

氏 名(本籍) 荒 井 敢 太

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 3 9 2 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 2 年 3 月 15 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 家 禽 卵 に お け る 卵 白 量 と 成 長 の 関 連 の 研 究

論 文 審 査 委 員 (主 査)

教 授 水 間 豊 教 授 正 木 淳 二

教 授 佐 々 木 康 之

論文内容要旨

卵重とふ化時体重およびふ化後のひなの成長との関係については、これまで多くの報告がなされてきた。しかし、卵重構成成分の約60%を占める卵白量のふ化時体重とひなの成長に対する効果を調べたものはほとんどみられない。そこで、本研究では、はじめに、ニワトリを用いてふ卵中に部分的に卵白を抜きとってふ化するという手段によって、ニワトリの卵における卵白量の胚およびひなの成長に対する効果を検討した。その結果、約1/4量の卵白を抜きとってふ卵すると、体重は80%に縮小するものの、正常なひながふ化することが知られた。次に、ウズラでも同様な検討を行い、ニワトリとほぼ同じ結果を得たので、さらに、卵白の1/4量を抜きとってふ化するという条件下で、ウズラの6週齢時の体重選抜を実施した。そして、卵白抜きとりの選抜環境としての意義を検討した。

得られた結果の概要は以下のとおりである。

1. ニワトリにおける卵重と卵白および卵黄重との関係

ニワトリの3品種および3交配種の卵を用いて、卵重に対する卵白重と卵黄重の関係を検討した。鶏種によって卵重の大小にかなりの差があるが、一般に大卵であるほど小卵に比し卵白重の割合が大きく、卵黄重が小さくなるという結果であった(表1)。全鶏種をこみにして、卵白重 Y_1 および卵黄重 Y_2 の卵重 X に対する回帰式をもとめたところ、 $Y_1=0.69X-5.99$ 、 $Y_2=0.23X+3.51$ となった。また、卵黄重に対する卵白重の比 Y_1/Y_2 は大卵から小卵になるにつれて、小さくなる傾向がみられた。以上の結果から種々の鶏種の卵において、 Y_1/Y_2 は一定ではないが、ふ化が正常に行われており、 Y_1/Y_2 を人為的に動かしてもある程度まではふ化が可能なが示唆された。

2. ふ卵中の卵白抜きとりとふ化率、ふ化時体重およびその後のひなの成長

そこで、55g($Y_1/Y_2=2.0$)の卵で全卵白量の1/4の7.5gの卵白を抜きとってふ卵した。この措置は Y_1/Y_2 を2.0から1.5に低下させることになる。卵白抜きとりふ化区の、受精卵数に対するふ化率は34.6%となり、対照区の70.4%の約1/2に低下した(表2)。また、ひなのふ化時体重は、ほぼ抜きとった卵白重量にみあうだけ減少するが、ひなは正常であることが知られた(表3)。なお、卵白抜きとり区と対照区との間の胚の重量差は、ふ卵16日には有意となった。

卵白抜きとり区のひなの成長の回復は、不断給餌下では、雌で10週を必要とした。雄では20週齢になっても回復しなかったが、この差の原因については明らかにできなかった。

以上の結果から卵白抜きとりふ化は、胎生環境下での栄養制限を実現できる手段と考察した。

3. ウズラ卵における卵重と卵白および卵黄重との関係

次に、ウズラを用い、ウズラでも卵白抜きとりふ化が可能かを検討した。材料のウズラは、東北大学農学部家畜育種学教室で維持していた集団である。卵重9.6gのウズラ卵の卵白重、卵黄重は、それぞれ5.7gと2.9gであった。卵重に対する割合は前者60%、後者30%であって、55gのニワトリ

卵の場合の比率に近似していた。また、 Y_1/Y_2 は1.98となって、これもニワトリ卵における比と同様な結果であった。

4. ウズラにおける卵白の一部抜きとりのふ化率、ふ化時体重、その後の成長におよぼす効果

そこで、ウズラ卵において、5段階の卵白抜きとり区においてふ卵したところ、抜きとり量が多くなるほどふ化率は低下する傾向がみられた(表4)。そして、ニワトリと同様に卵白量の $1/4$ 程度(集団平均9.6gの卵で1.3g)を抜きとってふ卵したときの、受精卵数に対するふ化率は、対照区の45%に対し、卵白抜きとり区は18%となり、対照区の40%に減少した。また、ふ化したひなのふ化時体重は、正常ひなの80%台で、ほぼ抜きとった卵白量に相当するだけ縮小された。

次に、卵白抜きとり区のひなの成長の回復について、卵白抜きとり群と正常群の全兄弟・姉妹で比較したところ、回復割合に家系による変異がみられた(図1および図2)。このことから、卵白抜きとりふ化ひなの成長の回復の程度に、遺伝的変異の存在が示唆された。

5. ウズラにおける卵白抜きとり条件下での体重選抜の効果

そこで、ウズラを用い全卵白量の $1/4$ 程度の卵白を抜きとって、6週齢時体重大(TL系)および抜きとらないで6週齢時体重大(L系)に家系内選抜を8世代実施し、選抜反応と相関反応をみた。また、卵白を抜きとらないで無選抜(C系)の区を対照とした。交配方式は、3選抜系すべて循環交配とし、毎世代原則としてTL系およびL系については、♂1×♀3、C系は毎世代♂1×♀1の交配とした。

選抜率、選抜差、選抜差の有効値/期待値、集団の有効な大きさ N_e 、近交係数増加率 ΔF などに、TL系とL系間の差はみられなかった(表5)。直接選抜形質である6週齢時体重の選抜反応については、TL系はすべての世代でL系よりも小さく(図3)、世代あたりの遺伝的改良量もまた小さかった。なお、実現遺伝率はL系の0.26に対し、TL系では0.30であった。

6. 体重選抜の相関反応

(1) 4、10週齢時体重および産卵諸形質

選抜環境下における相関反応として、4および10週齢時体重をみたところ、すべての世代でTL系はL系よりも小さく、その差は有意となった。また、選抜系の産卵諸形質を0、1、5および8世代で調査した。初産時日齢および10週齢時卵重については、調査したすべての世代で、系統間に有意差はみられなかった。初産時卵重は、5世代でTL系、L系ともにC系よりも有意に大きく、また8世代ではTL系>L系であった。産卵数と産卵率は、5および8世代でともにC系>TL系>L系となり、卵重の大きい選抜系で産卵率が低くなる傾向であった。

(2) 卵の構成成分およびふ化率について

7世代のウズラが生産した卵（TL系493卵、L系453卵およびC系550卵）の卵構成成分重量をみた。卵重と卵白重については、系統間に有意差はみられなかった。しかし、卵黄重には系統間に有意差がみられ、L系>TL系>C系となって、体重の大小の順と同じ関係にあった。この結果、 Y_1/Y_2 にも有意な系統間差が生じC系>TL系>L系となった。

受精率および受精卵数に対するふ化率を0、1、5、6および8世代で調べた。C系からの偏差でみると、受精率はTL系において世代による変動が少ないのに対して、L系では世代の進行にともなって低下する傾向がみられた。受精卵数に対するふ化率は、5および8世代において、C系>L系>TL系となった。TL系は卵白を抜きとっているから、もっともひくいふ化率になるが、世代にともなうふ化率の低下は、L系よりもゆるやかであった。なお、5および8世代における卵白無処理条件下において、系統間のふ化率を比較したところ、対入卵数、対受精卵数ともにC系>TL系>L系となり、体重選抜系で低くなった。

(3) 生存率と適応度指数について

6週齢時での生存率は、4世代以降すべての世代でTL系がもっとも低い傾向を示し、4および7世代では、L系とTL系の差は有意となった。10週齢時における育成率も生存率とほぼ同様の結果であった。一方、卵白無処理ふ化条件下でのひなの6週齢時の生存率は、5および8世代とも系統間に差はみられなかった。

受精率、ふ化率、生存率、育成率および産卵率を基礎として、適応度指数（図4）と生存度指数（表6）をもとめた。C系からの偏差でみたこれら指数は、低下速度において、TL系はL系よりもゆるやかであった。また、5および8世代の卵白無処理条件下の生存度指数は、TL系>L系であった。この差の原因は、TL系において、ふ化率が低いために、ふ卵に際し多くの入卵数を必要としたことと関連があると考察した。

7. 選抜環境としての卵白抜きとりふ化の意義

本研究では、卵白抜きとりふ化によってひなをundersizeとし、以後の代償成長を利用した体重選抜の効果を検討した。直接選抜形質である6週齢時体重において、TL系はすべての世代でL系よりも小さく、遺伝的改良量も小さかった。ただし、8世代での卵白無処理条件下でふ卵したひなの成長の比較では、TL系とL系の間に差はみられず、卵白抜きとりふ化という条件下での体重選抜の効果があがっていることが明らかとなった。

しかし、 $1/4$ 量の卵白を抜きとってふ化することによって、TL系のふ化率はかなり低下した。また、ふ化したひなの体重が正常のひなの80%台に縮小され、しかも、その後の生存率と育成率もL系およびC系よりも低くなった。これらの結果もあって、この条件下の選抜が強健性の選抜という結果にはならなかった。このように、TL系は $1/4$ 量の卵白抜きとりふ化によって、多大の負荷を負うこととなっ

た。したがって、卵白抜きとりによる胎生環境の変更による選抜は効果が上がったとはいえ、より効果的な結果を得るためには、選抜環境としての卵白の抜きとりの程度について、さらに、慎重な検討をする必要があると考えられる。

表 1. 各品種, 交配種の卵重, 卵白重および卵黄重g

供 試 鶏	羽数	卵数	卵数/羽	卵 重	卵 白 重	卵 黄 重
S R	2	30	15	54.5 ± 3.1	30.7 ± 2.2	16.9 ± 1.0
W L	6	90	15	51.4 ± 3.9	30.4 ± 2.3	14.4 ± 1.0
大シャモ♂×W L♀	6	90	15	50.9 ± 3.8	29.2 ± 2.5	15.2 ± 1.3
中シャモ♂×W L♀	4	60	15	46.3 ± 1.9	24.7 ± 1.1	14.6 ± 1.0
白チャボ♂×W L♀	3	45	15	37.1 ± 1.9	19.8 ± 1.5	11.6 ± 0.6
白チャボ	1	11	11	28.4 ± 1.4	14.1 ± 1.0	10.1 ± 0.7
ウズラ	5	72	14	9.9 ± 0.7	5.2 ± 0.6	3.3 ± 0.3

表 2. 卵白の一部抜きとり卵におけるふ化率

	卵白抜きとり区	対 照 区
入 卵 数	89	46
受 精 卵 数	78	41
ふ 化 羽 数	27	29
ふ化羽数/入卵数 (%)	30.3	63.0
ふ化羽数/受精卵数 (%)	34.6	70.7

表 3. 卵白の一部抜きとり卵におけるふ化時の体重と内臓重量

		卵白抜きとり区	対 照 区	差	卵白抜きとり区/ 対照区(%)
実験 1	n	9	5		
	体重 g	28.82 ± 4.05 a)	36.43 ± 2.91	7.61**	79.1
	心臓重 mg	226.2 ± 26.6	261.4 ± 22.3	35.2 *	86.5
	肝臓重 mg	869.2 ± 96.2	866.8 ± 64.1	2.4	100.3
実験 2	n	27	29		
	体重 g	30.41 ± 3.17	37.11 ± 3.79	6.7 **	81.9
	心臓重 mg	238.1 ± 46.9	284.2 ± 30.0	46.1 **	83.8
	肝臓重 mg	779.1 ± 91.7	909.3 ± 112.7	130.2 **	85.7

a) $\bar{X} \pm s$

* $P < 0.05$

** $P < 0.01$

表 4. 卵白抜きとり量とふ化率%

	処 理	入 卵 数	ふ化羽数/入卵数	ふ化羽数/受精卵数
実験 1	対 照 区	110	34.5	44.7
	0.7 g 区	72	23.6	30.9
	1.0 g 区	93	26.9	31.3
	1.3 g 区	78	14.1	17.5
	1.6 g 区	85	18.8	24.2
	1.9 g 区	83	6.0	8.1
実験 2	対 照 区	93	35.5	38.4
	実 験 区	196	14.8	16.6

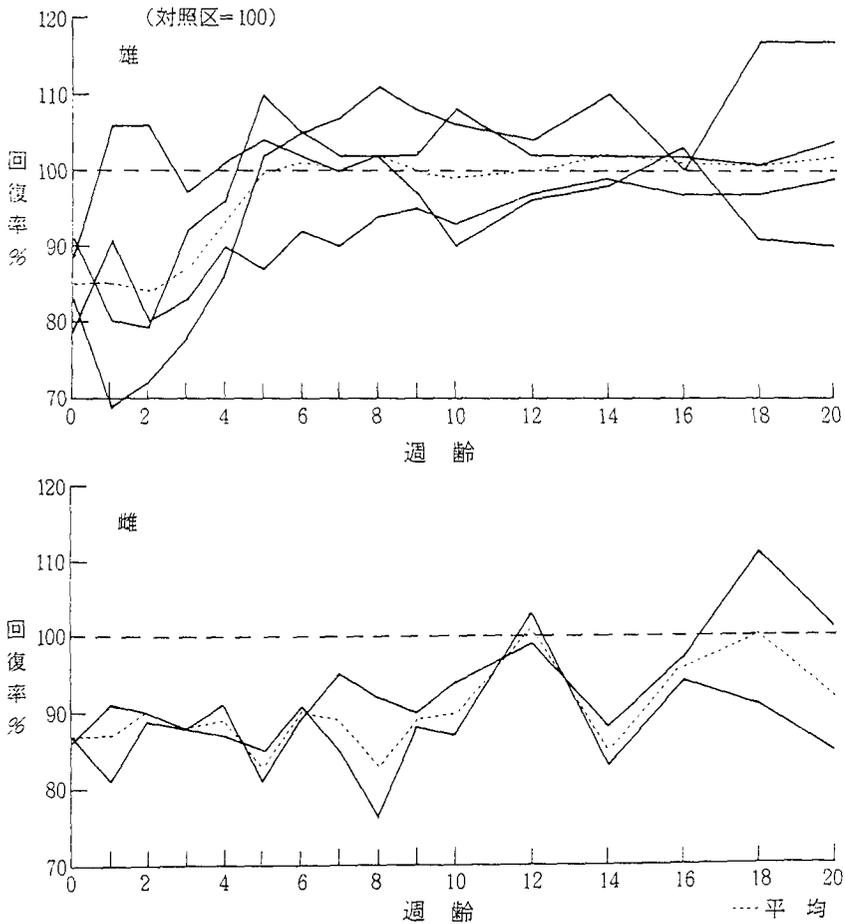


図 1. 無作為交配集団における同一雌からの対照区の体重に対する卵白抜きとり区ひなの回復率

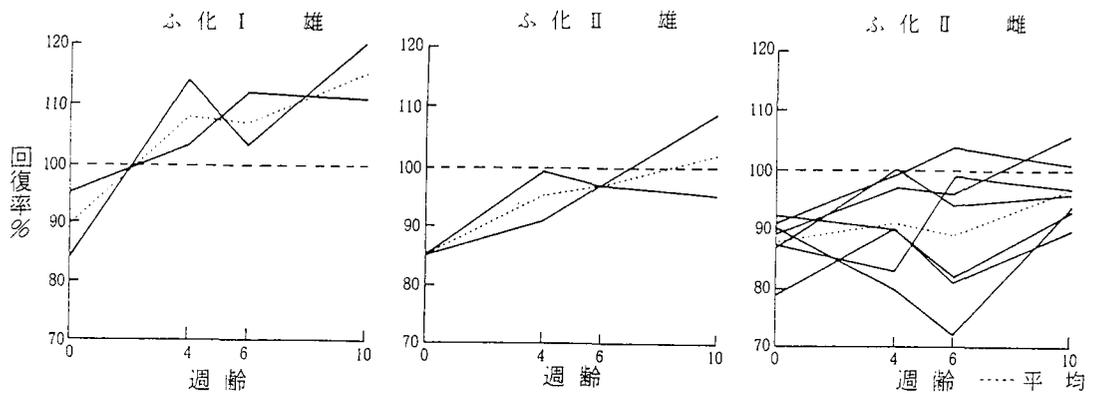


図 2. 0 世代における同一雌からの L 系の体重に対する TL 系ひなの回復率 (L 系 = 100)

表 5. 選抜反応に関する統計値 (世代平均)

	TL 系	L 系
選 抜 率	0.454	0.448
実測選抜差 g		
期待値	5.70	7.15
有効値	6.40	7.18
有効値/期待値	1.06	1.03
標準化選抜差		
期待値	0.54	0.64
有効値	0.59	0.64
有効値/期待値	1.06	1.02
集団の有効な大きさ N_e a)	58.3	60.6
N_e b)	44.0	46.6
近交係数増加率 ΔF	0.012	0.011

a) Gowe et al. (1959) による。

b) Wright (1939) による。

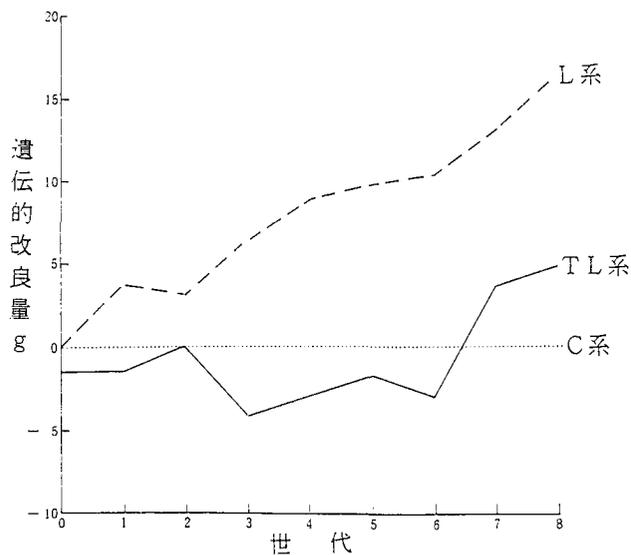


図 3. 6 週齢時体重における遺伝的改良量の推移 (雌雄平均)

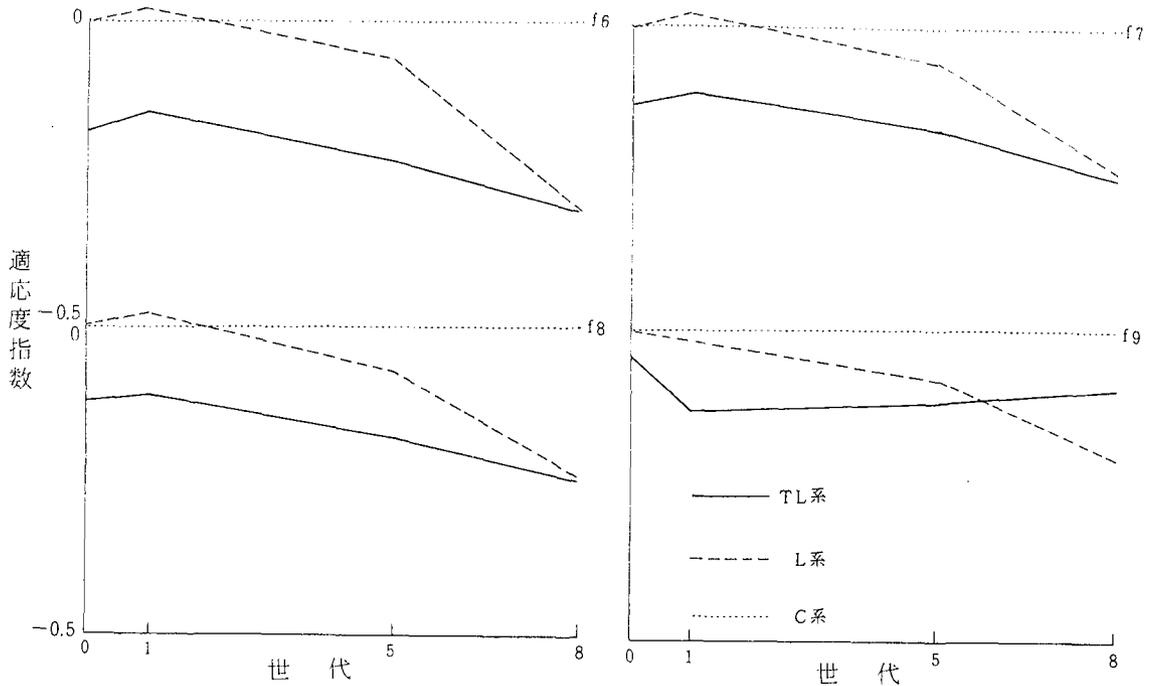


図4. 適応度指数

- f_1 : 受精卵数 / 入卵数
 f_2 : 孵化羽数 / 受精卵数
 f_3 : 生存羽数 / 孵化羽数 (孵化時—6週齡時)
 f_4 : 育成羽数 / 孵化羽数 (孵化時—10週齡時)
 f_5 : 総産卵数 / 生存延羽数 (10—16週齡時)
- $f_6 = f_1 \times f_2 \times f_3$
 $f_7 = f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_5$
 $f_8 = f_1 \times f_2 \times f_4 \times f_5$
 $f_9 = f_1 \times f_4 \times f_5$

表6. 同一条件下 (卵白無処理条件下) における生存度指数

世代	選抜系	f_1	f_2	f_3	f_6
5	T L	0.589	0.513	0.769	0.232
	L	0.537	0.414	0.762	0.169
	C	0.770	0.591	0.807	0.367
8	T L	0.528	0.382	0.792	0.160
	L	0.354	0.269	0.917	0.087
	C	0.658	0.502	0.839	0.277

f_1 = 受精卵数 / 入卵数
 f_2 = 孵化羽数 / 受精卵数
 f_3 = 生存羽数 / 孵化羽数
 $f_6 = f_1 \times f_2 \times f_3$

審査結果の要旨

卵重と孵化時体重および孵化後の雛の成長との関係については、これまで多くの報告がなされてきた。しかし、卵重構成成分の約60%を占める卵白量の孵化時体重と雛の成長に対する効果や、卵という閉鎖系の内部栄養条件を変更した上で選抜した場合の選抜の効果を検討したものはみられない。

そこで、著者は、はじめにニワトリの6鶏種の卵を用いて卵重に対する卵白重と卵黄重の関係を詳細に検討した。その結果、一般に大卵であるほど小卵に比して卵白重の割合が大きく、卵黄重が小さくなっており、卵白重/卵黄重の比は鶏種によって一定ではないことを確かめ、孵卵中に部分的に卵白を抜き取って卵白重/卵黄重の比を人為的に動かしても、ある程度までは孵化が可能なることを予測した。そして、約1/4量の卵白を抜き取って卵白重/卵黄重の比を2.0から1.5に低下させて孵化すると、体重は80%に縮小するものの、正常な雛が孵化すること（ただし孵化率は半減する）を明らかにした。次に、ウズラでも同様な検討を行い、ニワトリとほぼ同様な結果が得られることを確かめた。また、卵白抜き取り孵化雛の孵化後の成長の追い付きに遺伝的な差異のあることが示唆された。

次に、ウズラ卵の卵白の1/4量を抜き取って孵化するという条件下で雛をundersizeとし、以後の代償成長を利用した6週齢体重大への選抜（TL系）を家系内選抜によって8世代実施した。なお、対照として正常な孵化条件化で6週齢体重大への選抜区（L系）を置いて選抜の効果を比較した。その結果、TL系は卵白抜き取りという負荷をかけているため、すべての世代でL系より直接選抜形質としての6週齢体重は小さかった。そこで、8世代において卵白を抜き取らない条件下で孵化したL系とTL系の雛の成長の比較を行ったところ、TL系とL系の間には差はみられず、卵白抜き取り孵化という条件下での体重選抜の効果があがっていることを明らかとした。さらに、これらの選抜系の間接選抜反応としての産卵諸形質、孵化率、生存率を世代を追って詳細に検討し、TL系がL系より適応度の低下がゆるやかであることを確かめている。

本研究は、卵白抜き取り孵化という手段によって、胎生環境を変更した中での選抜によっても、選抜効果が上がることを明らかにしたものであって、選抜環境と育種との関連の研究に新事実を加えたものである。よって、審査員一同は著者に対して農学博士の学位を授与することが適当と判定した。