

比内鶏の14週齢体重における選抜反応と遺伝率の推定

力丸宗弘・高橋大希・小松 恵・佐藤正寛^{*1}・鈴木啓一^{*2}^{*1} 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^{*2} 東北大学大学院農学研究科

要 約

14週齢体重を指標として選抜された比内鶏集団における雄728個体、雌1,676個体を用いて、2006年から2010年の5年間にわたる選抜反応を調べるとともに、遺伝率を推定した。4世代にわたる家系内選抜の結果、比内鶏集団の14週齢体重は世代の経過に伴って増加し、その選抜反応は雄が264 g、雌が179 gであった。最終世代における14週齢体重は雄が2,521 g、雌が1,930 gとなり、14週齢体重の世代に対する直線回帰係数はそれぞれ51.8 g/年、35.8 g/年となった。集団全体の育種価の世代に対する直線回帰係数は35.1 g/年となり、有意に増加した($P < 0.01$)。REML法による14週齢体重における遺伝率は0.45と推定された。また、体重選抜による他形質に対する悪影響は認められなかった。以上の結果から、比内鶏集団の14週齢体重は今後も選抜による育種改良が可能であると推察された。

緒 言

秋田県畜産試験場では、1973年に種卵を導入し、比内鶏の保存を開始するとともに、本県の特産鶏である「比内地鶏」生産の雄種鶏として体重等の能力の改良を図りながら、毎年世代更新を行ってきた。畜産試験場へ導入した当時の比内鶏の180日齢の平均体重は雄で1.93 kg、雌で1.46 kgと小さく(豊住 ら 1974)、飼料の利用性、産卵性ともに他の種鶏と比較して大幅に劣っていたため、その能力向上のために育種改良を開始した。1989年からは、300日齢体重を改良目標として新たな種鶏群の造成に取り組み、1996年には300日齢の平均体重は雄で3.26 kg、雌で2.44 kgまで改良された(松浦と佐々木 1998)。種鶏群造成後は、ニワトリの骨格や筋肉が形成される育雛後期である14週齢体重の表型値を選抜形質とし、引き続き選抜が行われた。その結果、2006年における14週齢の平均体重は雄で2.26 kg、雌で1.75 kgにまで改良された(小松 ら 2008)。種鶏の改良に伴い、

肉用鶏である比内地鶏の体重も改良され、作出当時の雌の体重は150日齢で1.69 kg(畠山ら 1978)であったが、近年の22週齢における雌の体重は2.54 kg(Rikimaru ら 2009)と約800g改良されている。

ニワトリ集団を育種改良するためには、集団内における各個体の遺伝的能力を正確に推定し、優れた種鶏を選抜することが必要である。そのためには、まず当該集団において改良したい形質における遺伝的パラメーターを推定する必要がある。次に、推定した遺伝的パラメーターを用い、BLUP法により年次と性の母数効果を補正した上で育種価を推定することで、表型選抜よりも効率的な遺伝的改良が期待される。今後、比内鶏における発育の改良をBLUP法によって効率的に進めるためには、発育形質における遺伝的パラメーターを推定しておく必要がある。そこで本研究では、比内鶏におけるこれまでの選抜反応を調べるとともに、さらなる発育形質の向上の可能性を探るため、14

週齢体重における遺伝率を推定することを目的とした。

材料と方法

1. 供試材料

当場で系統造成している20家系からなる比内鶏を分析対象とした。解析には、2006年から2010年にふ化した雄728羽、雌1,676羽の14週齢体重の記録を用いた。個体間の血縁情報は、2006年にふ化した世代より2世代さかのぼり、2004年にふ化した雄20羽、雌98羽ならびに2005年にふ化した雄20羽、雌143羽を加え、さらに2006年から2010年にふ化した個体のうち、14週齢体重の記録を持たない雄2羽、雌126羽を加えた。なお、14週齢体重の記録を持たない個体に関しては12週齢体重を選抜形質として利用したが、その割合は記録を持つ個体の6%程度と少ないため、本研究では14週齢体重のみの1形質での解析を行った。

2. 飼養管理

ふ化したヒナのうち、雌は家系ごとにすべての個体を餌付けし、雄は母親の産卵成績により1家系あたり平均8.6羽(1~16羽)を選抜して餌付けした。ヒナは餌付けから4週齢までバタリー育雛器(間口88.5 cm×奥行73.0 cm×高さ48.3 cm)で、その後育成ケージ(間口90.6 cm×奥行き60.5 cm×高さ60.5 cm)で雌雄別に1ケージ当たり雄は5羽、雌は6羽とした群飼で育成した。各世代とも育成期飼料は、0~4週齢まで幼雛(CP21%以上、ME2,900 kcal以上)、5~9週齢まで中雛(CP18%以上、ME2,850 kcal以上)、10~17週齢まで大雛(CP14.5%以上、ME2,800 kcal以上)用飼料を給与した。飼料および水は自由摂取とし、照明時間は自然日長とした。

3. 選抜形質と選抜方法

選抜形質はニワトリの骨格や筋肉が形成される

時期である14週齢体重を改良目標とし、選抜は、まず外貌が不良なもの(単冠、羽装、脚、嘴等の不良)を独立淘汰したのち、14週齢時に体重測定を実施し、1家系内あたり雄は1羽、雌は平均10.2羽(1~15羽)を選抜した。従って選抜は家系内個体選抜である。

選抜個体は家系間で交配し、毎世代の近交係数が最小となるように家系を組み合わせ、自然交配によって1年ごとに次世代を更新した。

4. 遺伝率の推定

(1) 実現遺伝率の推定

実現遺伝率は累積選抜差に対する累積選抜反応の回帰によって推定した。なお、各世代の選抜差は、選抜個体が次世代に残した子の数で重み付けして求めた。

(2) REML法による遺伝率の推定

分散成分の推定には制限付き最尤法によるMTDFREML (Boldman ら 1995) プログラムを用いた。母数効果は年次、性とし、アニマルモデルREML法により遺伝的パラメータを推定した。数学モデルは以下の通りである。

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

ここで、 y は14週齢体重の観測値のベクトル、 b は母数効果のベクトルで、年次(1~5)、性(1~2)を含む。 u は個体の育種価のベクトル、 e は誤差ベクトル、 X および Z はそれぞれ y と b および u の関係を表す生起行列である。また、 u と e は、

$$E(u) = E(e) = 0, \text{ var}(u) = \sigma_a^2 A, \text{ var}(e) = \sigma_e^2 I, \text{ cov}(u, e') = 0$$

に従うものとする。ただし、 A は分子血縁行列、 σ_a^2 は相加的遺伝分散、 σ_e^2 は誤差分散である。

結果および考察

本研究では、比内鶏のさらなる発育形質の向上の可能性を図るため、過去5年間に於ける14週齢体重のデータを用いて遺伝率を推定し、今後の選抜の指標の一つとしての可能性について検討を行った。

4世代における選抜の結果、比内鶏の14週齢体重は雄では2,257 gから2,521 g、雌では1,751 gから1,930 gへと増加した(表1)。各世代の選抜差は雄が99.4~231.8 g、雌が19.7~69.2 gであった。選抜差を標準偏差で除した標準選抜差は雄が0.48~1.12、雌が0.17~0.53であった。雄と雌の累積標準選抜差は5年でそれぞれ3.92、1.50、1世代あたりの単純平均値はそれぞれ0.78、0.30となった。

比内鶏における14週齢体重の年次に対する線形回帰を図1に示した。4世代における実現選抜反応は、雄では264 g、雌では179 gであった。回帰係数は、雄では51.8 g/年、雌では35.8 g/年となったが、有意ではなかった。これは、年次による変動の影響が大きかったことが原因と考えられる。しかし、14週齢体重における比内鶏の推定育種価はほぼ直線的に向上しており、集団全体の回帰係数は35.1 g/年と有意($P < 0.01$)な増加を示していることから(図2)、発育形質は順調に改良がなされていると考えられる。

比内鶏における14週齢体重の遺伝率の推定値を表2に示した。REML法による14週齢体重の遺伝率は 0.45 ± 0.06 と比較的高い値が推定された。累積選抜差に対する累積選抜反応の回帰によって算出した実現遺伝率は 0.39 ± 0.34 となり、REML法により推定した遺伝率よりやや低い値となった。実現遺伝率の誤差が大きくなった要因としては、比内鶏の産卵率自体が約30%と非常に低く、年によって産卵率や雄の受精能力が家系内でばらつくこと、また、家系内選抜を行っていることから、ふ化羽数が多くても、必ずしも発育の優れた個体のみを選抜することができなかったこと、その他天候等による環境要因がその主な要因と考えられる。特に2008年では体重の減少が見受けられたが、これはその年のふ化羽数自体が少なく、種鶏群を維持するために体重の小さな鶏も残さざるを得なかったことが原因と考えられる。

一般的にニワトリの体重に関する遺伝率は低から中程度の値が報告されている。Siegel(1962)は、176報の文献を調査し、ニワトリの6-12週齢体重における遺伝率をとりまとめ、その平均は0.41(0.29-0.45)と報告している。肉専用種においては、ホワイトプリマスロックと白色コーニッシュの7週齢体重の遺伝率はそれぞれ0.10~0.27、0.19~0.33(Danbaro ら 1995)と推定されている。

表1. 比内鶏における14週齢体重の年次別基本統計量および選抜差

年度	雄						雌					
	選抜対象羽数	平均体重±SD(g)	選抜羽数*	選抜差(g)	標準選抜差	累積標準選抜差	選抜対象羽数	平均体重±SD(g)	選抜羽数*	選抜差(g)	標準選抜差	累積標準選抜差
2006	126	2,257 ± 243	19	161.8	0.67	0.67	434	1,755 ± 130	101	69.2	0.53	0.53
2007	131	2,425 ± 207	20	231.8	1.12	1.79	250	1,867 ± 136	81	23.1	0.17	0.70
2008	156	2,208 ± 218	19	190.5	0.87	2.66	259	1,752 ± 179	77	65.8	0.37	1.07
2009	158	2,419 ± 207	19	99.4	0.48	3.14	307	1,867 ± 124	112	32.5	0.26	1.33
2010	157	2,521 ± 148	20	115.7	0.78	3.92	426	1,930 ± 113	131	19.7	0.17	1.50

* 選抜羽数は次世代を残した実現選抜羽数

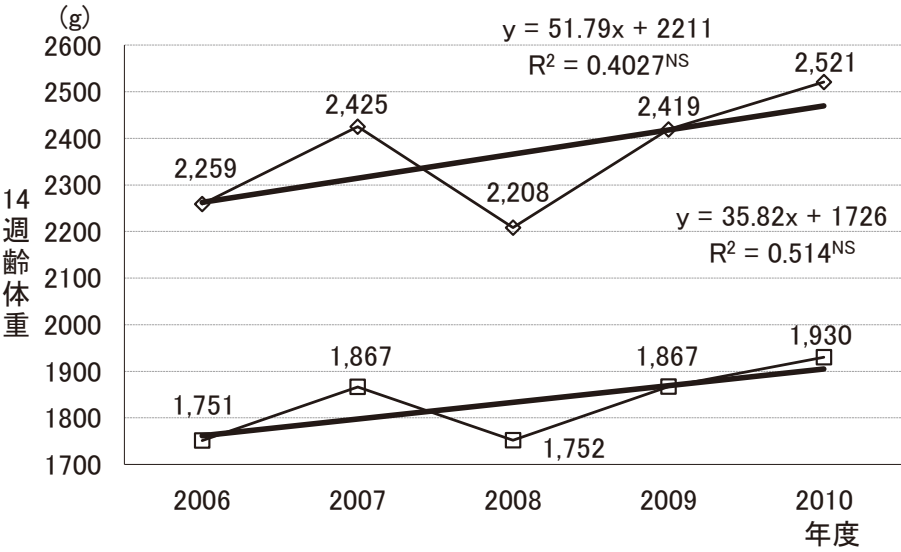


図 1. 比内鶏における14週齢体重 (g) の年次別平均値の推移
◇ : 雄, □ : 雌

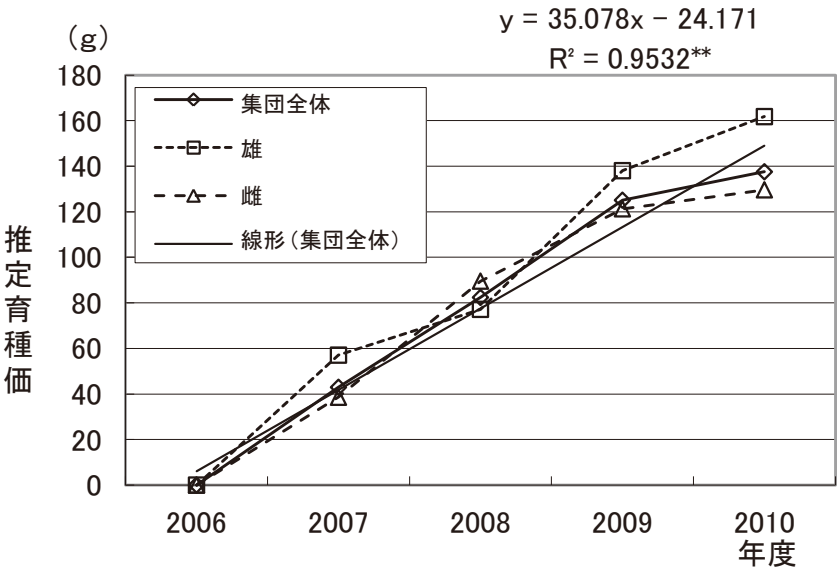


図 2. 比内鶏における14週齢体重 (g) の遺伝的趨勢
** 1 % で有意差あり

表 2. 比内鶏における14週齢体重の遺伝率の推定値

算出方法	遺伝率	±	標準誤差
REML法	0.45	±	0.06
実現遺伝率	0.39	±	0.34

また、近年のブロイラーにおける6～7週齢体重の遺伝率は0.17-0.39 (Le Bihan-Duval ら 2001; Zerehdaran ら 2004; Closter ら 2012) と低い値が推定されている。一方、在来鶏では、薩摩鶏の雄の9週齢体重における遺伝率は0.18 (岡本 ら 2003)、名古屋種の10週齢体重における遺伝率は0.40と推定されている (加藤 ら 1984)。海外の在来鶏においても発育形質に関する遺伝的パラメーターが推定されており、10～13週齢体重における推定遺伝率は0.30～0.68と中程度から比較的高い値が報告されている (Norris と Ngambi 2006; Kamali ら 2007; Chen ら 2008; Larivière ら 2009)。遺伝率は、長期間にわたる繰り返し選抜によって低下することが報告されている (Sharma ら 1996)。ブロイラーでは、体重の遺伝率は低い値が報告されているが、これは長年強い選抜によって改良されてきた結果、遺伝分散が小さくなったことを反映したものと思われる。一方、在来鶏では、体重の遺伝率は中程度から比較的高い値が報告されていることから、多くの在来鶏でこれまであまり強い選抜が行われていなかった可能性が高い。本研究においても、比内鶏の14週齢体重における推定遺伝率は0.45と比較的高い値を示したことから、今後も選抜による改良は可能である

ことが推察された。

ニワトリの週齢間体重の遺伝相関および表型相関は週齢間が近い程高く、遠い程低くなることが報告されている (Martin ら 1953; Siegel 1963; 佐伯 ら 1969)。ブロイラーのような肉専用種では、出荷日齢が早いため、早期日齢における遺伝的パラメーターが重要となるが、比内地鶏は流通のほとんどが雌であり、出荷日齢は150日齢以降 (秋田県, 2008) であることから、14週齢体重を指標とした選抜は、比内地鶏の発育を改善するうえで重要な情報となる。一方、体重の選抜に伴う他形質に対する間接選抜反応について、Siegel と Wolford (2003) は過去50年において若齢期体重を増加させる選抜試験では、一般的に体重の増加によって産卵数が減少し、卵重が増加することを報告している。本試験では、各世代における産卵調査期間が若干異なるため、直接の比較は難しいが、各世代の産卵率は基礎世代目と比較して増加する傾向を示した (表3)。卵重についても同様に基礎世代目と比較して増加する傾向を示した。また、受精率およびふ化率の影響も認められなかったことから、体重選抜による他形質に対する悪影響は認められなかった。

表3. 比内鶏における年次別ふ化成績および産卵成績

年度	ふ化成績				産卵成績		
	入卵個数 (個)	受精率(%)	ふ化羽数 (羽)	ふ化率(%)	300日卵重 * (g)	産卵率 ** (%)	産卵調査期間
2006	1,332	76.1	936	70.3	56.5	31.2	169-448日齢
2007	844	76.7	544	64.5	57.9	—	
2008	920	74.1	616	67.0	57.4	37.8	182-420日齢
2009	887	84.1	696	78.5	—	36.8	175-434日齢
2010	1,352	83.1	1,013	74.9	57.4	35.2	168-434日齢

ふ化率は入卵個数に対する割合

* 300日卵重：2009年は未調査

** 産卵率：2007年は未調査

以上の結果から、比内鶏の14週齢体重における推定遺伝率は0.45と比較的高い値を示したため、今後も選抜による改良は可能であると推察された。また、今後、表型値による選抜ではなく、BLUP法を用いて選抜することにより、これまでよりも改良速度を速めることが可能となる。さらに、今後は産卵率や卵重等の産卵記録を測定し、その遺伝的パラメーターを推定することにより、これらの経済形質と発育を同時に改良することを目指している。したがって、本研究で得られた結果は、今後より効率的な改良を進める上で重要な情報になると考えられる。

文 献

- 秋田県における認証制度に対応した比内地鶏飼養管理マニュアル. 2008. 秋田県, 秋田.
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP and Kachman SD. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. U.S.
- Chen JL, Zhao GP, Zheng MQ, Wen J and Yang N. 2008. Estimation of genetic parameters for contents of intramuscular fat and inosine-5'-monophosphate and carcass traits in Chinese Beijing-You chickens. *Poultry Science* 87, 1098 - 1104.
- Closter AM, van As P, Elferink MG, Crooijmanns RPMA, Groenen MAM, Vereijken ALJ, van Arendonk JAM and Bovenhuis H. 2012. Genetic correlation between heat ratio and body weight as a function of ascites frequency in broilers split up into sex and health status. *Poultry Science* 91, 556 - 564.
- Danbaro G, Oyama K, Mukai F, Tsuji S, Tateishi T and Mae M. 1995. Heritabilities and genetic correlations from a selection experiment in broiler breeders using restricted maximum likelihood. *Japanese Poultry Science* 32, 257 - 266.
- 畠山義祝, 勝浦勉, 赤川淳美. 1978. 比内鶏の利用に関する試験. -比内鶏の交雑利用- (第3報). 昭和52年度秋田県畜産試験場研究報告, 81-89.
- Kamali MA, Ghorbani SH, Sharbabak MM and Zamiri MJ. 2007. Heritabilities and genetic correlations of economic traits in Iranian native fowl and estimated genetic trend and inbreeding coefficients. *British Poultry Science* 48, 443 - 448.
- 加藤貞臣, 大塚勝正, 野田賢治, 大薮哲也, 廣瀬一雄. 1984. 名古屋種の増体選抜試験-肉用系統鶏の第10世代までの選抜効果- (第3報). 愛知県農業総合試験場研究報告16, 404-409.
- 小松恵, 力丸宗弘, 石塚条次. 2008. 比内鶏およびロードアイランドレッド種の性能調査. 秋田県畜産試験場研究報告 22, 75 - 80.
- Larivière JM, Michaux C, Verleyen V and Leroy P. 2009. Heritability estimate and response to selection for body weight in the Ardennaise chicken breed. *International Journal of Poultry Science* 8, 952 - 956.
- Le Bihan-Duval E, Berri C, Baeza E, Millet N and Beaumont C. 2001. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. *Poultry Science* 80, 839 - 843.
- Martin GA, Glazener EW and Blow WL. 1953. Efficiency of selection for broiler growth at various ages. *Poultry Science* 32, 716 - 720.
- 松浦千恵子, 佐々木茂. 1998. 寒冷地に適した複合養鶏の安定生産技術の確立. -特産鶏肉安定生産のための選抜試験- (第5報). 秋田県畜

- 産試験場研究報告 13, 43- 46.
- Norris D and Ngambi JW. 2006. Genetic parameter estimates for body weight in local Venda chickens. *Tropical Animal Health and Production* 38, 605 - 609.
- 岡本新, 松岡尚二, 橋口勉, 前田芳實. 2003. 薩摩鶏の飼料効率に関する遺伝的パラメーター. *日本家禽学会誌* 40, J168-J171.
- Rikimaru K, Yasuda M, Komatsu M and Ishizuka J. 2009. Effects of caponization on growth performance and carcass traits in Hinai-jidori chicken. *The Journal of Poultry Science* 46, 351 - 355.
- 佐伯祐弐, 秋田富士, 大西晴彦. 1969. プロイラー用鶏の育種に関する研究. VII. 各週齢間体重の相関ならびに遺伝率からみた早期選抜適期の推定. *畜産試験場研究報告* 19, 53-59.
- Sharma D, Johari DC, Kataria MC, Singh BP, Singh DP and Hazary RC. 1996. Effect of long term selection on genetic parameters of economic traits in White Leghorn. *Asian-Austrasian Journal of Animal Science* 9, 455 - 459.
- Siegel PB. 1962. Selection for body weight at eight weeks of age. 1. Short term response and heritabilities. *Poultry Science* 41, 141 - 145.
- Siegel PB. 1963. Selection for body weight at eight weeks of age. 2. Correlated responses of feathering, body weight, and reproductive characteristics. *Poultry Science* 42, 896 - 905.
- Siegel PB and Wolford JH. 2003. A review of some results of selection for juvenile body weight in chickens. *The Journal of Poultry Science* 40, 81 - 91.
- 豊住登, 本郷直喜, 藤原久康, 吉川芳秋, 菊池正美. 1974. 肉用鶏に対する地鶏(比内鶏)の利用に関する試験. (第1報)比内鶏の発育に関する試験. *昭和48年度秋田県畜産試験場研究報告*, 159-164.
- Zerehdaran S, Vereijken ALJ, van Arendonk JAM and van der Waaij EH. 2004. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. *Poultry Science* 83, 521-525.