日) に対する有意差 (P < 0.05)
 □ 30℃ 処理期間

表3 産卵鶏の直腸温、呼吸数および心拍動数に及ぼす保定40℃処理の影響

処理時間	直腸温(℃)	呼吸数(回/分)	心拍動数(回/分)	
高温処理区 (保定40℃)	-10分	41.8 ± 0.18	17 ± 0.6	245 ± 10.7
	10分	42.0 ± 0.14	18 ± 0.8	331 ± 9.4
	20分	42.5 ± 0.12	17 ± 0.7	361 ± 10.2 ※a
	40分	42.5 ± 0.15	35 ± 1.0 ※a	385 ± 12.0 ※a
	80分	42.0 ± 0.13	47 ± 1.0 ※a	241 ± 11.0
対照区(保定20℃)	10分	41.3 ± 0.15	17 ± 0.6	245 ± 10.0
	20分	41.4 ± 0.15	17 ± 0.7	250 ± 10.0
	30分	41.2 ± 0.14	18 ± 0.7	249 ± 10.1
	50分	41.2 ± 0.13	17 ± 0.5	246 ± 9.2
	90分	41.3 ± 0.15	18 ± 0.6	249 ± 9.8

註：平均値 ± SE

※処理前値に対する有意差 (P < 0.05)

a 同一時間における対照区に対する有意差 (P < 0.05)

表4 産卵鶏の直腸温および呼吸数に及ぼす30℃処理の影響

処理時間	直腸温(℃)	呼吸数(回/分)
-10時間	41.0 ± 0.10	24 ± 0.5
20分	42.0 ± 0.09 ※	31 ± 1.3 ※
40分	42.1 ± 0.38	36 ± 1.7 ※
80分	42.1 ± 0.19 ※	35 ± 1.4 ※

註：平均値 ± SE

※処理前値 (-10時間) に対する有意差 (P < 0.05)

表5 雌成鶏の直腸温と呼吸数に及ぼす長時間30℃処理の影響

処理日数	直腸温(℃)	呼吸数(回/分)
20℃ 10日	41.4 ± 0.08	23 ± 0.1
30℃ 1日	41.3 ± 0.06	28 ± 0.1 ※
30℃ 5日	41.4 ± 0.05	24 ± 0.2
30℃ 10日	41.5 ± 0.03	23 ± 0.2
30℃ 15日	41.3 ± 0.03	24 ± 0.2
30℃ 20日	41.3 ± 0.04	24 ± 0.2
20℃ 1日	41.1 ± 0.09	23 ± 0.1

註：平均値 ± SE

※処理前値 (20℃) に対する有意差 (P < 0.05)

血漿グルコース濃度の変動は、氷冷処理をした場合、急激に減少し一旦上昇するものの再び減少した。自然環境(平均温度3.1度℃)においた実験や10日間5℃処理をした実験においては、それぞれ1日目に減少することが認められた。(図11, 12)

生理諸元の変動は、直腸温が氷冷処理で35℃まで低下し、10日間5℃処理をした実験においては、1日目に低下したが、自然環境下においた実験では変動はみられなかった。また、呼吸数は、氷冷処理実験で増加し、心拍動数については、いずれの実験においても変動はみられなかった。

(表6) 産卵成績については、自然環境下においた実験や10日間5℃処理実験とも産卵率や卵重は減少し、卵殻は厚くなった。

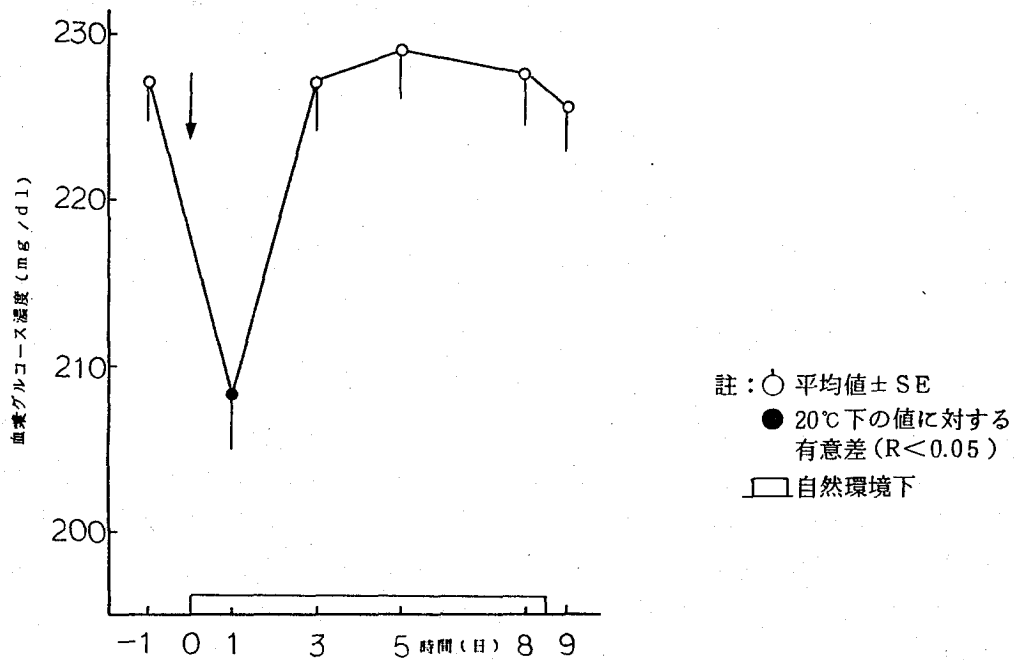


図11 産卵鶏の自然環境下（冬期）における血漿グルコース濃度の変動

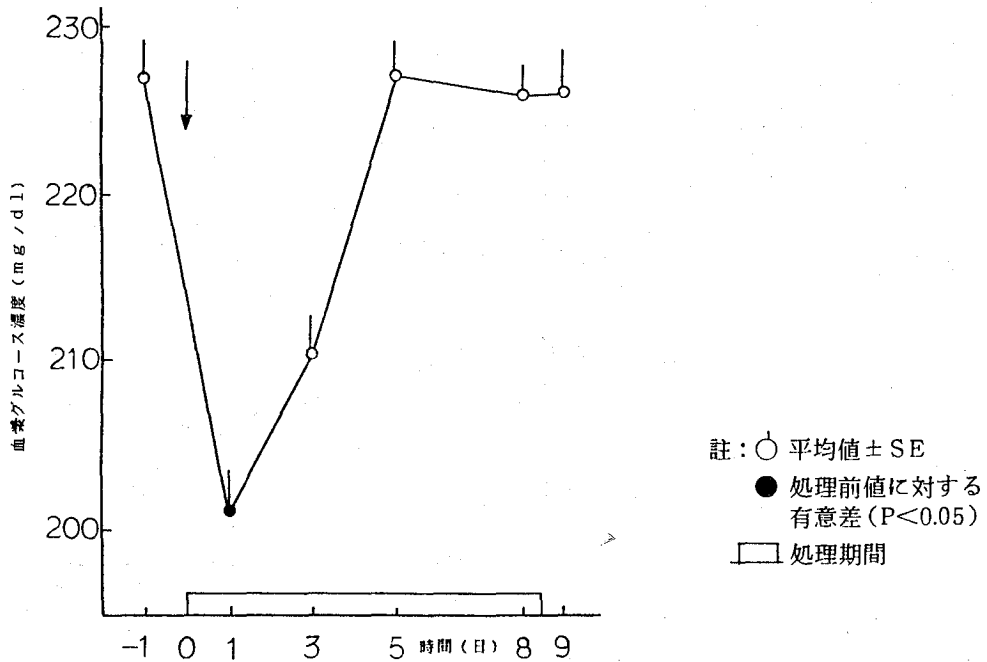


図12 産卵鶏の血漿グルコース濃度に及ぼす低温処理（5℃）の影響

IV. 低温環境下における血漿グルコースの代謝調節に関する研究

低温環境下における血漿グルコース濃度の制御機構をホルモン変動の観点から究明するための実験を行った。

実験は9時から翌日の13時までの28時間行い、20℃下で一連の測定を行ったのち、0℃下に24時間寒冷暴露した。本実験で血漿内各種物質の測定を行う場合、凍結保存血漿の解凍時に凝固物や浮遊物が多く、分析に不便を感じたため、予備実験の結果、凝固防止剤としてEDTA、蛋白分解阻害剤としてベンザミニジンを使用することが有効であることを知った。また、膵臓の組織学的な変化をみるために、寒冷暴露12, 16, 24時間に1羽ずつ屠殺し、膵臓B細胞の組織像の変化やインスリン抗体による免疫組織学的な変化について検討した。

血漿グルコース濃度の変動は、寒冷暴露後徐々に減少し、16時間が最低値となった。(図13) 血漿インスリン濃度は著しく増加し、寒冷暴露12時間後に最高値を示し、対照区の3,700倍(11721 ng/ml)に達した。16時間においても高い値を示したが、その後は回復する傾向がみられたものの、24時間でもかなり高い値であった。(図14) 膵臓B細胞の組織的な変化は、寒冷暴露16時間から目立った変化がみられ、核の大小不同、核皺縮、核崩壊、細胞死がみられ、細胞質においては、脱顆粒、空胞化やインスリン分泌顆粒の減少がみられ、急激なインスリン分泌のあったことが考えられた。

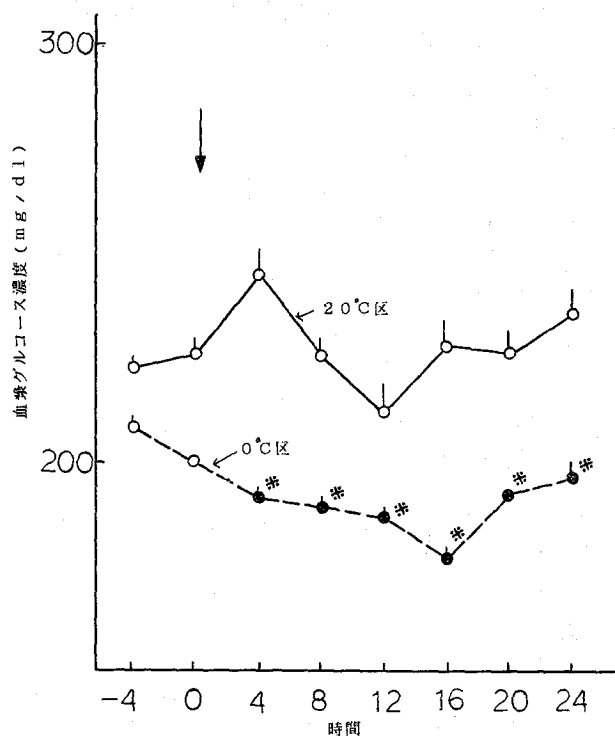


図13 雌成鶏の寒冷暴露による血漿グルコース濃度の変動

注：○ 平均値±SE

● -4と0時間の平均値に対する有意差 (P<0.05)

※ 同一時間の20℃区の数値に対する有意差 (P<0.05)

血漿遊離脂肪酸濃度や血漿グルカゴン濃度には有意な変動はみられなかった。

(図15, 16) 生理諸元の変動については、直腸温が寒冷暴露8時間から20時間にかけて低下し、呼吸数は12時間から20時間にかけて減少した。(表7, 8)

これらの結果から鶏を低温に暴露すると、血漿グルコース濃度は一旦低下するが、その原因はインスリンの分泌の増大によるもので、他の哺乳類とは異なり、迷走神経緊張状態がもたらされているのではないかと考えられた。

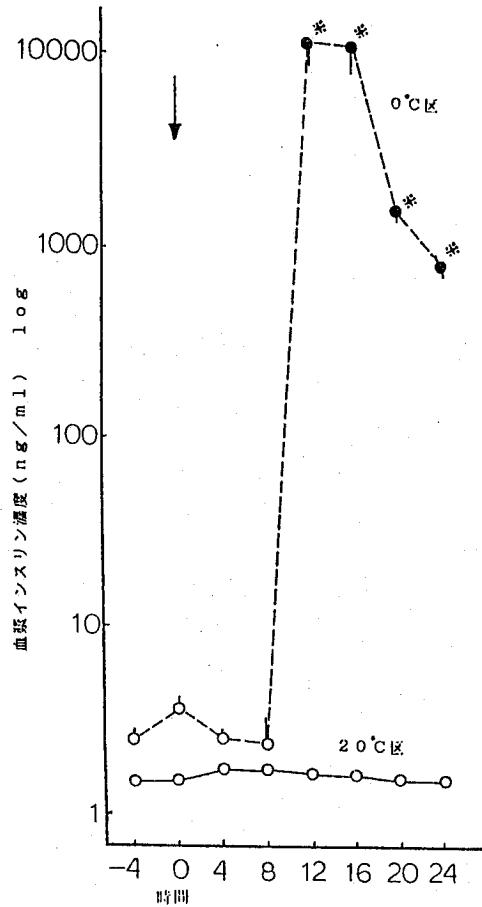


図14 雌成鶏の寒冷暴露による血漿インスリン濃度の変動

註：○ 平均値±SE

● -4および0時間の平均値に対する有意差 (P<0.05)

※ 同一時間における20℃区の値に対する有意差 (P<0.05)

表6 雌成鶏の直腸温、呼吸数および心拍動数に及ぼす氷冷の影響

処理時間	直腸温 (°C)	呼吸数 (回/分)	心拍動数 (回/分)
-10分	41.2 ± 0.17	18 ± 0.5	254 ± 14.1
10分	40.3 ± 0.13※	19 ± 0.5	253 ± 17.8
20分	39.5 ± 0.13※	20 ± 0.9	252 ± 21.4
40分	38.1 ± 0.14※	31 ± 0.3※	259 ± 18.2
80分	35.3 ± 0.12※	34 ± 0.5※	243 ± 23.4

註：平均値±SE ※氷冷前値に対する有意差 (P<0.05)

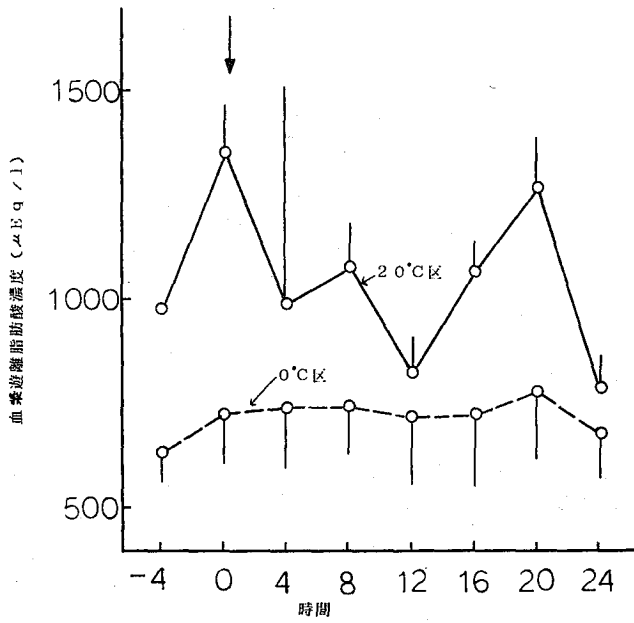


図15 雌成鶏の寒冷暴露による血漿遊離脂肪酸濃度の変動

註：○ 平均値 ± SE

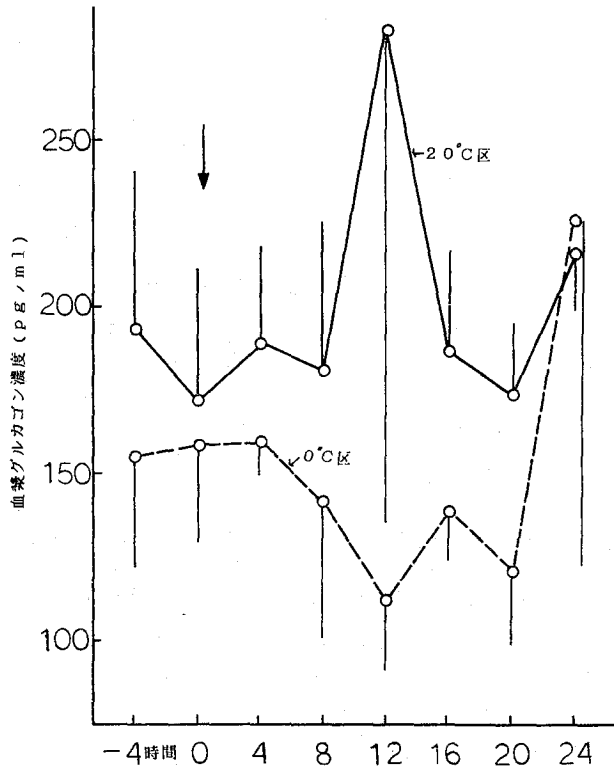


図16 雌成鶏の寒冷暴露による血漿グルカゴン濃度の変動

註：○ 平均値 ± SE

表7 雌成鶏の寒冷暴露による直腸温(°C)の変動

区分	時 間				
	- 4	0	4	8	12
0℃区	42.0±0.10	42.1±0.14	42.0±0.19	41.4±0.20※ ^a	40.8±0.18※ ^a
20℃区	42.6±0.22	42.5±0.28	42.4±0.22	42.0±0.32	42.3±0.23

区分	時 間		
	16	20	24
0℃区	41.0±0.18※ ^a	40.9±0.15※ ^a	41.9±0.16
20℃区	42.2±0.35	42.0±0.35	41.9±0.22

註：平均値±SE ※ -4および0時間の平均値に対する有意差 (P<0.05)
a 同一時間の20℃区の値に対する有意差 (P<0.05)

表8 雌成鶏の寒冷暴露による呼吸数(回/分)の変動

区分	時 間				
	- 4	0	4	8	12
0℃区	30±1.4	30±1.3	28±1.0	27±1.0	26±0.9※
20℃区	32±3.4	32±3.1	29±1.2	32±1.6	26±2.3※

区分	時 間		
	16	20	24
0℃区	26±0.6※	25±0.8※	28±0.9
20℃区	25±1.9※	34±2.1	30±1.6

註：平均値±SE ※ -4および0時間の平均値に対する有意差 (P<0.05)

以上、本論文は鶏の血漿グルコース濃度の変動要因について温度の影響を中心に検討を加えたものである。

1) 鶏の血中には α および β グルコース以外の糖成分は含まれていないこと、2) 血糖制御関連ホルモンのうち、アドレナリンの効果は比較的小さいと思われること、3) 鶏を高温に暴露すると、血漿グルコース濃度は初期に一旦増加するが、低温に暴露すると低下すること、4) 低温における血漿グルコース濃度の低下は膵臓のB細胞からの急激なインスリン分泌によることが血中濃度および組織像の所見から判明したことなどが主な結果として得られた。

審査結果の要旨

鶏の血漿グルコース濃度は、他の哺乳動物より高く、200~250mg/dlを有する。しかしながら、この高い血漿グルコース濃度の調節機構や変動要因に関する研究は少なく、これらを解明することは、鶏の生理機能を解明する上で重要なことと考えられる。本論文の著者はこの点に著目し、以下に述べるような研究を行った。

まず、鶏の血中糖成分について、ガスクロマトグラフによる分析を行い、 α および β グルコース以外の糖成分はほとんど含まれていないことを確認した。

次に定量法について検討した結果、オルトトルイジン硼酸法が迅速、簡便であり、かつ、ガスクロマトグラフによる測定値とも一致したことから、以下の研究にはすべて同法を用いることとした。鶏には多くの品種が存在するが、グルコース濃度には品種間差があり、また同じく雌雄差もあることを知り、以後の研究には白色レグホーン種の主として雌成鶏を用いることとした。

血漿グルコース濃度は種々のホルモンによって調節されているが、アドレナリン、インスリンおよびグルカゴンの鶏に対する作用程度を知るため、それぞれの一定量を静脈内注射し反応の大きさを調べた。その結果、作用の方向は他の哺乳動物と同様であるが、作用の程度はアドレナリンでやや小さいように思われた。

これらの基礎的研究成果をもとに、温度環境が鶏の血漿グルコース濃度に及ぼす影響について調べた。まず、30℃および40℃の高温に短時間暴露を行った場合、血漿グルコース濃度はいずれも処理数十分後には著しく上昇した。しかし、30℃下に20日間暴露した場合は10日後には暴露前値に回復することを知った。また、低温環境に対する反応をみる為、冬季野外自然環境下、および5℃下暴露実験、また氷冷実験を行ったところいずれも処理の初期に有意に低下することを知った。この反応は哺乳動物でみられるものとは異なっていた。

次に低温環境下で血漿グルコース濃度の低下する原因をホルモン変動の観点から究明した。鶏を0℃下に24時間暴露した場合、血漿グルカゴン濃度はほとんど変動しないが、インスリン濃度は極めて著しい上昇を示した。また、その際の膵臓B細胞の組織像からインスリン顆粒の急激な分泌のあったことが認められた。従って、寒冷暴露による血漿グルコース濃度の低下はインスリンの分泌増加によると判断した。

以上の結果は鶏の生理学の発展に大きく貢献すると同時に、鶏の飼育上に注意すべき諸点を明らかにしたのもとして、審査員一同農学博士の学位を授与するに値すると判定した。