

## 名古屋種をはじめとする愛知県産実用家禽の開発に関する研究

木野 勝 敏

愛知県農業総合試験場, 愛知県長久手市岩作三ヶ峯 1-1

### はじめに

愛知県の養鶏は、明治維新で禄を失った旧尾張藩士が生活のため養鶏業に転職するというサムライ養鶏に始まると言われている。尾張藩では、かなり前から武士の内職として卵や肉を売るために鶏を飼っていたという記録があり、これは尾張地方が、気候が温暖で、海に面する平野であるため鶏の餌となる魚のアラや野菜くずが得易く、消費地としての城下町が発達していたことがその理由と考えられる。こうした地理的な条件を背景に、明治・大正・昭和と「養鶏王国」と評される養鶏業の発展を見せた。愛知県としても明治36年に農事試験場に畜産部を設置し、以来名古屋種、三河種、白色レグホーン種等の産卵性能に関する改良を進めるとともに、平成になるとウズラの改良にも着手し、これら優良種畜の供給を通じて家禽産業の振興を図ってきた。私も、昭和63年より実用家禽の育種改良を引き継ぎ、幾つかの実用家禽の開発に携わってきたので紹介したい。

### 名古屋種の肉用及び卵用新系統の造成並びに 新コマースシャル鶏の開発

#### 1) 名古屋種の誕生と歩み

名古屋種は旧尾張藩士の海部壮平、正秀兄弟が明治のはじめに産卵能力の高い鶏を作ろうと10年間にわたる交配の結果、中国から輸入されたバフコーチンと愛知県で飼養されていた在来種との交配で生み出された。当初は「海部鶏」または「薄毛」と呼ばれ、その肉質、産卵能力の高さに加え、強健で濃厚であるという飼養管理の容易さから評判が広まり、京阪地方の養鶏家にも伝わって、いつしか「名古屋コーチン」と呼ばれるようになった。明治38年には、日本家禽協会から1品種として認められ、国産実用品種第1号の鶏となっている。愛知県は、明治36年より名古屋種の産卵性能の改良を開始し、脚毛の除去や脚色の鉛色化等、品種としての斉一性を改善して現在の姿になるとともに大正8年には「名古屋種」と改名された。その後昭和30年代までは、産卵率の向上、体格の小格化、就巢性の除去に関する育種改良が行われ、昭和32年の産卵能力集合検定では356卵鶏(365日検定)、昭和38年には350卵鶏(350日検定)が記録されるなど高能力鶏が

作出され、純粋種はもとより白色レグホーン種との一代雑種(名白一代雑種)が広く全国に普及された(愛知の養鶏史編さん委員会, 1987)。しかし、昭和37年の外国種鶏の輸入が自由化されると普及羽数が一挙に減少し、昭和40年代には愛知県と一部の愛好家のみが飼養する状況に至った。

#### 2) 肉用名古屋種の開発

名古屋種の鶏肉は、適度な歯応えとコクのある味が定評であったことから、昭和40年代後半、昔ながらの「かしわ肉」需要に対応した高品質肉用鶏としての活用、その際、名古屋種の産卵性能の高さを利用して、純粋種のまま商品化することを計画した。名古屋種は、誕生当初は大型な鶏であったが、明治期以降の産卵性能の改良に伴い体格が小格化し(表1)、また、愛知県で保存されていた鶏群は、規模が小さく鶏群内の変異も少ないため、増体の選抜反応が期待できない状況にあった。そこで、育種改良における課題として、①外部から大型個体を素材として導入すること、②複数造成する系統の遺伝的類縁関係を明らかにし、系統間の遺伝的距離を高めるような造成を行うこと、③事故死に繋がる喧噪性の発生メカニズムの解明とその育種改良方法の開発を行うこと、について対応しながら、大型の肉用系統の造成に取り組んだ。

#### 3) 外部からの大型個体の導入

昭和48年より名古屋種の肉用系統の造成に着手し、最初の肉用系統(NGY2)では富山県の愛好家から、第2の肉用系統(NGY3)では滋賀県種鶏場(現畜産技術振興センター)から素材鶏の一部を導入し(表2)、それぞれ10世代、6世代にわたる増体選抜を行った(加藤ら, 1984a, 木野ら, 1991)。開発されたNGY2, NGY3の体重は、それまで卵用鶏として改良されてきた系統(NGY1)に比べ約1.5倍に増加し、明治期の名古屋種の体重に匹敵するものとなった。このように、短期間に比較的順調に大型化できた要因としては、名古屋種がもともと大型の鶏であったという育種上の経緯に加え、110, 150, 250日齢体重の高い遺伝率によるものと推察された。

#### 4) 名古屋種基礎系統の遺伝的類縁関係の解析

一般に実用鶏を生産する場合、性能や活力を高めるために遺伝的距離の離れた複数の基礎系統を造成し、それら系統間交配による雑種強勢効果を利用する。名古屋種の場合、純粋種での普及を行うため、NGY2, NGY3についても素材鶏の導入先を変え、遺伝的多様性の確保に努めてきた。しかしながら、マイクロサテライトDNAマーカーを用いて名古屋種基礎系統の遺伝的類縁関係を解析したところ(Tadano, 2012)、NGY2とNGY3は、NGY1に比べて遺伝的距離が短いことが確認された。そこで、さらなる産肉

2018年5月8日受付, 2018年7月15日受理  
連絡者: 木野勝敏  
〒480-1193 愛知県長久手市岩作三ヶ峯 1-1  
Tel: 0561-62-0085  
Fax: 0561-63-7855  
E-mail: katsutoshi\_kino@pref.aichi.lg.jp

表 1. 名古屋種の体重, 産卵率, 卵重の推移

|                       | 明治 41 年<br>日本家禽協会 | 大正 13 年<br>中央畜産会 | 昭和 27 年<br>日本養鶏協会 | 昭和 48 年<br>愛知農総試 | 昭和 58 年<br>愛知農総試 | 平成 3 年<br>愛知農総試 | 平成 29 年<br>愛知農総試 |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 体重 (kg) <sup>1)</sup> |                   |                  |                   |                  |                  |                 |                  |
| 成雄                    | 4.13              | 3.38             | 3.00              | 2.74             | 3.89             | 4.01            | 4.44             |
| 成雌                    | 3.19              | 2.63             | 2.40              | 2.10             | 2.68             | 3.17            | 3.73             |
| 若雄                    | 3.19              | 2.44             | 2.50              | 2.27             | 3.12             | 3.34            | 3.30             |
| 若雌                    | 2.63              | 1.88             | 1.90              | 1.55             | 2.19             | 2.55            | 2.78             |
|                       |                   | 昭和 3 年<br>愛知種畜場  | 昭和 26 年<br>愛知種鶏場  | 昭和 38 年<br>愛知種鶏場 | 昭和 58 年<br>愛知農総試 | 平成 3 年<br>愛知農総試 | 平成 29 年<br>愛知農総試 |
| 産卵率 (%) <sup>2)</sup> |                   | 47.1             | 70.4              | 76.8             | 69.2             | 63.9            | 58.0             |
| 卵重 (g) <sup>3)</sup>  |                   | 52.0             | 53.6              | 54.9             | 55.8             | 58.7            | 61.5             |

<sup>1)</sup> 体重は, 協会等の数値は標準性能の値を, 昭和 48 年は NGY2 の G0 世代, 昭和 58 年, 平成 3, 29 年の数値は, NGY2, NGY3, NGY7 の造成終了時の 250 日齢, 150 日齢の数値を用いた。

<sup>2)</sup> 産卵率は, 昭和 38 年までは初産から 1 年間, 昭和 58 年は初産から 450 日齢, 平成 3, 29 年は 181~300 日齢の平均値を用いた。

<sup>3)</sup> 卵重は, 昭和 38 年までは全期間の平均値, 昭和 58 年と平成 3, 29 年は 250 日齢の数値を用いた。

表 2. 肉用系統造成のため外部から導入された名古屋種

| 導入年度    | 導入先                        | 造成した系統名 |
|---------|----------------------------|---------|
| 昭和 48 年 | 富山県愛好家                     | NGY2    |
| 昭和 59 年 | 滋賀県種鶏センター<br>(現畜産技術振興センター) | NGY3    |
| 平成 15 年 | 岩手県農業研究センター<br>畜産研究所       | NGY7    |

性と遺伝的多様性の改善のため肉用新系統 (NGY7) の造成では, 岩手県農業研究センターより素材鶏を導入し, これを NGY3 と交配し, 11 世代にわたる増体選抜を実施した。岩手県の名古屋種は大正期に導入された後, 愛好家の手を渡りながら現在まで継代されていたもので, 往時の名古屋種の特徴を有する個体といわれている。NGY7 では, ヒナの活力も改善され, 0-150 日齢育成率は NGY3 の 95.2% から 98.9% に, 体重も約 10% の大型化 (250 日齢体重: 雄 4.4kg, 雌 3.7kg) が図られた (図 1)。

#### 5) 喧噪性の発生メカニズムの解明

名古屋種の生産において喧噪性の制御は大きな課題となっている。名古屋種は音や光に対する感受性が高く, 不意の刺激に対して鶏群全体が驚き, パニック行動を引き起こす。特に平飼い鶏舎で飼育する場合, 驚いた後に鶏舎の隅へと移動して山のように積み重なり, 10 分近く群がたまま平静を取り戻さないため, 圧迫・窒息による斃死鶏が多数発生して大きな経営的ダメージを与えることになる。日常の管理でもかなり注意が必要となるだけでなく, 特に夜間の雷や野生動物の鳴き声, 通行車両のクラクション等の不可避な要因によって大きな事故が発生することもある。ラジオの音を昼夜聞かせて音に慣らせたり, 外部の光が直接進入しないよう遮蔽板を鶏舎外部に設置する等, 飼養管理上の対策は施しているが, 完全に防除することはできず, 生産者から改善の要望が出されている。そこで育種改良にも反映できるよう, 喧噪性の発生メカニズムの解明とその育種的対処法の確立に取り組ん



図 1. 名古屋種の肉用系統 (NGY7)

できた。生産者における聞き取り調査から, ①喧噪性の発生は夏季 (6~8 月) に餌付けた鶏群に多いこと, ② 70 日齢以上で喧噪性の行動が顕著になること, ③無窓鶏舎に比べて開放式鶏舎で発生し易いこと, ④発生の見られる生産者がある程度限定される等の傾向が得られ, 環境的要因の影響を強く受けることが確認された。名古屋種ヒナのストレスに対する自発運動量や鳴き声反応の違い (Tomonaga ら, 2007) や恐怖刺激に対する緊張性不動状態の違い (長尾ら, 2013), さらにドーパミン受容体の遺伝子多型 (DRD4) 等を調査したが, 現段階では明確な関連性は得られておらず, 引き続き検討を行っていく。

#### 6) 卵用名古屋種の開発

名古屋種の卵は, 一般の鶏卵に比べて卵黄比率が高く濃厚で, 旨味に富んでいる (美濃口ら, 2017)。高品質肉用鶏として再び脚光を浴びた名古屋種であったが, 昭和 60 年以降, 肉用名古屋種の普及が高まるにつれて, 余剰の種卵や出荷前の若雌が産んだ卵が消費者に渡る機会が増え, 名古屋種の卵の美味しさが再認識され

表 3. 名古屋種卵用系統 (NGY4-6) における初産日齢, 産卵率 (181-300), 270 日齢卵重の推移

| 系統名                             | 世代  | 初産日齢<br>(日) | 産卵率 (%)<br>(181-300) | 卵重 (g)   |          | 体重 (g)<br>(250) |
|---------------------------------|-----|-------------|----------------------|----------|----------|-----------------|
|                                 |     |             |                      | (180)    | (270)    |                 |
| NGY4                            | G1  | 167.1±13.0  | 74.7±10.4            | 48.2±3.2 | 57.8±3.4 | 2694±247        |
|                                 | G6  | 158.9±13.2  | 80.7±9.2             | 46.4±3.2 | 54.5±3.8 | 2532±242        |
| 一世代あたりの<br>遺伝的改良量 <sup>1)</sup> |     | -1.79       | 0.82*                | -0.61    | -0.60**  | -25.1           |
| NGY5                            | G0  | 177.3±13.6  | 79.9±9.8             | 45.4±3.2 | 53.3±3.1 | 2578±250        |
|                                 | G9  | 159.9±10.9  | 81.7±9.8             | 50.9±3.2 | 59.0±3.4 | 2340±211        |
| 一世代あたりの<br>遺伝的改良量               |     | -0.68       | 0.18                 | 0.59**   | 0.61**   | -23.4           |
| NGY6                            | G0  | 171.7±18.9  | 74.4±12.0            | 43.1±2.3 | 53.6±2.4 | 2333±237        |
|                                 | G10 | 170.9±13.5  | 80.0±11.4            | 47.5±3.7 | 57.2±3.7 | 2319±252        |
| 一世代あたりの<br>遺伝的改良量               |     | -0.27       | 0.03                 | 0.24**   | 0.41**   | 0.8             |

平均値±標準偏差。

<sup>1)</sup> 一世代あたりの遺伝的改良量は、各世代の平均値に対する回帰係数で求めた (NGY6 では G4~G10 で算出した)。

\*\* $P<0.01$ , \* $P<0.05$



図 2. 名古屋種の卵

るようになった。また、この時期、生産者が消費者に直接卵を販売するという経営形態も浸透し、販売メニューの1つに名古屋種の卵を加えたいとする採卵鶏農家の意向もあって、卵用名古屋種の開発に着手した。明治期から産卵性能の改良を行ってきた卵用系統 (NGY1) は、当時、肉用実用鶏生産の種鶏に利用されていたこともあって体重の増加が図られ、産卵能力の低下が生じていた。このため、卵用系統の造成では、育種改良の課題として①産卵性能 (産卵率, 卵重) の回復, ②特徴的な「さくら色」の卵殻色の改善, ③内部卵質 (肉斑) の改善, ④雌雄鑑別を容易にする羽性遺伝子の固定, ⑤就巢性の除去, について取り組むこととした。

#### 7) 産卵性能の改良

平成4年に、NGY1とNGY2の交配によって得られた種卵の中から、卵殻色の「さくら色」が鮮やかなものを選別し、これを孵化したものを素材鶏として卵用系統 (NGY4) の造成を開始した。

特殊卵としての利用を想定し、卵重よりも卵殻色や産卵率、体重の改善を重視する選抜を6世代にわたって進めた結果、卵重が大きく減少した。卵用実用鶏の普及開始後、生産者からは、特殊卵といえどもMSサイズ以上の大きさが必要であり、特に産卵初期の卵重を改善して欲しいとの要望が出され、その後の卵用系統 (NGY5, NGY6) の造成で改良の方向性を修正し、これに対応することとなった。NGY5は、NGY4のなかで速羽性を示した個体を、NGY6は新たにNGY1及びNGY2とNGY1との交配鶏から速羽性を示した個体を素材鶏として用い、平成13年に造成を開始した。選抜は、産卵率と卵重の指数選抜に加えて卵殻色、白斑点のスコアを考慮しながら進められ、NGY5, NGY6の両系統とも、産卵率、卵殻色、卵重を改善することができた (表3)。

#### 8) 「さくら色」の卵を良く産む卵用系統の造成

名古屋種の卵殻色は、褐色卵と同じ褐色色素であるプロトポルフィリンが着色した上に炭酸カルシウムが付着したもので、この両者の沈着が多いもの程、鮮やかな「さくら色」に見える。また炭酸カルシウムの沈着具合は個体によって異なり、卵殻表面一様に付着するものや、一部斑点状に付着するものがあり、この斑点状に炭酸カルシウムが付着した卵殻を「さくら吹雪」と銘打ち (図2)、その斉一性を高めることで他の鶏卵との視覚的な差別化を図ろうとした (木野ら, 1999)。「さくら色」の鮮やかさの改善と加齢に伴う退色対策として、色の濃さを高める改良を行うには色差計による明度 (L値) と色相 (b値/a値) が有効な選抜指標であることや (中村ら, 2004)、名古屋種における270日齢の卵殻色の推定遺伝率は、L値: 0.40~0.55, a値: 0.34~0.47, b値: 0.27~0.41と比較的高い数値が得られたことから (表4)、選抜により卵殻色の鮮やかさを大きく改善することができた (表5)。また白斑点出現率も順調に改良され、その後のNGY5のG9世代、NGY6のG10世代では、それぞれ85.1%, 75.4%まで向上し、大部分の卵

に白斑点のはっきりと確認できるよう改良された(中村ら, 2011, 2012)。

#### 9) 内部卵質(肉斑)の改良

名古屋種の卵も他の褐色卵と同様、卵中に肉斑が出現する。肉斑を有する鶏卵は消費者に嫌われ、鶏卵の食品価値を左右する重要な要素となっていることから、肉斑を減少させる遺伝的改良に取り組んだ。既に褐色卵系統の造成において、肉斑は量的形質と捉え、出現頻度とともに面積を減少させる選抜が有効であることが確認されていたため(野田ら, 1994)、名古屋種においてもこの方法の有効性について検証した。4世代にわたる調査の結果、肉斑面積の遺伝率は高くはなかったものの(0.13~0.00)、選抜の経過に伴い、肉斑面積の有意な減少が見られ(1.45→0.43mm<sup>2</sup>), 3mm<sup>2</sup>以上の大きな肉斑を有する個体も大きく減少し(10→2%), 肉斑の無い個体の頻度も増加した(30→37%) (表6)。また、肉斑と産卵率や卵重といった経済形質との間に強い相関関係も見られなかったため、両者を同時に改良できることも明らかとなった

表 4. 名古屋種卵用系統(NGY46)における270日齢卵殻色(L, a, b)の推定遺伝率

|      | 推定遺伝率     |           |           |
|------|-----------|-----------|-----------|
|      | L         | a         | b         |
| NGY4 | 0.40±0.06 | 0.38±0.06 | 0.27±0.05 |
| NGY5 | 0.55±0.09 | 0.47±0.08 | 0.41±0.08 |
| NGY6 | 0.47±0.08 | 0.34±0.08 | 0.41±0.08 |

推定遺伝率±標準誤差。

表 5. 名古屋種卵用系統(NGY5)における270日齢卵殻色、白斑点出現率の世代(G0-G9)による推移

| 世代                          | 270日齢卵殻色 |          |          | 白斑点<br>出現率(%) |
|-----------------------------|----------|----------|----------|---------------|
|                             | L        | a        | b        |               |
| G0                          | 63.4±4.1 | 13.7±1.7 | 11.0±2.3 | 65.7          |
| G1                          | 63.1±4.1 | 13.4±1.6 | 11.4±2.6 | 40.2          |
| G2                          | 62.3±3.8 | 14.4±1.8 | 11.4±2.4 | 49.7          |
| G3                          | 62.2±4.0 | 14.3±1.8 | 11.8±2.5 | 48.3          |
| G4                          | 62.6±4.1 | 14.7±1.9 | 12.0±2.5 | 65.9          |
| G5                          | 60.2±4.0 | 14.1±1.9 | 11.6±2.3 | 68.2          |
| G6                          | 61.1±4.1 | 15.0±1.8 | 12.2±2.4 | 65.1          |
| G7                          | 61.8±3.8 | 15.6±1.7 | 12.8±2.2 | 80.5          |
| G8                          | 60.9±4.1 | 15.5±1.9 | 12.5±2.3 | 82.7          |
| G9                          | 62.7±4.4 | 13.9±1.9 | 13.1±2.5 | 85.1          |
| 一世代あたりの遺伝的改良量 <sup>1)</sup> | -0.18    | 0.15     | 0.22**   | 4.11*         |

270日齢卵殻色の数値は、平均値±標準偏差。

<sup>1)</sup> 一世代あたりの遺伝的改良量は、G0~G9の各世代の平均値に対する回帰係数で求めた。

\*\*P<0.01, \*P<0.05

(野田ら, 2007)。

#### 10) 羽装での雌雄鑑別を可能とする伴性羽性遺伝子の固定

名古屋種における初生ヒナの肛門鑑別は、他の鶏種に比べて難しく、熟練の鑑別師でも2~3%の誤鑑が発生するため、孵化業者や生産者から、現在の採卵実用鶏で一般的な羽装による雌雄鑑別法の導入が要望されるようになった。さらにNGY1, NGY2, NGY3, NGY4では、遅羽遺伝子の保有鶏も存在し、肉用や卵用実用鶏で速羽性と遅羽性の個体が混在する状況にあった。羽性と発育、産卵性との関連は古くから調査・報告されており、愛知県でも昭和30年代に産卵形質との関連を調査しながら、NGY1において産卵性に優れた速羽性への固定も行われたが、①NGY1が完全に速羽性に固定されていなかったこと、②NGY2やNGY3の造成時に外部から導入した素材鶏に遅羽遺伝子保有個体が存在し、遅羽遺伝子が持ち込まれたことが推察された。そこで、続く卵用系統NGY5, NGY6の造成において、それぞれ速羽遺伝子と遅羽遺伝子への完全な固定を進め、羽装による雌雄鑑別の対応と実用鶏の性能改善を図った。

遅羽性の雌(K/w)に速羽性の雄(k<sup>+</sup>/k<sup>+</sup>)を交配することで生産された雄ヒナは全て遅羽性(K/k<sup>+</sup>)、雌ヒナは全て速羽性(k<sup>+</sup>/w)となって、容易に雌雄鑑別が可能となる。羽性については目視による判別に加え、中村ら(2009)が報告した方法を用いてDNAレベルで確認を行った。その結果、羽装での雌雄鑑別はほぼ100%の確率で可能となった。

#### 11) 就巢性の除去

鳥類はある程度産卵が続くと就巢するが、家禽では就巢性があると産卵が休止して経済的損失が大きいため、殆どの実用鶏で就巢性が除去されている。名古屋種も昭和23年頃から就巢性の除

表 6. 名古屋種卵用系統 (NGY5) における肉斑面積毎の出現頻度と肉斑面積の世代による推移

| 世代                              | 面積区分毎の出現頻度 (%) |     |     |     |                     | 肉斑面積<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|----------------|-----|-----|-----|---------------------|----------------------------|
|                                 | 0              | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3mm <sup>2</sup> 以上 |                            |
| G0                              | 30             | 43  | 12  | 5   | 10                  | 1.45±5.95                  |
| G1                              | 30             | 37  | 16  | 7   | 10                  | 1.10±1.84                  |
| G2                              | 34             | 48  | 11  | 3   | 4                   | 0.56±1.08                  |
| G3                              | 27             | 50  | 13  | 6   | 4                   | 0.69±1.21                  |
| G4                              | 37             | 50  | 9   | 2   | 2                   | 0.43±0.95                  |
| 一世代あたりの<br>遺伝的改良量 <sup>1)</sup> |                |     |     |     |                     | -0.25*                     |

肉斑面積の数値は、平均値±標準偏差。

<sup>1)</sup> 一世代あたりの遺伝的改良量は、G0～G4の各世代の平均値に対する回帰係数で求めた。

\* $P < 0.05$

去に取り組み、雌鶏については、就巢行動を観察し非就巢の個体を選択するとともに、雄鶏については就巢性に関与するといわれるプロラクチンを投与して育雛性の発現を誘起し、投与プロラクチン量と育雛性の状態や仔雌の就巢性との関係から非就巢と思われる個体の選択を繰り返した。昭和30年頃までには就巢性はほぼ取り除かれたとされていたが、肉用系統の造成で、外部からの育種素材を導入したことに伴って、NGY2以降の系統に就巢遺伝子が持ち込まれた可能性もあり、特に平飼いで飼育・採卵を行う孵化場等から、就巢性の除去に対する要望が出されるようになった。昭和20～30年代と異なり、現在では鶏はケージ内で個別に飼養管理されていること、愛知県農業総合試験場では基礎系統を春に餌付け、調査期間を約1年としているため、就巢行動が発生しやすい5～6月の行動が確認できないこと等から、過去の育種法のような行動観察による選抜は適用できない。そこで、遺伝子解析による選抜を行うため、就巢、非就巢個体のプロラクチン関連遺伝子について多型解析と制御機構の解明を進めている (Hiyama ら, 2009, Kansaku ら, 2016)。

#### 12) 名古屋種実用鶏の生産状況

生産者の意向を反映したこれらの肉用・卵用系統の開発により、実用鶏である『肉用名古屋コーチン』、『卵用名古屋コーチン』の性能も改善され、平成29年では『肉用名古屋コーチン』は約101.3万羽、『卵用名古屋コーチン』は約9.3万羽が生産されている。

#### 13) 今後の課題

将来にわたり安定的に種鶏を生産・供給することが最も重要な命題である。近年、高病原性鳥インフルエンザや激甚災害の発生が危惧されており、ひとたび愛知県農業総合試験場や愛知県畜産総合センター種鶏場が直接被害を受け、保有する系統を失うことになると、これを復元させることは容易なことではない。このため、避難の方策として、平成22年より県内6カ所の県立農業高等学校や農業大学校、名古屋種の普及を推進する名古屋市農業センターにおいて基礎系統の雌鶏の分散飼育を依頼し、非常時には予め凍結保存しておいた精液を人工授精して、系統の復活を図るこ

とになっている。分散飼育の規模としては雌鶏50～500羽/機関で、100羽程度の雌鶏を用い、約3週間、受精卵を採取できれば系統の復元が可能となる。凍結精液は、各系統、父家系毎に作成され、2～3回分の復元作業が可能となる量を県の別施設にて保管している。また、凍結精液は、このような非常時の系統復活に加え、近交退化の防止にも活用できると考えている。鶏の愛好家が減少し、名古屋種の遺伝資源が限定されるなか、如何に現有系統を含めて育種素材を確保・保存するかが、今後さらに大きな課題となると思われる。

### 国産実用採卵鶏「愛知ライン」の開発

昭和37年の外国種鶏の輸入自由化以降、その優れた経済的能力により外国から大量の種鶏が導入されるようになり、その実用鶏はシェアの大半を占めるに至った。愛知県では当県の自然環境と経営条件に適合した高性能家禽の開発を目標に、集団育種学に基づいた育種改良を推進し、昭和52年から平成17年まで、採卵実用鶏「愛知ライン」を開発・普及してきた。「愛知ライン」は、2～4種の卵用系統の系統間交配により実用鶏を生産しており、その基礎系統の造成において、超早熟系、大卵系、超多産系や優良卵質系等、鶏群の特徴を引き出す選抜環境、選抜方法について検討し、その効果を検証してきた。

昭和50年から60年代になると、採卵鶏の能力も向上し、産卵率の改良効果が鈍化してきた。また、産卵量 (産卵率や卵重) の改良に加え、卵質の改良に対する生産者の要望も高まるとともに、直売という新しい経営形態が拡がり、その素材として褐色卵の需要が伸びてきた。こうした情勢を受けて、育種改良の課題として、①産卵率の向上に有効な選抜環境の検討、②外部卵質 (卵殻強度や卵殻質) の改善、③内部卵質 (褐色卵鶏における肉斑出現頻度の減少) の改善に取り組んだ。

#### 1) 産卵率の向上に有効な選抜環境の検討

卵用鶏の育種において産卵率や卵重の改良は最も重要な改良形質であるが、昭和60年代になると、産卵率の改良は著しく進み、90%を超える産卵ピークが数週間も持続する性能を示すなか、産

表 7. 超多産系統 (N 系) における初産日齢, 卵重, 産卵率, 産卵率 100% を超す羽数の世代 (G3-G5) による推移

| 世代                          | 初産日齢      | 卵重         | 産卵率            | 産卵率 100%       |
|-----------------------------|-----------|------------|----------------|----------------|
|                             | 日         | (270)<br>g | (181-272)<br>% | を<br>超す羽数<br>% |
| G3                          | 147.5±9.8 | 61.5±4.1   | 94.1±7.0       | 14.3           |
| G4                          | 142.6±9.0 | 61.6±4.3   | 94.0±8.8       | 18.6           |
| G5                          | 147.1±9.0 | 61.3±4.4   | 95.4±7.4       | 21.7           |
| 一世代あたりの遺伝的改良量 <sup>1)</sup> | -0.2      | -0.1       | 0.7            | 3.7            |

初産日齢, 卵重, 産卵率の数値は, 平均値±標準偏差。

<sup>1)</sup> 一世代あたりの遺伝的改良量は, G3~G5 の各世代の平均値に対する回帰係数で求めた。

表 8. 産卵持続系統 (B 系) における各種産卵率とその遺伝率, 遺伝相関 (rP) 及び表型相関 (rG)

| 形質           | (検定期間)       | 平均値 <sup>1)</sup> | 遺伝率 <sup>2)</sup> | X1       | X2    | X3    | X4    |  |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|-------|-------|-------|--|
|              |              | %                 |                   |          | rG    |       |       |  |
| X1 6-11 時産卵率 | (151-400 日齢) | 58.0±16.1         | 0.51±0.15         |          | -0.90 | 0.51  | 0.94  |  |
| X2 11 時以降産卵率 | (151-400 日齢) | 26.6±13.3         | 0.56±0.19         | rP -0.73 |       | -0.07 | -0.58 |  |
| X3 短期産卵率     | (151-300 日齢) | 84.4±10.4         | 0.21±0.09         | 0.58     | 0.14  |       | 0.98  |  |
| X4 長期産卵率     | (151-400 日齢) | 80.5±10.9         | 0.06±0.07         | 0.51     | -0.05 | 0.68  |       |  |

<sup>1)</sup> 平均値±標準偏差。

<sup>2)</sup> 遺伝率 (父母成分) ±標準誤差

卵率における改良効果は鈍化する傾向にあった。その一方で卵重は比較的改良し易い形質であるが, 鶏卵の規格取引の有利性から, 大卵であるよりも適正卵重を保持することが求められたため, 卵重を低下させずに産卵率の改良を図ることが必要であった。従来の選抜方法では大きな遺伝的改良量が期待できないため, 高い遺伝変異が得られる選抜効率の高い育種環境を利用することが重要と考えられた。そこで加藤ら (1984a) や内藤ら (1986) によって有効性が報告されていた 24 時間よりも短いアヘメラル周期 (23 時間周期 (14 時間明期: 9 時間暗期)) を選抜環境として, 産卵率が極めて高く卵重に優れた超多産系統 (N 系) の造成を試みた。初産日齢, 産卵率, 卵重を選抜形質とした指数選抜を 6 世代にわたって行った結果, 産卵率は世代の経過に伴って増加, 最終世代では 95.4% となり, 100% を超える個体も 21.7% となった (表 7)。また卵重は当初低下する傾向にあったが, 希望改良量を 0g から +1g に変更したところ, 現状維持で推移した。これらの結果から, 23 時間周期を選抜環境として, 選抜指数法を用いることで卵重の低下を抑えた多産系統の造成に有効であることが示唆された (野田ら, 1991)。

さらに, 連産性の高い鶏は, 産卵時刻の日々のずれの小さい安定した排卵周期を有している個体であるとの報告 (上野ら, 1978) から, 産卵時刻の情報を取り入れた産卵率を選抜形質に用いて, 産卵持続系統 (B 系) の開発を試みた (野田ら, 1995)。長期産卵率 (検定期間 151~400 日齢) 及び短期産卵率 (151~300 日齢) の

遺伝率は 0.06 及び 0.21 であったのに対し, 産卵時刻を取り入れた 6-11 時産卵率 (151~300 日齢) の遺伝率は 0.51 と高い値を示した (表 8)。また, 短期産卵率を選抜形質とした場合に期待される長期産卵率の遺伝改良量は 1.20% であるのに対し, 6-11 時産卵率を選抜形質とした場合は 1.79% と推定され, 産卵時刻の情報を取り入れた産卵率を選抜形質に用いることで, より高い選抜効果が得られることが確認された。さらにこの方法では, 産卵を午前中に集中化させることができ, 農家の集卵作業の効率化にも貢献すると示唆された。

## 2) 優良卵殻質系統の造成

1980 年代になると, 経済効率の高い産卵性の改良が進む中, 卵殻質の低下による破卵の増加が問題となってきた。そこで卵殻諸形質の遺伝的特性を明らかにしながら, 卵殻破壊強度に優れた優良卵質系統 (U 系) を造成するため, 初産日齢, 卵重, 産卵率, 卵殻破壊強度を選抜形質とした指数選抜を 6 世代にわたり実施した。卵殻破壊強度 (270 日齢) の遺伝率は 0.34 と推定され, また他形質との遺伝相関も, 産卵率 (151~300 日齢) で -0.72, 270 日齢の卵形係数, 卵殻厚, 卵殻重ではそれぞれ 0.15, 0.94, 0.48 となった (表 9)。6 世代の選抜により産卵率が 4.3%, 卵重が 1.6g, 卵殻破壊強度が 0.95 kg/cm<sup>2</sup> と改善がみられたが, 卵殻破壊強度の選抜による間接反応を期待した卵殻厚, 卵殻重には大きな変化は見られなかった (表 10)。卵殻表面形状については, 突起やざらつき, 陥没や不均質さ等, 表面の異常を 2~4 にスコア化し (1

表 9. 優良卵殻系統 (U 系) における卵殻破壊強度と産卵諸形質との表型相関 (rP) 及び遺伝相関 (rG)

| 形 質 |               | X1 | X2    | X3    | X4    | X5    |
|-----|---------------|----|-------|-------|-------|-------|
|     |               | rG |       |       |       |       |
| X1  | 卵殻破壊強度 (270)  |    | 0.11  | -0.72 | -0.00 | -0.00 |
| X2  | 初産日齢          | rP | 0.10  | -0.73 | 0.31  | 0.08  |
| X3  | 産卵率 (151-300) |    | -0.17 | -0.44 | -0.43 | -0.15 |
| X4  | 卵重 (270)      |    | 0.10  | 0.17  | -0.24 | 0.46  |
| X5  | 体重 (300)      |    | 0.02  | 0.06  | -0.08 | 0.40  |
| 形 質 |               | X1 | X6    | X7    | X8    | X9    |
|     |               | rG |       |       |       |       |
| X1  | 卵殻破壊強度 (270)  |    | 0.94  | 0.48  | 0.15  | 0.16  |
| X6  | 卵殻厚 (270)     | rP | 0.59  | 0.83  | -0.34 | 0.02  |
| X7  | 卵殻重 (270)     |    | 0.51  | 0.50  | -0.14 | 0.10  |
| X8  | 卵形係数 (270)    |    | 0.10  | -0.01 | 0.01  | -0.35 |
| X9  | 卵殻表面形状        |    | -0.11 | -0.02 | -0.01 | -0.05 |

遺伝相関は父母成分。

形質の括弧内の数値は測定した日齢を示す。

表 10. 優良卵殻系統 (U 系) における産卵諸形質の推移と平均選抜差と選抜強度

| 形質 <sup>1)</sup> |                       | 世代    |       | 改良量 <sup>2)</sup> | 平均選抜差 | 平均選抜強度 |
|------------------|-----------------------|-------|-------|-------------------|-------|--------|
|                  |                       | G0    | G6    |                   |       |        |
| 初産日齢             | (日)                   | 150.9 | 151.0 | 0.34              | -3.1  | -0.30  |
| 産卵率 (151-300)    | (%)                   | 81.8  | 86.1  | 0.42              | 5.6   | 0.62   |
| 卵重 (270)         | (g)                   | 61.7  | 63.3  | 0.32              | 0.7   | 0.17   |
| 体重 (300)         | (g)                   | 1780  | 1830  | 0.02              | 6     | -0.01  |
| 卵殻破壊強度 (270)     | (kg/cm <sup>2</sup> ) | 3.37  | 4.32  | 0.10*             | 0.24  | 0.39   |
| 卵形係数 (270)       |                       | 78.0  | 79.2  | 0.30              | 0.4   | 0.15   |
| 卵殻厚 (270)        | (μm)                  | 34.6  | 36.7  | 0.18              | 0.6   | 0.24   |
| 卵殻重 (270)        | (g)                   | 5.65  | 5.73  | 0.01              | 0.13  | 0.24   |
| 卵殻表面形状           |                       | ND    | 135   | 0.9               | -8.1  | -0.25  |

<sup>1)</sup> 形質の括弧内の数値は測定した日齢を示す。

<sup>2)</sup> 一世代あたりの遺伝的改良量は、G0~G6 各世代の平均値に対する回帰係数により求めた。\* $P < 0.05$ 。

を正常とした)、種鶏選抜の際に異常の多いものを独立淘汰した。遺伝率は 0.27 と推定され、また産卵率や卵重との遺伝相関も高くなかったため (0.01, 0.01)、その改善が期待されたが、大きな変化は認められなかった (木野ら, 1992)。開発された基礎系統は、6 代目となる「愛知ライン スーパー U90」(図 3) の雌種鶏として利用され、平成 4 年から平成 17 年まで、県内採卵鶏農家へ普及された。

### 3) 肉斑・血斑の少ない褐色卵 (赤玉) 系統の造成

昭和 60 年頃から低迷する鶏卵価格に対抗する販売戦略として卵の品質に付加価値を付けた特殊卵の生産が増加してきた。差別化商品としての特徴を出すために白色卵よりも褐色卵が用いられたが、褐色卵は鶏卵内に肉斑が出現する頻度が高く、消費者から

の評価を下げる要因となっていたため、肉斑の低減が褐色卵の品質改善上、重要な課題となっていた。肉斑は、大部分が卵管の組織片で、濃厚卵白やカラザ、卵黄表面に出現し、大きさは主に直径 0.5~3mm のものが多いが、さらに大きなサイズのものも出現し、色は卵殻色素であるプロトポルフィリンの沈着により茶色を呈する (Lang and Wells, 1987) とされている。従来の育種方法では、肉斑を 0-1 の質的形質として取り扱い、肉斑出現頻度の多い個体を淘汰していたが、大きな改良効果は得られていない状況にあった。そこで、肉斑の大きさに個体差があることに着目し、面積を数値化した量的形質としての選抜を赤玉鶏種の 2 系統 (Y, Z 系) で 4 世代にわたり実施した。卵は、調査日齢時に個体毎に 3 個集卵し、出現した全ての肉斑の直径と面積を測定、その



図 3. 愛知ライン スーパー U90

総面積を総個数で割った値を個体の肉斑データとして用いた。その結果、肉斑の面積は1世代の $1.7\text{mm}^2$  (Y系),  $2.4\text{mm}^2$  (Z系), から4世代目には $0.7\text{mm}^2$  (Y系),  $0.8\text{mm}^2$  (Z系)と大幅に減少、極めて有効な手段であると考えられた(野田ら, 1994)。この選抜育種を続けることで、肉斑が少ない褐色卵を生産する赤玉鶏種の2系統を造成し、これら系統の交配による「赤玉愛知ライン」を開発して、県内採卵鶏農家へ普及した。

### ウズラ卵用系統の開発

#### 1) 改良の歩み

ウズラは鎌倉時代には既に家禽として存在していたと言われており、室町から江戸時代にかけて、「啼きウズラ」として鳴き声を楽しむ目的で飼育されていた。明治中期に採卵用として飼育されはじめると、大正期には本格的にウズラの改良が行われ、小田厚太郎氏が「小田鳥類実験所」を東京に設立して、実用的なニホンウズラが作出された。第二次世界大戦前は全国で約200万羽のウズラが飼養されていたが、戦時中、飼料不足等の理由により羽数は激減し、絶滅の危機に瀕した。戦後、豊橋市の鈴木経次氏(鈴経商店)が東京の川島鎮之助氏から譲り受けた数個の種卵をもとにして孵化、育成等を行い、その努力の甲斐があって、豊橋市の養鶏産業は復興し、豊橋で生産されたヒナが全国各地へ、また海外(ブラジル・東南アジア)にも広がっていった(愛知県農林水産部畜産課, 2009)。こうした背景により愛知県のウズラの飼養戸数、羽数はともに全国1位であり、鶏卵は全国シェア6割を誇る特産品の一つとなっている。

#### 2) ウズラの育種改良における課題

ウズラは、近交退化が起こりやすいと言われ(Sittmannら, 1966)、きょうだい交配によって近交を高めると受精率、孵化率、育成率が著しく減少することが報告されている(新城ら, 1971, Kulenkampら, 1973)。さらに佐藤ら(1983)は、生産諸形質に及ぼす影響について調べ、近交係数が10%増加すると、6週齢時の雌体重は $3.27\text{g}$ 、性成熟日齢は雄で0.67日、雌で0.96日、卵重は $0.21\text{g}$ 減少することを報告している。もとよりウズラはヒナ生産の工程がニワトリのように分業化されておらず、大部分の養鶏農

家で自家生産によりヒナが生産されていること、戦後の復興期に数羽のウズラから増殖・復元が図られたため遺伝的変異が少ないこと等から、近親交配による能力低下の防止が課題となっている。生産者も定期的に外部からヒナを購入したり、生産者間で雄の種鶏を交換するなどして遺伝的多様性の確保と生産性の低下防止を図ってきたが、戸数の減少によりこうした対応も困難になってきており、公的機関でウズラの育種改良を行い、①豊橋ウズラと遠縁な素材を導入した活力向上の見込まれる系統の開発・普及を図って欲しいと強く要望されるようになってきた。また、市場では一般的に $9.5\text{g}$ から $12.0\text{g}$ の卵重の卵を規格卵として取り扱うことから、②規格卵割合の改善や、近年、卵殻表面に石灰質が沈着した「粉ふき卵」が重視されるようになり、③石灰質の沈着程度や「粉ふき卵」産卵割合の改善等、外部卵質の向上に対する要望も出された。さらに、初生ウズラの雌雄鑑別は難しく鑑別師も不足しているため、④羽色等で容易に雌雄鑑別できる方法の導入も望まれた。これら要望に対応するため、愛知県ではウズラ育種施設の整備を行い、産卵性、強健性、卵質改善等を改良目標とした卵用ウズラ系統の造成を平成9年より開始した。

#### 3) 異血個体の導入による活力の改善

野生色系統(WW)の造成では、素材ウズラとして、愛知県保有の野生色ウズラに加え、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(現国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門)から導入した野生色ウズラを用いた。このウズラは、昭和期に富士山麓で捕獲された野生のウズラを家禽化したもので、豊橋のウズラとは血縁の離れた個体と考えられた(河原, 1976, 只野ら, 2013)。平成17年にこれら2つの素材を交配し、次世代以降、閉鎖群育種を行い、17世代にわたる選抜を行った。またブラウン色系統(BB)の造成では、素材ウズラとして独立行政法人国立環境研究所(現国立研究開発法人 国立環境研究所)のブラジル産ブラウン色ウズラを導入し、ブラウン色ウズラの雄と愛知県保有の野生色ウズラの雌とを交配し、そのF1の雌とブラジル産ブラウンウズラの雄との戻し交配で得られたウズラを素材として、その後閉鎖群とし、WWと同様な選抜方法を17世代にわたり実施した。WW, BBの育成率(0-35日齢)及び生存率(36-140)の17世代の平均値はWWが93.4%と97.4%, BBが92.1%と96.3%となり、良好な値を示した。

開発されたウズラ系統(WW, BB)と生産者のウズラ集団について、遺伝的多様性と遺伝的類縁関係を明らかにするため、50のマイクロサテライトマーカーを用いて、遺伝的多様性の調査と、Fst 遺伝距離とDAPC解析による遺伝的類縁関係の調査を行った。豊橋のウズラ集団の平均アリル数(MNA)と平均ヘテロ接合度(He)は、それぞれMNA=5.12~5.54, He=0.51~0.54であり、他県のウズラ集団の値(MNA=5.34, He=0.50)と差は見られなかった。集団間の遺伝的類縁関係を調べた結果、豊橋のウズラ集団は大きく2つのグループに分かれ、どちらも近縁関係にあり、その一方のグループは他県のウズラ集団と近縁であった。今回、愛知県で開発されたWW, BBは生産者のウズラ集団とは遠縁であることが明らかとなり、その導入がウズラ集団の遺伝的多様性の回復に効果的であることが示唆された(布目ら, 2016)。



図 4. ウズラ卵の粉ふき指数

表 11. ウズラ卵用系統 (WW, BB) における世代 (G11-G17) による粉ふき指数の推移

| 世代                              | 粉ふき指数 (140) |       | 粉ふき指数 2-4 の割合 (%) |      |
|---------------------------------|-------------|-------|-------------------|------|
|                                 | WW 系        | BB 系  | WW 系              | BB 系 |
| G11                             | 1.9         | 2.0   | 61.7              | 69.0 |
| G12                             | 2.0         | 2.0   | 52.9              | 67.1 |
| G13                             | 2.3         | 1.9   | 76.2              | 60.2 |
| G14                             | 2.6         | 2.4   | 81.9              | 76.9 |
| G15                             | 2.5         | 2.4   | 76.0              | 72.9 |
| G16                             | 2.7         | 2.5   | 82.6              | 77.8 |
| G17                             | 2.6         | 2.5   | 81.2              | 77.5 |
| 一世代あたりの<br>遺伝的改良量 <sup>1)</sup> | 0.13*       | 0.11* | 4.2*              | 2.2  |

<sup>1)</sup> 一世代あたりの遺伝的改良量は、G11~G17 各世代の平均値に対する回帰係数により求めた。\* $P < 0.05$ 。

4) 規格卵割合の向上

系統造成におけるウズラの性能調査は、作業の効率を考慮してきょうだい雌 5 羽を 1 単位とする群での飼養管理を行い (野田ら, 2003), 140 日齢までの検定成績により選抜を行った。選抜は、育成率 (0-35 日齢), 生存率 (36-140 日齢), 産卵率 (36-140 日齢), 規格卵 (9.5~11.5 g) 割合を選抜項目とする独立淘汰水準法により上位の群を選んだ。最終世代 (G17) の産卵率及び規格卵割合は WW が 82%, 84%, BB が 82%, 74% と、目標とした 80% 及び 75% をほぼ達成した (吉岡ら, 2016)。

5) 粉ふき卵割合の改善

粉ふき卵割合の改善については、卵殻表面にみられる石灰の沈着度を 5 段階の指数 (図 4) に分類・評価し、その平均値を用いて 11 世代目から選抜項目に加えた。粉ふき指数は、推定遺伝率が 0.53 (WW), 0.43 (BB) と高かったこと、また他の産卵諸形質と顕著な相関が見られなかったこともあり (吉岡ら, 2016), G11~G17 の選抜により、WW 系統で 1.9→2.6, BB 系統で 2.0→2.5 と向上させることができた。また生産者に好まれる粉ふき指数 2~4 の割合も、WW, BB それぞれ 61.7% から 81.2%, 69.0% から 77.5% へと改善することができた (表 11)。

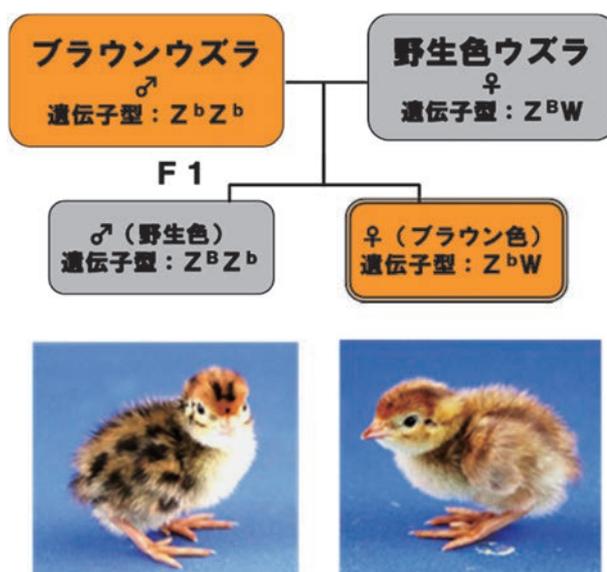


図 5. 伴性のブラウン羽装遺伝子を用いた雌雄鑑別法



図 6. 開発されたウズラ卵用系統  
左: ブラウン色系統 (BB), 右: 野生色系統 (WW)

6) ブラウン色遺伝子を利用したウズラの雌雄鑑別

ウズラの雌雄鑑別は、ニワトリと同様、初生時に肛門の生殖突起の形状を観察することで行なうが、ヒナのサイズの小ささから十分な技術と経験を積んだ一部の熟練鑑別師しか対応できず、鑑

別師の不足が問題となってきた。そこで劣性性遺伝子であるブラウン色遺伝子を保有するブラウン色系統を造成し、ブラウン色系統の雄を野生色ウズラの雌と交配することで、生産される雄ヒナは全て野生色、雌ヒナは全てブラウン色となって、羽色での雌雄鑑別が可能となる (佐藤, 2009) ため、これを雌雄鑑別の解決手法として活用することを考えた (図5)。開発されたブラウン色系統 (BB) は、野生色系統と交配して100%雌雄鑑別できることが確認されており、WWと共に平成27年より全国の生産者に譲渡されている (図6)。

#### 7) 今後の課題

養鶏農家の減少と共に、今後さらにウズラ集団の減少が予想される。現在、愛知県が保有している系統は4系統であるが、将来にわたり安定的な生産を確保するためにはこの4系統のみでは不十分である。各農家が保有するウズラ集団も貴重な遺伝資源と捉え、種鶏については安易に外部のウズラを交配することなく閉鎖群で維持をするよう、研究会等を通じて啓発を行っている。また、こうした遺伝資源を効率的に保存するためにも、ウズラ精液の効率的な採取法や凍結保存法の開発を早期に確立することが課題となっている。

### 謝 辞

本稿は、平成29年度日本家禽学会技術賞受賞課題である「名古屋種をはじめとする愛知県産実用家禽の開発に関する研究」の内容をまとめたものであり、本稿執筆の機会を与えて下さった技術賞選考委員会、編集委員会の先生方、並びに日本家禽学会事務局に深く感謝申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、共同研究者としてお世話になった名古屋大学、九州大学、岐阜大学、麻布大学、広島大学の諸先生方、また、共に動物の管理、調査・分析に従事してくれた愛知県農業総合試験場の職員に感謝の意を表します。

### 引用文献

愛知県農林水産部畜産課. うずら飼養衛生管理マニュアル. pp. 2-3, 2009.

愛知の養鶏史編さん委員会. 海部兄弟と名古屋種 (名古屋コーチン). 愛知の養鶏史, pp. 70-73, 1987.

Hiyama G, Kansaku N, Kinoshita M, Sasanami T, Nakamura A, Noda K, Tsukada A, Shimada K, Zadworny D. Changes in post-translational modifications of prolactin during development and reproductive cycles in the chicken. *General and Comparative Endocrinology*, 161 : 238-245. 2009.

Kansaku N, Tobari Y, Hiyama G, Wakui S, Minoguchi N, Numata M, Kino K, Zadworny D. Effects of vasoactive intestinal polypeptide and forskolin on mRNA expression of prolactin and prolactin regulatory element-binding protein in the anterior pituitary gland of chicken embryo and laying hens. *Journal of Poultry Science*, 53 : 313-317. 2016.

加藤貞臣・大塚勝正・野田賢治・大藪哲也・廣瀬一雄. 名古屋種の増体選抜試験 (第3報) 肉用系統第10世代までの選抜効果. 愛知県農業総合試験場研究報告, 16 : 404-409. 1984a.

加藤貞臣・大塚勝正・野田賢治・廣瀬一雄. 鶏の選抜環境に関する研究 23及び22時間周期下における産卵性. 日本家禽学会誌, 21 : 春季大会号 pp. 15. 1984b.

河原孝忠. 実験用ウズラの由来と有用性. *実験動物*, 25 : 351-354. 1976.

木野勝敏・大塚勝正・野田賢治・村山 肇・牧野吉伸・太田元好. 卵殻諸形質に関する遺伝的特性について. 愛知県農業総合試験場研究報告, 24 : 277-282. 1992.

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. 愛知県農業総合試験場研究報告, 31 : 281-288. 1999.

木野勝敏・山田真理・大藪哲也・大塚勝正・野田賢治・村山 肇・廣瀬一雄・太田元好. 名古屋種の産肉性改良. 愛知県農業総合試験場研究報告, 23 : 443-452. 1991.

Kulenkamp AW, Kulenkamp CM, and Coleman TH. The effects of intensive inbreeding (brother x sister) on various traits in Japanese quail. *Poultry Science*, 52 : 1240-1246. 1973.

Lang MR and Wells JW. A review of egg shell pigmentation. *World's Poultry Science Journal*, 43 : 238-246. 1987.

美濃口直和・中村和久・木野勝敏. 名古屋コーチン卵の特徴. 日本食品科学工学会誌, 64 : 108-112. 2017.

長尾健二・阿部秀明・中村明弘・村山美穂. 鶏初生ヒナにおける恐怖刺激に対する反応性の違いについて. 東海畜産学会報, 24 : 22. 2013.

内藤 充・蕪澤圭二郎・小宮山鐵朗. 卵用鶏の選抜環境としてのアヘメラル周期の利用性について 3 選抜第3世代までの成績. 日本家禽学会誌, 22 : 秋季大会号 pp. 2. 1986.

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. 愛知県農業総合試験場研究報告, 36 : 87-91. 2004.

中村明弘・小林正直・野田賢治・近藤 一・神作宣男. 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・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. 愛知県農業総合試験場研究報告, 43 : 109-118. 2011.

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. 愛知県農業総合試験場研究報告, 44 : 97-107. 2012.

野田賢治・宮川博充・中村明弘・水野銈一郎・梅澤吉孝. ウズラの卵重と関連する形質の遺伝的パラメータの推定. 日本家禽学会誌, 40 : J66-J70. 2003.

野田賢治・村山 肇・大塚勝正・木野勝敏・太田元好・廣瀬一雄. 23時間周期下における多産鶏の系統造成 (第3報). 愛知県農業総合試験場研究報告, 23 : 437-442. 1991.

野田賢治・木野勝敏・大塚勝正・村山 肇・太田元好. 赤玉鶏開発における系統造成. 愛知県農業総合試験場研究報告, 26 : 345-350. 1994.

野田賢治・中村明弘・木野勝敏・加藤泰之. 名古屋種における肉斑の遺伝的改良. 日本家禽学会誌, 44 : J17-J22. 2007.

野田賢治・木野勝敏・宮川博充・村山 肇・河村孝彦. 産卵時刻を選抜情報に用いた産卵率の改良について. 愛知県農業総合試験場研究報告, 27 : 329-334. 1995.

布目三夫・吉岡理恵・木野勝敏・松田洋一. 愛知県豊橋市の農家のニホンウズラ集団における遺伝的多様性の解析. 日本家禽学会誌, 53 : 秋季大会号 pp. 6. 2016.

佐藤勝紀. ウズラの育種ならびに飼料, 栄養. 岡山大学農学部学術報告, 98 : 47-57. 2009.

佐藤勝紀・山本敏幸・伊東伸一・小林英文・猪 貴義. 近親交配が日本ウズラの体重, 性成熟日齢, 卵重に及ぼす影響. 岡山大学農学部学術報告, 61 : 25-32. 1983.

新城明久・水間 豊・西田周作. 日本ウズラにおける近交退化に関する研究. 日本家禽学会誌, 8 : 231-237. 1971.

- Sittmann K, Abplanalp H and Fraser RA. Inbreeding depression in Japanese quail. *Genetics*, 54 : 371-379. 1966.
- Tadano R, Nakamura A, Kino K. Analysis of genetic divergence between closely related lines of chickens. *Poultry Science*, 91 : 327-333. 2012.
- 只野 亮・葦澤圭二郎・布目三夫・水谷 誠・川原玲香・河野友宏・藤原哲・松田洋一. 新たに開発したマイクロサテライト DNA マーカーによる野生系ウズラの遺伝的特性評価. *日本家禽学会誌*, 50 : 秋季大会号 pp. 5. 2013.
- Tomonaga S, Noda K, Suenaga R, Asechi M, Adachi N, Kino K, Nakamura A, Denbow DM and Furuse M. Stress responses in neonatal meat and layer Nagoya chicks. *Animal Science Journal*, 78 : 541-545. 2007.
- 上野孝志・宮園幸男・小宮山鐵朗・大塚 茂. 採卵鶏の放卵時刻と抱卵周期について. *畜産試験場研究報告*, 33 : 87-91. 1978.
- 吉岡理恵・渡邊久子・木野勝敏. 生産性及び外部卵質に優れるウズラ新系統の開発. *愛知県農業総合試験場研究報告*, 48 : 89-90. 2016.