

甲状腺機能より見たる鶏の体温生理に関する研究 (第2報)

甲状腺機能と高温環境における体温調節能

大 坪 孝 雄

Studies on the Physiology of Thermo-Regulation in the Fowl with Special Reference to Thyroid Function

II Different Thyroid Function and Thermo-regulatory Ability in the high Ambient Temperature

Takao OTSUBO

(Laboratory of Zootechnical Science)

I 緒 言

前報 (1960)¹⁾ において、著者は甲状腺 I^{131} の release rate の変化及び甲状腺による I^{131} uptake の変化を追究し、鶏の甲状腺機能は高温環境において低下することを報告し、その環境温度に対する反応は $90\sim 95^{\circ}\text{F}$ でおよそ4時間以内に起こることを報告した。高温環境における甲状腺機能の低下は、鶏の耐熱反応の一つであつて、高温環境に対する homeostasis の内部機構の一部をなすものと考えられる。

以上の点が明らかにされたので、本報においては甲状腺除去、methyl-thiouracil 及び iodocasein の給与によつて、甲状腺機能を種々の level においた上で、これと高温環境における鶏の体温生理との関係を研究した。

II 研究材料及び方法

材料は同時に孵化した白色 Leghorn 種雄鶏 60 羽を用いた。雛が生後 89 日に達した時、これを無作為に4群に区分した。すなわち、対照区、甲状腺除去区、0.2% methylthiouracil (MTU と略す。) 給与区及び 0.2% iodocasein (IC と略す。) 給与区の4群である。その際、雛に与えた基礎飼料は前報 (1960)¹⁾ に示した通りである。対照区及び甲状腺除去区には基礎飼料のみを与え、MTU 区には Methiocil (中外製薬) を基礎飼料に対し 0.2% の割合に混合して与えた。また IC 区には Proyogen 末 (巴化学) を用いた。本剤は賦形薬として乳糖を用いてあるので、iodocasein の量として 0.2% の割合に基礎飼料に混合して給与した。水及び緑餌は自由に与えた。以上は実験鶏の日令 90 日より 152~162 日に屠殺するまでの間給与した。甲状腺除去手術は日令 100~130 日の間に行なつた。その時期は本実験開始前 8~39 日である。

体温生理を研究する方法としては、岡本等 (1955, 1955, 1956, 1956, 1957)²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾ が従来鶏について行なつて来た方法によつた。すなわち環境温度が $68\sim 76^{\circ}\text{F}$ の室内無風の状態で各区より 1 羽ずつ直腸温、呼吸数及び体各部 13 部位の皮膚温度を測定した。つぎに測定後 $90\sim 95^{\circ}\text{F}$ に調節した加温室に鶏を入れ、10 分後及び 30 分後に同様の測定を行なつた。測定した例数は各区それぞれ 15 羽、合計 60 羽である。

皮膚温度の測定は、**thermister** を応用した皮膚温度計を用い、著者 (1957, 1957)⁶⁾⁷⁾ の方法によつて、皮膚温度に皮膚面積の重みをつけて平均した平均皮膚温度を求めた。

さらに、本実験終了後 **IC** 給与区、対照区、**MTU** 給与区及び甲状腺除去区において、果して甲状腺機能が上記の順に差が認められたかを調べるために、全実験鶏を屠殺し、主として甲状腺の組織学的変化を研究した。

屠殺後各臓器は、**torsion balance** その他で重量を測定し、甲状腺は **formalin** 固定後、**hematoxyline-eosine** 染色を行ない、**UOTILA & KANNAS (1952)⁸⁾** 及び **TALA (1952, 1953)⁹⁾¹⁰⁾** による交叉直線を用いての組織学的測定による方法によつて甲状腺を鏡検した。

III 成績及び考察

IC 給与区、対照区、**MTU** 給与区及び甲状腺除去区において、果して甲状腺機能が上記の順に差が認められるかということが、本実験の基盤をなすものである。そこでこの点を確認するため、本実験終了後実験鶏を屠殺し、甲状腺の組織学的検索を行なつた。

屠殺後直ちに下垂体、甲状腺、上皮小体、副腎、精巣、腎、脾、肝、冠及び肉髯ならびに胛を取り出し、周囲の組織より分離して重量を測定した。その各群別の平均値及び体重100g当りの重量の平均値はTable 1 に示す通りである。

Table 1 Weight of organ in control and treated groups

Organ		Control	MTU	IC	Thyroidectomy
Pituitary	mg	10.17	11.36	9.25	10.30
	*	1.051	0.754	0.755	1.162
Thyroid	mg	44.22	172.73	42.00	—
	*	4.463	12.653	3.259	—
Parathyroid	mg	7.13	6.38	6.04	9.50
	*	0.732	0.520	0.489	0.825
Adrenal	mg	131.61	163.29	158.92	184.80
	*	13.838	12.320	12.567	21.171
Testis	mg	826.89	7343.50	2496.90	440.10
	*	75.113	521.095	208.075	43.601
Kidney	g	7.41	9.05	8.49	7.63
	*	0.766	0.681	0.676	0.815
Spleen	g	1.46	2.24	2.04	0.98
	*	0.141	0.162	0.146	0.098
Liver	g	27.81	37.68	39.25	30.54
	*	2.847	2.952	2.742	3.196
Comb & wattle	g	9.45	17.74	12.84	4.97
	*	0.846	1.176	0.974	0.468
Pancreas	g	3.23	3.80	3.81	3.41
	*	0.328	0.287	0.289	0.351

MTU : 0.2% Methyl-thiouracil

IC : 0.2% Iodocasein

* : Mg or g/100g body weight

Table 1 によれば、甲状腺は **MTU** 給与区が最大で **172.73 mg** にも達している。対照区と **IC**

給与区は大差なく、この両群それぞれと MTU 給与区との平均値の間には、何れも 5% の危険率で有意差が認められる。

副腎は甲状腺除去区が最大で、他の 3 群それぞれの平均値との間に 5% の危険率で有意差が認められる。しかし他の組合せでは何れも大差なく、有意差は認められなかつた。

精巢は MTU 給与区が最大で、IC 給与区がこれにつぎ、続いて対照区の順となり、甲状腺除去区が最も小さい。MTU 給与区と甲状腺除去区との間には 1% の危険率で有意差が認められ、さらに甲状腺除去区と対照区及び IC 給与区との平均値間の差も 5% の危険率で有意である。また MTU 給与区と対照区及び IC 給与区との間にも 5% の危険率で有意差が認められる。

甲状腺の組織を UOTILA et al. (1952)⁹⁾ 及び TALA (1952, 1953)⁹⁾¹⁰⁾ による交叉直線を用いての組織学的測定による方法によつて測定した結果は Table 2 に示す通りであつて、甲状腺濾胞上皮細胞の占める割合を E% で示し、甲状腺 colloid との割合を百分率で示してある。

Table 2 Changes of E% in the control and treated groups

Group	E %
The control section	33.5 ± 4.95*
0.2% iodocasein section	19.3 ± 6.38
0.2% methylthiouracil section	48.5 ± 5.51

* : standard deviation

Table 2 に示したように、MTU 給与区の甲状腺は対照区のものに比較して濾胞上皮細胞高が高くなり、しかも濾胞上皮細胞の増殖も盛んであるので、その E% は IC 給与区及び対照区より大で、その平均値の差は IC 給与区との間では 1% の危険率で、また対照区との間では 5% の危険率で有意である。IC 給与区は対照区に比較すると幾分濾胞上皮細胞高が低く、E% も対照区の平均が 33.5% であるのに対し、IC 給与区は 19.3% で、この平均値の差も 5% の危険率で有意である。

これは thiouracil が甲状腺 hormone の合成を、何れかの段階で阻止することにより、その hormone の合成乃至分泌を抑制し、従つてその血中濃度の低下を来たす結果、下垂体前葉からの TSH 分泌の亢進を招き、その状態が続くと、甲状腺の肥大を招くに至るものであろう。また REINEKE & TURNER (1942, 1943, 1945, 1946)¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾ その他によつて試験改良された iodocasein は腸において酵素分解を受け、thyroxine, diiodotyrosine その他の各種 amino 酸として吸収されると言われている。従つて iodocasein は thiouracil と反対に、下垂体前葉からの TSH 分泌の抑制を招き、甲状腺が対照鶏より小となつたものであろう。

以上述べた結果は、IC 給与区、対照区、MTU 給与区及び甲状腺除去区の甲状腺機能に差の認められたことを示すものと思われる。

上記の点を確かめたので、引続いて本実験の主題である甲状腺機能と体温生理との関係について述べよう。IC 給与区、対照区、MTU 給与区及び甲状腺除去区の実験鶏につき、直腸温、呼吸数及び平均皮膚温度を測定した結果は、Table 3 及び Fig. 1~3 に示す通りである。

Table 3 及び Fig. 1 によれば、各群の直腸温は加温 10 分後の甲状腺除去区を例外として、何れも加温により上昇する。その上昇程度は甲状腺機能の level に応じて明らかに差が認められ、IC 給与区が最も高く、ついで対照区、MTU 給与区の順になり、甲状腺除去区が最も低い。統計学的に

Table 3 The effect of heat treatment on rectal temperature, respiration rate and average skin temperature in relation to thyroidal function

		0.2% iodo-casein	control	0.2% methyl-thiouracil	Thyroidectomy
Rectal temp. (°C)	Before heat treatment	41.94±0.085*	42.10±0.084*	41.92±0.071*	42.00±0.102*
	Ten min. after heat treatment	42.57±0.086	42.49±0.113	42.31±0.089	41.92±0.142
	Thirty min. after heat treatment	43.20±0.085	43.03±0.071	42.62±0.104	42.25±0.136
Respiration rate (No./min.)	Before heat treatment	28.9 ±1.28	31.0 ± 2.31	29.9 ± 1.13	25.2 ± 2.09
	Ten min. after heat treatment	86.5±13.83	50.8 ± 8.16	58.8 ±11.44	27.5 ± 3.18
	Thirty min. after heat treatment	204.1±8.61	202.0±11.18	160.8±11.90	40.8 ± 9.07
Average skin temp. (°C)	Before heat treatment	36.92±0.261	36.79±0.211	36.99±0.154	36.37±0.137
	Ten min. after heat treatment	38.55±0.159	38.41±0.134	38.27±0.150	37.42±0.160
	Thirty min. after heat treatment	39.42±0.142	39.26±0.074	38.91±0.131	38.13±0.151

* : Standard deviation

Fig. 1 The effect of heat treatment on rectal temperature in relation to thyroidal function

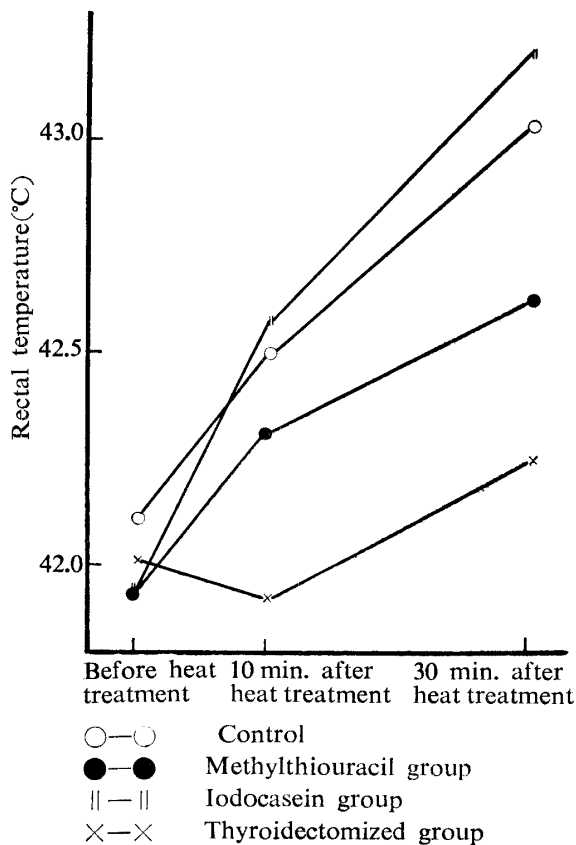
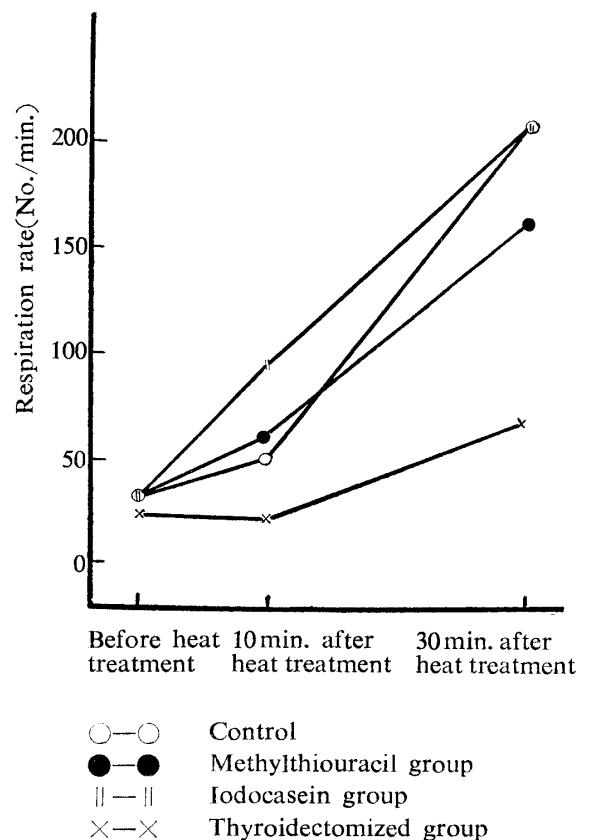


Fig. 2 The effect of heat treatment on respiration rate in relation to thyroidal function



この差の有意性を検定するため、時間的経過の検定を行なつた。その結果は Table 4 に示す通りである。

Table 4 によれば、MTU 給与区と対照区との組合せとを除いて、その他何れの組合せにおいても、すべて1%の危険率でその時間的経過には有意差が認められた。有意差の認められなかつた MTU 給与区と対照区につき、加温後10分及び30分において平均値の差の有意性の検定を行なつた。その結果加温10分後においては両群間に有意差は認められなかつたが、加温30分後においては5%の危険率で有意差が認められた。これは加温10分後では加温効果がまだ充分でなく両群の差が明確にわかれずに個体差におおわれたためであろう。以上から直腸温の上昇程度は、統計学的にも明らかに甲状腺機能の level に応じて差が認められたことがわかる。

Table 3 及び Fig. 2 に示したように、呼吸数は直腸温と同様に加温10分後における甲状腺除去区を例外として、何れも加温によつて増加する。ただその上昇程度は直腸温と幾分異なり、加温10分後ではIC 給与区が最も多く、つぎにMTU 給与区、対照区の順となり、甲状腺除去区

Fig. 3 The effect of heat treatment on average skin temperature in relation to thyroidal function

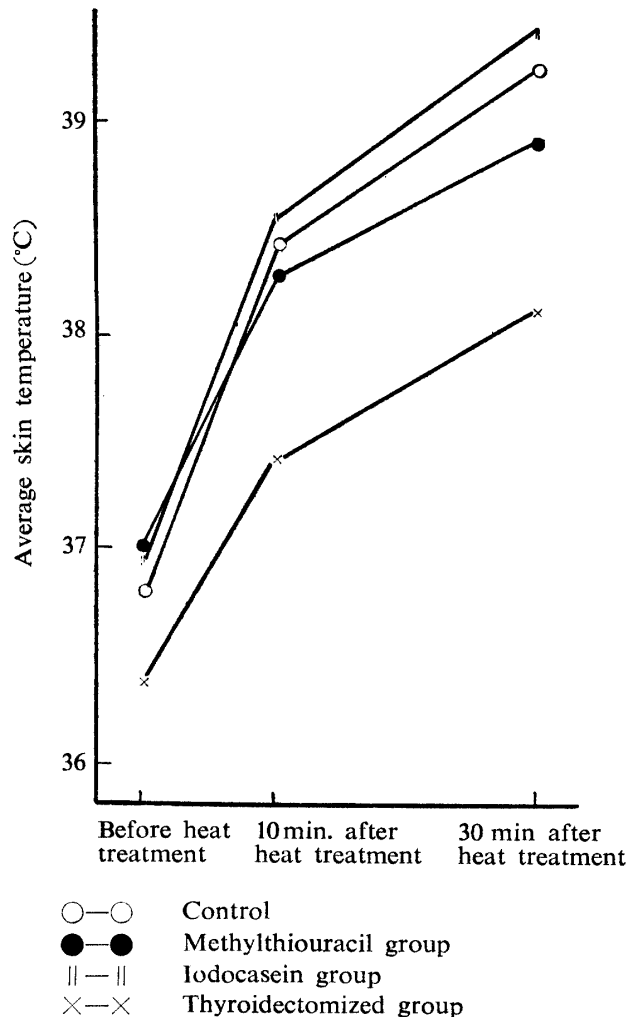


Table 4 Statistical significance of the difference of rectal temperature, respiration rate and average skin temperature between experimental groups

	Rectal temp.	Respiration rate	Average skin temp.
Thyroidectomy vs. MTU	**	*	*
Thyroidectomy vs. control	**	*	*
Thyroidectomy vs. I C	**	*	*
Control vs. MTU	—	—	—
Control vs. I C	**	—	—
MTU vs. I C	**	—	—

** : Significant at 1% level

* : Significant at 5% level

MTU : The section supplied 0.2% methylthiouracil

IC : The section supplied 0.2% iodocasein

— : Non-significant

が最も低い。加温 30 分後では、IC 給与区と対照区で **panting** が極度に出現して、何れも 200/min. 前後となつて最も多い。つぎに MTU 給与区、甲状腺除去区の順に漸次低くなつている。すなわち加温 10 分後において対照区と MTU 給与区との位置が反対になつた点を除いては、呼吸数の上昇程度も直腸温とほとんど同様である。この際、甲状腺除去区のみが、高温環境において **panting** を出現しなかつた点は、IC 給与区及び対照区と比較し著しい対照を示していた。

直腸温と同様にして、各群間でそれぞれ時間的経過の検定を行なつた結果は、Table 4 に示した通りである。甲状腺除去区と他の 3 区それぞれとの間には、5 % の危険率で有意差が認められた。時間的経過の検定によつて有意差の認められなかつた各群間で加温 10 分及び 30 分後のそれぞれにおいて、平均値の差の有意性の検定を行なつた。まず IC 給与区と MTU 給与区とを比較すると、甲状腺機能の低い MTU 給与区が常に IC 給与区より低い傾向を示しているが、加温 10 分後の平均値間には有意差が認められず、加温 30 分後ではその平均値間に 1 % の危険率で有意差が認められた。加温 10 分後では加温処理の効果が充分でないためと考えられ、Table 3 の標準偏差を見ても明らかなように、分散が大きく個体差の激しいことを示している。MTU 給与区と対照区とを比較すると、加温 10 分後では幾分 MTU 給与区の平均値が高い傾向を示すが、有意差はなく、加温 30 分後になると、明らかに甲状腺機能の低い MTU 給与区の平均値が小で、その差は 1 % の危険率で有意であつた。さらに対照区と IC 給与区では、前にも述べたように加温 30 分後において、**panting** が極度に出現するので、両区の呼吸数はほぼ一致するようになった。その為、時間的経過の検定によつて有意差は認められず、また加温 30 分後の平均値の差も有意ではなかつた。しかし加温 10 分後における平均値の差は 5 % の危険率で有意で、呼吸数も甲状腺機能の level に応じて、高温環境における上昇程度に差が認められたと言ふことができよう。

Table 3 及び Fig. 3 に示した平均皮膚温度においては、加温により各区共加温処理の時間の経過に伴つて上昇を示した。しかもその上昇程度は、甲状腺機能の level に応じて差が認められ、IC 給与区の上昇程度が最も高く、つぎに対照区、MTU 給与区の順となり、甲状腺除去区が最も低い。この変化は直腸温と全く一致する傾向を示した。そこで各群間の差を時間的経過の検定によつて確かめた結果、Table 4 に示したように、甲状腺除去区と他の 3 区との間には、何れも 5 % の危険率で有意差が認められた。有意差の認められなかつた各群間の差を、前と同様に平均値の差の有意性の検定によつて検定した結果、MTU 給与区と IC 給与区との間では、加温処理 10 分後においては、両群間に有意差は認められなかつたが、加温 30 分後においては 5 % の危険率で有意差が認められた。つぎに対照区と MTU 給与区との間では、前と同様に加温 10 分後においては有意差は認められなかつたが、加温 30 分後においては両群間に 5 % の危険率で有意差が認められた。加温 10 分後において有意差が認められなかつたのは、まだ加温処理の効果が充分でなかつたためと解して差支えないものと思われる。IC 給与区と対照区との間では加温 10 分後及び 30 分後の何れでも有意差が認められなかつた。

以上述べたように、直腸温、呼吸数及び平均皮膚温度を通じて、時に有意差を証明できなかつた場合もあるが、全般的に甲状腺機能の level に良く一致して、それ等の上昇程度に差が認められ、高温環境においては低甲状腺機能のものが良く適応することを知ることができた。

前報 (1960)¹⁾ において、甲状腺は環境温度の急激な変化に対してすみやかに反応し、高温環境では甲状腺 hormone の放出が抑制され、機能の低下を来すことを報告した。一方、甲状腺機能の level を亢進または低下の状態において、高温環境における鶏の体温生理を研究した本報の成績と併せ考えると、一般に高温または低温等の stress の影響を緩和するような機構が endogenous に

働らくもので、環境温度に応じた甲状腺機能の変動も、この *homeostasis* と考えられる。

著者は高温環境における甲状腺機能と鶏の体温生理との関連を研究したが、低温環境における同様の研究は、大部分 *rat* を材料としたものである。すなわち、ERSHOFF (1948)¹⁵⁾ は *thiouracil* を給与した *rat* を用い、 $2 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ の低温環境においた場合の生存時間を研究している。それによると *thiouracil* 給与区は平均 5.7 日生存するのみで、これに副腎皮質 *extract* を注射しても効果はないが、*thyroxine* を注射すると、28 日の実験期間を通じて 100% 生存させることができたと報告している。また甲状腺除去動物が寒冷環境においては生存できないことも知られてをり、LEBLOND & GROSS (1943)¹⁶⁾、SELLERS & YOU (1950)¹⁷⁾ 及び LEBLOND & EARTLY (1952)¹⁸⁾ 等によつて報告されている。これは低温環境においては *metabolism* が上昇するためと考えられ、*rat* 等の哺乳類について低温環境では酸素消費量の増加することを SELLERS & YOU (1950)¹⁷⁾、LEE (1942)¹⁹⁾、COTTLE & CARLSON (1954)²⁰⁾ 及び SWANSON (1957)²¹⁾ 等が報告している。これ等の各報告は RING (1942)²²⁾、COTTLE & CARLSON (1956)²³⁾ 及び STEVENS et al. (1955)²⁴⁾ その他が述べているように、正常な体温を維持し、極度の低温に耐えるためには、甲状腺の *activity* を増加しなければならないことによるものと考えられる。これ等はすべて低温環境を対象とし、哺乳類について行なわれた研究であるが、著者の成績によれば、鶏を高温環境においても甲状腺機能の *level* に応じて、その耐熱反応に差が認められることから、その *mechanism* は以上の低温環境における研究と軌を一にするものと言うことができよう。

摘 要

甲状腺機能と高温環境における鶏の体温生理との関係を研究する目的で、同時に孵化した白色 *Leghorn* 種雄鶏を用い、生後 89 日にこれを 4 群に区分した。すなわち、対照区、甲状腺除去区、0.2% *methylthiouracil* 給与区及び 0.2% *iodocasein* 給与区の 4 区である。実験はこの 4 群の鶏が生後 128~143 日に達した時に行なわれた。体温生理の研究方法は、鶏を各区より 1 羽ずつ 68~76°F の室内におき、直腸温、呼吸数及び平均皮膚温度 (体各部 13 部位の皮膚温度を測定し、これに皮膚面積の重みをつけて平均した。) を測定した後、引続き 90~95°F に調節した加温室に各区の鶏を入れ、10 分後及び 30 分後に同様の測定を行なつた。結果を要約すれば次の通りである。

- 1) 直腸温及び平均皮膚温度の上昇程度は *iodocasein* 給与区が最も高く、ついで対照区、*methylthiouracil* 給与区の順となり、甲状腺除去区が最も低い。
- 2) 呼吸数も大体同様の傾向を示すが、高温処理 30 分後には、極度の *panting* を起すので、*iodocasein* 給与区と対照区の差は認められなくなる。

以上より甲状腺機能と鶏の体温生理との微妙な関連が考えられる。

終りに臨み、御懇切な助言を賜わり、校閲の労をとられた九州大学農学部岡本正幹教授ならびに御指導頂いた西山久吉教授に深く謝意を表す。

文 献

- 1) 大坪孝雄：鹿児島大学農学部学術報告，9, 10 (1960).
- 2) 岡本正幹・大坪孝雄・海江田穂：日本畜産学会報，26, 71 (1955).
- 3) 岡本正幹・大坪孝雄：日本畜産学会報，26, 239 (1955).
- 4) 岡本正幹・大坪孝雄・小川清彦：鹿児島大学農学部学術報告，5, 4 (1956).

- 5) 岡本正幹・大坪孝雄：増満洲市郎：鹿児島大学農学部学術報告, **5**, 33 (1956).
- 6) 岡本正幹・大坪孝雄：鹿児島大学農学部学術報告 **6**, 125 (1957).
- 7) 大坪孝雄：鹿児島大学農学部学術報告, **6**, 131 (1957).
- 8) UOTILA, U. & O. KANNAS: *Acta Endocrinol.*, **11**, 49 (1952).
- 9) TALA, P.: *Ibid. Suppl.*, **9** (1952).
- 10) ——— : *Endocrinol.*, **53**, 474 (1953).
- 11) REINEKE, E. P. & C. W. TURNER: *J. Biol. Chem.*, **143**, 285 (1942).
- 12) ——— & ——— : *Ibid.*, **149**, 553 (1943).
- 13) ——— & ——— : *Ibid.*, **161**, 559 (1945).
- 14) ——— & ——— : *Ibid.*, **162**, 162 (1946).
- 15) ERSHOFF, B. H.: *Endocrinol.*, **43**, 36 (1948).
- 16) LEBLOND, C. P. & J. GROSS: *Endocrinol.*, **33**, 155 (1943).
- 17) SELLERS, E. A. & S. S. YOU: *Am. J. Physiol.*, **163**, 81 (1950).
- 18) LEBLOND, C. P. & H. EARTLY: *Endocrinol.*, **51**, 26 (1952).
- 19) LEE, R. C.: *J. Nutrition*, **23**, 83 (1942).
- 20) COTTLE, W. & L. D. CARLSON: *Am. J. Physiol.*, **178**, 305 (1954).
- 21) SWANSON, H. E.: *Endocrinol.*, **60**, 205 (1957).
- 22) RING, G. C.: *Am. J. Physiol.*, **137**, 582 (1942).
- 23) COTTLE, M. & L. D. CARLSON: *Endocrinol.*, **59**, 1 (1956).
- 24) STEVENS, C. E., S. A. D'ANGELO, K. E. PASCHKIS, CANTAROW & F. W. SUNDERMAN: *Endocrinol.*, **56**, 143 (1955).

Résumé

In order to find the relation between the thyroid function in the higher ambient temperature and the physiology of thermal regulation in the fowl, 60 cocks were divided into four groups; Group 1: administered 0.2 % methylthiouracil, Group 2: administered 0.2 % iodocasein, Group 3: thyroidectomized, Group 4: control. All of them were placed in a room maintained at 90~95°F, and then the rectal temperature, the respiration rate and the average skin temperature were measured.

The response to the heat treatment appeared to be most remarkable in the group in which iodocasein was administered, and followed by the control, methylthiouracil administered group and thyroidectomized group in order. From these results, it is considered that there is a delicate relation between thyroid function and the mechanism of thermal regulation. And in order to investigate further the difference among the levels of thyroid function in each group, the histological changes of thyroid was examined.