

《技術報告》

推定総合育種価を利用した肉用奥美濃古地鶏原種鶏の系統造成

浅野美穂¹・石川寿美代¹・福澤陽生^{2,3,4}

¹ 岐阜県畜産研究所養豚・養鶏研究部, 岐阜県関市 501-3924

² 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, 茨城県つくば市 305-0901

³ 東北大学大学院農学研究科, 宮城県仙台市青葉区 980-8572

⁴ 前所属: 独立行政法人家畜改良センター兵庫牧場, 兵庫県たつの市 679-4017

肉用奥美濃古地鶏は、岐阜地鶏改良種 GMB 系統の父と白色プリマスロックの系統とロードアイランドレッドの系統(以下、「RIR」)との交雑種の母から生産される日本の地鶏である。GMB と RIR は、これまで岐阜県畜産研究所で閉鎖群育種により改良が進められてきたが、2015 年と 2016 年の 2 年にわたって表型値の傾向が育種目標の方向と一致しなかった。このため、2018 年からこの 2 系統の遺伝的能力評価体制を刷新し、4 形質(雌雄の 5 週齢時体重、雌の 26~39 週齢における期間産卵率、36 週齢時の卵重と卵殻強度)について、その前後 3 年間の遺伝的パラメーターおよび各形質とその推定総合育種価の遺伝的趨勢を比較した。この刷新では、血統情報の確認機能を持ち開発が継続されている遺伝的能力評価プログラムを導入し、相対希望改良量を達成するための推定総合育種価の重み付け値の計算方法を自作の表計算から論文とマニュアルが公開されているコンピュータプログラムの利用に変更し、推定総合育種価に利用する形質を 5 つから初産日齢を除いた 4 つに見直した。新しい遺伝的能力評価プログラムの導入により血統情報の間違いが検出され修正が可能となった。刷新後の方法で推定された遺伝的パラメーターに問題はみられず、データの蓄積によって推定値の標準誤差が小さくなっていった。推定総合育種価の遺伝的趨勢からは、遺伝的能力評価体制の刷新後はいずれの鶏種でもおおむね良好に改良が進んでいることが確認できた。しかし、いくつかの形質では、遺伝的趨勢が横ばいあるいは低下傾向で推移していた。このため、今後、選抜にあたっては推定総合育種価だけでなく各形質の推定育種価の選抜差も確認する必要があると考えられた。

キーワード: 遺伝的趨勢, 遺伝的能力評価, 岐阜地鶏改良種, 地鶏, 相対希望改良量, ロードアイランドレッド

緒 言

日本には多くの地鶏が存在し、その中でも岐阜地鶏は最も古い鶏種の 1 つと考えられている(田名部, 2006)。岐阜県では、1941 年に天然記念物指定を受けた岐阜地鶏をもとにレッドコーニッシュ、ニューハンプシャーおよびレッドロックを合成して系統造成した岐阜地鶏改良種 GMB (Gifu Meat Brown) 系統(石川, 2018)を父系とし、劣性白色プリマスロックの 13 系統(以下、「WPR」)と RIR の系統の交配種を母系とした 3 元交配により肉用奥美濃古地鶏という実用鶏が生産されている(図 1)。肉用奥美濃古地鶏は、地鶏肉の日本農林規格(農林水産省, 1999)(以下、「地鶏肉 JAS」)に定義されている 38 種の日本在来種のうち岐阜地鶏と RIR を利用した由来血液百分率が 54.1% であり、2001 年に地鶏肉 JAS の生産基準を満たした申請者が認定を受けた(田中, 2002)。2003 年には約 30 万羽が生産され(岐

阜県, 2005)、岐阜県の畜産ブランドとして成長してきており、今後も更なる生産拡大が期待されている。肉用奥美濃古地鶏の原種鶏である GMB、WPR および RIR のうち、GMB と RIR は岐阜県畜産研究所 養豚・養鶏研究部(関市, 岐阜県)(以下、「試験地」)で 2000 年から閉鎖群育種による系統造成が行われており、WPR は独立行政法人家畜改良センター兵庫牧場(たつの市, 兵庫県)(以下、「兵庫牧場」)から試験地に導入して種鶏生産に利用している。奥美濃古地鶏の生産拡大に向けては、生産者からは増体性を高めて収益性を向上させたいという要望があり、その原種鶏である GMB と RIR は主に体重の増加を目標として育種改良されていたが、2015 年から 2016 年にかけて 2 鶏種とも体重に減少傾向がみられた。このことについて、血統情報の確認が不十分であったこと、開発された年が古く最近は更新されていない遺伝的パラメーターの推定プログラム MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995) を利用していたこと、BLUP 法で推定した育種価ではなく制限付き最尤(REML)法で遺伝的パラメーターを推定した際に得られた解を選抜に使用していたこと、推定総合育種価に利用する各形質の推定育種価の重み付け値を表計算ソフトウェアで試験地の職員が独自に作成したファイルを用いて計算していたこと、5 形質からなる推定総合育種価を利用しており、改良目標が多く選抜の方向性が定まりにくかったことなど様々な理由が考

2022 年 4 月 15 日受付, 2022 年 7 月 28 日受理

連絡者: 福澤陽生

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

Tel : 028-838-8625

Fax : 028-838-8625

E-mail : fukuzaway282@affrc.go.jp

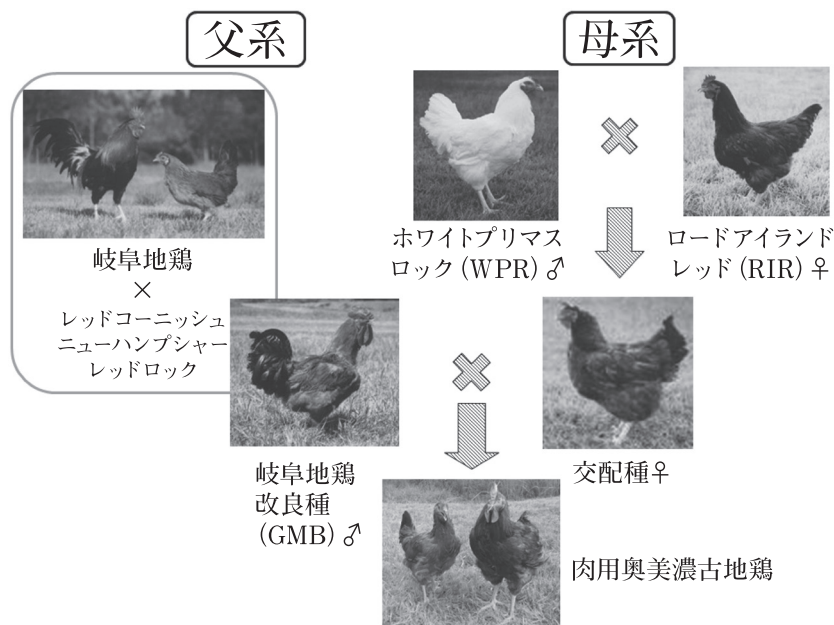


図 1. 奥美濃古地鶏の交配様式

えられたが、その原因の特定は困難であった。このため、2017年に兵庫牧場から助言を受けて、2018年から遺伝的能力評価の実施体制を刷新した。まず、血統情報の確認機能を持ち開発が継続している遺伝的能力評価プログラムを導入した。また、推定総合育種価の利用する形質の重み付け値の計算には論文とマニュアルが公開されているプログラムを利用することとした。さらに、推定総合育種価に利用する形質を体重、初産日齢、期間産卵率、卵重および卵殻強度の5形質から、初産日齢を除く4形質に見直した。初産日齢は、期間産卵率と負の遺伝相関が高く、期間産卵率を改善するほど初産日齢が若くなるという好ましい関係から、期間産卵率への選抜の間接反応によって初産日齢の改善が期待できると考えられたこと。初産日齢への相対希望改良量が小さかったことから、ほとんど選抜時に重視されていなかったこと。初産日齢は早ければ早すぎるほど良いというわけではないため前年の平均値から数日程度の改善を目標値にしていたところ、年によって表型値の変動が大きく目標値と現状値の差の正負が反転したため相対希望改良量の決定が困難であったことから、これを除外した。

ところで、地鶏生産に用いられる在来種をはじめとする地域特産鶏は日本各地で小規模に飼養されていることが多く、近交とならないよう飼養規模を大きく維持するなどの配慮が求められる。一方で、生産者からは遺伝的能力評価による生産性の改善が求められるため、近交退化の抑制と育種改良をバランス良く行う必要がある。地鶏生産に用いられる系統の造成方法については報告が少なく、秋田県を主な生産地とする比内鶏では推定育種価を用いた家系内選抜(力丸ら, 2014)、愛知県を主な生産地とする名古屋種では家系を考慮した独立淘汰法(木野ら, 1999)、および、改良目標値に基づく選抜指数法(山田ら, 1974)を用いた選抜(中村ら, 2011; 中村ら, 2012)が報告されているが、これまで

表 1. 供試鶏の世代ごとの育種規模

鶏種 ¹	年	餌付け羽数		交配した選抜鶏羽数	
		♂	♀	♂	♀
GMB	2015	232	591	34	163
	2016	279	603	38	175
	2017	251	571	36	168
	2018	269	620	33	180
	2019	231	557	34	170
	2020	253	559	36	185
RIR	2015	269	583	34	154
	2016	260	588	33	163
	2017	232	575	33	168
	2018	272	596	32	174
	2019	257	535	35	176
	2020	270	530	34	178

¹GMB：岐阜地鶏改良種，RIR：ロードアイランドレッド

地鶏生産に用いられる系統の選抜に推定総合育種価を利用した報告はない。

そこで我々がGMBおよびRIRの系統造成方法刷新のために導入した推定総合育種価を用いる遺伝的能力評価技術について、導入後3年の経過を報告したい。

材料と方法

1. 供試材料

試験地で系統造成しているGMBおよびRIRについて2015年鶏から2020年鶏の血統情報と形質の記録を分析に供した。供試鶏の餌付け年ごとの育種規模を表1に示した。GMBは4,256羽

(雄1,238羽・雌3,018羽)、RIRは4,467羽(雄1,319羽・雌3,148羽)の記録を用いた。

2. 飼養管理

供試鶏は、餌付けから16~18週齢まではウィンドウレス鶏舎で飼育し、入雛時は1ケージ(間口100cm×奥行60cm×高さ39cm)あたり30羽程度、1週齢時は20~25羽程度、3週齢時は10~18羽程度、5週齢時は7~8羽程度とした。雌雄とも成鶏は開放鶏舎で、雄は1ケージ(幅88cm×奥行98cm×高さ90cm)に7羽程度、雌は1ケージ(幅30cm×奥行39cm×高さ40.5cm)に1羽ずつ飼養した。

餌付けから4週齢までは不断給餌し、5週齢以降は試験地の給餌プログラムに従った。給餌餌料は餌付けから4週齢までは幼雛用(粗蛋白質(以下、「CP」)20%以上、代謝エネルギー(以下、「ME」)2,900kcal以上)、4週齢から10週齢までは中雛用(CP18%以上、ME2,900kcal以上)、10週齢以上は大雛用(CP14.5%以上、ME2,900kcal以上)、18週齢で成鶏編入後、雄は継続して大雛用を給与し、雌は採卵鶏用(CP17%以上、ME2,900kcal以上)を給与した。

照明時間およびワクチネーションプログラムは、試験地のプログラムに従った。

飼養管理は「アニマルウェルフェアの考え方に対応した採卵鶏の飼養管理指針(公益社団法人畜産技術協会,2011;公益社団法人畜産技術協会,2016)」に準じて、熟練した飼育管理者により行われた。なお、2020年は岐阜県畜産研究所の再編整備工事により、雌の飼養鶏舎が2鶏種とも変更となり、鶏舎にエアコンを設置した。

3. 調査形質

雌雄とも5週齢時に体重測定(以下、「BW5」)を行い、雌は26~39週齢の期間産卵率(以下、「EP2639」)を調査するとともに36週齢時(毎年7月あるいは8月)に卵質検査を行い、卵重(以下、「EW36」)および卵殻強度(以下、「BS36」)を測定した。卵質の測定機器について、2015年鶏はEW36を電子秤(GX-2000:株式会社エーアンドディ,東京)、BS36を卵殻強度測定装置(LCC-10M:株式会社INTESCO,千葉)により測定し、2016~2020年鶏は測定機器を更新したため2形質とも卵質測定装置(DET6000:株式会社ナベル,京都)により測定した。

EW36およびBS36は最大3個の卵を測定した。また、複数の測定値がある場合、その平均値を個体の記録とした。

供試鶏が順調に発育しなかった可能性を考慮し、EP2639が25%以下あるいはEW36およびBS36の記録がない雌鶏についてはデータセットから除外した。また、BS36の測定値が2.0kgf/cm²以下であった場合、割れた卵を測定した可能性があるものとして、その卵のEW36およびBS36の記録を削除した。

4. 遺伝的パラメーターと育種価の推定、遺伝的趨勢の確認

遺伝的パラメーターは、BW5、EP2639、EW36およびBS36の4形質について、単形質アニマルモデルAI-REML法により相加的遺伝分散および遺伝率を、2形質アニマルモデルAI-REML法により遺伝相関および残差相関を推定した。

育種価は、4形質アニマルモデルBLUP法により推定した。

遺伝的パラメーターおよび育種価の推定には、以下の数学モデ

ルを用いた。

$$y_{klm} = Year_k + Sex_l + a_m + e_{klm}$$

ここで、 y_{klm} は形質の観測値、 $Year_k$ はk番目の餌付け年(母数効果:6水準)、 Sex_l はl番目の性(母数効果:2水準、BW5のみ)、 a_m はm番目の個体の育種価、 e_{klm} は残差である。変量効果の期待値と分散は、 \mathbf{a} および \mathbf{e} を個体の育種価のベクトルおよび残差のベクトルとしたとき、 $E(\mathbf{a})=E(\mathbf{e})=\mathbf{0}$ 、 $var(\mathbf{a})=\mathbf{A}\sigma_a^2$ 、 $var(\mathbf{e})=\mathbf{I}\sigma_e^2$ および $cov(\mathbf{a}, \mathbf{e})=\mathbf{0}$ に従うものとした。ただし、 σ_a^2 および σ_e^2 はそれぞれ相加的遺伝分散および残差分散、 \mathbf{A} は相加的血縁係数行列で、対角要素が $1+F_i$ 、ここで F_i は血統情報におけるi番目の個体の近交係数(Wright, 1922)、非対角要素がi番目の個体とj番目の個体の血縁係数(Wright, 1922)の分子部分からなる(Mrode, 2014)、 \mathbf{I} は単位行列である。

遺伝的パラメーターおよび育種価の推定には、BLUPF90familyプログラム(Misztal *et al.*, 2018)を用い、RENUMF90プログラムにより血統情報の確認と個体番号等のリナンピングを行ってデータセットを準備し、AIREMLF90プログラムにより遺伝的パラメーターを推定し、BLUPF90プログラムにより育種価を推定し、母数効果の推定値を得るとともに“residual”オプションで残差を出力した。なお、RENUMF90プログラムにより血統情報に誤りが見つかったため、過去の遺伝的パラメーターについても血統情報を更新してから遺伝的パラメーターを再推定した。

表型値および推定値(母数効果、育種価ならびに残差)について年ごとの推移、すなわち遺伝的趨勢を確認した。

5. 相対希望改良量の設定

GMBおよびRIRの選抜に利用する推定総合育種価は、Yamada *et al.* (1975)の方法に従い、各鶏種の遺伝的パラメーターと形質の相対希望改良量を用いて算出した。この時使用した改良目標と毎年の相対希望改良量を表2に示した。相対希望改良量は、世代ごとに表型値と改良目標値の差から求めた。各形質の相対希望改良量について、GMBおよびRIRは肉用原種鶏として、BW5に重きを置いて改良を進めており、それぞれ雌で800gおよび750gを表型値の目標とした。種卵の大きさは53gから65gが適当で、大きくなりすぎると孵化率も悪くなるとされている(田中と坂井田, 1993)。また種卵生産に影響が出ないようBS36は3.8~3.9kgf/cm²を維持しつつ、産卵率が低くなりすぎない程度でBW5およびEW36を大きくすることとした。

6. 推定総合育種価の算出と遺伝的趨勢の確認

推定総合育種価は、BW5、EP2639、EW36およびBS36の4形質について、次式のとおりに各形質の重み付け値とその推定育種価の積和として求め、遺伝的趨勢を確認した。

$$\hat{H} = \sum_{n=1}^4 w_n \hat{a}_n = w_1 \hat{a}_1 + w_2 \hat{a}_2 + w_3 \hat{a}_3 + w_4 \hat{a}_4$$

ここで、 \hat{H} は推定総合育種価、 w_n はn番目の形質の重み付け値、 \hat{a}_n はn番目の形質の推定育種価である。 w_n の算出には、遺伝的パラメーターと相対希望改良量に加えて、形質の測定記録とその血縁情報を取り入れるSIndexプログラム(佐藤, 2003)を用いた。

7. 選抜・交配・次世代の作出

選抜について、雄は推定総合育種価により1父家系1羽を家系

表 2. 供試鶏種造成の改良目標と毎年の相対希望改良量

鶏種 ¹	形質 ²	BW5 (g)	EP2639 (%)	EW36 (g)	BS36 (kgf/cm ²)
GMB	2015	-1.4	0	0.9	-0.3
	2016	19.8	0.1	0.1	0.2
	2017	12.6	0.3	1.3	0.1
	2018	-20	1	2.5	0.01
	2019	10	0.2	3.5	0.3
	2020	5	0.1	1	0.1
	表型値の目安 ³	850 以上	75 以上	58 以上	3.8 以上
RIR	2015	-2.5	0	0.7	-0.2
	2016	21	0	1	0.3
	2017	37.5	0.1	1.5	0.3
	2018	30	0	1.5	0.01
	2019	10	0	1.5	0.01
	2020	40	0	1	0.1
	表型値の目安 ³	700 以上	80 以上	59 以上	3.8 以上

¹GMB：岐阜地鶏改良種，RIR：ロードアイランドレッド
²BW5：5 週齢時体重，EP2639：26～39 週齢期間産卵率，EW36：36 週齢時卵重，BS36：36 週齢時卵殻強度
³実際の目標値は，各年の希望改良量と表 3 で示す平均値との和となる（BW5 は雌を基準とした）

表 3. 供試鶏の表型値の推移

鶏種 ¹	性	♂								♀							
		形質 ²		BW5 (g)		EP2639 (%)		EW36 (g)		BS36 (kgf/cm ²)							
		年	N	平均値 ³	SD	N	平均値 ³	SD	N	平均値 ³	SD	N	平均値 ³	SD			
GMB	2015	162	995.5 ^a	88.8	496	826.3 ^c	70.8	496	73.8 ^a	11.3	496	56.6 ^c	4.3	496	4.2 ^a	0.6	
	2016	177	980.4 ^{ab}	92.3	487	804.9 ^d	80.2	487	70.2 ^c	12.0	487	57.9 ^b	4.2	487	3.7 ^c	0.5	
	2017	240	916.1 ^c	94.6	550	787.5 ^e	74.3	550	71.5 ^{bc}	11.0	550	56.7 ^c	4.2	550	3.8 ^b	0.6	
	2018	219	958.0 ^b	96.4	475	845.8 ^b	70.5	475	72.3 ^{ab}	10.0	475	56.5 ^c	3.9	475	3.8 ^b	0.6	
	2019	230	975.0 ^{ab}	87.1	546	840.9 ^b	65.2	546	71.5 ^{bc}	11.6	546	56.7 ^c	4.0	546	3.7 ^c	0.5	
	2020	209	986.1 ^a	89.1	465	897.4 ^a	71.1	465	72.4 ^{ab}	8.8	464	59.4 ^a	4.1	464	3.8 ^{bc}	0.6	
RIR	2015	153	800.9 ^b	75.1	510	662.5 ^b	64.2	510	82.3 ^{ab}	10.5	510	59.3 ^b	4.1	510	4.1 ^a	0.6	
	2016	242	729.4 ^c	63.2	541	639.3 ^c	57.5	541	83.1 ^a	10.9	541	59.0 ^{bc}	4.1	541	3.6 ^d	0.5	
	2017	234	724.6 ^c	73.9	541	612.7 ^d	61.3	541	81.5 ^{ab}	9.2	541	58.4 ^c	4.1	541	3.6 ^d	0.5	
	2018	230	740.7 ^c	71.9	526	606.6 ^d	58.5	526	81.3 ^b	9.8	526	57.6 ^d	4.2	526	3.9 ^b	0.6	
	2019	242	871.0 ^a	66.8	534	730.1 ^a	61.3	534	77.8 ^c	10.8	534	58.6 ^c	4.0	534	3.9 ^b	0.5	
	2020	218	865.6 ^a	73.1	496	728.3 ^a	59.5	496	80.9 ^b	9.4	496	62.2 ^a	4.2	496	3.7 ^c	0.6	

¹GMB：岐阜地鶏改良種，RIR：ロードアイランドレッド
²BW5：5 週齢時体重，EP2639：26～39 週齢期間産卵率，EW36：36 週齢時卵重，BS36：36 週齢時卵殻強度
³同一鶏種内の異符号間に有意差あり ($P < 0.05$)

内選抜した（家系を考慮した非切断型選抜）。雌は家系を考慮せず，推定総合育種価による切断型選抜とした。ただし，EW36 および BS36 のデータが 1 つもない雌個体，外貌・体型不良の個体は選抜対象から除外した。

交配について，選抜鶏の雄 1 羽と雌 5 羽を，同じ家系とならない組み合わせで人工授精を行って次世代を作出し，1 年ごとに世

代を更新した。
 作出された次世代の雛は，目視で大きさ，羽色，活力，へそ締まりの良さ，および触感で卵黄遺残の有無を確認して不良雛を淘汰し，残った良雛から，各鶏種とも表 1 に記載のある，餌付けの前の世代（年）で交配した選抜鶏羽数の雄（32～38 羽）を父家系として，父家系ごとに雌は 17～18 羽，雄は 7～8 羽を選抜して

表 4. 供試鶏種の相加的遺伝分散 (σ_a^2), 遺伝率 (h^2) とその標準誤差 (SE) の変化

鶏種 ¹	形質 ² 年 ³	BW5		EP2639		EW36		BS36	
		σ_a^2	h^2 (SE)	σ_a^2	h^2 (SE)	σ_a^2	h^2 (SE)	σ_a^2	h^2 (SE)
GMB	2018	2581.8	0.387 (0.041)	18.2	0.147 (0.041)	12.0	0.658 (0.046)	0.16	0.473 (0.051)
	2019	2702.7	0.419 (0.036)	20.1	0.159 (0.037)	11.5	0.633 (0.041)	0.16	0.496 (0.044)
	2020	2803.0	0.430 (0.033)	17.7	0.148 (0.033)	11.2	0.622 (0.038)	0.14	0.438 (0.041)
RIR	2018	2109.3	0.518 (0.037)	25.8	0.246 (0.048)	12.2	0.674 (0.043)	0.10	0.352 (0.049)
	2019	2170.5	0.523 (0.034)	23.2	0.218 (0.039)	10.8	0.610 (0.040)	0.09	0.324 (0.024)
	2020	2323.9	0.549 (0.030)	23.3	0.224 (0.036)	11.0	0.610 (0.037)	0.10	0.336 (0.039)
参考値 ⁴		0.4~0.6		0.1~0.3		0.3~0.7		0.3~0.5	

¹GMB：岐阜地鶏改良種, RIR：ロードアイランドレッド

²BW5：5 週齢時体重, EP2639：26~39 週齢期間産卵率, EW36：36 週齢時卵重, BS36：36 週齢時卵殻強度

³利用したデータ年数：2018=4 (2015~2018), 2019=5 (2015~2019), 2020=6 (2015~2020)

⁴畜産ハンドブック (内藤, 2014)

表 5. 供試鶏種の遺伝相関 (r_g) とその標準誤差 (SE) の変化

鶏種 ¹	形質 ² 年 ³	BW5				EP2639				EW36			
		EP2639		EW36		BS36		EW36		BS36			
		r_g	(SE)	r_g	(SE)	r_g	(SE)	r_g	(SE)	r_g	(SE)		
GMB	2018	-0.202	(0.138)	0.329	(0.074)	0.116	(0.090)	-0.389	(0.122)	-0.235	(0.136)	0.036	(0.080)
	2019	-0.095	(0.117)	0.330	(0.065)	0.169	(0.076)	-0.359	(0.108)	-0.161	(0.117)	0.063	(0.070)
	2020	-0.131	(0.110)	0.304	(0.060)	0.147	(0.073)	-0.403	(0.100)	-0.148	(0.116)	0.132	(0.068)
RIR	2018	-0.106	(0.102)	0.369	(0.062)	-0.009	(0.089)	-0.300	(0.096)	-0.119	(0.132)	0.003	(0.087)
	2019	-0.197	(0.093)	0.406	(0.056)	-0.021	(0.082)	-0.354	(0.091)	-0.141	(0.122)	0.004	(0.082)
	2020	-0.128	(0.085)	0.347	(0.052)	-0.032	(0.073)	-0.334	(0.084)	-0.109	(0.109)	0.044	(0.075)

¹GMB：岐阜地鶏改良種, RIR：ロードアイランドレッド

²BW5：5 週齢時体重, EP2639：26~39 週齢期間産卵率, EW36：36 週齢時卵重, BS36：36 週齢時卵殻強度

³利用したデータ年数：2018=4 (2015~2018), 2019=5 (2015~2019), 2020=6 (2015~2020)

餌付けた。

8. 統計解析

調査形質の年間比較について、Tukey-Kramer 法により多重検定を行った。このとき、体重は性で別形質とした。

各形質とその推定総合育種価の遺伝的趨勢について、遺伝的能力評価実施体制を刷新する前の 2015~2017 年と、刷新後の 2018~2020 年の 2 期に分け、それぞれ次の数学モデルにより一次回帰分析を行った。

$$y = b_0 + b_1 * x$$

ここで、y は形質の観測値 (目的変数)、 b_0 は切片、 b_1 は回帰係数、x は年 (説明変数) であり、回帰直線の始点を揃えるため 3 年を 0, 1, 2 に置き換えた。

解析には、ソフトウェア R 4.1.0 (R Core Team, 2021) を用い、P 値が 0.05 未満の時に区間の有意差および回帰分析における有意な値とした。

結 果

1. 表型値の推移

各系統の表型値の推移を表 3 に示した。BW5 は 2 系統の雌雄

で 2015 から 2017 年に向けて減少し、2018 年以降、2019 年の GMB の雌、2020 年の RIR の雌雄以外で増加した。EP2639 は GMB で 72% 前後、RIR で 80% 前後であった。EW36 は 2020 年に 2 系統とも前年と比べて GMB は約 4g、また RIR は約 3g と大きく増加した。BS36 は、2 系統とも 2015 年は 4.1 あるいは 4.2 kgf/cm² であったが、2016 年以降は 3.6~3.9 kgf/cm² に低下した。

2. 相加的遺伝分散および遺伝率の変化

GMB および RIR の BW5, EP2639, EW36 および BS36 の相加的遺伝分散、遺伝率とその標準誤差の変化を表 4 に示した。いずれの鶏種の形質においても、相加的遺伝分散で極端に小さな値はみられなかった。また、遺伝率は畜産ハンドブック (内藤, 2014) に掲載されている一般的な値の範囲内であった。

遺伝率の推定値には GMB と RIR で差がみられ、BW5 および EP2639 は RIR で高く、BS36 は GMB で高かった。

遺伝率の推定値については、形質によって経年変化の傾向が異なったが、ほとんどの形質の推定値で、年が経つごとに徐々に標準誤差が小さくなった。

3. 遺伝相関および残差相関の変化

BW5, EP2639, EW36 および BS36 の遺伝相関および残差相

表 6. 供試鶏種の残差相関 (r_e) とその標準誤差 (SE) の変化

鶏種 ¹	形質 ²	BW5						EP2639				EW36	
		EP2639		EW36		BS36		EW36		BS36		BS36	
	年 ³	r_e	(SE)	r_e	(SE)	r_e	(SE)	r_e	(SE)	r_e	(SE)	r_e	(SE)
GMB	2018	0.041	(0.041)	-0.024	(0.063)	-0.054	(0.052)	0.090	(0.056)	0.103	(0.047)	0.357	(0.065)
	2019	0.023	(0.037)	-0.032	(0.054)	-0.065	(0.047)	0.099	(0.047)	0.095	(0.041)	0.318	(0.056)
	2020	0.038	(0.034)	-0.009	(0.049)	-0.037	(0.041)	0.079	(0.042)	0.066	(0.036)	0.261	(0.048)
RIR	2018	-0.037	(0.047)	-0.071	(0.066)	0.024	(0.050)	-0.021	(0.059)	0.056	(0.044)	0.160	(0.062)
	2019	0.001	(0.040)	-0.103	(0.055)	0.018	(0.043)	-0.037	(0.046)	0.036	(0.036)	0.183	(0.048)
	2020	-0.021	(0.038)	-0.057	(0.051)	0.025	(0.040)	-0.043	(0.041)	0.034	(0.033)	0.147	(0.044)

¹GMB: 岐阜地鶏改良種, RIR: ロードアイランドレッド

²BW5: 5 週齢時体重, EP2639: 26~39 週齢期間産卵率, EW36: 36 週齢時卵重, BS36: 36 週齢時卵殻強

³利用したデータ年数: 2018=4 (2015~2018), 2019=5 (2015~2019), 2020=6 (2015~2020)

関の変化を表 5 および表 6 に示した。

BW5 と EP2639 との遺伝相関は GMB で $-0.095 \sim -0.202$, RIR で $-0.106 \sim -0.197$, また BW5 と EW36 との遺伝相関は GMB で $0.304 \sim 0.330$, RIR で $0.347 \sim 0.406$ であった。畜産ハンドブック (内藤, 2014) に掲載されている一般的な遺伝相関は, 体重と産卵率とで $-0.4 \sim 0.0$, 体重と卵重では $0.4 \sim 0.6$ であり, いずれの推定値もこの範囲内であった。BW5 と BS36 との遺伝相関は GMB で $0.116 \sim 0.169$ と正の遺伝相関を示し, RIR では $-0.032 \sim -0.009$ と負の遺伝相関を示した。BW5 と EW36 との遺伝相関は GMB で $0.304 \sim 0.330$, RIR で $0.369 \sim 0.406$ と低い正の遺伝相関がみられた。また EW36 と EP2639 の遺伝相関は GMB で $-0.359 \sim -0.403$, RIR で $-0.300 \sim -0.354$ と低い負の遺伝相関がみられた。

残差相関について, ほとんどの形質間で推定値は $-0.1 \sim 0.1$ の無相関であった。EW36 と BS36 との残差相関では, GMB で $0.261 \sim 0.357$ と低い正の相関がみられ, RIR でも $0.147 \sim 0.183$ と少し値が大きかった。

4. 形質ごとの遺伝的趨勢

形質ごとの遺伝的趨勢とその傾向について, GMB を図 2 および表 7 の上部, RIR を図 3 および表 8 の上部にそれぞれ示した。

BW5 の遺伝的趨勢を性別で図 2 と 3 それぞれの枝番号 1 と 2 に示した (図 2-1・2 および図 3-1・2)。ただし, 雌では性の効果として推定された値 (GMB で 131.7, RIR で 123.6) をそれぞれ餌付け年の効果に加えて図示した。2 鶏種とも雌雄ではほぼ同じ増減がみられた。GMB では, 表型値が 2015 年から 2017 年鶏まで表型値は減少したが 2018 年から 2020 年にかけて以降は増加した。しかし, いずれの期間も推定育種価の推移は横ばいであった。RIR では, 表型値が 2015 年から 2018 年まで減少し, 2019 年は増加, 2020 年は若干減少した。推定育種価は 2017 年から 2020 年にかけて増加した。

EP2639, EW36 および BS36 の遺伝的趨勢を, 図 2 と 3 それぞれの枝番号 3~5 に示した (図 2-3~5 および図 3-3~5)。GMB では, EW36 で 2018 年以降の表型値と推定育種価が増加したが, EP2639 と BS36 では一定の傾向がみられなかった。また, RIR では, 2015 年から 2017 年の表型値は低下傾向で, 推定育種価は

ほぼ横ばいであった。2018 年から 2020 年は, EW36 の表型値が増加傾向, それ以外に形質には傾向がみられなかった。推定育種価は, EW36 で表型値と同様に増加傾向で, EP2639 と BS36 の推定育種価は改良目標に反して低下傾向であった。

5. 推定総合育種価の遺伝的趨勢

推定総合育種価の遺伝的趨勢について, 2020 年のデータから算出した値を餌付け年ごとに集計した結果を図 4 に示した。また, その傾向については, GMB は表 7 の下部, RIR は表 8 の下部にそれぞれ示した。GMB では, 遺伝的能力評価体制の刷新前後ともに回帰係数は有意な正の値であった。図を見ても明らかのように, 刷新前の回帰係数は雄 0.06 ($P < 0.05$) と雌 0.09 ($P < 0.001$) でグラフは横ばいであったが, 刷新後は雄 0.23 と雌 0.15 (いずれも $P < 0.001$) の右肩上がりのグラフとなった。また, 決定係数も刷新前後どちらも有意であったが, 刷新前は雄 0.01 と雌 0.03 (いずれも $P < 0.05$) であったのに対して, 刷新後は雄 0.23 と雌 0.15 (いずれも $P < 0.001$) と値が大きくなった。RIR では, 刷新前の回帰係数は有意でなく, 雄 -0.07 と雌 0.02 であった。いずれも絶対値が小さかったが, 雄は負の値で改良方向と異なった推移となっていたことがわかった。しかし, 刷新後は 0.9 と有意な正の値となった ($P < 0.001$)。さらに決定係数は, 刷新前は有意でなく, ほとんど 0 に近い値であったが, 刷新後は有意で値が 0.3 ($P < 0.001$) と大きくなった。

考 察

遺伝的パラメーターについて, 遺伝分散の減少や遺伝率の低下は育種改良に影響する。特に, 長期的な繰り返し選抜により体重の遺伝率は低下するとされており (Sharma *et al.*, 1996), 育種家の懸念するところである。また, 遺伝相関および残差相関は多形質の遺伝的改良を考える際に形質間の関係を把握するために重要な情報である。

遺伝分散と遺伝率について, 2 鶏種とも 2015 年から 2016 年にかけて BW5 の表型値が減少していたが, 遺伝分散の減少あるいは遺伝率の低下はみられず, まだ 2 鶏種とも今後改良の余地があることが確認できた。遺伝的能力評価の実施体制を刷新した 2018 年以降の遺伝率は徐々に高くなり, 標準誤差は徐々に小さ

浅野ら：推定総合育種価による系統造成

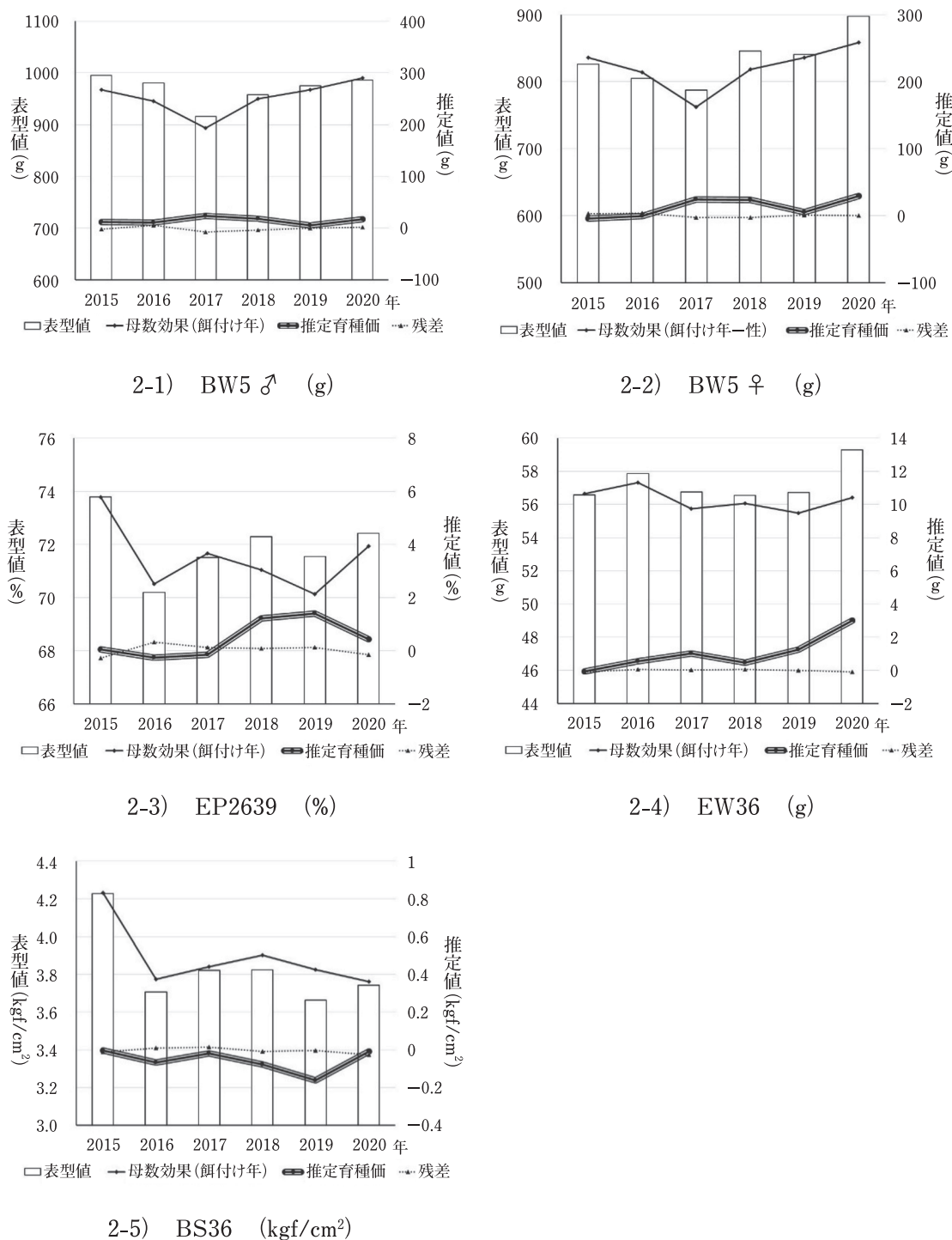


図 2. 岐阜地鶏改良種 (GMB) の遺伝的趨勢
 BW5 : 5 週齢時体重 (性の効果 : 雌 -131.7), EP2639 : 26~39 週齢期間産卵率, EW36 : 36 週齢時卵重,
 BS36 : 36 週齢時卵殻強度

くなった。それ以外の、EP2639、EW36 および BS36 の遺伝率はこれまで報告されている数値 (内藤, 2014) によく当てはまっていたことから、同様に選抜による遺伝分散の減少や遺伝率の低下はないと考えられた。EW36 では、2 鶏種とも遺伝率は徐々に低

下したが、その標準誤差は徐々に小さくなったことから、データの蓄積により推定値が安定してきたと考えられた。

遺伝相関について、BW5 と BS36 との推定値で鶏種によって符号が逆転していた。いずれの値も推定値が低いため、無相関で

表 7. 岐阜地鶏改良種 (GMB) の形質とその推定総合育種価の遺伝的趨勢

形質 ¹	値 ²	性	遺伝的能力評価体制の刷新前 (2015-2017)			刷新後 (2018-2020)		
			切片 ³	回帰係数 ³	決定係数 ³	切片 ³	回帰係数 ³	決定係数 ³
BW5	PV	♂	1004.710 ***	-41.220 ***	0.118 ***	958.989 ***	14.100 **	0.015 **
		♀	825.634 ***	-19.393 ***	0.043 ***	834.602 ***	25.688 ***	0.078 ***
	EBV	♂	9.439 **	6.288 **	0.015 **	14.025 ***	-0.211	0.000
		♀	-7.530 ***	14.359 ***	0.090 ***	15.670 ***	2.988 *	0.004 *
EP2639	PV	♀	72.964 ***	-1.098 **	0.006 **	71.990 ***	0.064	0.000
	EBV	♀	-0.032	-0.090	0.001	1.430 ***	-0.395 ***	0.018 ***
EW36	PV	♀	56.979 ***	0.060	0.000	56.075 ***	1.441 ***	0.074 ***
	EBV	♀	-0.049	0.541 ***	0.026 ***	0.291 **	1.268 ***	0.139 ***
BS36	PV	♀	4.122 ***	-0.198 ***	0.072 ***	3.779 ***	-0.037 *	0.003 *
	EBV	♀	-0.023 *	-0.006	0.000	-0.120 ***	0.033 ***	0.009 ***
推定総合育種価		♂	0.049	0.058 *	0.010 *	-0.090 **	0.234 ***	0.115 ***
		♀	-0.047 **	0.086 ***	0.031 ***	-0.042 *	0.146 ***	0.075 ***

¹BW5 : 5 週齢時体重, EP2639 : 26~39 週齢期間産卵率, EW36 : 36 週齢時卵重, BS36 : 36 週齢時卵殻強

²PV : 表型値, EBV : 推定育種価

³有意符号 (***) : $P < 0.001$, (**) : $P < 0.01$, (*) : $P < 0.05$

推定値が正負に振れたものと考えた。卵用名古屋種では 250 日齢の体重と 270 日齢の卵殻強度の遺伝相関について NG4 系統で 0.11 (木野ら, 1999) と NG5 系統で -0.06 (中村ら, 2011) とそれぞれ低い値が報告されており, 同一鶏種でも系統によって符号の異なる推定値が報告されている。

残差相関について, EW36 と BS36 の間に GMB で低い正の相関があり, RIR でも少し値が大きかったことについて, 卵重が重くなると相対的に卵殻が薄くなり卵殻強度が低下する (中村ら, 2011) と報告があり, 飼養環境の影響を受けやすい関係を反映していると考えられた。

形質ごとの遺伝的趨勢では, 年ごとの表型値の変動要因を各効果の変化から確認することができる。本モデルにおける餌付け年の効果では, 供試鶏が飼養された鶏舎環境 (温湿度等), 給与飼料の品質, 飼養管理者といった飼養環境や, 形質の測定条件等の影響が餌付け年ごとに異なることを想定しており, その違いを確認することができる。推定育種価の推移は, 相対的遺伝子効果の集団平均値の変化を示しており, 選抜により育種改良が着実に進められているかを確認することができる。残差では使用している数学モデルの妥当性を確認することができ, 小さくランダムに変化していることが望ましいが, もし値が大きくなっていたり, 変化に傾向があったりする場合は, 数学モデルの見直しが必要と考えることができる。

BW5 の遺伝的趨勢は GMB の雄で, 2018~2019 年の表型値は微増しているが, 推定育種価が若干低下している。表型値は餌付け年の効果とほぼ平行に推移しているため, この微増は飼養管理などの環境要因によるものと考えられた。2018~2019 年鶏 GMB の雌では表型値・推定育種価ともに低下しており, ほぼ平行に推移しているため, 表型値の微減は選抜の結果と考えられた。2019~2020 年は雌雄とも表型値が推定育種価と平行して微増してお

り, これも選抜による効果と考えられた。RIR の雄では 2015~2020 年は推定育種価と表型値がほぼ平行に推移しており, 選抜の結果が表れていると考えられた。2018~2019 年は推定育種価による効果は小さく, 餌付け年の効果によるものが大きいと考えられた。雌では 2015~2017 年は餌付け年の効果で表型値が減少傾向で推移した。2017~2018 年は推定育種価が上昇したが表型値は餌付け年の効果と平行に減少した。2018~2019 年は雄同様, 推定育種価も高くなっているが, 餌付け年の効果の影響が大きいと考えられた。

EP2639 について, いずれの鶏種でも 2020 年鶏で表型値は増加したが, 推定育種価が下がっていた。暑熱ストレスにより産卵率は低下する (合田ら, 1988) が, 産卵率の調査期間で, 鶏舎外最高気温が 28 度を超えた日が 2020 年は 2019 年より RIR で 9 日, GMB で 7 日少なかったことに加え, 2020 年は鶏舎にエアコンが設置され, 暑熱ストレスによる産卵率への悪影響が軽減されたためと考えられた。

EW36 および BS36 の遺伝的趨勢は GMB, RIR とも表型値と推定育種価とはほぼ平行で, 育種改良の成果が表れていると考えられた。

EW36 は, 2020 年に 2 鶏種とも例年と比べて大きくなっていた。これは, 供試鶏の飼育環境の影響によるものと考えられる。ニワトリは暑熱ストレスにより食下量が落ち, 卵重が減少する (合田ら, 1988)。試験地の系統造成は 1 年 1 世代を更新する育種サイクルで, 卵重を測定する 36 週齢は, 例年 7 月から 8 月の夏季にあたり, 供試鶏が暑熱ストレスを受ける時期であるが, 2020 年は鶏舎の変更とエアコンの設置により, 暑熱ストレスが軽減されて卵重が減少しなかったと考えられる。

BS36 は, 2 鶏種とも 2015 年と 2016~2020 年で平均値が異なったが, これは測定機器の変更によるものと考えられた。

浅野ら：推定総合育種価による系統造成

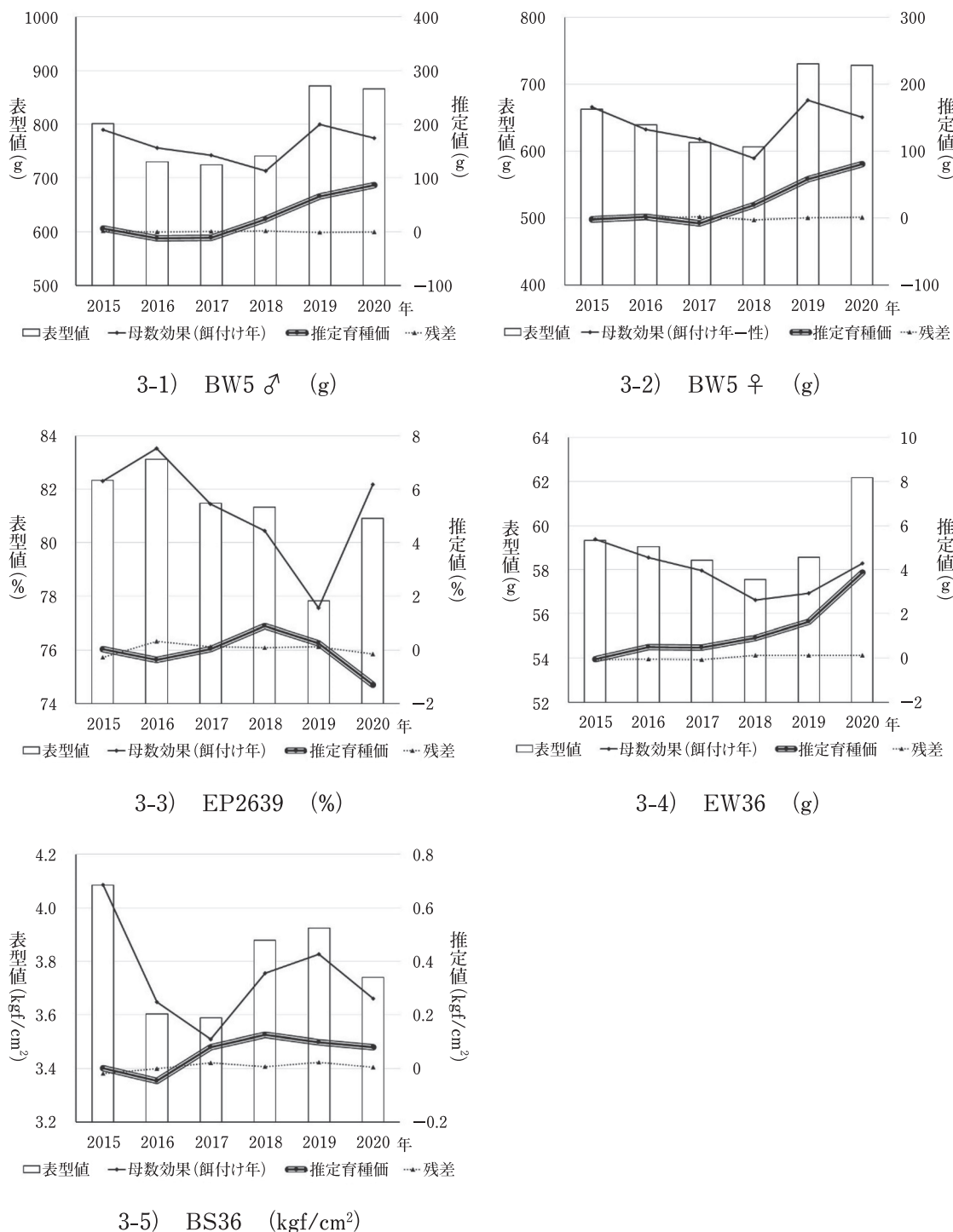


図 3. ロードアイランドレッド (RIR) の遺伝的趨勢
 BW5：5 週齢時体重 (性の効果：雌-123.6), EP2639：26～39 週齢期間産卵率, EW36：36 週齢時卵重,
 BS36：36 週齢時卵殻強度

いずれの形質でも残差に大きな変化はなく、使用している数学モデルで問題なく推定値が得られていると考えられた。

推定総合育種価の遺伝的趨勢から、遺伝的能力評価体制の刷新後はいずれの鶏種でもおおむね良好に改良が進んでいることが確

認できた。雌雄ともに RIR の推定総合育種価が GMB よりも著しく高くなっていることについては、回帰係数の傾き (表 7 および表 8) から、選抜により BW5 の推定育種価が大きく向上していることと、その重み付け値の大きさに寄るものと考えられる。

表 8. ロードアイランドレッド (RIR) の形質とその推定総合育種価の遺伝的趨勢

形質 ¹	値 ²	性	遺伝的能力評価体制の刷新前 (2015-2017)			刷新後 (2018-2020)		
			切片 ³	回帰係数 ³	決定係数 ³	切片 ³	回帰係数 ³	決定係数 ³
BW5	PV	♂	784.996 ***	-35.420 ***	0.127 ***	763.863 ***	63.116 ***	0.301 ***
		♀	663.087 ***	-24.919 ***	0.099 ***	627.458 ***	61.502 ***	0.358 ***
	EBV	♂	1.571	-8.004 ***	0.022 ***	27.032 ***	31.452 ***	0.292 ***
		♀	0.233	-2.935 *	0.004 *	21.654 ***	30.810 ***	0.323 ***
EP2639	PV	♀	82.761 ***	-0.445	0.001	80.235 ***	-0.248	0.000
	EBV	♀	-0.115	0.003	0.000	1.038 ***	-1.086 ***	0.079 ***
EW36	PV	♀	59.383 ***	-0.449 ***	0.008 ***	57.116 ***	2.300 ***	0.166 ***
	EBV	♀	0.056	0.257 **	0.006 **	0.669 ***	1.471 ***	0.174 ***
BS36	PV	♀	4.003 ***	-0.246 ***	0.125 ***	3.917 ***	-0.068 ***	0.010 ***
	EBV	♀	-0.030 ***	0.041 ***	0.027 ***	0.123 ***	-0.022 ***	0.007 ***
推定総合育種価		♂	-0.079	-0.069	0.002	1.225 ***	0.919 ***	0.274 ***
		♀	-0.046	0.016	0.000	0.878 ***	0.923 ***	0.300 ***

¹BW5: 5 週齢時体重, EP2639: 26~39 週齢期間産卵率, EW36: 36 週齢時卵重, BS36: 36 週齢時卵殻強

²PV: 表型値, EBV: 推定育種価

³有意符号 (***: $P < 0.001$, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$)

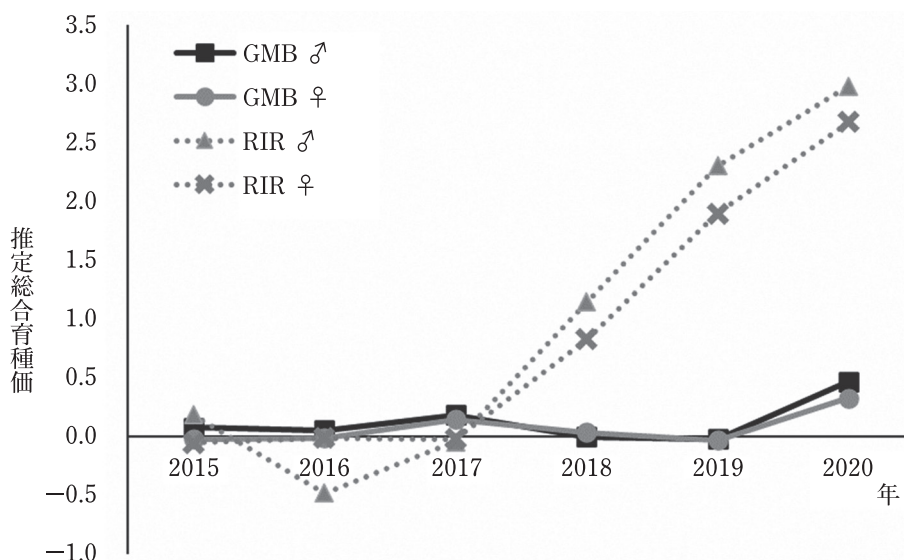


図 4. 推定総合育種価の遺伝的趨勢
GMB: 岐阜地鶏改良種, RIR: ロードアイランドレッド
2015-2017 年: 遺伝的能力評価実施体制の刷新前, 2018-2020 年: 刷新後

一方で、上述のとおり推定総合育種価に含まれる形質によっては、期待通りに改良が進まず、推定育種価が横ばいあるいは低下傾向で推移していた。このため、選抜にあたっては推定総合育種価だけでなく各形質の推定育種価の選抜差も確認し、必要に応じて選抜個体を変更する必要があると考えられた。このことは、本報告と同様の推定総合育種価を利用したブタの系統造成でも報告・指摘されている。入江ら (2012) は、推定総合育種価に含まれる形質間で負の遺伝相関があり、片方の形質の改良が重視された結果、もう片方の形質の改良が進まなかったと報告している。

さらに、小村ら (2017) は、推定総合育種価で選抜された個体について形質ごとの推定育種価も確認する必要があると指摘している。複数の形質の改良が望まれる場合、独立淘汰水準や順繰り選抜よりも複数形質の指標による同時選抜の方が効果的であり (Hazel *et al.*, 1994)、多形質を一つの指標でバランス良く選抜するために推定総合育種価が利用されている。しかし、これまでの事例と本結果から、推定総合育種価によって常に多形質をバランス良く選抜できているとは限らないことがわかった。この理由には、推定総合育種価の推定に利用した遺伝的パラメーターの推定

値が標準誤差の大きい適切なものでなかったり、相対希望改良量のバランスが悪く達成困難な値を設定していたりといった計算に利用する値の問題か、あるいは推定総合育種価の算出時に想定されていない要因の影響が考えられる。後者について、例えば選抜方法では1世代で1回の推定総合育種価による切断型選抜が想定されているが、本研究では外貌・体型の評価による独立淘汰、雄鶏の選抜において近交度の上昇を避けるため家系内選抜等の血統情報に基づいた選抜が行われている。本研究に限らない例としては、餌付け時の雌雄比の偏りやきょうだい数の違い、推定総合育種価に含まれない形質の評価による独立淘汰（例えば、福澤ら（2017））、育成段階ごとに生産記録を収集してその都度選抜候補個体数が減少する多段階選抜（内藤，2014）、遺伝子型の評価による独立淘汰、飼養管理の失宜や疾病の発生による飼養個体数の減少等が考えられる。このような集団内の羽数の偏りとその変化について佐藤（2014）は、家系選抜指数型の総合育種価に利用する相対希望改良量を達成するための重み付け値はすべての選抜候補個体が同じ情報量を持つと仮定して形質間の重み付け値が算出されているが、BLUP法では必ずしも選抜候補個体間の情報量が同じになるわけではないことから、選抜の途中世代で選抜反応の方向と相対希望改良量の方向を常にチェックし、必要に応じて形質間の重み付け値を見直すことが有用であると述べている。

以上の通り、遺伝的能力評価体制を刷新すべく導入した試験地にとって新しい遺伝的能力評価技術により諸問題が解決され、育種改良が希望どおりに進められるようになったと考えた。

今後の課題として、安定的な遺伝的能力評価に取り組むための5年を目途とした中期的な遺伝的能力評価の枠組みを導入したいと考えている。試験地ではこれまで、新しい世代の記録が追加される度に遺伝的パラメーターを再推定し、推定総合育種価の重み付け値を変更してきた。遺伝的パラメーターが世代変動することにより育種価の推定値も安定しないため、一貫した尺度で遺伝的評価を行うことができなかった。例えば、遺伝的趨勢の図は、毎世代少しずつ異なった推移になっており、その傾向の変化に一喜一憂していた。また、相対希望改良量については、選抜候補個体の表型平均値と改良目標との差から設定していたため、環境の影響により表型値が上下するため相対希望改良量が定まらず、推定総合育種価の重み付け値が毎年変わっていた。これらのことは、中期的な視点での系統造成を難しくしていた。この問題の解決策として、遺伝的パラメーターは短期的には大きく変動しないという前提で、数年にわたって遺伝的パラメーターを固定して遺伝的能力評価を行う方法がある。試験地でも今後はこの方法により、5年ごとに遺伝的パラメーターと相対希望改良量を見直すことで着実に育種改良を進めていきたい。なお、このときに使用する遺伝的パラメーターについては、本報告のように標準誤差が小さく安定してきたものや、推定値の誤差が小さくなる集団の大きさ、世代数や記録数をコンピューターシミュレーションで算出し、それらの条件を満たしたデータセットを利用して得られた推定値を利用すること等が考えられる。例えばブタの系統造成では、繁殖形質（産子数）において誤差の小さい遺伝的パラメーター推定には500頭以上の個体数が必要（佐藤，2009）といった結果が得られている。

謝 辞

本研究を行うにあたり、肉用鶏の遺伝的能力評価についての個別研修を受け入れていただいた兵庫牧場の皆様に感謝の意を表します。

引用文献

- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP and Kachman SD. A manual for use of MTDFREML- a set of programs to obtain estimates of variances and covariances (draft). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. pp116. 1995.
- 福澤陽生・石井和雄・佐藤正寛. 期間産卵率のアーカイブ変換が高産卵鶏群の遺伝的パラメーターの推定および選抜に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 54: J1-J10. 2017.
- 岐阜県農林商工部畜産振興室編. 平成16年度岐阜県養豚養鶏等関係資料. 91頁. 2005.
- 合田之久・三枝弘育・斉藤季彦・山田真裕. 高温環境における鶏の産卵と卵形質に関する品種間差の比較. 東京都畜産試験場研究報告, 22: 1-6. 1988.
- Hazel LN, Dickerson GE and Freeman AE. The selection index—then, now, and for the future. *Journal of Dairy Science*, 77: 3236-3251. 1994.
- 石川寿美代. 地鶏開発物語 (12) 奥美濃古地鶏編. 養鶏の友, 674: 66-70. 2018.
- 入江誠一・宮本和典・中川 翠・西條由紀. 鳥取県大山赤ふたの創出 (デュロック種の系統造成試験). 鳥取県中小家畜試験場研究報告, 56: 1-6. 2012.
- 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: 281-287. 1999.
- 小村喜久男・大平徳雄・大小田勉・福永智明. 完成した新たな黒豚系統豚「クロサツマ2015」. 鹿児島県農業開発総合センター研究報告, 11: 87-100. 2017.
- 公益社団法人 畜産技術協会. アニマルウェルフェアの考え方に対応した採卵鶏の飼養管理指針. 12頁. 2011.
- 公益社団法人 畜産技術協会. アニマルウェルフェアの考え方に対応した採卵鶏の飼養管理指針. 16頁. 2016.
- 国松 豊・小松明德. 鶏卵の卵殻強度と卵諸形質との関係. 京都府立大学学術報告, 28: 68-75. 1976.
- Misztal I, Shogo Tsuruta, Lourenco D, Masuda Y, Aguilar I, Legarra A and Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs. 2018. http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all7.pdf Accessed on April 23, 2021.
- Mrode RA. 2. Genetic Covariance Between Relatives. In: *Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values*. 3rd Edition. p.22. CAB International. Wallingford. 2014.
- 内藤 充. 2. 2. 4 ニワトリの育種. 第2章 育種・繁殖・アニマルテクノロジー. 最新 畜産ハンドブック (扇元敬司・荻澤圭二郎・桑原正貴・寺田文典・中井裕・杉浦勝明編). 第1版. 58-59頁. 講談社. 東京都. 2014.
- 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.
- 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.
- 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.
- 農林水産省. 地鶏肉の日本農林規格 (平成 11 年 6 月 21 日農林水産省告示第 844 号). 1999.
- 力丸宗弘・高橋大希・小松 恵・佐藤正寛・鈴木啓一. 比内鶏の 14 週齢時体重における選抜反応と遺伝率の推定. 秋田県畜産試験場研究報告, 28 : 83-89. 2014.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. Software version 4.1.0. <https://www.R-project.org/>. Accessed on June 30, 2021.
- 佐藤正寛. 血縁情報を取り入れた選抜指数を算出するプログラムの開発. 日本養豚学会誌, 40 : 11-20. 2003.
- 佐藤正寛. 豚系統造成における産子数の遺伝的パラメーターの推定精度. 日本養豚学会誌, 46 : 1-6. 2009.
- 佐藤正寛. 相対希望改良量を達成するための選抜における血縁情報と遺伝的改良量との関係. 日本養豚学会誌, 51 : 13-19. 2014.
- Sharma D, Johari DC, Kataria MC, Singh BP, Singh DP and Hazary RC. Effect of long term selection on genetic parameters of economic traits in white leghorn. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 9 : 455-459. 1996.
- 田名部雄一. 岐阜地鶏. 世界家畜品種事典 (正田陽一編). 309 頁. 東洋書林. 東京. 2006.
- 田中克英・坂井田節. 新編養鶏ハンドブック第 4 版. 611 頁. 株式会社養賢堂. 東京都. 1993.
- 田中純二. 「奥美濃古地鶏」の JAS 法による地鶏肉認定について 畜産の情報—地域便り—2002 年 2 月 月報国内編, 47 頁. 2002.
- 山田行雄・横内圀生・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.
- Wright S. Coefficients of Inbreeding and Relationship. *The American Naturalist*, 56 : 330-338. 1922.
- Yamada Y, Yokouchi K and Nishida A. Selection index when genetic gains of individual traits are of primary concern. *The Japanese Journal of genetics*, 50 : 33-41. 1975.

A Closed Nucleus Breeding Program on Grandparent Stock of the Meat-Type Okumino-Kojidori Chickens using Estimated Aggregate Breeding Value

Miho Asano¹, Sumiyo Ishikawa¹ and Yo Fukuzawa^{2,3,4}

¹ Gifu Prefectural Livestock Research Institute Poultry Research Department, Seki, Gifu 501-3924, Japan

² Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Tsukuba, Ibaraki 305-0901, Japan

³ Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai, Miyagi 980-8572, Japan

⁴ Previous affiliation: National Livestock Breeding Center Hyogo Station, Tatsuno, Hyogo 679-4017, Japan

The meat-type Okumino-Kojidori is a commercial Jidori (Japanese indigenous) chicken breed produced by crossbreeding Gifu-Jidori improved breed (Gifu Meat Brown, GMB) sires and White Plymouth Rock and Rhode Island Red (RIR) cross-bred dams. GMB and RIR were bred in a closed nucleus breeding program at the Gifu Prefectural Livestock Research Institute. The phenotypic trends in the breeding program did not meet breeding goal outcomes over a two-year period (2015-2016), and the genetic evaluation system was renewed in 2018. The new genetic evaluation system compared the genetic parameters and individuals trends to the estimated aggregate breeding values for four traits: body weight at 5 weeks of age in both sexes, egg production rate at 26 to 39 weeks of age in females, egg weight at 36 weeks of age in females, and eggshell breaking strength at 36 weeks of age in females. Data were obtained for the two 3-year periods preceding and following renewal system initiation. As part of the renewal system, a new genetic evaluation computer program which is under development, was introduced to check pedigree information. The computer program which serves as a method of calculating relative weights for estimated aggregate breeding values to achieve relative desired genetic gains was changed from private to published. The number of traits used to estimate aggregate breeding values was reduced from five to four traits (the “Age at First Egg for females” trait was excluded). The results reveal an improvement in the genetic trends of the estimated aggregate breeding values of all breeds after the renewal program was initiated. However, certain genetic trends of individual traits showed a flat/declining trend. Our study highlights the necessity to confirm selection differences in the estimated aggregate breeding values and the estimated breeding values of each trait.

(Japanese Journal of Poultry Science, 60 : J11-J23, 2023)

Key words : relative desired genetic gains, genetic evaluation system, genetic trend, Gifu-Jidori improved breed, Japanese chicken, Rhode Island Red