

氏 名(本籍) 内 藤 充

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 3 8 2 号

学位授与年月日 平 成 2 年 1 月 18 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 鶏の光周反応に関する育種学的研究

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

現在の卵用鶏の産卵能力は、これまでの選抜の結果かなり高い水準に達している。したがって、通常の選抜方法による改良はほぼ頭打ちに近づいており、新しい選抜方法の開発が望まれている。

新しい選抜方法の開発には、産卵率を規定している放卵周期の遺伝支配を検討するのが有効と考えられる。ただし、鶏の放卵周期は、外界の明暗周期をはじめとする環境周期によってコントロールされる生体リズムと、卵胞の成熟周期とにより構成される複合周期であるため、卵胞の成熟周期を遺伝的に短縮して生体リズムに同調させれば、休産日を減少させることが可能となるはずである。最近の改良された鶏群の中には、短期間ではあるものの24時間以下で放卵を繰り返す能力を持つ鶏が多数認められるようになった。したがって、上記の考えのもとで、鶏の産卵能力の改良をさらに進めることは十分可能であるものと思われる。しかし、これらの鶏は通常の24時間明暗周期下では、他の鶏と区別することが困難であるため、何らかの方法を用いて、これらの高い産卵能力を持つ鶏を見つけ出す必要がある。

本研究では、鶏の放卵リズムを支配する遺伝変異を検出するために、鶏が光周期にどのように反応するのかを明らかにし、次いで隠された遺伝変異をとり出す選抜環境の探索を行った。そして、23時間明暗周期を産卵性改良のための選抜環境とした選抜実験を行い、産卵性の選抜効率への影響と24時間に1個の産卵の壁を破る可能性の検討を行った。最後に、選抜系統の放卵と排卵の特徴を明らかにするとともに、実際の育種の場合への応用の可能性を検討した。

1. 鶏の放卵リズムの発現に及ぼす光周期の役割

はじめに、鶏の放卵リズムが光周期によってどのように影響されるのかを明らかにし、光周期の人為的操作によって放卵リズムの遺伝変異の検出が可能であるか否かの検討を行った。

通常の明暗周期下においては、鶏の放卵リズムのコントロールには

光周期と飼料の両者が関与しているため、鶏の放卵リズムに及ぼす光周期と飼料の相対的な重要性を調べた。その結果、連続照明下では、飼料の刺激効果により、放卵がコントロールされたが、明期と暗期が繰り返す明暗周期下では、飼料の効果はほとんど見られなくなった。このことから、放卵リズムのコントロールに対し、光周期は優位な刺激効果を持ち、飼料の刺激効果は光周期に比べ小さなものであることが明らかとなった（図1）。また、光周期と飼料とでは放卵リズムのコントロールのメカニズムが異なっていることが示唆された。

鶏の放卵リズムに及ぼす明期の開始と暗期の開始の役割を明らかにするため、光周期を変更して放卵時刻への影響を調べたところ、3～4日で新しい光周期に同調することが明らかとなった。平均放卵時刻は、変更した明期の長さの半分の時間の変化を示したにすぎなかった。このことから、放卵時刻の位相の決定には、暗期の開始のみならず明期の開始も重要な役割を果たしていることが明らかとなった（表1）。

鶏の放卵時刻の集中度と明暗周期との関係を調べたところ、放卵時刻の集中度と暗期の長さとの間には、二次関数が成立することが認められた。放卵時刻の集中度の変化は、明期の開始と暗期の開始をそれぞれ起点とする生体内の2つの振動体の位相の相違によって起こるものと考えられ、両者が同調する12L:12Dの時に最高の集中度を示すものの、いずれの場合にも変異が認められた（表2）。

これらの結果は、鶏の放卵リズムが主として光周期によって大きく影響されるために、光周期の人為的操作によって鶏の放卵リズムの遺伝変異の検出が可能になることを示唆する結果であった。

2. 鶏の光周反応における遺伝変異の探索

そこで、通常の24時間明暗周期下では発現しない放卵間隔の隠された遺伝変異を検出するため、間歇照明とアヘメラル明暗周期下における鶏の反応を調べた。まず、鶏の放卵リズムに及ぼす間歇照明の影響

を調べたところ、放卵リズムのコントロールには、2つの暗期の長さの相違が重要な要因となり、鶏は長い方の暗期の開始を主観的夜の開始と認識することが明らかとなった(図2)。また、鶏はこの2つの暗期の長さの差を正確に認識することも明らかとなった(図3)。しかし、24時間に2回の明期と暗期が繰り返される間歇照明下では、鶏は24時間を1周期として認識するため、通常の明暗周期下と同様の放卵リズムを示し、隠された遺伝変異の検出は困難であった。

次に、鶏の放卵リズムに及ぼすアヘメラル明暗周期の影響を調べるため、22~30時間の種々の長さの明暗周期下における産卵性と放卵時刻を調べた(図4)。明暗周期の長さが異なっても、主として暗期の開始によって鶏の生体リズムが、常にリセットされていることが明らかとなった(表3)。アヘメラル明暗周期に対する鶏の遺伝的な反応差を検討したところ、産卵率と相関の高い平均放卵間隔に遺伝(父家系)と環境(明暗周期の長さ)の交互作用が検出された。この交互作用は、主として種々のアヘメラル明暗周期下における父家系間あるいは個体間の分散の相違によるものと考えられた(図5)。特に、22時間明暗周期下と23時間明暗周期下において、個体間の分散が大きくなる傾向が認められた(図6)。このことは、24時間より短いアヘメラル明暗周期が隠された遺伝変異を検出できることを示しており、産卵性改良のための選抜環境として利用できると考えられた。

3. 23時間明暗周期下における産卵性改良の選抜実験

そこで、農水省白河種畜牧場において産卵性について選抜され能力の水準が極めて高い多産系統の鶏を用いて、24時間より短いアヘメラル明暗周期としての、23時間明暗周期を選抜環境として、産卵率を改良する選抜実験を行った。選抜形質は181~300日齢産卵率とし、23時間選抜区の対照として、24時間明暗周期下の選抜区と集団から無作為に親を選び次世代の子を生産するコントロール区をおいた。各群の

能力調査羽数は雌 240羽ずつとした。ただしコントロール区は 120羽とした。交配は、個体記録にもとづき選抜した雌56羽と各家系から選抜した雄8羽とし、雄1羽当たり雌7羽の交配を行った。選抜は5世代行った。

選抜に先立って、基礎世代の23時間明暗周期下における鶏の産卵性を、24時間明暗周期下の産卵性と比較したところ、産卵率は2～3%減少し、卵重は1～2g重くなり、卵殻強度はほとんど同じであるという結果が得られた(表4、表5)。平均放卵間隔は、両明暗周期下でほとんど同じであったが、個体間の分散は23時間明暗周期下で有意に大きくなった。種々の週齢や期間における、23時間明暗周期下と24時間明暗周期下の間の遺伝相関は、産卵率 0.3～0.5、平均放卵間隔 0.5～0.8、卵重0.8、卵殻強度0.7と推定され、一般に報告されている値と同様高い値であった。

選抜実験の結果(図7)、第5世代では23時間選抜区の産卵率が24時間選抜区より2.4%高くなり、23時間選抜区の24時間周期に換算した産卵率が100%を越えた個体は23.3%(240羽中56羽)認められた(図8)。また、23時間選抜区の平均放卵間隔は、第5世代で23時間30分となり、24時間以下の平均放卵間隔を示した個体が81.7%(240羽中196羽)認められ、明らかに集団として23時間明暗周期に適應するようになった(図9)。産卵率の実現遺伝率は、23時間選抜区 0.25 ± 0.04 、24時間選抜区 0.15 ± 0.05 であった。選抜に伴い両選抜区とも卵重は低下したが、卵殻重と卵殻強度の低下は、23時間選抜区の方が大きかった(表6)。選抜実験の結果から、産卵率の改良が限界に近づいている集団に対しては、23時間明暗周期を選抜環境として用いることにより、産卵性をより効率的に改良できることが明らかとなった。

ただし、23時間選抜区の卵重や卵殻強度は、24時間選抜区に比べ低下の程度が大きかったので、この選抜実験で得られた遺伝的パラメータの値をもとにして、23時間明暗周期下において、卵重や卵殻強度が

低下しないように考慮した場合の改良量を、選抜指数法を用いて予測した。産卵率と卵重を同時に改良する場合の予測では、23時間明暗周期下の方が24時間明暗周期下より選抜効率は28%高くなるが、産卵率と卵重に加え卵殻強度までも同時に改良する場合の予測では、23時間明暗周期下の方が24時間明暗周期下より選抜効率が17%低くなること示された。これは、23時間明暗周期下では卵殻の形成時間が不足することからくるものである。

4. 選抜鶏の産卵性に見られた特徴

23時間選抜区の第5世代に見られた超多産鶏の放卵パターンを調べたところ、23時間明暗周期に完全に同調した放卵パターンを示したが、産卵の後半にはクラッチを形成(図10)するようになった。集団の平均放卵間隔は、加齢とともに長くなる傾向にあったが、いずれの週齢においても23時間選抜区が最も短く、ついで24時間選抜区、コントロール区の順となった(図11)。

23時間選抜区の能力が向上したとしても、それを正常な24時間明暗周期下においた時の能力が問題になる。そこで、第5世代において、23時間選抜区の鶏を、24時間明暗周期下で飼育する24時間テスト区を設け、24時間明暗周期下での選抜区と比較したところ、産卵日量では、24時間テスト区が有意に高い値を示した。また、産卵率と卵重は24時間テスト区が高い値を示し、平均放卵間隔と卵殻強度には差は認められなかった。24時間テスト区と23時間選抜区とを比較すると、24時間テスト区では、産卵率は若干低くなったものの、卵殻強度の向上が認められた(表7)。

23時間選抜区と24時間選抜区の放卵から次の排卵までの時間と、卵の卵管内通過時間を比較したところ、23時間選抜区では、24時間選抜区に比べ、放卵から次の排卵までの時間が12分、卵管子宮部での卵の滞留時間が24分それぞれ短縮されたが、排卵後、卵が卵管漏斗部、膨

大部、狭部を通過する時間には差は認められなかった（表8）。このことから、23時間選抜区の卵殻強度の低下は、卵管子宮部での卵の滞留時間の減少に起因していることが明らかとなった。卵胞への卵黄蓄積速度は、卵胞の急速成長の前半（F6～F4）で23時間選抜区の方が、24時間選抜区に比べ高かったが、後半（F4～F1）では差は認められなかった。

光周期の人為的コントロールは、選抜環境の設定としては簡易なものである。23時間明暗周期を鶏の産卵能力の改良のための選抜環境として用いることにより、産卵性の改良がブラトーに近づいている集団の放卵間隔について、隠された遺伝変異をとり出せることが明らかになった。また、このような条件下での選抜は、鶏の産卵率の改良効率を高める上で有効なものになりうると考えられる。

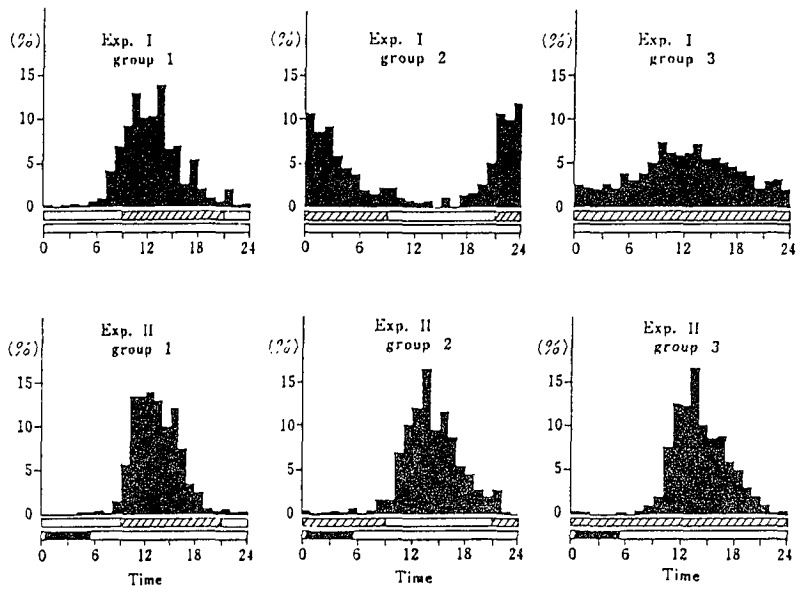


図 1. 連続照明下あるいは19L:5D下で時間制限給飼された鶏群の放卵時刻の分布. 斜線部分は給飼時間を、黒い部分は暗期をそれぞれ表す.

表 1. 種々な明暗周期下における平均放卵時刻

明暗周期	点灯時間	平均放卵時刻		
		時刻	明期の開始からの時刻	暗期の開始からの時刻
19L:5D	07:00 ~ 02:00	15:08	8時間08分	13時間08分
14L:10D	07:00 ~ 21:00	12:27	5時間27分	15時間27分
11L:13D	07:00 ~ 18:00	11:03	4時間03分	17時間03分
8L:16D	07:00 ~ 15:00	09:28	2時間28分	18時間28分

平均放卵時刻は明暗周期の変更後14日目のデータを用いた。

表 2. 各明暗周期下における平均放卵時刻と放卵時刻の集中度

明暗周期 *	平均放卵時刻	放卵時刻の集中度(%)
6L:18D	11:02	82.3
8L:16D	11:18	87.4
11L:13D	10:01	90.4
14L:10D	07:17	87.5
18L:6D	05:06	83.7
19L:5D	07:08	79.7
19.5L:4.5D	05:43	78.9
20L:4D	06:19	73.8
21L:3D	06:31	71.9
22L:2D	07:21	71.5
23L:1D	10:25	64.7
24L:0D	12:37	49.4

* 消灯時刻：16:00

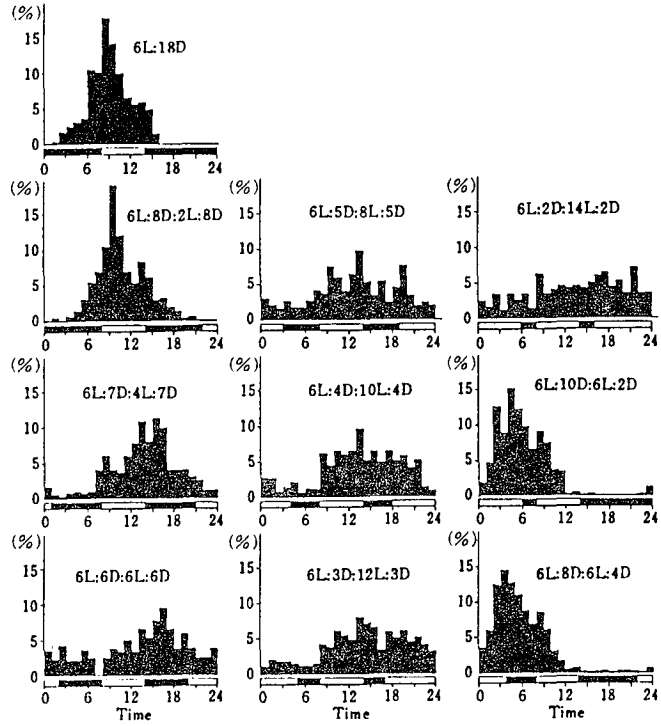


図 2. 種々な間歇照明下における放卵時刻の分布.

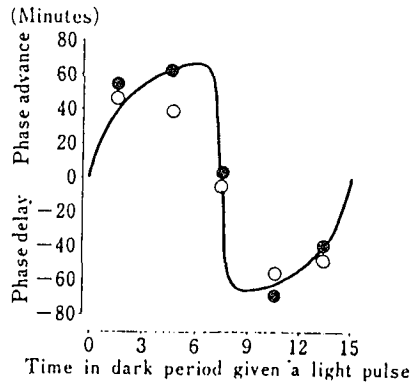


図 3. 非相称棒光周期下における 1 時間の光パルスによるグループ 1 (●) とグループ 2 (○) の放卵時刻の位相反応.

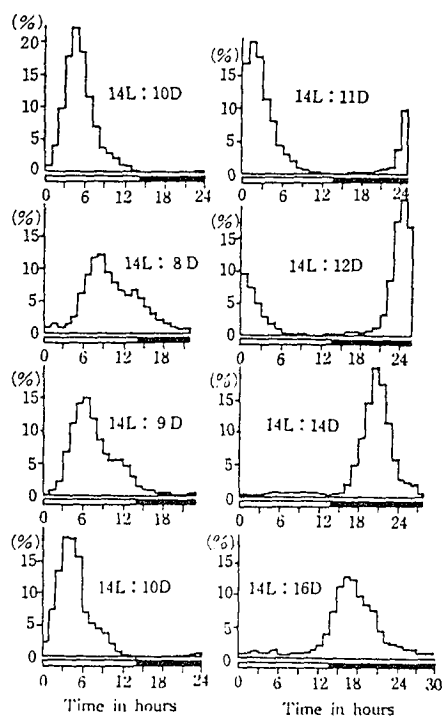


図 4. 種々なアヘメラル明暗周期下における放卵時刻の分布.

表 3. 種々なアヘメラル明暗周期下における平均放卵時刻と明期の開始及び暗期の開始との時間的關係

明暗周期 の長さ (時間)	明期の開始及び暗期の開始から平均放卵時刻までの時間								平均放卵 時刻 L0
	L4	D4	L3	D3	L2	D2	L1	D1	
22	97.47	83.47	75.47	61.47	53.47	39.47	31.47	17.47	9.47
23	99.23	85.23	76.23	62.23	53.23	39.23	30.23	16.23	7.23
24	100.38	86.38	76.38	62.38	52.38	38.38	28.38	14.38	4.38
25	102.01	88.01	77.01	63.01	52.01	38.01	27.01	13.01	2.01
26	102.57	88.57	76.57	62.57	50.57	36.57	24.57	10.57	-1.03
28	104.55	90.55	76.55	62.55	48.55	34.55	20.55	6.55	-7.05
30	107.55	93.55	77.55	63.55	47.55	33.55	17.55	3.55	-12.55

L0 : 明期の開始から数えた平均放卵時刻 (時間、分)

LとDはそれぞれ明期の開始と暗期の開始を表し、添字はさかのぼる明期と暗期の数を表す。

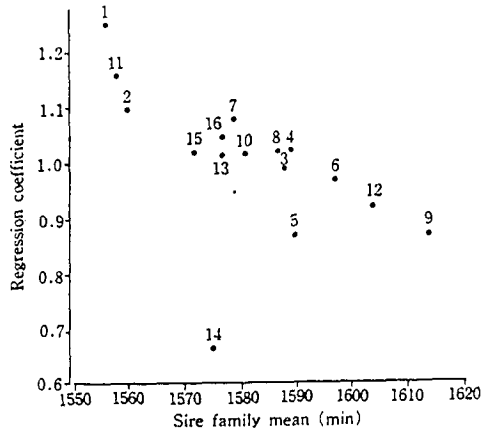


図 5. 平均放卵間隔における16父家系の環境適応性(回帰係数)と父家系平均値との関係.

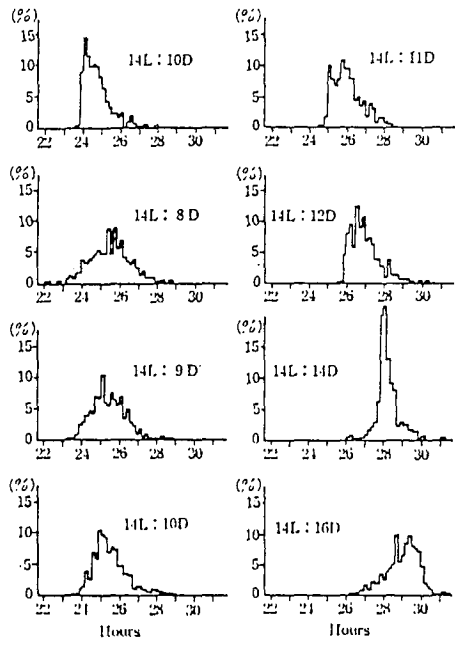


図 6. 種々なアヘメラル明暗周期下における平均放卵間隔にもとづく個体の分布.

表 4. 23時間明暗周期下と24時間明暗周期下における初産日齢、
産卵率、平均放卵間隔

形 質	23時間明暗周期	24時間明暗周期	有意差
初産日齢 (日)	144.4±13.0 #	143.8±12.3	
産卵率 (% , 181-300日齢)	83.3±9.9	86.1±9.5	**
産卵率 (% , 181-450日齢)	77.1±8.9	79.7±9.0	**
平均放卵間隔 (分, 181-300 日齢)	1484±44	1486±35	
平均放卵間隔 (分, 181-450 日齢)	1510±45	1510±39	

23時間明暗周期下における産卵率は24時間周期に換算して表した.

平均値±標準偏差

** P<0.01

表 5. 23時間明暗周期下と24時間明暗周期下における42週齢の卵形質

形 質	23時間明暗周期	24時間明暗周期	有意差
卵重 (g)	60.76±3.76 #	59.27±4.01	**
卵黄重 (g) ##	17.30±1.22	16.67±1.33	**
卵白重 (g) ##	38.19±2.82	37.39±2.86	**
卵殻重 (g)	5.28±0.46	5.21±0.47	
卵黄卵重比 (%)	28.49±1.49	28.15±1.53	*
卵白卵重比 (%)	62.81±1.62	63.06±1.62	
卵殻卵重比 (%)	8.69±0.62	8.79±0.60	
卵黄卵白比 (%)	45.45±3.48	44.72±3.54	*
卵殻破壊強度 (kg)	3.44±0.45	3.41±0.45	

平均値±標準偏差

湿重量

* P<0.05, ** P<0.01

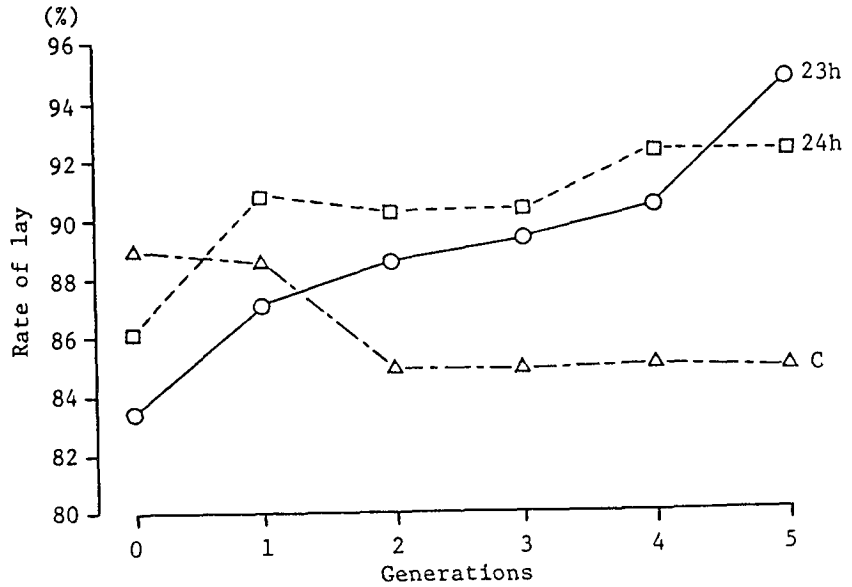


図 7. 23時間選抜区 (○—○)、24時間選抜区 (□……□)、コントロール区 (△---△) における産卵率 (181-300 日齢) の世代に伴う推移. 23時間選抜区の産卵率は 24時間周期に換算して表した.

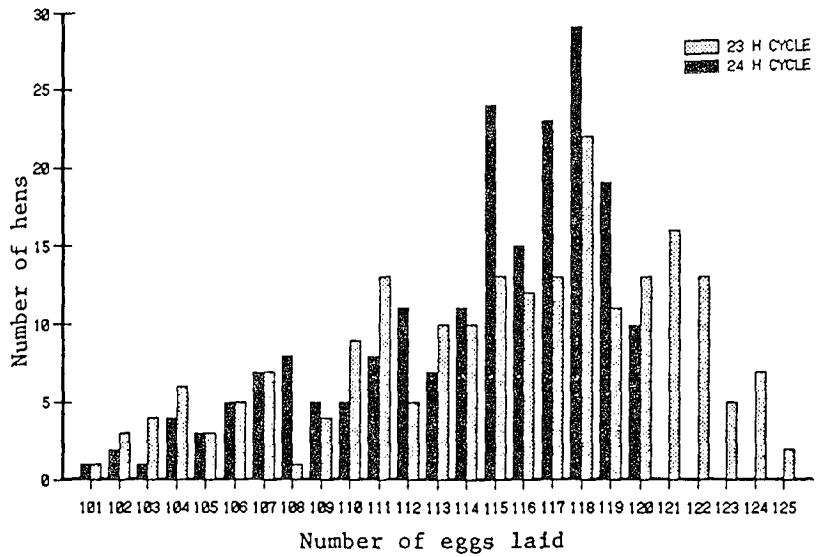


図 8. 第5世代の23時間選抜区と24時間選抜区における産卵数 (181-300 日齢) にもとづく個体の分布. (100以下の産卵数を示した個体は23時間選抜区: 16羽、24時間選抜区: 31羽).

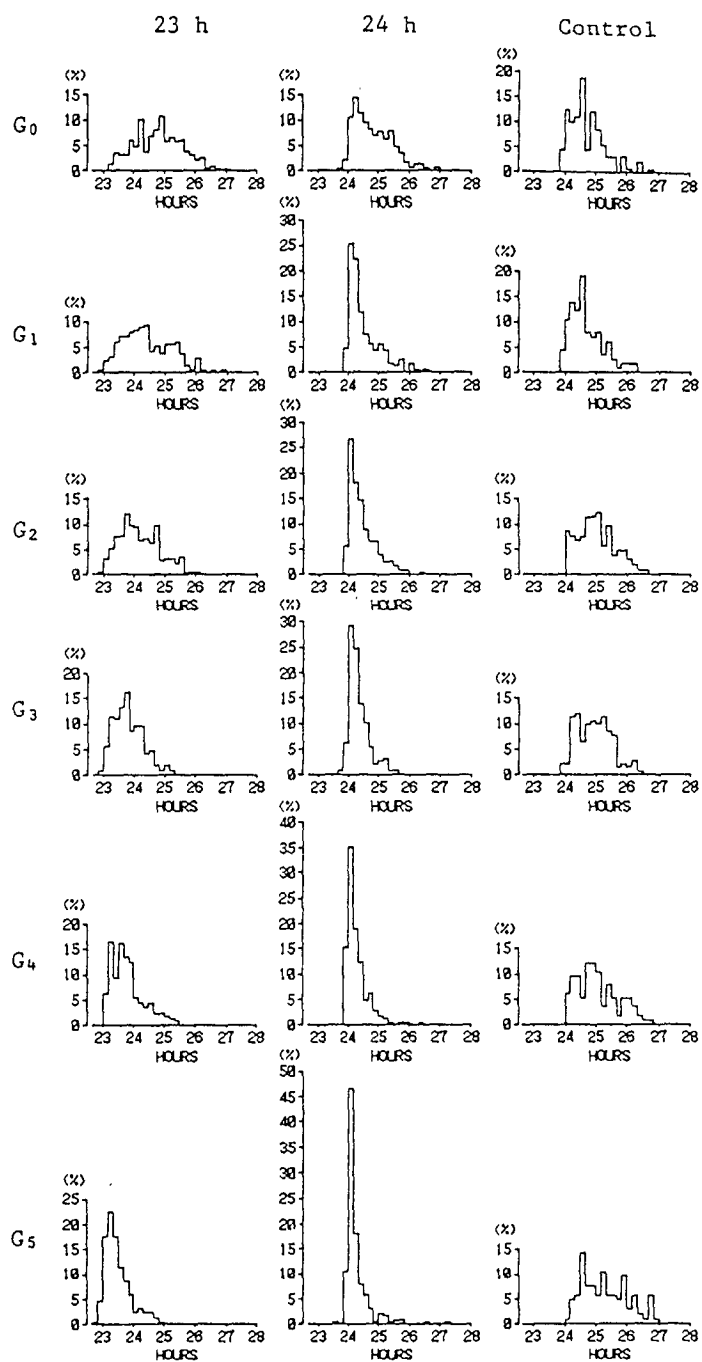


図 9. 23時間選抜区、24時間選抜区、コントロール区における基礎世代 (G₀) から第5世代 (G₅) までの平均放卵間隔 (181-300 日齢) にもとづく個体の分布。

表 6. 世代数に対する回帰によって得られた5世代にわたる能力の変化の推定値

形 質	23時間選抜区	24時間選抜区	コントロール区
初産日齢 (日)	-0.1±2.7	1.6±3.9	7.0±3.8
産卵率 (% , 181-300日齢)	9.7±1.4	5.0±1.7	-4.4±1.5
産卵率 (% , 181-450日齢)	9.8±1.1	5.1±2.6	-4.7±1.2
平均放卵間隔 (分, 181-300日齢)	-72.4±5.1	-28.3±4.7	34.0±1.4
平均放卵間隔 (分, 181-450日齢)	-78.9±5.9	-35.7±8.3	32.9±2.8
卵重 (g, 30週齢)	-4.2±1.0	-2.7±0.6	-2.1±1.0
卵重 (g, 42週齢)	-4.5±1.2	-4.2±1.2	-1.6±0.5
卵重 (g, 56週齢)	-5.0±1.3	-4.4±0.9	-2.0±0.6
卵殻重 (g, 30週齢)	-0.60±0.11	-0.31±0.07	-0.03±0.16
卵殻重 (g, 42週齢)	-0.63±0.16	-0.47±0.11	-0.13±0.07
卵殻重 (g, 56週齢)	-0.72±0.15	-0.44±0.08	-0.21±0.09
卵殻卵重比 (% , 30週齢)	-0.41±0.09	-0.13±0.12	0.29±0.15
卵殻卵重比 (% , 42週齢)	-0.43±0.13	-0.19±0.04	0.03±0.09
卵殻卵重比 (% , 56週齢)	-0.51±0.12	-0.14±0.07	-0.09±0.14
卵殻破壊強度 (kg, 30週齢)	-0.49±0.16	-0.15±0.08	0.21±0.14
卵殻破壊強度 (kg, 42週齢)	-0.43±0.14	-0.29±0.08	0.05±0.10
卵殻破壊強度 (kg, 56週齢)	-0.41±0.10	-0.21±0.10	-0.01±0.08
卵殻非破壊変形量 ($\mu\text{m}/\text{kg}$, 56週齢)	10.3±0.5	5.2±1.1	4.9±2.6
卵殻厚 (μm , 56週齢)	-22.4±4.1	-8.4±1.4	-5.2±5.3

23時間選抜区の産卵率は24時間周期に換算して表した。

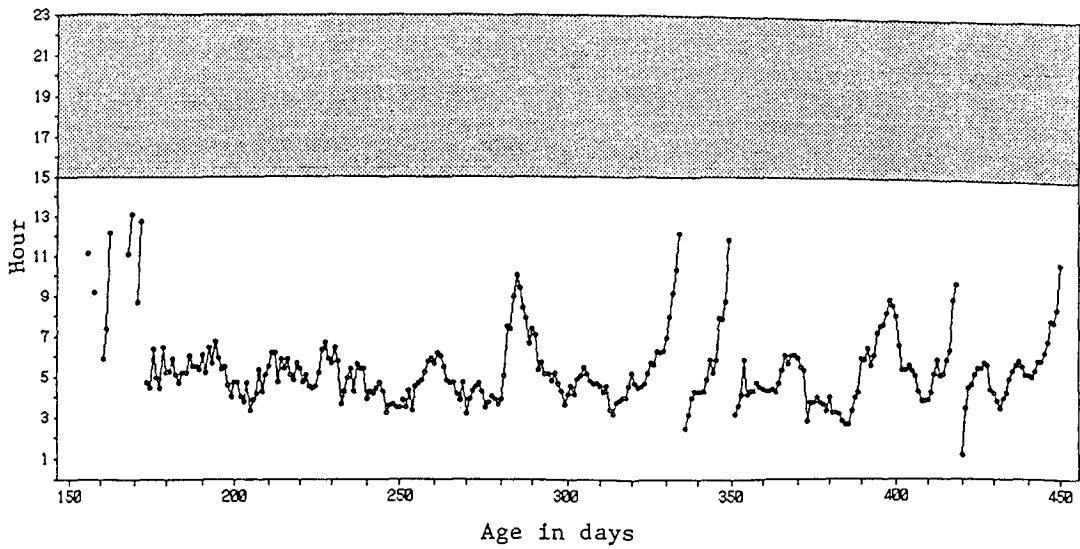


図 10. 第 5 世代の 23 時間選抜区の鶏の放卵パターンの例。

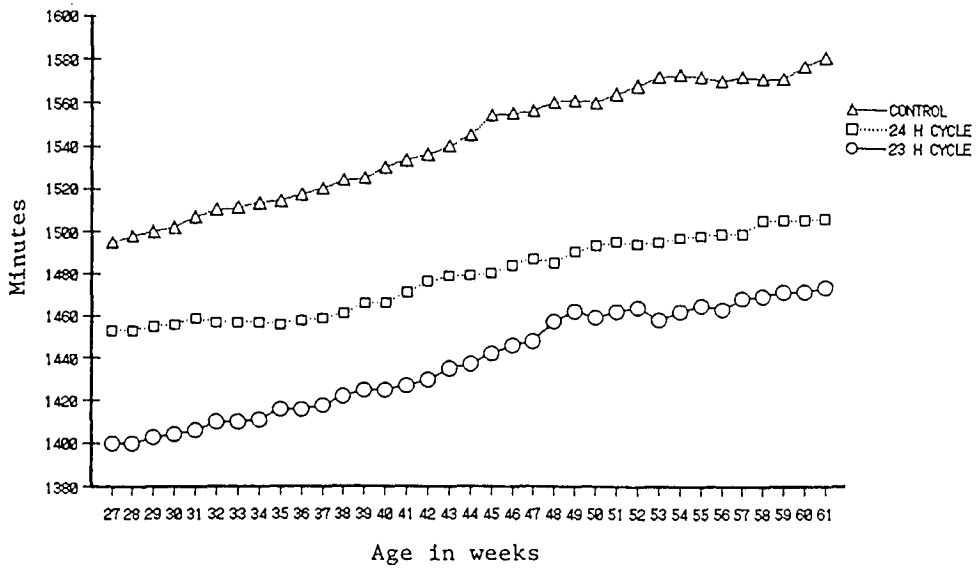


図 11. 第 5 世代の 23 時間選抜区 (○—○)、24 時間選抜区 (□……□)、コントロール区 (△……△) における集団の平均放卵間隔の加齢に伴う推移。

表 7. 第5世代の24時間テスト区、23時間選抜区、24時間選抜区、及びコントロール区における産卵成績

形 質	24時間テスト区	23時間選抜区	24時間選抜区	コントロール区
初産日齢 (日)	148.5±13.6 ^{bc}	146.8±12.8 ^c	147.9±14.2 ^{bc}	156.5±13.8 ^a
産卵率 (% , 181-300日齢)	93.8±5.6 ^{ab}	94.7±7.6 ^a	92.3±8.7 ^b	84.9±8.6 ^c
産卵率 (% , 181-450日齢)	88.2±7.5 ^a	88.3±9.3 ^a	86.8±9.4 ^a	77.7±10.4 ^b
平均放卵間隔 (分, 181-300日齢)	1459±26 ^b	1410±25 ^c	1457±26 ^b	1518±43 ^a
平均放卵間隔 (分, 181-450日齢)	1477±30 ^b	1431±28 ^c	1475±30 ^b	1539±45 ^a
卵重 (g, 30週齢)	54.0±4.7 ^{ab}	52.8±3.5 ^b	52.8±3.8 ^b	54.1±4.3 ^a
卵重 (g, 42週齢)	57.2±5.1 ^{ab}	56.7±4.2 ^b	55.7±4.4 ^b	58.5±4.4 ^a
卵重 (g, 56週齢)	58.1±4.2 ^b	58.7±4.2 ^b	58.3±4.7 ^b	60.2±4.6 ^a
産卵日量* (g)	50.9±5.7 ^a	50.5±5.1 ^a	48.9±5.3 ^b	46.6±5.8 ^c
卵殻重 (g, 30週齢)	4.73±0.50 ^b	4.48±0.33 ^c	4.69±0.42 ^b	5.01±0.53 ^a
卵殻重 (g, 42週齢)	4.77±0.42 ^{bc}	4.63±0.45 ^c	4.79±0.49 ^b	5.09±0.56 ^a
卵殻重 (g, 56週齢)	4.92±0.44 ^{ab}	4.63±0.47 ^c	4.87±0.56 ^b	5.05±0.59 ^a
卵殻卵重比 (% , 30週齢)	8.77±0.71 ^b	8.51±0.57 ^c	8.89±0.53 ^b	9.26±0.69 ^a
卵殻卵重比 (% , 42週齢)	8.34±0.45 ^{bc}	8.16±0.60 ^c	8.59±0.55 ^{ab}	8.71±0.66 ^a
卵殻卵重比 (% , 56週齢)	8.47±0.59 ^a	7.88±0.64 ^b	8.35±0.66 ^a	8.37±0.66 ^a
卵殻破壊強度 (kg, 30週齢)	3.22±0.43 ^{bc}	3.04±0.40 ^c	3.36±0.44 ^b	3.68±0.50 ^a
卵殻破壊強度 (kg, 42週齢)	3.08±0.38 ^{bc}	2.96±0.43 ^c	3.18±0.46 ^b	3.51±0.54 ^a
卵殻破壊強度 (kg, 56週齢)	2.93±0.45 ^{bc}	2.73±0.48 ^c	2.94±0.51 ^b	3.21±0.60 ^a
卵殻非破壊変形量 (μm/kg, 56週齢)	61.1±8.3 ^b	71.0±12.4 ^a	65.1±11.0 ^b	64.9±13.4 ^b
卵殻厚 (μm, 56週齢)	313.7±19.5 ^a	297.1±24.4 ^b	311.8±27.2 ^a	315.5±26.1 ^a

a, b, c: 異符号間に有意差あり (P<0.01) .

*: 産卵日量は 181-300日齢産卵率と42週齢卵重の積として算出した.
23時間選抜区の産卵率は24時間周期に換算して表した.

表 8. 放卵から次の排卵までの時間と卵の卵管内通過時間

	23時間選抜区	24時間選抜区
平均放卵間隔	1437±45 (分)	1472±22 (分)
放卵から次の排卵までの時間	13±2	25±2
排卵後、漏斗部、膨大部、狭部を通過する時間	284	283
子宮部に滞留する時間	1140	1164
排卵から放卵までの時間	1424	1447

審査結果の要旨

現在の卵用鶏の産卵能力は、これまでの選抜の結果かなり高い水準に達しており、通常の選抜方法では、能力の向上は難しい状況にある。

本研究は、鶏の放卵周期が、外界の明暗周期をはじめとする環境周期によって、コントロールされる生体リズムと卵胞の成熟周期とにより構成される複合周期であるため、卵胞の成熟周期を遺伝的に短縮して、生体リズムに同調させれば、休産日を減少させ産卵率を向上させることが可能になるとの仮説の下で以下の実験を行った。

はじめに、鶏の放卵リズムが種々の光周期によって、どのように影響されるかを詳細に検討した。その結果、放卵リズムは光周期に大きく依存し、光周期に人為的操作を加えれば放卵リズムの遺伝的変異の検出が可能になると判断した。

次に、鶏の放卵リズムに及ぼす22-30時間のアヘメラル明暗周期の影響を検討したところ、24時間より短いアヘメラル明暗周期が、隠された遺伝変異を検出できることを確かめた。

そこで、産卵能力の水準が極めて高い多産系統の鶏を用いて、23時間明暗周期を選抜環境として、産卵率（181～300日齢）を改良する選抜実験を5世代実施した。対照として24時間明暗周期下の選抜区と無選抜のコントロール区をおいた。その結果、第5世代では23時間選抜区の産卵率が24時間選抜区より2.4%高くなり、23時間選抜区の24時間周期に換算した産卵率が100%を越えた個体は23%（240羽中56羽）認められた。また、放卵間隔も23時間30分となった。

23時間選抜区の産卵能力が向上したとしても、それを正常な24時間明暗周期下においた時の能力を調査する必要がある。23時間選抜区の鶏を24時間明暗周期下において、24時間選抜区と比較したところ産卵日量で有意に高い値を示し、23時間選抜条件の有効性が示された。

以上の研究は選抜限界に近づいている集団の遺伝的改良を図るに際しては、形質発現に係わる環境条件を変更して、選抜することが有効なことを実証したものとして、家畜育種学の進歩に貢献した。よって学位授与に充分値すると判断した。