

遅羽性 (K) 遺伝子が名古屋種雌の羽性形質および生産形質に及ぼす影響中村明弘¹・石川 明²・神作宜男³・長尾健二¹・石代正義¹・近藤 一¹・野田賢治¹¹愛知県農業総合試験場畜産研究部, 愛知県愛知郡長久手町岩作 480-1193²名古屋大学大学院生命農学研究科, 愛知県名古屋市千種区不老町 464-8601³麻布大学獣医学部, 神奈川県相模原市中央区淵野辺 252-5201

本研究ではPCR法によって羽性遺伝子型を決定した遅羽性 (K/w) と速羽性 (k^+/w) の名古屋種雌を用いて, 遅羽性 (K) 遺伝子が羽性形質および生産形質に及ぼす影響を明らかにした。

試験1では K/w と k^+/w の間で育成期の第2副翼羽の長さ, 尾羽の長さおよび体重を比較した。その結果, 2~4週齢時の第2副翼羽および2~10週齢時の尾羽の長さにおいて, K/w は k^+/w に比べて有意に短かった。一方, 2~20週齢時の体重は K/w が k^+/w に比べて有意に軽かった。

試験2では血縁関係が明らかな産卵期の K/w と k^+/w を用いて, 体重, 初産日齢, 卵重, 卵殻強度, 卵殻色および産卵率を測定した。重回帰分析によって羽性遺伝子型と各生産形質との関連性を検討した結果, 羽性遺伝子型間の有意差が250日齢の体重と210日齢の卵重で認められた。

以上のことから, 名古屋種雌において K 遺伝子は体重と卵重に影響することが示唆される。そのため, 名古屋種の遅羽性系統を造成する際には体重と卵重の減少に留意して改良を実施する必要がある。

キーワード: 体重, 卵重, 羽性遺伝子型, 名古屋種, PCR

緒 言

ニワトリの初生雛には翼の主翼羽の伸長が覆主翼羽と比べて早いもの(速羽性)と遅いもの(遅羽性)がある。この形質はZ染色体上の不完全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(Warren, 1925; Siegel *et al.*, 1957)。遅羽性の雌 (K/w) に速羽性の雄 (k^+/k^+) を交配すると, 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。そのため, この交配様式は多くの実用鶏種において初生雛の雌雄鑑別に利用されている(Etches, 1996; 島田, 2002)。

この K 遺伝子は幼雛期のヒナにおいて翼部や尾部, 体部などの羽根の伸長を長期に渡って抑制することが確認されている(Warren, 1925; 野田ら, 2006)。このように, K 遺伝子が質的形質である羽性に劇的な変化をもたらすことは, 量的形質である体重や産卵性などの生産形質にも少なからず影響を与えると推察される。そのため, K 遺伝子の生産形質への影響を明らかにすることは実用鶏の雌雄鑑別に利用する上で重要である。

これまでに, K 遺伝子がニワトリの生産形質に与える影響については多くの調査が行われている。育成期の体重については, K

遺伝子が影響しなかったという報告(Hays, 1951; Godfrey and Farnsworth, 1952; 田村ら, 1987)や育成期の発育が抑制されたという報告(Warren and Payne, 1945; Saeki and Katsuragi, 1961; Dunnington and Siegel, 1986)がある。一方, 産卵性については, K 遺伝子による影響が認められなかった報告(Lowe and Garwood, 1981)もみられるが, 産卵性が低下したという報告(Harris *et al.*, 1984; 田村ら, 1987; Katanbaf *et al.*, 1989; O'Sullivan *et al.*, 1991)もみられる。卵重への影響については, 過去の報告をみると K 遺伝子の効果に一定の傾向がみられていない(竹田ら, 1959; Lowe and Garwood, 1981; 田村ら, 1987; Katanbaf *et al.*, 1989; O'Sullivan *et al.*, 1991)。さらに, 卵殻色についてはこれまでに調査がなされていない。このように, K 遺伝子の生産形質への影響について, 明確な結論は未だ出されていない状況である。

近年になり, Bacon *et al.* (1988) はニワトリ白血病ウイルス由来の内在性ウイルス遺伝子 $ev-21$ が K 遺伝子と関連していることを確認し, さらに Smith and Fadly (1994) は K 遺伝子と $ev-21$ の遺伝子座間の距離が0.3 cM以内であることを推測している。その後, この知見を基にして, $ev-21$ 末端のLTR (long terminal repeat) 上にプライマーを設定したPCR法により $ev-21$ の挿入を検出することで遅羽性と速羽性を正確に判定できる手法が開発された(Iraqi and Smith, 1994; Tixier-Boichard *et al.*, 1994)。これにより, これまでは羽性遺伝子型は表現型から推定するしかできなかったが, DNAレベルで正確に羽性を区分できるようになっている。さらに, K 遺伝子のDNA構造の解析も進んでおり(Elferink *et al.*, 2008), K 遺伝子周辺領域のDNA配列が

2010年3月24日受付, 2010年7月6日受理

連絡者: 中村明弘

〒480-1193 愛知県愛知郡長久手町大字岩作字三ヶ峯 1-1

Tel: 0561-62-0085

Fax: 0561-63-7856

E-mail: akihiro_1_nakamura@pref.aichi.lg.jp

品種や系統によって異なることもあることが報告されている (Smith and Levin, 1991; 中村ら, 2009)。そのため, 同じ遅羽性であっても, 品種や系統の違いによって羽性形質の発現や生産形質への影響に差が生じる可能性があることが示唆される。

名古屋種には 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 (中村・野田, 2001; 中村ら, 2002) ため, 遅羽性系統と速羽性系統を造成すれば, 実用鶏のヒナにおいて羽性による雌雄鑑別が可能となる。そのため, 名古屋種において K 遺伝子が生産形質に与える影響を明らかにできれば, 遅羽性系統の造成にとって有益な遺伝的情報を得ることができる。そこで, これまでに, DNA レベルで正確に羽性を区分した名古屋種雌を用いて, 羽性遺伝子と生産形質との関連性について調査し, K 遺伝子が育成期の体重および産卵初期の卵重に影響している可能性があることを報告した (中村ら, 2003)。しかしながら, この報告では父親や母親などの要因を取り除いて, K 遺伝子の各生産形質への影響を検討していない。

本研究では, K 遺伝子が名古屋種雌の羽性形質および生産形質に及ぼす影響を明らかにするために, PCR 法によって羽性遺伝子型を決定した K/w と k^+/w の名古屋種雌を用いて, 育成期の羽性形質および体重への影響を確認した。さらに, 産卵期の生産形質については, 羽性遺伝子型の効果をより明確にするため, 父親や母親の血縁情報が明らかな K/w と k^+/w の名古屋種雌を用いて, K 遺伝子の影響を調査した。

材料と方法

1. 育成期の羽性形質および体重への影響 (試験 1)

(1) 供試鶏

愛知県農業総合試験場で系統造成している名古屋種の遅羽性系統の雄 (K/K) と速羽性系統の雌 (k^+/w) を交配して得られた遅羽性の雄 (K/k^+) に, 遅羽性の雌 (K/w) を無作為に交配してヒナを生産した。生産されたヒナは孵化時に肛門鑑別により雌ヒナだけを選別し, 個体識別用の翼帯を装着した。その後, 後述の PCR 法によって羽性遺伝子型を判定し, K/w の 32 羽および k^+/w の 47 羽を供試鶏として用いた。

(2) 調査項目

週齢の経過に伴う, 羽性形質の変化を調査するため, 第 2 副翼羽 (2 週齢から 6 週齢まで 2 週間毎) および尾羽 (2 週齢から 10 週齢まで 2 週間毎) の長さを測定した。なお, 尾羽については体の前後軸から見て中央に位置する羽根のうち最長のものを選び, 羽根の付け根から先端までの長さを測定した。さらに, 羽性遺伝子型の違いが発育に及ぼす影響を調査するため, 体重 (2 週齢から 10 週齢までは 2 週間毎と 15 および 20 週齢) を経時的に測定した。

(3) 統計処理

第 2 副翼羽の長さ, 尾羽の長さおよび体重における平均値の差の検定は t 検定で行った (新城, 1996)。

2. 産卵期の生産形質への影響 (試験 2)

(1) 供試鶏

K 遺伝子の生産形質への影響を明らかにするため, 以下の交配によって供試鶏を得た。遅羽性遺伝子のヘテロ接合体である遅羽

性の雄 (K/k^+) 1 羽に対し, 遅羽性の雌 (K/w) 4 羽の組合せ 14 組の交配からヒナを生産した。生産されたヒナは孵化時に肛門鑑別により雌ヒナだけを選別し, 翼帯を装着した。その後, 後述の PCR 法によって羽性遺伝子型を判定し, K/w および k^+/w の各 124 羽を供試鶏として用いた。

(2) 調査項目

調査項目は, 愛知県農業総合試験場の名古屋種の系統造成で選抜形質として測定している, 体重 (250 日齢), 初産日齢, 卵重 (180, 210, 240 および 270 日齢), 卵殻強度 (270 日齢), 卵殻色 (270 日齢) および産卵率 (181~300 日齢) とした。このうち, 卵重, 卵殻強度および卵殻色については 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。卵殻強度は卵殻強度測定機ハーディングテスター (インテスコ, 松戸) により卵の赤道部を加圧して測定した。卵殻色は色差計カラーエース TC-8600A (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。

(3) 統計処理

各生産形質のデータは JMP 8.0.2 (SAS Institute Japan, 東京) を用いて統計処理を行った。羽性遺伝子型と生産形質との関連性は最小二乗法に基づく重回帰分析により検討した。この時, 父親, 母親, 250 日齢の体重, 初産日齢の要因が各生産形質に与える影響の有無を調査し, 5% 水準で有意差が認められた場合, その要因を固定因子として線形モデルに加えた。また, 検定の多重性の問題を考慮するために, ボンフェローニ補正法により有意水準を求めた。

3. PCR 法による羽性遺伝子型判定

(1) ゲノム DNA の調整

試験 1 では 1 週齢時に, 試験 2 では 8 週齢時に供試鶏から血液を採取した。血液のゲノム DNA の抽出は DNAzol™ BD (Molecular Research Center, Cincinnati, OH, USA) を用いて行い, 抽出した DNA は滅菌蒸留水に溶解した。

(2) PCR 法および DNA 断片の確認

供試鶏の羽性を判定する PCR 法 (K/w と k^+/w の判定) は Iraqi and Smith (1994) の報告に従って行った。用いたプライマーはセンスプライマーが GS-9 (5'-AATGGTACTACAGAGA-AGGTAGGAATATC-3', 29 mer) と GS-13 (5'-GGTGTGCAC-CTGGGTGTAGATGGACA-3', 26 mer), アンチセンスプライマーが GS-10 (5'-CCTAGAACACTGGACATGGTATGATAT-CTCAGCC-3', 34 mer) を用いた。PCR 反応液 25 μ l は 50 ng ゲノム DNA, 1.5 mM Mg^{2+} 含 1 \times PCR バッファー (ニッポンジーン, 東京), 200 μ M 各 dNTP, 0.4 μ M の各プライマーおよび 0.5 U Gene Taq (ニッポンジーン) の組成で調製した。反応条件は 94 $^{\circ}$ C (熱変性) 45 秒, 56 $^{\circ}$ C (アニーリング) 1 分, 72 $^{\circ}$ C (伸長) 1 分を 40 サイクル行った。PCR 産物は 1 \times TAE (40 mM Tris, 40 mM 酢酸, 1 mM EDTA) に溶解して作成した 2% アガロースゲルで電気泳動し, エチジウムブロミド染色で確認した。

4. 飼養管理

試験 1, 試験 2 ともに, 供試鶏は餌付けから 4 週齢までは電熱式バッテリー育雛器で育雛し, 4~15 週齢時は中大雛用群飼ケージ (間口 90.0 cm \times 奥行 60.0 cm \times 高さ 45.0 cm) に 10 羽ずつ収容し

て育成した。15 週齢時に試験 1 では開放式成鶏舎、試験 2 ではウインドウレス成鶏舎に移動し、成鶏用ケージ（間口 22.5 cm × 奥行 40.0 cm × 高さ 45.0 cm）に 1 羽ずつ収容した。なお、両試験において、供試鶏は餌付けから 15 週齢時まで遅羽性と速羽性を区別せずに混飼した。さらに、15 週齢時に成鶏舎に移動した時も供試鶏が鶏舎内で無作為な配置となるように成鶏用ケージに収容した。

給与飼料は、0～4 週齢時は CP 21%-ME 2,950 kcal/kg、4～22 週齢時は CP 15%-ME 2,770 kcal/kg、22 週齢時からは CP 18%-2,870 kcal/kg 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、1～15 齢までは自然日長で行った。15 週齢以降は試験 1 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、試験 2 では 14 時間明期 10 時間暗期で一定にして点灯を行った。

結 果

1. 育成期の羽性形質および体重への影響（試験 1）

K/w および k⁺/w における 2～6 週齢時の第 2 副翼羽の長さを

表 1. K/w および k⁺/w の名古屋種雌における第 2 副翼羽の長さ (cm) の推移

遺伝子型	週 齢		
	2	4	6
K/w (n=32)	5.2±0.6	10.0±0.6	12.4±0.8
k ⁺ /w (n=47)	7.5±0.5	10.4±0.5	12.2±0.5
有意差	**	**	NS

平均値±標準偏差

** : P<0.01, NS : 有意差なし

表 1 に示した。K/w の第 2 副翼羽の長さは 4 週齢まで k⁺/w に比べて有意に短かった。K/w と k⁺/w の差は 2 週齢時が最も大きかったが、週齢が増す毎に小さくなり、6 週齢時では差が認められなかった。

K/w および k⁺/w における 2～10 週齢時の尾羽の長さを表 2 に示した。K/w の尾羽の長さは 10 週齢まで k⁺/w に比べて有意に短かった。K/w と k⁺/w の差は 4 週齢時が最も大きく、週齢が増す毎に差が小さくなった。

2 週齢時の K/w および k⁺/w における翼部を図 1 (A)、ヒナの全体を図 1 (B) に示した。翼部では K/w が k⁺/w に比べて主翼羽および副翼羽の長さが短く、さらにそれらの先端が細くなる形状の違いも観察された。尾部では K/w が k⁺/w に比べて尾羽の長さが短いか、尾羽が生えていないという形態の違いが認められた。

K/w および k⁺/w における育成期の体重の推移を表 3 に示した。K/w の体重はすべての週齢において k⁺/w に比べて有意に軽かった。

2. 産卵期の生産形質への影響（試験 2）

羽性遺伝子型の違いが各生産形質に及ぼす影響を表 4 にまとめた。羽性遺伝子型間の平均値の差異がボンフェローニ補正法による 5% 有意水準 (P<0.0045=0.05/11) を超えた形質は、250 日齢の体重および 210 日齢の卵重であった。

各生産形質をみると、250 日齢の体重は、K/w が k⁺/w と比較して軽かった。卵重は産卵開始期の 180 日齢では K 遺伝子による影響が認められなかったが、210 日齢以降では K/w が k⁺/w に比べて軽い傾向が認められた。初産日齢、270 日齢の卵殻強度、270 日齢の卵殻色および 181～300 日齢の産卵率には K 遺伝子による顕著な影響が認められなかったが、卵殻色の b 値では K/w が k⁺/w に比べて高く、黄色度が高い傾向がみられた。また、産

表 2. K/w および k⁺/w の名古屋種雌における尾羽の長さ (cm) の推移

遺伝子型	週 齢				
	2	4	6	8	10
K/w (n=32)	1.0±0.8	3.0±1.1	5.6±1.5	8.0±1.9	11.7±1.0
k ⁺ /w (n=47)	4.1±0.4	6.5±0.7	7.5±0.9	9.3±1.0	12.3±1.2
有意差	**	**	**	**	*

平均値±標準偏差

** : P<0.01, * : P<0.05

表 3. K/w および k⁺/w の名古屋種雌における育成期の体重 (g) の推移

遺伝子型	週 齢						
	2	4	6	8	10	15	20
K/w (n=32)	99.0 ± 9.9	223.3 ± 22.1	435.8 ± 37.9	665.5 ± 55.9	964.1 ± 75.0	1343.1 ± 93.4	1676.6 ± 131.7
k ⁺ /w (n=47)	104.2 ± 10.9	239.9 ± 24.6	463.3 ± 43.2	698.1 ± 56.8	1030.4 ± 75.0	1411.3 ± 95.5	1772.1 ± 172.7
有意差	*	**	**	*	**	**	**

平均値±標準偏差

** : P<0.01, * : P<0.05

表 4. 名古屋種雌の羽性遺伝子型が各生産形質に及ぼす影響

形質	遺伝子型		P 値
	K/w (n=124)	k ⁺ /w (n=124)	
体重 (g) 250 日齢	2361.1 ± 17.5	2440.0 ± 17.6	0.0020*
初産日齢	169.8 ± 0.9	170.0 ± 0.9	0.8967
卵重 (g) 180 日齢	44.1 ± 0.2	44.6 ± 0.2	0.2272
210 日齢	48.4 ± 0.2	49.4 ± 0.2	0.0036*
240 日齢	51.0 ± 0.2	51.6 ± 0.2	0.0954
270 日齢	52.9 ± 0.3	54.0 ± 0.3	0.0051
卵殻強度 (kg/cm ²) 270 日齢	3.86 ± 0.06	4.03 ± 0.06	0.0849
卵殻色 L 値 270 日齢	67.6 ± 0.4	68.2 ± 0.3	0.2369
a 値 270 日齢	12.7 ± 0.2	12.6 ± 0.2	0.4747
b 値 270 日齢	12.4 ± 0.2	11.6 ± 0.2	0.0149
産卵率 (%) 181-300 日齢	78.1 ± 1.0	74.2 ± 1.0	0.0085

最小二乗平均値 ± 標準誤差

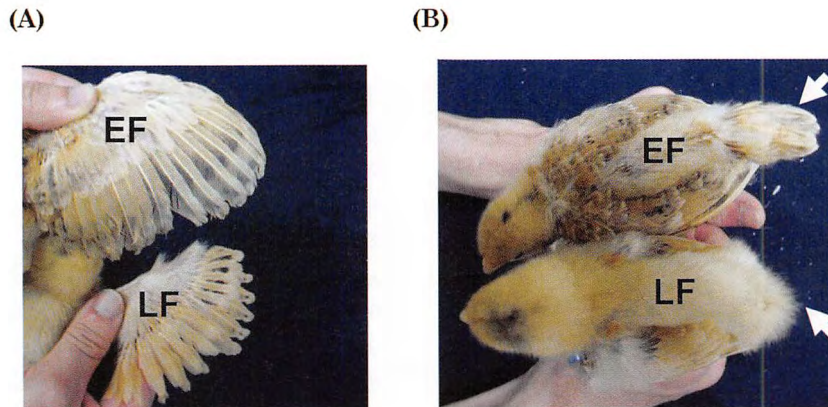
*: $P < 0.0045 = 0.05/11$ (ボンフェローニ補正法による 5% 有意水準)

図 1. 2 週齢の名古屋種雌ヒナにおける翼部および体全体の羽性形態
(A) 翼部, (B) ヒナ全体
EF は速羽性, LF は遅羽性を示し, 矢印は尾羽を示す。

卵率では K/w が k^+/w に比べて優れる傾向がみられた。

考 察

これまで羽性遺伝子型は表現型から推定されていたため、遅羽性と速羽性名古屋種の間でみられる羽性形質の違いを正確に説明することができなかった。1990 年代に入り、DNA 解析による羽性遺伝子型の判定技術 (Iraqi and Smith, 1994; Tixier-Boichard *et al.*, 1994) が開発され、近年になって、名古屋種でも DNA レベルで正確に羽性遺伝子型を区分できる技術が確立された (中村ら, 2002, 2009)。そして、これまでに、この判定技術によって羽性遺伝子型を区分した名古屋種雌ヒナの K/K (遅羽性, ホモ接合体), K/k^+ (遅羽性, ヘテロ接合体) および k^+/k^+ (速羽性) の遺伝子型間でみられる育成期の羽性形質の形態的違いを明らかにしてきた (中村ら, 2010)。本研究では、DNA 判定した K/w と k^+/w の名古屋種雌ヒナについて、2 週齢時の羽性形態を観察した結果、図 1 に示すように、翼羽や尾羽の長さに顕著な違

いが確認された。そこで、 K 遺伝子の羽性形質への影響を経時的に調査するため、 K/w と k^+/w について育成期の第 2 副翼羽および尾羽の長さを測定した。その結果、羽性遺伝子間でみられる第 2 副翼羽および尾羽の長さの差は週齢が増すにつれて小さくなり、最終的に同程度の長さに近づくことが認められた (表 1, 2)。さらに、第 2 副翼羽の長さは 6 週齢で羽性遺伝子型間の差が認められなくなったが、尾羽の長さは 10 週齢でも差がみられ、部位により K 遺伝子の作用に違いがあることも確認された (表 1, 2)。

体重については、既報 (中村ら, 2003) において、 K/w と k^+/w の名古屋種雌ヒナを用いて 1~18 週齢時の体重を比較した結果、 K/w の体重は k^+/w に比べて軽いことを報告した。本研究においても、表 3 に示したように、 K/w の育成期の体重は k^+/w と比較して、軽く推移することが認められた。さらに、表 4 に示した重回帰分析の結果でも、250 日齢の体重は K 遺伝子の影響を強く受けていることが示された。従って、これらの結果は、名古屋種において K 遺伝子は発育を抑制する作用があると示唆する。

K/w が *k⁺/w* に比べて体重が軽い理由としては、*K* 遺伝子の DNA 構造が影響していると考えられる。近年、*K* 遺伝子の DNA 構造はほぼ解明されてきている。*K* 遺伝子は Z 染色体上に位置し (Hamoen *et al.*, 2001), その構造は、*ev-21* の挿入およびプロラクチン受容体遺伝子 (prolactin receptor gene; *PRLR*) と *SPEF2* (sperm flagellar protein 2) 遺伝子間の領域の重複により生じていることが明らかにされている (Elferink *et al.*, 2008)。さらに、Elferink *et al.* (2008) は *K* 遺伝子において、重複により生じた部分的なプロラクチン受容体遺伝子は元からあるプロラクチン受容体遺伝子のタンパク質合成を阻害する可能性があることを示唆している。そのため、*K/w* ではプロラクチン受容体量の減少により、成長に関与するプロラクチンの作用が低下して、増体が抑えられていると推察される。

これとは別に、*K* 遺伝子の副次的な作用として、羽根の伸長の遅れが体温維持に影響し、結果として体重の増加に影響している可能性も考えられる。Dunnington and Siegel (1986) はプロイラー雌で孵化後 31 日齢まで体重および脚裏の表面温度を測定した結果、遅羽性は速羽性と比較して、21, 24, 28 および 31 日齢時で体重が軽い傾向があり、さらに 17, 21 および 24 日齢時で脚裏の表面温度が低いことを報告している。この報告が示すように、*K/w* は *k⁺/w* に比べて、成長にとって最も重要な時期である育成期に体温保持が劣るため、このことが育成期の発育に影響を与えている可能性があると考えられる。

一方、産卵形質では、表 4 で示すように、初産日齢、卵殻強度、卵殻色および産卵率には *K* 遺伝子による顕著な影響が認められなかったが、ピーク産卵期の 210 日齢の卵重には *K* 遺伝子の影響が強く認められた。そして、その後の 240 および 270 日齢でも *K/w* の卵重が *k⁺/w* に比べて軽い傾向がみられた。本研究で 210, 240 および 270 日齢の卵重について行った重回帰分析では、250 日齢の体重の要因を取り除いて *K* 遺伝子の影響を解析したため、*K/w* と *k⁺/w* の間で認められた卵重差は体重差だけに起因するものではないと推測される。そのため、名古屋種において *K* 遺伝子は産卵初期の卵重の増加を抑制する作用があることが示唆される。しかしながら、*K* 遺伝子がどのようなメカニズムで産卵初期の卵重増加の抑制に影響しているか明らかにするには今後更なる研究が必要である。

以上のことから、名古屋種雌において *K* 遺伝子は体重と卵重に影響することが示唆される。そのため、名古屋種の遅羽性系統を造成する場合には体重と卵重の減少に留意して改良を進める必要があることが明らかになった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご協力頂きました愛知県農業総合試験場畜産研究部家きんグループの方々々に感謝の意を表します。

引用文献

Bacon LD, Smith E, Crittenden LB and Havenstein GB. Association of the slow feathering (*K*) and an endogenous viral (*ev21*) gene on the Z chromosome of chickens. *Poultry Science*, 67 : 191-197. 1988.

- Dunnington EA and Siegel PB. Sex-linked feathering alleles (*K*, *k⁺*) in chicks of diverse genetic backgrounds. 1. Body temperatures and body weights. *Poultry Science*, 65 : 209-214. 1986.
- Elferink MG, Vallée AAA, Jungerius AP, Crooijmans RPMA and Groenen MAM. Partial duplication of the *PRLR* and *SPEF2* genes at the late feathering locus in chicken. *BMC Genomics*, 9 : 391. 2008.
- Etches RJ. Growth and sexual maturation. In : *Reproduction in poultry*. pp. 74-105. CAB INTERNATIONAL. Wallingford. 1996.
- Godfrey GF and Farnsworth GM. Relation of the sex-linked rapid feathering gene to chick growth and mortality. *Poultry Science*, 31 : 65-68. 1952.
- Hamoen FFA, Van Kaam JBCHM, Groenen MAM, Vereijken ALJ and Bovenhuis H. Detection of genes on the Z-chromosome affecting growth and feathering in broilers. *Poultry Science*, 80 : 527-534. 2001.
- Harris DL, Garwood VA, Lowe PC, Hester PY, Crittenden LB and Fadly AM. Influence of sex-linked feathering phenotypes of parents and progeny upon lymphoid leukosis virus infection status and egg production. *Poultry Science*, 63 : 401-413. 1984.
- Hays FA. Rate of chick feathering and growing chick weight in Rhode Island Reds. *Poultry Science*, 30 : 866-869. 1951.
- Iraqi F and Smith EJ. Determination of the zygosity of *ev21-K* in late-feathering male White Leghorns using the polymerase chain reaction. *Poultry Science*, 73 : 939-946. 1994.
- Katanbaf MN, Dunnington EA and Siegel PB. Restricted feeding in early and late-feathering chickens. 2. Reproductive responses. *Poultry Science*, 68 : 352-358. 1989.
- Lowe PC and Garwood VA. Independent effects of *K* and *k⁺* alleles and maternal origin on mortality and performance of crossbred chickens. *Poultry Science*, 60 : 1123-1126. 1981.
- 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性形質の特徴. *日本家禽学会誌*, 47 : J78-J84. 2010.
- 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.
- 中村明弘・野田賢治. 愛知県における名古屋種の改良とその遺伝的特性. *動物遺伝資源探索調査報告*, 12 : 77-97. 2001.
- 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-21* をマーカーに用いた PCR 法による名古屋種の羽性判定. *愛知県農業総合試験場研究報告*, 34 : 213-217. 2002.
- 中村明弘・野田賢治・宮川博充・水野銈一郎. 名古屋種における羽性遺伝子と経済形質との関連. *愛知県農業総合試験場研究報告*, 35 : 179-182. 2003.
- 野田賢治・中村明弘・大島啓太郎・梅澤吉孝. 白色レグホーン種における優性伴性遅羽性遺伝子 (*K*) 保有ヒナの羽装の特徴. *日本家禽学会誌*, 43 : J153-J160. 2006.
- O'Sullivan NP, Dunnington EA, Smith EJ, Gross WB and Siegel PB. Performance of early and late feathering broiler breeder females with different feeding regimens. *British Poultry Science*, 32 : 981-995. 1991.
- Saeki Y and Katsuragi T. Effect of early and late feathering gene on growth in New Hampshires, Leghorns and their crossbreds. *Poultry Science*, 40 : 1612-1616. 1961.

- 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.
- 新城明久. 2群(標本)の平均値の比較-t検定一. 新版生物統計学入門 35-45頁. 朝倉書店. 東京. 1996.
- Siegel PB, Mueller CD and Craig JV. Some phenotypic differences among homozygous, heterozygous, and hemizygous late feathering chicks. Poultry Science, 36: 232-239. 1957.
- Smith EJ and Fadly AM. Male-mediated venereal transmission of endogenous avian leukosis virus. Poultry Science, 73: 488-494. 1994.
- Smith EJ and Levin I. Application of a locus-specific DNA hybridization probe in the analysis of the slow-feathering endogenous virus complex of chickens. Poultry Science, 70: 1957-1964. 1991.
- 竹田 要・鈴木 毅・浅山 清. 名古屋種の羽性試験. 昭和33年度愛知県養鶏試験場報告, 54-58. 1959.
- 田村千秋・高橋 武・田中正俊. 遅羽性遺伝子が発育, 産卵形質および卵質に及ぼす影響. 北海道立滝川畜産試験場研究報告, 23: 29-34. 1987.
- Tixier-Boichard MH, Benkel BF, Chambers JR and Gavora JS. Screening chickens for endogenous virus *ev21* viral element by the polymerase chain reaction. Poultry Science, 73: 1612-1616. 1994.
- Warren DC. Inheritance of rate of feathering in poultry. The Journal of Heredity, 16: 13-18. 1925.
- Warren DC and Payne LF. Influence of the early-feathering gene upon a chick's growth rate. Poultry Science, 24: 191-192. 1945.

Influence of the Late Feathering (*K*) Gene upon Feathering and Performance Traits in Nagoya Breed Females

Akihiro Nakamura¹, Akira Ishikawa², Norio Kansaku³, Kenji Nagao¹,
Masayoshi Ishishiro¹, Hajime Kondo¹ and Kenji Noda¹

¹ Animal Husbandry Research Division, Aichi Agricultural Research Center, Yazako, Nagakute, Aichi 480-1193, Japan

² Laboratory of Animal Genetics, Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University,
Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

³ Laboratory of Animal Genetics and Breeding, Azabu University, Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara 252-5201, Japan

Two experiments were conducted to investigate the influence of the late feathering gene, *K*, upon feathering and performance traits using late (*K/w*) and early (*k⁺/w*) feathering Nagoya breed females genotyped by PCR-based DNA analysis.

In experiment 1, the length of the number 2 secondary feather, length of the tail feather, and body weight were measured in *K/w* and *k⁺/w* females during growth stage. The number 2 secondary feather from 2 to 4 weeks of age and tail feather from 2 to 10 weeks of age in the *K/w* chicks were significantly shorter than in *k⁺/w* chicks. Regarding the body weight from 2 to 20 weeks of age, that of *K/w* females was consistently lower than that of *k⁺/w* females.

In experiment 2, the body weight, age at the first egg, egg weight, eggshell strength, eggshell color, and egg production rate were examined during the laying stage in pedigreed hens of the Nagoya breed. The relationship between feathering genotypes and performance traits was investigated by employing multiple linear regression analysis. Significant differences were detected between *K/w* and *k⁺/w* in the 250-day body weight and 210-day egg weight.

These results suggest that *K* may affect the body and egg weights in Nagoya breed females. When a late feathering line of the Nagoya breed is developed for utilization in feather sexing, it is important to conduct genetic improvements considering the influences of these traits.

(Japanese Journal of Poultry Science, 47 : J85-J91, 2010)

Key words : body weight, egg weight, feathering genotype, Nagoya breed, polymerase chain reaction