

## ロードアイランドレッドの産卵時期による 飼料利用性と遺伝的パラメーターの推定

奥村友美<sup>1</sup>・新實竜也<sup>2</sup>・今井隆雪<sup>2</sup>・稲生 哲<sup>2</sup>・越野枝利子<sup>2</sup>・  
神林明義<sup>2</sup>・筒井真理子<sup>2</sup>・佐藤正寛<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人家畜改良センター 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原 1 961-8511

<sup>2</sup> 独立行政法人家畜改良センター岡崎牧場 愛知県岡崎市大柳町字栗沢 1-1 444-3161

<sup>3</sup> 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構畜産草地研究所 茨城県つくば市池の台 2 305-0901

近年、飼料穀物の需給が逼迫基調で推移する見通しであることから、飼料効率の改善による給与量の削減が望まれている。しかし、ニワトリにおいて、個体別の飼料摂取量の測定は容易ではないため、これに関する知見が少ない。そこで、採卵鶏の飼料利用性の改善を目指し、産卵前期から後期までの長期にわたって飼料摂取量等の調査を行い、遺伝的パラメーターを推定した。岡崎牧場のロードアイランドレッド雌を供試し、25週齢から60週齢まで5週おきに、計8回飼料摂取量を測定した。測定は、各週齢時7日間にわたり、個体別に毎日150gの飼料を与え、各試験期間最終日の残渣量から総飼料摂取量を求め、1日あたりの飼料摂取量を算出した。また、体重を各週齢で測定するとともに、期間中の総卵重(採卵量)について個体別に調査し、飼料要求率(=期間中の飼料摂取量/採卵量)を算出した。25-40週齢と45-60週齢の飼料利用性に差異が示唆されたことから、25-40週齢を前期、45-60週齢を後期と区分し、それぞれ4回の記録を用いた反復モデルにより、飼料摂取量と飼料要求率の遺伝的パラメーターを推定した。その結果、飼料摂取量は、45週齢まで大きく増加し最大となった後、減少傾向で推移した。体重は、35週齢まで急激な増加がみられ、それ以降ならだかに上昇する傾向にあり、採卵量は、40週齢で最大となり、その後減少した。飼料摂取量の推定遺伝率は、前期、後期ともに中程度、飼料要求率では0.15程度であった。飼料摂取量との遺伝相関は、体重、卵重、飼料要求率で正の値が推定された。また、飼料要求率と体重の間には測定時期により遺伝相関に違いが見られ、前期飼料要求率と体重では正、後期飼料要求率と体重には負の値が推定された。飼料要求率と卵重の間の遺伝相関では、前期飼料要求率と60週齢卵重を除き、負の値が推定された。以上のことから、特に後期の飼料要求率の改良のため、卵重の情報を用いた選抜を行うことで、採卵鶏の飼料利用性を改善できる可能性が示唆された。

キーワード：飼料利用性、遺伝相関、遺伝率、産卵時期

### 緒 言

ニワトリの飼料利用性は養鶏経営に関わる重要な問題の一つであり、採卵鶏、肉用鶏ともに1970年代から1990年頃を中心に、育種改良に関する研究が盛んに行われてきた。近年においては、配合飼料の価格高騰が続いていることや、飼料穀物の需給が逼迫基調で推移する見通しであることから、飼料効率の改善による給与量の削減が望まれている。これまで、生産効率を目的に飼料利用性を改良するため、採卵鶏では、産卵初期から産卵ピーク、産卵後期など様々な時期において、鶏卵を生産するための飼料要求

率等の遺伝パラメーターが報告されている(Katle and Kolstad, 1991; Hagger, 1994; Schulman *et al.*, 1994)。Flock (1998)は、1972年から1996年にかけて白色産卵系統と褐色産卵系統を用いたランダムサンプルテストにおいて、体重、採卵量および飼料要求率が改良され、特に褐色産卵鶏で改良が進んだとしている。また、飼料要求率と体重および飼料摂取量には正の相関が、飼料要求率と産卵率および卵重には負の相関関係があることを報告している。

Fairfull and Chambers (1984)は、採卵鶏では産卵数や卵重、肉用鶏では体重や増体量等の経済形質を改良することで、間接的に飼料効率の改良がなされてきたとしている。しかし、産卵率の改良の結果、維持エネルギーのための飼料要求量が増加したとも報告されている(Stevens, 1991; Coon, 2002)。そのため、栄養学を中心に飼料の研究が進められ、経済形質について、最も優れた成績を出すような飼料成分の配合割合や、成長ステージごとに变化する養分要求量に合わせた給餌を行う期別給与(フェーズフィーディング)が検討されてきた(Kratzer *et al.*, 1994; 奥村, 1996)。

2014年2月21日受付, 2014年9月9日受理  
連絡者: 奥村友美  
〒679-4017 兵庫県たつの市揖西町土師 954-1  
独立行政法人家畜改良センター兵庫牧場  
Tel: 0791-66-0801  
Fax: 0791-66-0803  
E-mail: y0okumur@nlbc.go.jp

一方、近年、飼料穀物の需要が高まる中、飼料の利用性の更なる改善が望まれている。そのため、飼料利用性にかかわる形質について、栄養学的アプローチだけでなく、育種学的な検討が必要であると考えられる。

本研究では、採卵鶏の飼料の利用性についての実態を明らかにするため、ロードアイランドレッドを用いて、長期にわたり経時的なニワトリの性能や飼料摂取量に関する試験を行った。本研究の分析では、長期にわたる試験期間を前期と後期の2期に分け、飼料摂取量および飼料要求率に関する遺伝的パラメーターの推定を試みた。これにより、選抜形質と飼料利用性の遺伝的改良との関連について検討した。

## 材料と方法

### 1. 供試鶏

(独)家畜改良センター岡崎牧場で飼養しているロードアイランドレッドの系統(YA系統, 2011年3月31日ふ化)の雌108羽を供試した。この時、家系の偏りを避けるため、父家係数を20とし、父家係内の子の数を4~8羽(平均5.4羽)になるようヒナを採取した。

### 2. 飼養管理

供試鶏は餌付けから13週齢まではバタリー育雛器(間口100cm×奥行60cm×高さ41.9cm)で18羽ずつ育成した。13週齢時にブラックアウト方式の成鶏舎に移動し、成鶏ケージ(間口24.1cm×奥行39.0cm×高さ41.9cm)で個体ごとに飼養管理を行った。試験期間中に給与した飼料成分および代謝エネルギーは表1のとおりである。なお、26-41週齢と42-60週齢においては飼料の製造社が異なり、粗灰分、カルシウム、リンの割合が多少異なった。飼料は不断給餌とし、飲水は自由摂取とした。

### 3. 試験方法

試験期間は、2011年9月26日から2012年6月5日までであった。飼料摂取量の測定は、後期の飼料摂取量の状況を把握するため、25から60週齢までとし、5週おきに計8回行った。各週齢時における飼料摂取量の測定は、個体別に毎日150gの飼料を7日間与えた合計量(150g×7日間=1,050g)から、試験期間最終日の残渣量を引き、これをその週齢の総飼料摂取量とした。また、総飼料摂取量をもとに、1日あたりの飼料摂取量を算出した。飼料要求率は、測定期間中に産卵した卵の総重量を採卵量とし、これに対する期間中の飼料摂取量の比として算出した。体重および卵重は、各週齢時に個体ごとに測定した。また、卵質検査を、産

卵初期であり本試験開始にあたる25週齢、産卵ピークの35週齢および試験最終時の60週齢に実施し、卵重、卵殻強度、卵殻色およびハウユニットを測定した。卵殻強度はハーディングテスター((株)インテスコ, 松戸, 千葉県)を用いて、卵殻色は色彩色差計(CR-400, 株式会社コニカミノルタ, 東京都)により測定した。また、ハウユニットについては、卵白高測定器(QCH, Technical Service and supplies, York, England)により卵白高を測定し、Haugh (1937)による方法を用いて求めた。さらに、試験中の平均気温を把握するため、鶏舎内温度を測定した。

### 4. 統計解析

産卵成績は対応のあるt検定、卵質成績については一元配置分散分析を用いて、各形質について週齢の効果を確認した。検定はRソフトウェア(Ihaka and Gentleman, 1996)により行った。

### 5. 遺伝的パラメーターの推定

分析に用いた形質のうち、飼料摂取量、飼料要求率および体重は、25, 30, 35, 40週齢を前期、45, 50, 55, 60週齢を後期と区分した。これより、前期と後期でそれぞれ4回の記録を反復し、単形質のREML法アニマルモデルにより遺伝率を、また2形質のREML法アニマルモデルにより形質間の遺伝相関を推定した。さらに、これら3形質と採卵量、卵重および卵殻強度とのすべての組み合わせにおいて、2形質のREML法アニマルモデルにより形質間の遺伝相関を推定した。飼料摂取量、飼料要求率、体重および採卵量の分析に用いた数学モデルは以下のとおりである。

$$y = Xb + Zu + Wp + e,$$

ここで、 $y$ ,  $b$ ,  $u$ ,  $p$  および  $e$  は、それぞれ形質の記録、母数効果、育種価(変量効果)、永続的環境効果(変量効果)および無作為誤差(変量効果)のベクトル、 $X$ ,  $Z$  および  $W$  は、それぞれ  $y$  と  $b$ ,  $u$  および  $p$  との関係を表す生起行列である。母数効果は、週齢の効果および斃死(試験期間中に斃死した個体の記録とそうでない個体の記録)の効果とした。また、変量効果の期待値と分散は、

$$E \begin{bmatrix} u \\ p \\ e \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \text{var} \begin{bmatrix} u \\ p \\ e \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} \sigma_u^2 A & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{pe}^2 I & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_e^2 I \end{bmatrix}$$

を仮定した。ここで、 $A$  および  $I$  は相加的血縁行列および単位行列、 $\sigma_u^2$ ,  $\sigma_{pe}^2$ , および  $\sigma_e^2$  は、それぞれ相加的遺伝分散、永続的環境分散および誤差分散である。また、卵重および卵殻強度は、上記の数学モデルにおいて、週齢の効果(母数効果)および永続的環境効果を除いたモデルを用いた。遺伝的パラメーターの推定に

表 1. 試験期間中に給与した飼料の成分

	25 週齢	26-41 週齢	42-60 週齢
粗タンパク質 (%)	18	17	17
代謝エネルギー (kcal/kg)	2,850	2,830	2,830
粗脂肪 (%)	3.5	3.5	3.0
粗繊維 (%)	5.0	5.0	5.0
粗灰分 (%)	14.5	14.5	14.0
カルシウム (%)	3.8	3.8	3.7
リン (%)	0.40	0.40	0.45

は、VCE6 (Neumaier and Groeneveld, 1998) プログラムを用いた。

## 結 果

図1に5週おきに測定した形質の平均および産卵率と鶏舎内平均気温の推移を示した。これより、1日あたりの飼料摂取量は45週齢まで大きく増加し、その後やや減少傾向で推移した。飼料要求率は、週齢が増すとともに増加し、特に45週齢で増加が大きい傾向にあった。体重は35週齢まで大きく増加したが、それ以降の増加は僅かであった。採卵量は35週齢まで顕著に増加、40週齢で最大となり、その後減少した。卵重も35週齢まで顕著に増加し、その後40週齢にかけて微増したのち、ほぼ横ばいに推移した。産卵成績は、25から40週齢にかけて産卵ピークとなり、その後、徐々に低下した。また鶏舎内の平均気温は、45週齢で9.5℃と一番低く、25、60週齢で21℃前後と高くなった。

また、表2に25、35および60週齢時の卵質成績を示した。卵重は25週齢で、35および60週齢に比べ有意に小さく、産卵初期の卵重が小さい傾向であった。卵殻強度は、60週齢で有意に低く、加齢とともに低下する傾向にあった。また、卵殻色のうち、明度を示すL\*値は、25週齢で有意に低く、色相のうち赤～緑を示すa\*値は、週齢を重ねるごとに有意に低くなり、黄～青を示すb\*値については、35週齢で他の週齢と比較し有意に高く、週齢により卵殻色に違いが見られる結果となった。ハウユニットは、25週齢で他の週齢と比較し有意に高く、60週齢で有意に低かったことから、加齢による減少が認められた。

表3に飼料摂取量、飼料要求率、採卵量および体重における遺伝的パラメーターの推定値を示した。前期、後期の遺伝率において、飼料摂取量ではそれぞれ0.26、0.28、飼料要求率においては0.16と0.14、採卵量では0.16と0.27、体重では0.82と0.60と推定され、飼料摂取量および飼料要求率の推定遺伝率において、前期と後期の試験期間による違いはみられなかった。一方、同一形質の前期と後期の間には、体重を除き、高い正の遺伝相関が推定された。いずれの期間においても、飼料摂取量と飼料要求率および体重との間には正の遺伝相関が推定された。前期の飼料摂取量と前期および後期の採卵量と、後期の飼料摂取量と前期の採卵量との間には、負の遺伝相関が、後期飼料摂取量と後期採卵量の間には、正の遺伝相関がみられた。また、前期の飼料要求率と前期および後期の採卵量との間には中程度から高い負の遺伝相関が推定された。さらに、飼料要求率と体重において、前期飼料要求率と前期および後期体重には正の遺伝相関(0.29、0.35)が、後期飼料要求率と前期および後期体重には中程度の負の遺伝相関(-0.32、-0.55)が推定された。また、前期採卵量と体重の間には負の、後期採卵量と体重には正の遺伝相関が推定された。遺伝相関の推定において、後期の飼料要求率と前期および後期採卵量、前期体重と後期体重の遺伝相関が、1.00または-1.00と推定された。これは、正確な推定値とは考えにくいことから、表3では、これに該当する部分を、一で示した。

表4に飼料摂取量、飼料要求率および体重と、卵重および卵殻強度との遺伝相関を示した。卵質形質の中で、飼料摂取の影響が大きいと考えられた卵重および卵殻強度については、前期と後期

の飼料摂取量と各週齢の卵重との間に、中程度から高い正の遺伝相関が、前期および後期の飼料摂取量と各週齢の卵殻強度との間には低から中程度の正の遺伝相関が推定された。卵質形質では、飼料要求率は前期、後期ともに、25および35週齢の卵重で負の遺伝相関が、25週齢の卵殻強度で低から中程度の正の遺伝相関が推定された。また、体重と25週齢卵重には負の、体重と35、60週齢卵重には正の遺伝相関が推定された。

## 考 察

25週齢から5週おきに8回にわたって経時的にロードアイランドレッドの性能および飼料利用性に関する形質を調査した結果、35週齢までは飼料摂取量、体重、採卵量および卵重が増加する傾向にあった。これは、供試鶏が35週齢にかけて、身体の成長に多くのエネルギーを費やし、それに伴って卵重や産卵性能といった経済形質にも著しい変化が起こったものと考えられる。また、40週齢で体重、採卵量および卵重が35週齢と同程度となり、かつ採卵量は40週齢で最大となった。これより、40週齢において身体の成長が十分となり、効率的に産卵や卵重に飼料のエネルギーが利用されたものと考えられた。

1日あたりの飼料摂取量および飼料要求率が、40から45週齢にかけて大きく増加した。これは45週齢以降、飼料の製造社が異なったことが要因の一つとして考えられる。しかし、粗タンパク質(Crude Protein, CP)と代謝エネルギー(Metabolizable Energy, ME)には違いがないことや50週齢以降は飼料摂取量が減少したことなどから、飼料の製造社の違いよりも、45週齢時の鶏舎内平均気温の低かったことが大きな要因として考えられる。また、体重は45週齢以降、漸増する傾向にあり、これと並行して採卵量が低下、飼料要求率が増加する傾向にあることから、後期において飼料のエネルギーが体重増加に結びついた可能性が考えられる。さらに、45週齢以後、卵重はほぼ横ばいで推移していることから、採卵量の低下は、産卵率の低下が影響を及ぼしたものと考えられ、飼料要求率の増加は産卵率の低下に大きく起因するものと推察された。

以上のように、本研究で供試したロードアイランドレッドにおいて、35-45週齢時が各形質の転換点であると推察された。特に、40から45週齢付近を境に飼料摂取量および採卵量の低下がみられ、体重の増加量が減少した。そこで、25から40週齢を前期、45から60週齢を後期として区分し、飼料摂取量および飼料要求率の遺伝的パラメーターを推定した。その結果、本研究で推定した遺伝率は、飼料摂取量で前期0.26、後期0.28、飼料要求率では前期0.16、後期で0.14であり、24週齢の白色レグホンをういた飼料摂取量の遺伝率0.20~0.47 (Arboleda *et al.*, 1976)、ロードアイランドレッドの33から37週齢の飼料摂取量の遺伝率0.43 (Tixier-boichard *et al.*, 1995)、褐色産卵鶏における41から60週齢の飼料要求率0.19 (Hagger, 1993)と概ね同程度の値となった。また、肉用鶏においては、28-35および35-42日齢の飼料摂取量の遺伝率が0.48および0.46、28-35と35-42日齢の飼料要求率の遺伝率が0.49と0.41と報告されており (Aggrey *et al.*, 2010)、飼料要求率の遺伝率に採卵鶏との違いが見られた。これは、採卵鶏と肉用鶏で飼料要求率の算出方法が異なることが要因と考えられる。ま

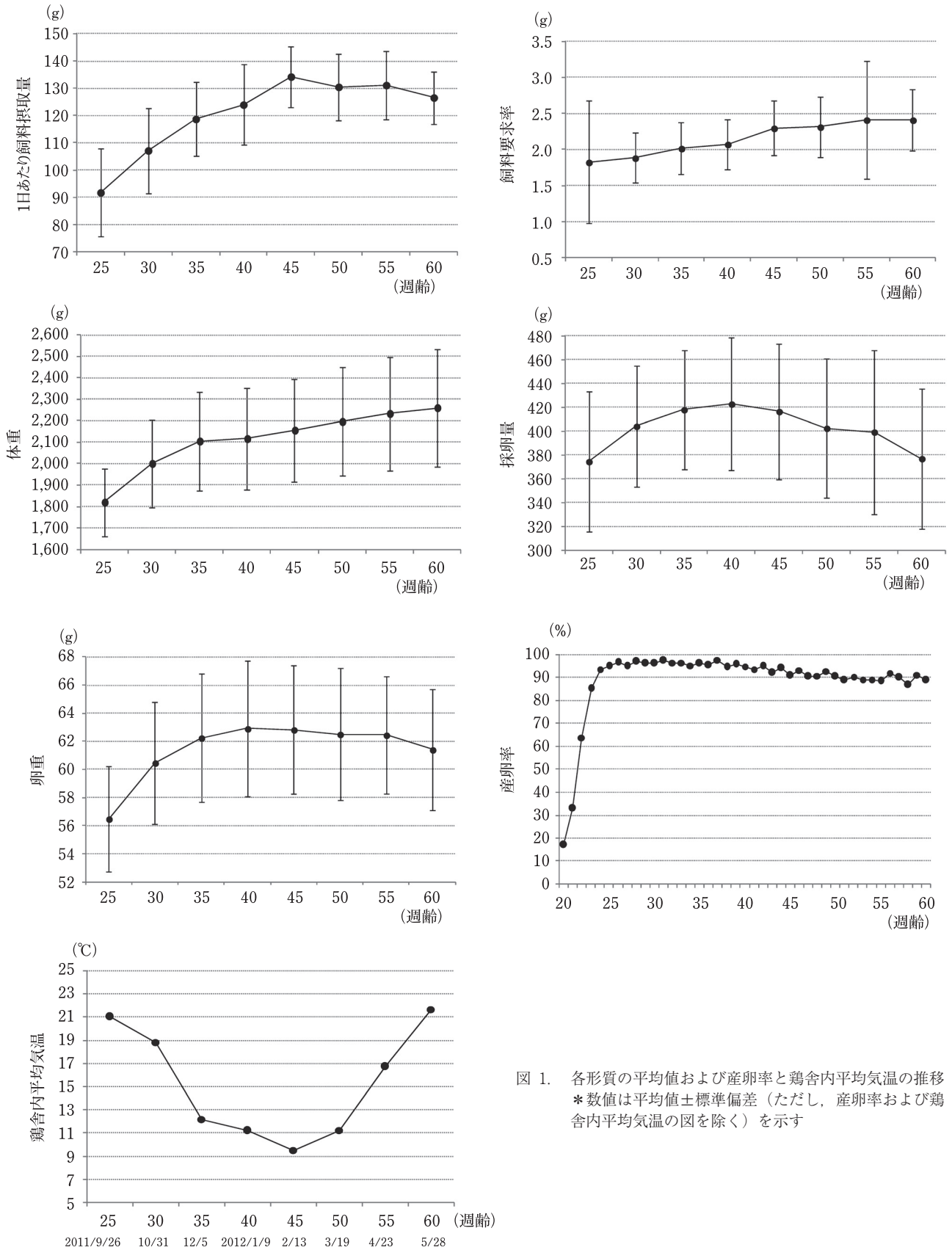


図 1. 各形質の平均値および産卵率と鶏舎内平均気温の推移  
\* 数値は平均値±標準偏差 (ただし、産卵率および鶏舎内平均気温の図を除く) を示す

表 2. 25, 35 および 60 週齢時における卵質成績

週齢	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	卵殻色			ハウユニット
			L*	a*	b*	
25	56.5±3.6 <sup>b</sup>	4.29±0.54 <sup>a</sup>	57.3±3.2 <sup>b</sup>	18.6±1.9 <sup>a</sup>	27.4±2.7 <sup>b</sup>	95.4±4.2 <sup>a</sup>
35	62.4±4.7 <sup>a</sup>	4.28±0.51 <sup>a</sup>	61.6±3.6 <sup>a</sup>	16.7±2.3 <sup>b</sup>	28.6±2.2 <sup>a</sup>	89.1±4.2 <sup>b</sup>
60	61.6±4.4 <sup>a</sup>	3.38±0.46 <sup>b</sup>	61.8±4.8 <sup>a</sup>	15.8±3.1 <sup>c</sup>	27.7±2.5 <sup>b</sup>	84.3±5.2 <sup>c</sup>

- ・ 平均値±標準偏差
- ・ 卵殻色 L\*: 明度, a\*: 色相 (赤~緑), b\*: 色相 (黄~青) を示す.
- ・ 異符号間で有意差あり (P<0.01)

表 3. 飼料摂取量, 飼料要求率, 採卵量および体重における遺伝的パラメーターの推定値

	前期				後期			
	飼料摂取量	飼料要求率	採卵量	体重	飼料摂取量	飼料要求率	採卵量	体重
前期	飼料摂取量	0.26						
	飼料要求率	0.83	0.16					
	採卵量	-0.28	-0.78	0.16				
	体重	0.53	0.29	-0.02	0.82			
後期	飼料摂取量	0.62	0.66	-0.56	0.44	0.28		
	飼料要求率	0.30	0.96	—	-0.32	0.12	0.14	
	採卵量	-0.06	-0.55	0.85	0.38	0.17	—	0.27
	体重	0.30	0.35	-0.30	—	0.32	-0.55	0.47
								0.60

- ・ 対角：遺伝率, 対角下：遺伝相関
- ・ 前期：25-40 週齢, 後期：45-60 週齢
- ・ 表中の—は, 遺伝相関が 1.00 または -1.00 と推定されたもの.

表 4. 飼料摂取量, 飼料要求率および体重と, 卵重および卵殻強度との遺伝相関の推定値

		前期			後期		
		飼料摂取量	飼料要求率	体重	飼料摂取量	飼料要求率	体重
25 週齢	卵重	0.51	-0.23	-0.13	0.35	-0.43	-0.23
	卵殻強度	0.42	0.16	-0.31	0.39	0.40	-0.30
35 週齢	卵重	0.46	-0.36	0.27	0.40	-0.55	0.11
	卵殻強度	0.17	0.00	-0.52	0.25	-0.04	-0.39
60 週齢	卵重	0.79	0.09	0.38	0.69	-0.12	0.32
	卵殻強度	0.21	0.02	-0.07	0.03	0.04	-0.02

- ・ 前期：25-40 週齢, 後期：45-60 週齢

た, 前期, 後期の飼料摂取量, 飼料要求率, 体重, 卵重, 卵殻強度と正の遺伝相関を示したことから, 遺伝的に飼料摂取量の少ない個体は, 飼料要求率が低く, 体重や卵重が小さくなり, 卵殻強度も低下する傾向にあることが明らかとなった。さらに, 後期飼料摂取量と後期採卵量を除き, 飼料摂取量と採卵量の間には負の遺伝相関が見られたことから, 前期の飼料摂取量が多い個体は前期後期ともに採卵量が低く, 後期の飼料摂取量が多い個体は, 前期採卵量は低いが, 後期採卵量が高い傾向にあることが示された。次に, 飼料要求率と各形質間の遺伝相関の結果から, 前期の

飼料要求率と前期および後期採卵量との間に, 中から高程度の負の相関, さらに前期と後期飼料要求率と 25, 35 週齢の卵重との間に, 低から中程度の負の遺伝相関がみられた。これらのことから, 供試したロードアイランドレッドの系統は, 飼料要求率が優れる個体は, 飼料摂取量が低く, 採卵量が高く, かつ卵重が大きい傾向にあると考えられた。一方, 採卵量は卵重と産卵性能から導き出される数値であるが, 本試験では, 各形質と産卵率との遺伝相関を推定することが出来なかったことから, 飼料摂取量や飼料要求率と産卵性能との関連性を結論づけることが難しかった。

また、前期体重と後期採卵量には正、後期体重と前期採卵量には負、後期体重と後期採卵量との間には正の相関があり、体重と前期飼料要求率には正、後期飼料要求率との間には負の遺伝相関が見られた。さらに、体重と 25 週齢の卵重には負の相関が、35 および 60 週齢卵重との間には正の相関がみられた。これより、前期では体重が大きいと初期卵重が小さく飼料要求率は高くなり、後期においては、体重が大きいと 35、60 週齢時の卵重が大きくなり、これに伴い後期採卵量も増加し、飼料要求率が低くなる関係にあった。これらの結果から、時期によって体重と採卵量および飼料要求率との関連性が変化する可能性のあることが分かった。

後期の飼料要求率と前期および後期の採卵量、前期体重と後期体重との遺伝相関が推定できなかった要因としては、データ数の不足が考えられ、高い精度で推定するためには、さらに羽数を増やした試験が必要であると考えられた。産卵性能や卵重、卵殻強度、卵殻色、ハウユニット等の形質については、経時的な変化に関する多くの報告 (Joyner *et al.*, 1987; Williams, 1992; Al-Batshan *et al.*, 1994; Silversides and Scott, 2001; Akyurek and Okur, 2009) があり、本研究の結果からも、加齢に伴い、産卵率、卵殻強度およびハウユニットが低下し、卵重が増加、卵殻色においては退色する傾向にあることがわかった。一方、飼料利用性について、長期間にわたって試験を実施し、前期と後期に分けて遺伝的パラメーターを推定したのは本研究が初めての報告である。これより、産卵初期や産卵ピーク、産卵後期といった産卵の時期ごとに、飼料摂取量や体重、卵質などの成績が異なることや、それぞれの形質間の関連性が異なることが明らかとなった。

以上の結果から、本研究で用いたロードアイランドレッドにおいて、特に飼料要求率の増加が見られた後期における改良を行うことで、全体的に飼料利用性の改善に繋がる可能性のあることが示唆された。後期飼料要求率の改良には、25 および 35 週齢卵重を指標とした選抜を実施することで、間接的に育種改良が可能であると考えられ、また、合わせて産卵性能の改良を進めることで、更なる改良効果を期待できるものと考えられる。一方、飼料摂取量と飼料要求率については、他のいくつかの経済形質との間に遺伝相関がみられたことや、同じ形質であっても前期と後期で遺伝率および他の形質との遺伝相関に差異が認められたことから、飼料の利用性を効率よく改良するためには、飼料利用性以外の形質との関連性や産卵の時期にも留意する必要があると考えられた。

これまで一般的に行われている、産卵後期に CP および ME 含量を低減した飼料を給餌し、産卵持続や体重抑制を図る採卵鶏のフェーズフィーディングに加えて、育種改良によって生産性を低下させることなく飼料摂取量を減らすことができれば、生産コストの面で有用である。本研究の結果、特に後期の飼料要求率の改良のため、卵重の情報を用いた選抜を行うことで、飼料利用性を改善できる可能性が示唆された。

## 引用文献

Aggrey SE, Karnuah AB, Sebastian B and Anthony NB. Genetic properties of feed efficiency parameters in meat-type chickens. *Genetics Selection Evolution*, 42 : 25. 2010.  
Akyurek H and Okur AA. Effect of storage time, temperature and

hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 : 1953-1958. 2009.  
Al-Batshan HA, Scheideler SE, Black BL, Garlich JD and Anderson KE. Duodenal calcium uptake, femur ash, and egg-shell quality decline with age and increase following molt. *Poultry Science*, 73 : 1590-1596. 1994.  
Arboleda CR, Harris DL and Nordskog AW. Efficiency of selection in layer-type chickens by using supplementary information on feed consumption : II. Application to net income. *Theoretical and Applied Genetics*, 48 : 75-83. 1976.  
Coon CN. Feeding commercial egg-type layers. In : *Commercial chicken meat and egg production*. (Bell DD and Weaver DW Jr eds.). Fifth edition. pp. 287-328. Kluwer Academic Publishers. Norwell, Massachusetts. 2002.  
Fairfull RW and Chambers JR. Breeding for feed efficiency : poultry. *Canadian Journal of Animal Science*, 64 : 513-527. 1984.  
Flock DK. Genetic-economic aspects of feed efficiency in laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 54 : 225-239. 1998.  
Hagger C. Phenotypic and genetic relationships among feather scores, income minus food cost and food conversion ratio in laying hens. *British Poultry Science*, 34 : 425-429. 1993.  
Hagger C. Relationships between income minus feed cost and residual feed consumption in laying hens. *Poultry Science*, 73 : 1341-1344. 1994.  
Haugh RR. The haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine*, 43 : 552-573. 1937.  
Ihaka R and Gentleman R. R : A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5 : 299-314. 1996.  
Joyner CJ, Peddie MJ and Taylor TG. The effect of age on egg production in the domestic hen. *General and Comparative Endocrinology*, 65 : 331-336. 1987.  
Katie J and Kolstad N. Selection for efficiency of food utilisation in laying hens : Direct response in residual food consumption and correlated responses in weight gain, egg production and body weight. *British Poultry Science*, 32 : 939-953. 1991.  
Kratzer FH, David JL, Leeson SL, Moran ET Jr, Parsons CM, Sell JL and Waldroup PW. Nutrient requirements of chickens. In : *Nutrient requirements of poultry*. (Subcommittee on Poultry Nutrition, National Research Council eds.). Ninth revised edition. pp.24. National Academy Press. Washington DC. 1994.  
Neumaier A and Groeneveld E. Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. *Genetics Selection Evolution*, 30 : 3-26. 1998.  
奥村純市. ニワトリの栄養. 新編畜産大事典 (田先威和夫監修). 第一版. 1102-1104 頁. 養賢堂. 東京. 1996.  
Schulman N, Tuiskula-Haavisto M, Siitonen L and Mäntysaari EA. Genetic variation of residual feed consumption in a selected finnish egg-layer population. *Poultry Science*, 73 : 1479-1484. 1994.  
Silversides FG and Scott TA. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80 : 1240-1245. 2001.  
Stevens L. Quantitative genetics. In : *Genetics and evolution of the domestic fowl*. pp. 151-157. Cambridge University Press, Cambridge. 1991.  
Tixier-Boichard M, Boichard D, Groeneveld E and Bordas A. Restricted maximum likelihood estimates of genetic parameters of adult male and female Rhode Island Red chickens divergently

selected for residual feed consumption. Poultry Science, 74 :  
1245-1252. 1995.  
Williams KC. Some factors affecting albumen quality with par-

ticular reference to Haugh unit score. World's Poultry Science  
Journal, 48 : 5-16. 1992.

## Feed Utilization and Genetic Parameter Estimates for Two Laying Periods in Rhode Island Red

Yumi Okumura<sup>1</sup>, Tatsuya Niinomi<sup>2</sup>, Takayuki Imai<sup>2</sup>, Satoshi Inou<sup>2</sup>, Eriko Koshino<sup>2</sup>,  
Akiyoshi Kanbayashi<sup>2</sup>, Mariko Tsutsui<sup>2</sup> and Masahiro Satoh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Livestock Breeding Center, Nishigo, Fukushima, Japan, 961-8511

<sup>2</sup>National Livestock Breeding Center of Okazaki Station, Aichi, Japan, 444-3161

<sup>3</sup>National Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, Ibaraki, 305-0901

The cost of feeding is a major determinant of profitability in the poultry industry because of the high demand for feed grains. Any effort to improve the efficiency of feed use will reduce feed cost. We investigated long-term feed intake in Rhode Island Red chickens and estimated genetic parameters for egg production and egg quality traits with respect to feed intake. Feed intake, body weight, and egg weight were measured every 5 weeks from 25 to 60 weeks of age. Egg mass was defined as the total egg weight during the 7 day period. Egg-shell strength, egg color, and Haugh units (a measure of albumin quality) were also measured at 25, 35, and 60 weeks of age. The genetic parameters in the first half (25-40 weeks) and latter half (45-60 weeks) of the measurement period for feed intake, feed conversion rate, body weight, and egg mass were estimated using a repeatability animal model with restricted maximum likelihood. Feed intake increased sharply until 45 weeks of age ; thereafter, no changes were observed. Body weight increased until 35 weeks of age ; thereafter, slight changes were observed. Egg mass peaked at 40 weeks of age. The feed conversion ratio increased with growth. Heritability estimates for feed intake were middle. The heritability of the feed conversion rate was around 0.15. We estimated positive genetic correlations between feed intake and body weight, egg weight, and feed conversion ratio. The genetic correlation between feed conversion ratio and body weight in the first and latter half of the measurement period was positive and negative, respectively. The genetic correlations between feed conversion rate and egg weight tended to be negative. Our results demonstrated that the efficiency of feed use can be improved if Rhode Island Red chickens are selected using information on feed intake and egg weight.

*(Japanese Journal of Poultry Science, 52 : J1-J7, 2015)*

**Key words** : feed utilization, genetic correlation, heritability, laying period