

名古屋種の遅羽性系統の作出と第10世代までの産卵性能の育種選抜

中村明弘¹⁾・長尾健二²⁾・木野勝敏³⁾・野田賢治¹⁾・宮川博充⁴⁾・内田正起⁵⁾

摘要：本研究は、初生ヒナの容易な雌雄鑑別を可能とする羽性遺伝子の導入を図る目的で、遅羽性遺伝子に固定した名古屋種の系統（NG6系統）を作出し、その後、産卵性能の向上を図るため、第10世代（G10）まで選抜育種を実施した。素材鶏の中から遅羽性を示す個体を選抜した後、産卵率、卵重、卵殻色および白斑点出現率の改良を主体とした選抜を実施した。その結果、270日齢の卵重は有意な改善効果が得られ、G10では57.2 gとなった。さらに、270日齢の白斑点出現率でも顕著な改善効果がみられ、G10で75.4%まで増加し、高頻度に白斑点が卵殻表面に現れるようになった。一方、181～300日齢の産卵率は有意な改善効果が認められなかったが、G10では80.0%にまで向上した。卵殻色は強い選抜を実施したにも関わらず、改善効果がみられなかった。以上のことから、NG6系統の卵重は改良目標値に達したが、産卵率、卵殻色および白斑点出現率は改良目標に達していないため、これらの3形質に重点を置いて育種選抜を継続する必要がある。

キーワード：産卵率、卵重、卵殻色、遅羽性、名古屋種、白斑点出現率

Establishment of a Late Feathering Line of Nagoya Breed and Breeding Selection for Laying Performance up to the Tenth Generation

NAKAMURA Akihiro, NAGAO Kenji, KINO Katsutoshi, NODA Kenji,
MIYAKAWA Hiromitsu and UCHIDA Masaoki

Abstract: The present study was conducted to establish a late feathering line, NG6, for introducing the late feathering gene to facilitate sex determination at hatching and to improve the laying performance up to the tenth generation (G10). Individuals exhibiting late feathering were selected from a breeding source and subsequent selections were carried out mainly to improve the egg production rate, egg weight, eggshell color and emergence rate of white spots on the eggshell. The egg weight at 270 days of age was significantly increased and reached 57.2 g in G10. The rate of emergence of white spots on the eggshell at 270 days of age was also significantly improved and increased to 75.4% in G10. The egg production rate from 181 to 300 days of age was not significantly improved but reached 80.0% in G10. Despite the strong selection, the eggshell color showed no significant improvement. In conclusion, the breeding goal in terms of egg weight was achieved, but those in the egg production rate, eggshell color and rate of emergence of white spots on eggshell were not achieved in G10. Therefore, there is a need to continue breeding of NG6 to improve these 3 main traits.

Key Words: Egg production rate, Egg weight, Eggshell color, Late feathering,
Nagoya breed, Rate of emergence of white spots

¹⁾ 畜産研究部（現企画普及部） ²⁾ 畜産研究部 ³⁾ 畜産研究部（現畜産総合センター種鶏場）

⁴⁾ 養鶏研究所（現尾張農林水産事務所） ⁵⁾ 畜産研究部（現西部家畜保健衛生所）

緒言

近年、当場では肉用と卵用の2方向の用途に分けて、名古屋種（名古屋種はニワトリの品種名を表す）の系統造成を実施している。このうち、卵用系統はこれまでに2系統（NG4系統^{1, 2)} およびNG5系統³⁾）を開発してきた。

NG4系統の造成は、1992～2000年度に産卵率の向上と卵殻色の改善を主な目標にして実施された^{1, 2)}。この系統造成では、育種選抜により、181～300日齢までの産卵率が74.7%から80.7%へと改善され、卵殻色は濃さと赤みが増し、名古屋種の卵の特徴である桜色がより鮮やかになるという改良効果が得られた²⁾。2000年からは、このNG4系統を雄種鶏に用いて生産している「卵用名古屋コーチン」（「卵用名古屋コーチン」は実用鶏名を表す）のヒナの普及が開始され、2011年には年間約6万6千羽のヒナが生産され、県内外の生産者に普及している。

一方、NG5系統は2001～2010年度に系統造成を実施し、産卵率と卵殻色の改善だけでなく、卵重の増加と名古屋種の卵のもう一つの特徴である卵殻表面にみられる白色の斑点（白斑点）を高い頻度に出現することを目標にして開発された³⁾。この系統の育種改良では、高い産卵率を維持したままで、270日齢の卵重が53.3 gから59.0 gへと大幅に改善された。さらに、卵殻色は鮮やかな桜色を長期にわたって保持できるようになり、270日齢の白斑点出現率もG9で85.1%にまで向上し、高頻度に白斑点が生ずるようになった。現在、「卵用名古屋コーチン」の更なる性能向上を図るため、このNG5系統を雄種鶏に用いて生産される新「卵用名古屋

コーチン」の普及を2013年から開始する計画で進めている⁴⁾。

孵化したばかりの初生ヒナの翼を観察すると、遅羽性と速羽性という2種類の羽性に分けることができる。遅羽性は主翼羽（下羽）の長さが覆主翼羽（上羽）の長さ比べて短いか、あるいは、同じ長さを示すものをいい、速羽性は下羽の長さが上羽の長さ比べて長いものをいう。この遅羽性と速羽性の形質は性染色体のZ染色体上の優性遺伝子である遅羽性（*K*）遺伝子とその野生型対立遺伝子である速羽性（*k*）遺伝子によって支配されていることが明らかになっている⁵⁾。そのため、遅羽性の雌（*K/w*）に速羽性の雄（*k/k*）を交配した場合に、雄ヒナはすべて遅羽性（*K/K*）、雌ヒナはすべて速羽性（*k/w*）となる十文字遺伝を利用して、初生ヒナの雌雄を容易に判定できる⁶⁾。名古屋種にも*K*遺伝子や*k*遺伝子を保有する個体が存在することが確認されていることから、実用鶏のヒナにおいて羽性による雌雄鑑別を導入することが可能である⁷⁾。そこで、当場ではNG5系統を速羽性遺伝子、NG6系統を遅羽性遺伝子に固定して、将来、この2系統を活用して、「卵用名古屋コーチン」の初生ヒナで羽性による雌雄鑑別ができることを目指している。

本報告は、NG6系統において2001年度から2011年度までに実施した遅羽性遺伝子の固定と育種改良の結果をまとめたものである。

材料及び方法

1 素材鶏

G0の素材鶏は、2001年にNG1系統およびNG2系統の雌とNG1系統の雄を交配した名古屋種（NG2×NG1）の中か

表1 名古屋種における羽性の表現型および遺伝子型の判定方法

性	判定時期	判定方法	判定対象	引用文献番号
雄	孵化時	主翼羽と覆主翼羽の長さの比較	遅羽性（ <i>K/K</i> , <i>K/k</i> ）と速羽性の判定	7
	8あるいは10週齢時	尾羽の長さ	<i>K/K</i> と <i>K/k</i> の判定	10
	全時期	PCR法	遅羽性（ <i>K/K</i> , <i>K/k</i> ）と速羽性の判定	8
	全時期	PCR-RFLP法	<i>K/K</i> と <i>K/k</i> の判定	9
雌	孵化時	主翼羽と覆主翼羽の長さの比較	遅羽性と速羽性の判定	7
	全時期	PCR法	<i>K/w</i> と <i>k/w</i> の判定	8

表2 NG6系統の系統造成における毎世代の育種規模

年次	世代	交配した選抜鶏数		餌付け 月 日	餌付け羽数	
		雄	雌		雄	雌
2001	G0 ¹⁾	—	—	3/21	(無鑑別 423)	
2002	G1(1)	21	47	3/13	(無鑑別 446)	
	G1(2)	21	47	4/10	0	130
2003	G2	30	120	4/ 9	245	535
2004	G3	25	75	4/ 6	147	294
	素材 ²⁾	—	—	4/ 6	0	306

2005	G4	25	125	4/ 5	231	543
2006	G5	25	125	4/ 4	213	237
2007	G6	23	92	4/ 3	175	405
2008	G7	23	92	4/ 2	181	368
2009	G8	23	92	4/ 7	177	371
2010	G9	23	92	4/ 6	184	372
2011	G10	23	92	4/ 5	177	411

- 1) 素材鶏には、NG1系統およびNG2系統の雄とNG1系統の雌を交配した名古屋種 (NG2×NG1) の中から、孵化時の翼部の羽性が遅羽性を示す個体を選抜したものをを用いた。
 2) 再導入した素材鶏はNG2×NG1の速羽性の雌を用いた。

ら、孵化時の羽性が遅羽性を示す個体を選抜したものをを用いた。この鶏群を基にして、次世代以降、閉鎖群育種を行ったが、G1からG3までの産卵性能が劣っていたため、2004年にNG2×NG1の速羽性の雌を素材鶏として再導入し、その後、G10まで選抜育種を実施した。

2 遅羽性遺伝子の固定および維持

表1には、名古屋種の羽性の表現型および遺伝子型を判定する方法についてまとめた。

NG6系統の遅羽性遺伝子を固定するため、G0の素材鶏は孵化した時に翼部の羽性を確認⁷⁾し、遅羽性を示す個体を選抜した。G1以降も孵化時に翼部の羽性を確認し、速羽性を示す個体が出現した場合、その個体は淘汰した。さらに、G4までは、表1に示したPCR法⁸⁾やPCR-RFLP法⁹⁾、尾羽の長さによる判定法¹⁰⁾を併用して確認し、G5の時点でNG6系統を遅羽性遺伝子 (*K*) だけを保有する系統に完全に固定した。G6以降も孵化時に初生ヒナの翼部を観察して遅羽性であることを確認し、さらに、雄ヒナについては8週齢時に尾羽の長さを測定し、遅羽性遺伝子のホモ接合体 (*K/K*) であることを継続して確認した^{10, 11)}。

3 繁殖および孵化

成鶏時の雌の全羽数が49羽と少なかったG0の交配時を除き、繁殖は3世代前までの血縁関係を考慮しながら、選抜鶏雄1羽あたり選抜鶏雌3羽から5羽を人工授精で交配した。種卵は3週間採取し、12.5±2.5℃の

範囲で貯卵後、孵化を行った。孵化は、G1 (G1は2回孵化) を除き毎世代1回とし、世代間隔は1年とした。なお、各世代における育種規模は表2に示した。孵化したヒナは肛門鑑別により性別別した後、育種に用いるヒナを選別し、個体識別用の翼帯を装着した。

4 飼養管理

育種鶏は餌付けから4週齢までは電熱式バッテリー育雛器で育雛し、4～14週齢時は中大雛用群飼ケージ (間

表3 NG6系統の育種改良目標

形質名	目標値	
体重(250日齢)	2400 g	
初産日齢	160 日以下	
産卵率(181～300日齢)	82 %以上	
卵重(270日齢)	57 g以上	
卵殻色(270日齢)	L値	62～64
	a値	13～15
	b値	10～12
	b/a	0.8
卵殻強度(270日齢)	4.0 kg/cm ² 以上	
卵形係数(270日齢)	80	
白斑点出現率(270日齢)	80 %以上	

口90.0 cm×奥行60.0 cm×高さ45.0 cm) に10羽ずつ収容して育成した。14週齢時にG0およびG1は開放式成鶏舎、G2以降はウインドウレス成鶏舎に移動し、成鶏用ケージ (G0~G1: 間口27.0 cm×奥行45.0 cm×高さ50.0 cm、G2~G10: 間口22.5 cm×奥行40.0 cm×高さ45.0 cm) に1羽ずつ収容した。給与飼料は、市販飼料 (日清丸紅飼料株式会社、東京) を用い、0~4週齢時はCP20%-ME2950 kcal/kg (商品名: MN幼すう)、4~22週齢時はCP14.5%-ME2800 kcal/kg (商品名: MN大すう)、22週齢以降はG0からG9までCP18%-ME2850 kcal/kg (商品名: ハイブロード180)、G10でCP17%-ME2850kcal/kg (商品名: ハイブロード170) の飼料を用い、全期間を通して自由摂取させた。光線管理は餌付けから1週齢までは終夜点灯を行い、1~14週齢時は自然日長で行った。14週齢以降はG0およびG1では自然日長と照明時間の合計が14時間を下回らないように光線管理を行い、G2以降では14時間明期10時間暗期で一定にして点灯を行った。

5 調査項目

毎世代の調査項目は、受精率、孵化率、育成率、生存率、体重、初産日齢、産卵率、卵重、卵殻色、卵殻強度 (卵殻破壊強度)、卵形係数 (G7から調査を実施) および白斑点出現率とした。育成率および生存率は雌鶏のみの羽数で算出し、育成率は150日齢時の羽数を餌付け羽数で割って100を掛けた数値、生存率は390日齢時の羽数を151日齢時の羽数で割って100を掛けた数値

で示した。体重は150および250日齢で測定した。産卵率は調査期間内で個体毎に集計した産卵個数を調査期間で割って100を掛けた数値により示し、181日齢から300日齢までと181日齢から390日齢までの産卵率を求めた。卵重は180、210、240、270および360日齢時に測定した。卵殻色は180、270および360日齢時に色差計カラーエースTC-8600A (有限会社東京電色、東京) により卵の鈍端部を測定して、色をL、a、b値 (各々、明度、赤色度、黄色度を表す) で表した。卵殻強度は270日齢時に卵殻強度測定機ハーディングテスター (株式会社インテスコ、松戸) により卵の赤道部を加圧して測定した。卵形係数は卵の短径を長径で割って100を掛けた数値で、270日齢時に卵形測定器 (富士平工業株式会社、東京) により測定した。なお、卵重、卵殻色、卵殻強度および卵形係数については1個体当たり3個の卵を計測し、その平均値により示した。白斑点出現率は270日齢時に卵殻表面にみられる白斑点を表9の脚注に示す評価方法に基づく5段階のスコアにより評価し、白斑点のはっきりみられる、2以上のスコアを示した卵の割合で表した。

6 改良目標

NG6系統の改良目標を表3に示した。NG6系統では、NG5系統と同様に、①産卵率の向上、②卵重の増加、③卵殻色の改善、④白斑点出現率の増加という4つの目標を中心に育種改良を実施した。

これら以外の形質では、体重はNG4系統やNG5系統と

表4 選抜指数式の作成に用いた遺伝パラメータおよび期待改良量 (G1~G6の選抜)

形質	単位	標準偏差	遺伝率	X1	X2	希望改良量	期待改良量 ³⁾
産卵率(151~300日齢)	X1 日	10	0.2	$r_G^{2)}$	$r_P^{1)}$ -0.1	4	2.01
卵重(270日齢)	X2 g	4	0.5	-0.3		1	0.50

1) 表型相関、2) 遺伝相関 (父+母成分)、3) 1世代あたりの遺伝的改良量 (期待値)
選抜指数式 $I = 0.2458429X1 + 0.2416135X2$

(G7~G9の選抜)

形質	単位	標準偏差	遺伝率	X1	X2	希望改良量	期待改良量 ³⁾
産卵率(151~300日齢)	X1 日	10	0.3	$r_G^{2)}$	$r_P^{1)}$ -0.1	5	2.47
卵重(270日齢)	X2 g	4	0.5	-0.3		2	0.99

1) 表型相関、2) 遺伝相関 (父+母成分)、3) 1世代あたりの遺伝的改良量 (期待値)
選抜指数式 $I = 0.2257104X1 + 0.3811259X2$

表5 受精率、孵化率、育成率および生存率の世代毎の推移

世代	受精率	孵化率	育成率 ¹⁾ 生存率 ¹⁾	
			0~150日齢	151~390日齢
	%	%	%	%
G0	92.4	90.9	—	100.0
G1(1)	86.1	87.0	—	98.1
G1(2)	86.7	81.9	95.4	98.4
G2	85.1	90.4	98.3	96.9
G3	87.0	90.2	96.9	99.3
素材	88.2	94.6	99.0	95.0

G4	87.4	93.1	98.3	96.2
G5	84.6	92.4	94.8	95.5
G6	87.9	92.4	96.3	98.7
G7	84.9	92.0	95.9	97.8
G8	89.3	90.0	96.7	97.3
G9	94.6	94.1	98.1	95.9
G10	92.2	92.1	98.5	97.7

1) 育成率、生存率は雌鶏のみのデータで算出した。

同程度とすることとした。また、卵殻強度は負の遺伝相関がある産卵率の改良によって低下しないように留意し、卵形係数においても形状が細長くなって、商品価値が下がらないように留意して、目標値を設定した。

7 選抜方法

雌については、毎世代、300日齢時まで調査した各形質のデータを用いて、個体の評価を行い、次世代のための交配用選抜鶏雌を選抜した。選抜は151~300日齢時の産卵率と、270日齢時に測定した卵重、卵殻色および白斑点のスコアを主に評価し、上位の個体を選んだ。なお、産卵率と卵重については希望する改良効果を効率的に得るため、山田ら^{1,2)}が報告した改良目標値に基づく選抜指数法により算出した選抜指数を用いて選抜した。選抜指数式、その式の作成に用いた遺伝パラメータおよび期待改良量を表4に示した。遺伝パラメータは木野ら¹⁾がNG4系統の開発時に算出した数値を参考にして設定した。なお、選抜基準としての産卵率は改良目標である181~300日齢の産卵率ではなく、151~300日齢の産卵率を用いた。これは選抜により産卵率の向上とともに初産日齢が早くなるように改良する目的で用いた。また、NG5系統の造成時と異なり、今回のNG6系統では素材鶏の産卵性が優れていなかったことから、産卵率の改良に重み付けして、選抜指数式を作成した。

表6 体重、初産日齢および産卵率の世代毎の推移

世代	体 重		初産日齢	産卵率	
	150日齢	250日齢		181~300日齢	181~390日齢
	g	g	日	%	%
G0	1728±206	2333±237	171.7±18.9	74.4±12.0	73.2±10.8
G1(1)	1720±148	2336±202	168.0±11.9	77.5±8.8	72.9±9.0
G1(2)	1782±103	2479±268	172.6±12.0	74.3±13.2	69.1±11.8
G2	1636±123	2373±211	169.9±10.3	76.2±11.5	70.8±11.1
G3	1769±108	2346±215	167.1±11.1	75.9±12.5	69.0±12.4
素材	2130±138	2710±246	162.1±11.2	80.0±11.1	75.5±11.0

G4	1963±232	2322±225	164.9±12.2	75.4±12.6	70.2±12.3
G5	1814±93	2458±222	172.2±10.9	80.0±10.5	74.6±10.7
G6	1673±129	2343±240	174.9±14.2	77.9±12.2	73.3±11.3
G7	1820±129	2533±228	166.5±10.8	80.9±9.8	75.4±10.4
G8	1839±143	2416±244	164.5±9.7	74.8±10.8	69.2±10.6
G9	1821±133	2438±228	164.6±10.0	75.1±12.0	69.4±11.0
G10	1726±194	2319±252	170.9±13.5	80.0±11.4	74.7±11.0

一世代あたりの 遺伝的改良量	-18.8	0.8	-0.27	0.03	-0.03

平均値±標準偏差

一世代あたりの遺伝的改良量はG4~G10各世代に対する平均値の回帰係数により表した。

G1からG6までの選抜で用いた選抜指数式は良好な改善効果が認められなかったことから、産卵率の遺伝率を見直して、再度、選抜指数式を作成し、G7以降の選抜では新しい選抜指数式を用いた。

雄については、きょうだい雌の産卵成績を考慮して一つの父家系内で原則として1羽の雄を選抜した。

8 統計処理および遺伝パラメータの推定

各形質の1世代あたりの遺伝的改良量については、素材鶏を再導入した後のG4～G10（卵形係数はG7～G10）の世代に対する各平均値の回帰係数で示した。平均有効選抜差はG4～G9（卵形係数はG7～G9）の各世代で全個体の平均値と選抜された個体群の平均値との差（有効選抜差）を求め、これらの平均で表した。平均選抜強度はG4～G9（卵形係数はG7～G9）の各世代において算出した有効選抜差を全個体の標準偏差で割った数値（選抜強度）を求め、これらの平均で表した。遺伝パラメータの推定は、分散・共分散分析法^{1,3)}により、250日齢の体重、初産日齢、181～300日齢の産卵率、270日齢の卵重、卵殻色、卵殻強度および卵形係数に関する遺伝率と、各形質間の遺伝相関、表型相関を算出した。なお、遺伝率、遺伝相関および表型相関は、同時期に改良を実施していたNG5系統との比較ができるように、G7～G9のデータだけをプールして推定した。

試験結果

1 遅羽性遺伝子への固定

G0の素材鶏は孵化した時に翼部の羽性を確認し、遅羽性を示す個体だけを選抜した。しかし、G0が成鶏に達した時にPCR法によって羽性を再確認したところ、雄では誤判定がなかったが、雌では49羽中に9羽の速羽性の個体が存在し、誤判定があった。そこで、G1以降は、孵化時の翼部による判定だけでなく、表1に示したPCR法やPCR-RFLP法、尾羽の長さによる判定を併用して、遅羽性遺伝子 (*K*) への固定を図った。その結果、NG6系統はG3の時点で*K*遺伝子だけに固定されたが、その後、素材鶏を再導入したため、最終的にはG5の時点で完全に固定された。

2 受精率、孵化率、育成率および生存率の推移

受精率、孵化率、育成率および生存率の世代毎の推移を表5に示した。受精率は84%以上、孵化率はG1の2回目の孵化を除き87%以上と良好な値であった。育成率は94%以上、生存率は95%以上と極めて良好な値であり、特に疾病の発生はなく、概ね強健であった。

3 体重、初産日齢および産卵率の推移

体重、初産日齢および産卵率の世代毎の推移を表6に示した。150および250日齢の体重、初産日齢、181～

表7 卵重の世代毎の推移

世代	180日齢	210日齢	240日齢	270日齢	360日齢
	g	g	g	g	g
G0	43.1±2.3	—	—	53.6±2.4	—
G1(1)	42.8±3.4	—	—	51.7±3.1	—
G1(2)	42.3±3.1	—	—	51.6±2.9	55.5±3.6
G2	44.0±3.0	48.5±2.8	51.0±2.9	53.2±3.1	56.3±3.4
G3	45.2±3.0	49.2±2.5	52.8±2.8	54.3±2.6	56.9±3.2
素材	48.9±3.2	53.2±3.2	57.2±3.4	58.3±3.2	60.7±3.4

G4	46.6±3.0	50.7±3.0	52.9±3.1	55.0±3.3	58.4±3.6
G5	46.6±3.2	50.6±2.8	53.3±3.0	56.0±3.1	57.6±3.4
G6	46.7±3.2	51.4±3.0	53.9±3.1	55.4±3.2	58.3±3.5
G7	46.9±3.2	51.2±2.8	53.3±3.1	55.1±2.9	58.9±3.1
G8	47.8±3.4	52.2±2.9	55.1±3.3	57.1±3.3	60.5±3.6
G9	48.1±3.4	52.4±3.0	55.5±3.4	57.6±3.5	60.4±3.8
G10	47.5±3.7	52.6±3.3	55.0±3.5	57.2±3.7	60.0±4.0

一世代あたりの 遺伝的改良量	0.24*	0.36**	0.42**	0.41*	0.45*

平均値±標準偏差

一世代あたりの遺伝的改良量はG4～G10各世代に対する平均値の回帰係数により表した。

**: $P < 0.01$ 、*: $P < 0.05$

300日齢および181~390日齢での産卵率は、G4からG10までの1世代あたりの遺伝的改良量では統計学的に改善効果が認められなかった。しかしながら、181~300日齢の産卵率は、G4の75.4%に対し、G10では80.0%となり、改良目標値に近づいた。

4 卵重の推移

卵重の世代毎の推移を表7に示した。卵重は、G4からG10までの1世代あたりの遺伝的改良量が180日齢で0.24 g ($P<0.05$)、210日齢で0.36 g ($P<0.01$)、240日齢で0.42 g ($P<0.01$)、270日齢で0.41 g ($P<0.05$)、そして360日齢で0.45 g ($P<0.05$)となり、すべての日齢において著しい改良効果がみられた。

5 卵殻色の推移

卵殻色の世代毎の推移を表8に示した。卵殻色のL、a、b値と色相を示すb/a値¹⁴⁾はG4以降で統計学的に改善効果が認められなかった。

6 卵殻強度、卵形係数および白斑点出現率の推移

卵殻強度、卵形係数および白斑点出現率の世代毎の推移を表9に示した。卵殻強度はG4以降、3.8~4.1 kg/cm²の範囲内で、卵形係数は4世代だけの調査であるが78~79の範囲で概ね横ばいに推移した。白斑点出現率は世代の経過と共に増加し、G4からG10までの1世代あたりの遺伝的改良量は7.50% ($P<0.01$)と極めて高い改良効果が認められた。

7 有効選抜差と選抜強度

主要な9つの形質における平均有効選抜差と平均選抜強度を表10に示した。産卵率、卵重および卵殻色の改善を主体にした選抜を反映し、産卵率、卵重、卵殻色L値、a値の平均有効選抜差はそれぞれ6.43、0.38、-1.46、0.63、一方、平均選抜強度はそれぞれ0.559、0.126、-0.374、0.341であった。なお、今回、用いた選抜指数式は卵重よりも産卵率に重み付けして作成したので、卵重は他の形質と比べると、弱い選抜強度であった。

8 遺伝パラメータの推定値

主要な9つの形質について、G7~G9をプールして推定した遺伝率を表11に示した。卵重は高い値の遺伝率を示し、次いで、体重、初産日齢および卵形係数の遺伝率が高い値を示した。産卵率、L値、a値、b値および卵殻強度は中位の遺伝率を示した。

G7~G9の主要な9つの形質のデータを用いて推定した表型相関および遺伝相関を表12に示した。L値とa値(-0.92)の間には高い負の遺伝相関が認められた。さらに、中位の正の遺伝相関がa値とb値(0.52)の間で認められ、反対に、中位の負の遺伝相関が産卵率と卵重(-0.42)、a値と卵形係数(-0.41)の間で認められた。

考 察

現在、コマーシャル鶏として普及している名古屋種は肛門鑑別により初生ヒナの性判別が行われている。名古屋種は、白色レグホーンに比べて、雄ヒナと雌ヒナの間でみられる生殖隆起の特徴が明確に現れていないために肛門鑑別による雌雄鑑別が難しく¹⁵⁾、さらに誤判定の確率も他の採卵鶏やブロイラーと比較して高い。そのため、名古屋種への羽性による雌雄鑑別の導入は現在用いられている肛門鑑別よりも精度の高い性判別が可能になると期待される。特に、名古屋種の卵用実用鶏である「卵用名古屋コーチン」においては卵を生産できる雌だけがコマーシャルヒナとして必要であり、雄ヒナは必要ではない。そのため、雌雄鑑別の誤判定を減らすことは、雄ヒナの無駄な飼育を減らせ、「卵用名古屋コーチン」の生産者にとって収益向上につながるメリットがある。

名古屋種の遅羽性と速羽性を判別するには、他の鶏種と同様、初生ヒナの翼部の主翼羽と覆主翼羽の長さを比較することで、見分けることができる⁷⁾。さらに、Iraqiら¹⁶⁾が開発したPCR法を用いることで、名古屋種の遅羽性と速羽性をDNAレベルで正確に判定することも確認している⁸⁾。しかし、遅羽性の雄には遅羽性(K)遺伝子のホモ接合体(K/K)とヘテロ接合体(K/k)が存在し、それらは上述した初生ヒナの翼部⁷⁾やPCR法⁸⁾による判定方法によって区別できない問題点があった。そのため、これまでは遅羽性の雄の遺伝子型を確認するため、多くの労力と時間がかかる後代検定を行う必要があった。この問題を解決するため、PCR-RFLP法⁹⁾や8週齢もしくは10週齢時の尾羽の長さを用いた判定方法¹⁰⁾を開発し、名古屋種雄のK/KとK/kを迅速かつ正確に区分できることを明らかにしてきた。従って、現在では、表1に示した羽性の判定方法を活用することで、名古屋種の遅羽性系統を容易にかつ確実に作出できるようになった。

Baconら¹⁷⁾は遅羽性系統の中に、速羽性を示す個体がまれに現れることを報告し、さらに、その後の研究^{18, 19)}において、このような個体のK遺伝子のDNA構造には変異が生じていたことが確認されている。名古屋種でも、同様に、遅羽性系統の中から速羽性に突然変異した個体が0.24~0.80%の頻度で出現することを確認している¹¹⁾。遅羽性系統の場合、このような突然変異を起こした個体を早期に淘汰しないと、速羽性遺伝子が混在し、羽性による雌雄鑑別に利用できなくなる。そのため、遅羽性に完全に固定した遅羽性系統であっても、世代更新毎に、孵化時に初生ヒナの翼部を確認し、雄では8週齢もしくは10週齢時に尾羽の長さを測定して、確実に遅羽性遺伝子だけを保有していることを確認することが重要である。

名古屋種の卵はSサイズ(46 g以上、52 g未満)以下のものは商品価値が低いことから、生産者からは産卵性の向上だけでなく、卵重の増加も強く要望されている。そこで、NG6系統では卵重と産卵率を同時に改良で

表8 卵殻色の世代毎の推移

世代	180日齢				270日齢			
	L	a	b	b/a	L	a	b	b/a
G0	63.6±3.9	14.3±1.8	11.9±2.7	0.82±0.14	68.2±4.5	13.0±1.7	11.5±2.6	0.89±0.16
G1(1)	65.4±3.5	14.0±1.4	12.2±2.5	0.87±0.16	67.8±3.8	12.0±1.7	11.8±2.2	0.98±0.17
G1(2)	63.6±4.1	14.0±1.4	13.2±2.1	0.94±0.12	68.9±4.3	12.8±1.6	12.0±2.4	0.94±0.16
G2	63.4±3.8	13.9±1.7	12.6±2.3	0.91±0.15	67.9±4.0	12.7±2.0	12.3±2.5	0.98±0.16
G3	63.3±3.9	15.2±1.6	11.3±1.8	0.75±0.11	68.1±4.1	13.0±1.8	12.7±2.2	0.98±0.15
素材	64.7±3.5	14.4±1.6	10.2±2.2	0.71±0.12	69.6±4.1	12.3±1.8	12.0±2.3	0.97±0.14

G4	62.7±3.6	14.8±1.6	12.2±2.2	0.82±0.13	67.1±3.7	12.8±1.7	12.8±2.2	1.00±0.16
G5	61.2±3.4	14.8±1.6	11.9±2.0	0.80±0.12	65.4±3.7	13.2±1.8	12.7±2.2	0.97±0.15
G6	61.7±3.9	14.4±1.7	12.2±2.2	0.84±0.13	64.6±3.9	13.7±1.8	13.2±2.3	0.97±0.14
G7	63.2±3.5	15.4±1.6	12.4±2.2	0.81±0.12	66.7±3.9	14.3±1.9	13.4±2.2	0.95±0.13
G8	62.1±3.8	15.5±1.7	13.0±2.2	0.84±0.12	64.9±3.9	14.5±1.9	13.3±2.3	0.92±0.14
G9	64.5±4.5	13.8±2.0	12.4±2.3	0.90±0.14	67.7±4.3	12.6±2.0	13.4±2.2	1.08±0.18
G10	62.7±3.9	15.0±1.8	12.3±2.4	0.82±0.14	66.6±4.7	13.0±2.1	13.0±2.4	1.01±0.16

一世代あたりの遺伝的改良量	0.26	-0.01	0.07	0.007	0.12	0.01	0.08	0.006

世代	360日齢			
	L	a	b	b/a
G0	68.1±4.3	12.1±1.7	12.7±2.3	1.05±0.13
G1(1)	—	—	—	—
G1(2)	71.0±4.4	12.5±1.9	12.9±2.5	1.04±0.15
G2	68.6±4.3	13.3±2.2	12.9±2.8	0.98±0.17
G3	66.3±4.2	13.0±2.0	13.6±2.4	1.05±0.17
素材	68.2±3.9	12.9±1.8	12.5±2.5	0.97±0.15

G4	66.2±3.8	13.4±1.8	13.6±2.3	1.02±0.15
G5	67.0±3.8	13.9±2.0	14.0±2.3	1.01±0.14
G6	66.1±4.3	13.9±2.1	13.9±2.7	1.00±0.17
G7	66.4±4.1	14.7±1.9	14.4±2.5	0.98±0.14
G8	64.1±4.4	14.5±2.0	14.6±2.4	1.02±0.16
G9	66.4±4.4	12.4±2.1	14.0±2.3	1.15±0.20
G10	65.9±4.7	13.5±2.1	13.6±2.4	1.02±0.15

一世代あたりの遺伝的改良量	-0.14	-0.08	0.04	0.011

平均値±標準偏差

一世代あたりの遺伝的改良量はG4～G10各世代に対する平均値の回帰係数により表した。

表9 卵殻強度、卵形係数および白斑点出現率の世代毎の推移

世代	卵殻強度 270日齢	卵形係数 270日齢	白斑点出現率 ¹⁾ 270日齢
	kg/cm ²		%
G0	4.05±0.48	—	38.8
G1(1)	3.81±0.58	—	7.8
G1(2)	3.86±0.58	—	12.3
G2	3.90±0.61	—	9.1
G3	4.00±0.62	—	25.3
素材	4.24±0.60	—	31.8

G4	4.02±0.62	—	25.7
G5	3.88±0.58	—	44.2
G6	3.83±0.63	—	37.7
G7	3.92±0.57	78.4±2.3	57.3
G8	3.83±0.62	78.2±2.3	61.4
G9	3.84±0.61	78.0±2.5	62.8
G10	3.90±0.59	78.0±2.5	75.4

一世代あたりの 遺伝的改良量	-0.016	-0.12	7.50**

平均値±標準偏差

1) 白斑点は5段階のスコア(0:白斑点なし、1:細かな白斑点だけがみられる、2:大きな白斑点がわずかにみられる、3:大きな白斑点が多くみられる、4:白斑点が広範囲にわたり覆っている)により評価し、2以上のスコアを示した卵の割合を白斑点出現率とした。

一世代あたりの遺伝的改良量はG4~G10各世代(卵形係数はG7~G10)に対する平均値の回帰係数により表した。

**: $P<0.01$

表10 平均有効選抜差および平均選抜強度

	体 重 250日齢	初産日齢	産卵率 181~300日齢	卵 重 270日齢	
平均選抜差	-13.87	-2.02	6.43	0.38	
平均選抜強度	-0.060	-0.168	0.559	0.126	

	卵殻色 270日齢			卵殻強度	卵形係数
	L	a	b	270日齢	270日齢
平均選抜差	-1.46	0.63	0.01	0.13	-0.001
平均選抜強度	-0.374	0.341	0.005	0.207	0.0003

G4~G9各世代(卵形係数はG7~G9)で選抜した個体群(交配した選抜鶏)の有効選抜差および選抜強度について、これらの平均で表した。

きる選抜指数法を用いて改良を実施した。その結果、270日齢の卵重では素材鶏を再導入した後のG4からG10までの1世代あたりの遺伝的改良量が0.41 gとなり、

有意な改善効果が認められた(表7)。同様に、他の日齢でも卵重の増加が認められた(表7)。これに対して、181~300日齢の産卵率は世代毎に一定に増加する傾向がなかったため、有意な改良効果は認められなかったものの、G10では80.0%に達し、改良目標値に近づいてきている(表6)。

表11 遺伝率の推移

形質	遺伝率
体重(250日齢)	0.53±0.09
初産日齢	0.57±0.09
産卵率(181~300日齢)	0.37±0.08
卵重(270日齢)	0.63±0.10
卵殻色L値(270日齢)	0.47±0.08
a値(270日齢)	0.34±0.08
b値(270日齢)	0.41±0.08
卵殻強度(270日齢)	0.33±0.08
卵形係数(270日齢)	0.52±0.08

遺伝率(父+母成分)±標準誤差
 遺伝率はG7~G9のデータをプールして推定した。

卵殻色については、L値が減少し、a値が増加するように、強い選抜強度で選抜を実施したが、すべての日齢で良好な改善結果が認められなかった(表8)。「卵用名古屋コーチン」の卵は鮮やかな桜色の卵殻色を特徴としているので、NG6系統を実用化するには、今後、卵殻色に重点を置いて改良を続ける必要がある。

NG6系統では、NG5系統の造成の時と同様に、もう一つの特徴である卵殻表面にみられる白斑点の出現率を向上させる改良を実施した。その結果、白斑点出現率は、G4からG10までの1世代あたりの遺伝的改良量が7.5%となり、著しい改善効果が認められた(表9)。そして、G10の白斑点出現率は75.4%までに達し(表9)、高い頻度で白斑点のはっきり現れるようになってきている。

体重はほぼ横ばいで推移したが(表6)、正の遺伝相

表12 推定された遺伝パラメータ

形質	X1	X2	X3	X4	X5	
	$r_p^{1)}$					
体重(250日齢)	X1 $r_g^{2)}$	0.05±0.04	-0.18±0.03	0.22±0.03	0.02±0.04	
初産日齢	X2	0.18±0.11	-0.20±0.03	-0.06±0.04	-0.02±0.04	
産卵率(181~300日齢)	X3	-0.25±0.12	-0.32±0.10	-0.18±0.03	0.02±0.04	
卵重(270日齢)	X4	0.29±0.10	-0.08±0.11	-0.42±0.09	0.03±0.04	
卵殻色L値(270日齢)	X5	-0.03±0.13	0.09±0.12	0.03±0.14	0.06±0.12	
a値(270日齢)	X6	-0.03±0.14	-0.19±0.13	-0.04±0.16	-0.09±0.13	-0.92±E
b値(270日齢)	X7	0.01±0.13	-0.24±0.12	-0.15±0.14	0.02±0.12	-0.36±0.06
卵殻強度(270日齢)	X8	-0.07±0.14	0.14±0.13	-0.15±0.15	0.08±0.13	-0.13±0.14
卵形係数(270日齢)	X9	0.01±0.12	0.23±0.10	0.05±0.13	-0.14±0.11	0.27±0.11

形質	X6	X7	X8	X9	
体重(250日齢)	X1	-0.02±0.04	0.01±0.04	-0.01±0.04	0.02±0.04
初産日齢	X2	-0.01±0.04	-0.05±0.04	0.07±0.03	0.19±0.03
産卵率(181~300日齢)	X3	0.02±0.03	-0.01±0.03	-0.11±0.03	-0.004±0.04
卵重(270日齢)	X4	-0.02±0.04	-0.03±0.04	0.19±0.03	-0.05±0.04
卵殻色L値(270日齢)	X5	-0.87±E	-0.47±0.01	-0.19±0.03	0.13±0.03
a値(270日齢)	X6		0.56±E	0.21±0.03	-0.17±0.03
b値(270日齢)	X7	0.52±E		-0.11±0.03	0.003±0.03
卵殻強度(270日齢)	X8	0.12±0.15	-0.19±0.14		0.08±0.04
卵形係数(270日齢)	X9	-0.41±0.10	-0.002±0.12	-0.09±0.14	

1)表型相関、2)遺伝相関(父+母成分)
 遺伝パラメータはG7~G9のデータをプールして推定した。

関がある卵重の改良には影響を及ぼさなかった。卵殻強度と卵形係数はほぼ横ばいに推移した(表9)が、卵形係数についてはa値と負の遺伝相関が確認された(表12)ことから、今後の改良では卵形係数を下げずにa値を増加させる必要がある。

NG6系統で推定した各形質の遺伝率(表11)は、同時期に系統造成したNG5系統で推定した値³⁾と比較して、すべての形質でほぼ同程度の遺伝率を示した。また、木野ら¹⁾がNG4系統で推定した遺伝率と比較しても、L値がやや高い遺伝率を示した以外、他の形質ではほぼ同程度の遺伝率を示した。従って、これまでに当場が造成した卵用の3系統から推定された遺伝率はほぼ同程度であったことから、これらの遺伝パラメータは今後の名古屋種の卵用系統を育種していく上で有効に活用できるものである。

NG6系統で推定した各形質間の遺伝相関(表12)のうち、中位から高い遺伝相関を示した産卵率と卵重の間、L値とa値の間、a値とb値の間は、NG4系統¹⁾やNG5系統³⁾で推定した値とほぼ同程度であった。一方、いくつかの形質間の遺伝相関では系統による差異も確認された。NG6系統で中位の負の遺伝相関を示したa値と卵形係数の間は、NG5系統では-0.04と無相関であった³⁾。NG5系統で-0.44と中位の負の遺伝相関を示した産卵率と卵殻強度の間³⁾は、NG4系統¹⁾とNG6系統では低い負の遺伝相関を示していた。また、NG4系統で-0.618と高い負の遺伝相関を示したL値とb値の間¹⁾は、NG5系統³⁾とNG6系統では低い負の遺伝相関を示していた。これらの遺伝相関の違いは、各系統で実施した育種選抜の手法の違いや改良期間の違い等によって各形質間の遺伝的関係が変化して、生じたものと推察される。

以上のように、NG6系統は、素材鶏の再導入後のG4から6世代にわたる選抜育種によって、卵重と白斑点出現率において良好な改良効果がみられた。しかしながら、主要な4つの改良目標のうち、産卵率、卵殻色および白斑点出現率は改良目標を達成できなかったため、今後はこれらの未達成の形質を重点的に改良して、NG6系統の早期開発を目指す。

引用文献

1. 木野勝敏, 野田賢治, 宮川博充, 番場久雄, 村山肇. 卵用名古屋種の開発. 愛知農総試研報. 31, 281-288(1999)
2. 木野勝敏, 宮川博充, 野田賢治, 番場久雄, 村山肇. 卵用系統として造成された名古屋コーチンの特性評価. 平成11年度 研究成果情報 畜産-草地・生産環境(関東東海農業). 農林水産省農業研究センター. p. 212-213(2000)
3. 中村明弘, 長尾健二, 木野勝敏, 野田賢治, 宮川博充, 内田正起. 名古屋種の新卵用系統「NG5」の造成. 愛知農総試研報. 43, 109-118(2011)
4. 中村明弘, 長尾健二, 野田賢治, 内田正起. 新型「卵用名古屋コーチン」の性能調査. 愛知農総試研報. 43, 119-125(2011)
5. Warren, D. C. Inheritance of rate of feathering in poultry. J. Hered. 16, 13-18(1925)
6. 島田清司. 種卵で雌雄を見分けることができるか: 日本の伝統的雌雄鑑別から近代技術まで. 日本家禽学会誌. 39, J172-J176(2002)
7. 中村明弘, 長尾健二, 恒川豊芳, 木野勝敏, 野田賢治, 近藤一. 名古屋種初生ヒナの羽性鑑別の精度. 愛知農総試研報. 42, 107-112(2010)
8. 中村明弘, 野田賢治, 宮川博充, 水野銈一郎, 梅澤吉孝. 内在性ウイルス遺伝子 *ev-2I* をマーカーに用いたPCR法による名古屋種の羽性判定. 愛知農総試研報. 34, 213-217(2002)
9. 中村明弘, 小林正直, 野田賢治, 近藤一, 神作宜男. PCR-RFLP法を用いた名古屋種雄の遅羽性遺伝子型判定. 日本家禽学会誌. 46, J9-J15(2009)
10. 中村明弘, 神作宜男, 近藤一, 野田賢治. 羽性遺伝子型の違いによる名古屋種雄の羽形質の特徴. 日本家禽学会誌. 47, J78-J84(2010)
11. Nakamura, A., Ishikawa, A., Nagao, K., Watanabe, H., Uchida, M. and Kansaku, N. Characteristics of reversion to early feathering phenotype in the late feathering line of Nagoya breed chickens. J. Poult. Sci. 48, 155-161(2011)
12. 山田行雄, 横内隕生, 西田朗. 選抜指数式の実用面からの検討. 日本家禽学会誌. 11, 143-146(1974)
13. 新城明久. 遺伝率. 動物遺伝育種学入門. 川島書店. 東京. p. 86-110(1992)
14. 中村明弘, 野田賢治, 木野勝敏, 加藤泰之. 名古屋種の卵殻色の特徴. 愛知農総試研報. 36, 87-91(2004)
15. 増井清. 初生雛雌雄鑑別. 鶏の性と雌雄鑑別の研究. 日本中央競馬会弘済会. p. 42-62(1975)
16. Iraqi, F. and Smith, E. J. Determination of the zygoty of *ev21-K* in late-feathering male White Leghorns using the polymerase chain reaction. Poult. Sci. 73, 939-946(1994)
17. Bacon, L. D., Smith, E., Crittenden, L. B. and Havenstein, G. B. Association of the slow feathering (*K*) and an endogenous viral (*ev21*) gene on the Z chromosome of chickens. Poult. Sci. 67, 191-197(1988)
18. Levin, I. and Smith, E. J. Molecular analysis of endogenous virus *ev21*-slow feathering complex of chickens. 1. Cloning of proviral-cell junction fragment and unoccupied integration site. Poult. Sci. 69, 2017-2026(1990)
19. Smith, E. J. and Levin, I. Application of a locus-specific DNA hybridization probe in the analysis of the slow-feathering endogenous virus complex of chickens. Poult. Sci. 70, 1957-1964(1991)