血液蛋白質型からみた鶏の遺伝子構成

橋口 勉・恒吉 満・西田隆雄*・

東上床久司**・平岡英一***

鹿児島大学農学部, 鹿児島市 890

*東京大学農学部, 文京区 113

**鹿児島県養鶏試験場, 川内市 895

***高知県畜産試験場, 高知県佐川町 789-12

(1981. 2. 26 受付)

要 約 本研究は、鶏の血液蛋白質型を遺伝標識として、家鶏と野鶏との関連および家鶏の品種の相互関係を明らかにすることを目的として、野鶏ならびに家鶏の蛋白質型から遺伝子頻度を推定し、さらに種や品種相互間の遺伝的距離を求め、また集団での遺伝的変異性の量を推定した。1) 鶏の血漿および赤血球に含まれる14種の酵素蛋白質合計18座位について、電気泳動法により分析を行った結果、血漿エステラーゼ (*Es-1*)、アミラーゼ (*Amy-1*)、アルカリ性ホスファターゼ (*Akp-akp*, *Akp-2*)、アルブミン (*Alb*)、トランスフェリン (*Tf*)、赤血球ホスホグルコン酸脱水素酵素 (*6-PGD*)、エステラーゼ (*Es-8*) の8座位に多型が検出された。しかし他の10座位は、すべて monomorphic であった。2) 多型が検出された座位のうち *6-PGD* は、本研究により新たな変異が検出されたもので、インドネシア在来鶏において、3つの表現型 AA, AB および BB が観察されたが、他の実用鶏、日本鶏、フィリッピン在来鶏および野鶏はすべて BB 型であった。*Alb* は、従来 *Alb^{A,B,C}* 遺伝子による6つの表現型が報告されているが、本研究における緑えり野鶏において BD と DD 型が新たに観察された。3) 種の異なる野鶏間の交雑から得られた F₁ 個体における蛋白質型の種々の遺伝子座の表現型は、家鶏の表現型と全く一致し野鶏特有のバンドは検出されなかった。4) 遺伝的距離は、野鶏では灰色野鶏とセイロン野鶏とが近く、これらはまた赤色野鶏とも比較的近いが、緑えり野鶏とは遠いことが判明した。家鶏では薩摩鶏と尾長鶏、九連子鶏と大冠桂チャボ、インギー鶏とインドネシア在来鶏、白色コーニッシュと白色ブリマスロックなどがそれぞれ近いことが確かめられた。5) 遺伝的変異性を定量した結果は、つぎのとおりである。実用鶏: $P_{poly}=0.2222$, $\bar{H}=0.0336\sim0.1090$, $N_e=1.03\sim1.12$; 日本鶏: $P_{poly}=0.1111\sim0.2778$, $\bar{H}=0.0464\sim0.0866$, $N_e=1.05\sim1.09$; インドネシア在来鶏: $P_{poly}=0.4444$, $\bar{H}=0.1050$, $N_e=1.12$; 野鶏: $P_{poly}=0.1667\sim0.3333$, $\bar{H}=0.0672\sim0.1346$, $N_e=1.07\sim1.16$.

日畜会報, 52 (10): 713-729, 1981

鶏の家禽化や品種の分化に関する研究は、これまで、古文献による考証¹⁾、遺跡の発掘や出土品による考古学的分析²⁾、社会人類学的見地からの検証³⁾、さらに生物科学的方法として解剖学ならびに形態学的な分析、それに羽装、脚色、冠型などのメンデル形質にみられる遺伝的多型現象を統計学的に分析した成果⁴⁻⁷⁾などがある。そして最近では、種々の遺伝生化学的形質、すなわち血液型⁸⁾あるいは血液、臓器および組織などに含まれる蛋白質型^{9-11, 13, 14)}などを標識とした研究もなされている。本研究では、鶏の蛋白質型を遺伝標識として品種や種の相

互関係に関する知見を得るために、野鶏、フィリッピンおよびインドネシア在来鶏、日本鶏ならびに実用鶏について、その血液蛋白質型から遺伝子頻度を比較分析し、さらに品種や種相互間の遺伝的距離を求め、また集団における遺伝的変異性の量を推定した。さらに、種の異なる野鶏間の交雑から得られた F₁ 個体についても、蛋白質多型現象の観点から検討を行った。

材料および方法

供試鶏としては、表2に示したとおり4種の野鶏、す

なわち赤色・セイロン・緑えりおよび灰色野鶏と、日本在来家畜調査団によって採血されたフィリッピンおよびインドネシア在来鶏、それに日本鶏ならびに実用鶏の各品種を用いた。異なる野鶏間の交雑では、鹿児島大学農学部家畜育種学教室で飼養中の赤色・セイロン・緑えりおよび灰色野鶏について、灰色野鶏雌×緑えり野鶏雄、赤色野鶏雌×灰色野鶏雄および赤色野鶏雌×セイロン野鶏雄のそれぞれ交雑 F₁ 個体を作成し、試供した。野鶏、日本鶏および実用鶏の各品種は、それぞれ同一場所で飼養されているものを供試し、同じ品種について異なる飼育場所で採血したものをプールすることは行わなかった。血液は、常法により血漿と赤血球に分離（フィリッピン在来鶏は血漿のみ）し、使用時まで -40°C の冷凍庫に保存した。本研究において検索された血液蛋白質の種類、遺伝子座ならびに分析に用いた電気泳動法の文献は、表 1 のとおりである。

遺伝的距離については、18 座位の遺伝子頻度から 2 品種間の遺伝的距離 (D) を Nei²⁶⁾ の式により算出した。

$$D_{jk} = -\log_e \left[\frac{\sum_i q_{ij} \cdot q_{ik}}{(\sum_i q_{ij}^2 \cdot \sum_i q_{ik}^2)^{1/2}} \right]$$

ただし、 D_{jk} は j および k 集団の遺伝的距離を示し、 q_{ij} と q_{ik} はそれら 2 つの集団のその座位の i 番目の対立遺伝子の頻度を示す。

各品種間の遺伝的距離を示すデンドログラムは、SOKAL and SNEATH²⁷⁾ の unweighted pair-group method によって作成した。

遺伝的変異性の量の推定は、NOZAWA ら²⁸⁾ が用いた式に従ったが、その方法はつぎのとおりである。

1) 多型遺伝子座の割合

$$P_{poly} \pm S.E.$$

この場合、1 座位において最高頻度をもつ対立遺伝子の頻度が 0.99 を越えない場合、その座位は多型的であると定義する。

2) 個体当たり、座位当たり平均ヘテロ接合の割合

$$\bar{H} = 1 - \sum_i q_i^2$$

Table 1. List of blood proteins examined

Symbol of locus	Name of blood protein	Method of electrophoresis	Cited from
<i>Es-1</i>	Plasma esterase	Thin layer agar gel electrophoresis	Hashiguchi <i>et al.</i> ¹⁵⁾
<i>Amy-1</i>	Plasma amylase	" "	Hashiguchi <i>et al.</i> ¹⁶⁾
<i>Amy-3</i>	" "	" "	" "
<i>Es-8</i>	Erythrocyte esterase	" "	Hashiguchi <i>et al.</i> ¹⁷⁾
<i>Es-8II</i>	" "	" "	" "
<i>Akp-akp</i>	Plasma alkaline phosphatase	Starch gel electrophoresis	Tanabe <i>et al.</i> ¹⁸⁾
<i>Akp-2</i>	" "	" "	" "
<i>Alb</i>	Plasma albumin	" "	Stratil ¹⁹⁾
<i>Tf</i>	Plasma transferrin	" "	" "
<i>LDH</i>	Erythrocyte lactate dehydrogenase	" "	Manwell and Baker ²⁰⁾
<i>6-PGD</i>	Erythrocyte 6-phosphogluconate dehydrogenase	" "	Bengtsson and Sandberg ²¹⁾
<i>PGM</i>	Erythrocyte phosphoglucomutase	" "	" "
<i>PHI</i>	Erythrocyte phosphohexose isomerase	" "	" "
<i>To</i>	Erythrocyte tetrazolium oxidase	" "	Baur and Schorr ²²⁾
<i>MDH</i>	Erythrocyte malate dehydrogenase	" "	Davidson and Cortner ²³⁾
<i>Es-D</i>	Erythrocyte esterase	" "	Watanabe <i>et al.</i> ²⁴⁾
<i>Hb-1</i>	Hemoglobin	Cellulose acetate electrophoresis	Washburn ²⁵⁾
<i>Hb-2</i>	" "	" "	" "

Table 2. Distribution of phenotypes and gene frequencies of plasma esterase isozyme (*Es-I*) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	Breeding places	No. of birds	Phenotypes										Gene frequencies		
			A	A	B	B	C	B	B	C	C	C	<i>Es-1^A</i>	<i>Es-1^B</i>	<i>Es-1^C</i>
White Leghorn (S)	Kagoshima Prefectural Poultry Experiment Station	76	50	15		11							0.757	0.243	
White Cornish (B)	"	142	20	52		70							0.324	0.676	
White Plymouth Rock (dw)	"	96	2	2		92							0.031	0.969	
Rhode Island Red	"	10	4	4		2							0.587	0.413	
Satsumadori	"	72	11	24		37							0.319	0.681	
Kurekodori	Kumamoto Prefectural Poultry Experiment Station	11	1	1		4				3	2		0.318	0.182	0.500
Taikankatsurachabo	"	9		3		4				2			0.389	0.278	0.333
Onagadori	Kochi Prefectural Livestock Experiment Station	24	2	7		16							0.220	0.780	
Gifuji-dori	Kyushu University	47	36	5		6							0.819	0.181	
Ingie fowl	Kagoshima University	60	12	31		17							0.458	0.542	
Koshamo	Kagoshima Prefectural Poultry Experiment Station	7	2	1		3				1					
Nagoya	"	5	1	1		3									
Tosajidori	Kochi Prefectural Livestock Experiment Station	7				7									
Tosakukin	"	3		1		2									
Totenko	"	3				3									
Minohiki	"	2	2												
Darumachabo	Kumamoto Prefectural Poultry Experiment Station	5		2		3									
Kumamoto	"	4	2	2											
Philippine native fowl ^{a,b)}	Philippine	64	6	22		32				3			0.273	0.696	0.031
Indonesian native fowl (No. 1) ^{a,c)}	Indonesia	39	9	16		12				1			0.449	0.525	0.026
Indonesian native fowl (No. 2) ^{a,d)}	"	112	18	54		31				6	2		0.406	0.545	0.049
Red Jungle Fowl (Philippine)	Kagoshima University	6	1	3		2							0.417	0.583	
Red Jungle Fowl (Thailand)	"	6	4	2									0.833	0.167	
Ceylonese Jungle Fowl	"	4	1	1		2							0.375	0.625	
Black or Green Jungle Fowl	"	4	3			1							0.750	0.250	
Grey Jungle Fowl	"	12	4	2		6							0.417	0.583	

a) The blood samples were taken from native fowls by the members of the Society for Researches on Native Livestock, Japan. b) Second Investigation (1975). c) First investigation (1977). d) Second investigation (1978).

ここで、 q_i はある遺伝子座の第 i 対立遺伝子の頻度をあらわし、平均は変異のない遺伝子座も含めた全遺伝子座にわたる算術平均をあらわす。

3) 座位当り対立遺伝子の有効数

$$Ne = 1 / \sum_i q_i^2$$

結果ならびに考察

1. 鶏における蛋白質型の表現型分布と遺伝子頻度

鶏の血漿および赤血球に含まれる 14 種の酵素蛋白質の計 18 座位について、電気泳動法により分析を行った結果、血漿エステラーゼ (*Es-1*)、血漿アミラーゼ (*Amy-1*)、血漿アルカリ性ホスファターゼ (*Akp-akp*, *Akp-2*)、血漿アルブミン (*Alb*)、血漿トランスフェリン (*Tf*)、赤血球エステラーゼ (*Es-8*) および赤血球ホスホグルコン酸脱水酵素 (*6-PGD*) の計 8 座位に多型が検出された。しかし他の酵素蛋白質の座位、すなわち血漿アミラーゼ (*Amy-1* 座位のバンドより速い域に検出される 2 本のバンド, *Amy-3*)、赤血球エステラーゼ (*Es-8* 座位のバンドより移動性の遅い域に検出される 4 本のバンド; *Es-8 II*)、赤血球エステラーゼ (*Es-D*)、赤血球ホスホグルコムターゼ (*PGM*)、赤血球ホスホヘキソースイソメラーゼ (*PHI*)、赤血球リンゴ酸脱水酵素 (*MDH*)、赤血球テトラゾリウムオキシダーゼ (*To*)、赤血球乳酸脱水酵素 (*LDH*) およびヘモグロビン (*Hb-1* 座位に関してはすべて BB 型のみ検出、および *Hb-1* 座位より遅い域に検出される 1 本のバンド; *Hb-2*) では、変異は認められなかった。

1) 血漿エステラーゼアイソザイム (*Es-1*)

鶏の血漿エステラーゼアイソザイム (*Es-1*) は、常染色体上の同一座位上の 3 つの複対立共優性遺伝子 *Es-1^A*, *Es-1^B* および *Es-1^C* によって支配されている²⁹⁾。この遺伝様式に基づいて遺伝子頻度を算出した結果は、表 2 に示した。

実用鶏のうち、白色レグホーンは *Es-1^A* の頻度が高く、白色コーニッシュ、白色ブリマスロックなどは逆に *Es-1^B* の頻度が高かったが、*Es-1^C* はこれらいずれの品種においても検出されなかった。GRUNDER ら³⁰⁾ は、*Es-1* 座位の遺伝子頻度は、白色レグホーンのような卵用種では *Es-1^A* の頻度が高く、また肉用種では逆に *Es-1^B* の頻度が高いことを報告し、木村ら³¹⁾ もこれとほぼ同じ結果を報告している。本研究においても、GRUNDER らや木村らの報告とほぼ同じ傾向が認められた。日本鶏では、薩摩鶏や尾長鶏で *Es-1^B* の頻度が高かったが、岐阜地鶏では逆に *Es-1^A* の頻度が高く、インギー鶏³²⁾ では

Es-1^B の頻度が *Es-1^A* に比してやや高かった。一方、*Es-1^C* は久連子鶏^{33, 34)}、大冠桂チャボおよび小シャモに見出されたが、他の日本鶏では検出されなかった。在来鶏では、フィリッピンおよびインドネシア在来鶏とも *Es-1^A*, *Es-1^B* および *Es-1^C* を保有しているが、一般に *Es-1^B* の頻度がやや高く (0.525~0.696), *Es-1^A* がこれにつぎ (0.273~0.449), *Es-1^C* の頻度が最も低かった (0.026~0.049)。野鶏における *Es-1* 座位のバンドは家鶏のそれと移動性が全く一致し、野鶏特有のバンドは検出されなかった。野鶏におけるこのような結果は、後述する他の蛋白質型についても全く同様である。本研究での野鶏は全般的に供試数が少ないが、フィリッピンの赤色野鶏、灰色野鶏およびセイロン野鶏では、*Es-1^B* の頻度が *Es-1^A* に比してやや高いのに対し、タイの赤色野鶏および緑えり野鶏では、逆に *Es-1^A* の頻度が高い傾向が得られた。そして、いずれの種の野鶏においても、*Es-1^C* は認められなかった。

2) 血漿アミラーゼアイソザイム (*Amy-1*)

鶏の血漿アミラーゼアイソザイム (*Amy-1*) は、常染色体上の同一座位上の 2 つの共優性遺伝子 *Amy-1^A* および *Amy-1^B* によって支配されており¹⁶⁾、最近 *Amy-1^C* の存在も明らかにされている³⁵⁾。

本研究において、*Amy-1* 座位の遺伝子頻度を推定した結果 (表 3)、実用鶏の白色レグホーンでは *Amy-1^B* が、また白色コーニッシュや白色ブリマスロックでは逆に *Amy-1^A* の頻度が高いことが明らかとなった。また日本鶏では品種の大多数が *Amy-1^A* のみか、*Amy-1^A* の頻度が *Amy-1^B* より高いことが確かめられた。一方、フィリッピンおよびインドネシア在来鶏では、いずれも *Amy-1^A* の頻度 (0.675~0.862) が *Amy-1^B* (0.138~0.325) よりも高く、また野鶏では、赤色、セイロン、灰色野鶏ともいずれも *Amy-1^A* のみを保有していたが、緑えり野鶏では表現型 AA のほかに AB 型も検出された。HASHIGUCHI ら¹⁶⁾ は、用途別あるいは原産地別に分類した鶏種における遺伝子頻度について分析した結果、卵用種または地中海沿岸種では *Amy-1^B* の頻度が高く、また肉用種あるいは東洋種では逆に *Amy-1^A* の頻度が高いこと、さらに卵肉兼用種または米国種では表現型の分布がばらつくことを報告しているが、本研究における結果もこれとほぼ同じ傾向を示した。

3) 血漿アルカリ性ホスファターゼアイソザイム (*Akp-akp*; *Akp-2*)

Akp-1 域の F および S バンドは、同一座位の優性遺伝子 *Akp* および劣性遺伝子 *akp* により支配されている³⁶⁾。さらに *Akp-1* 域より速い泳動域に認められる表

Table 3. Distribution of phenotypes and gene frequencies of plasma amylase (*Amy-1*) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	No. of birds	Phenotypes						Gene frequencies		
		A A	A B	A C	B B	B C	C C	<i>Amy-1</i> ^A	<i>Amy-1</i> ^B	<i>Amy-1</i> ^C
White Leghorn (S)	43		9		34			0.105	0.895	
White Cornish (B)	142	88	45		9			0.778	0.222	
White Plymouth Rock (dw)	96	75	10		11			0.728	0.272	
Rhode Island Red	8	2	3		3			0.437	0.563	
Satsumadori	100	85	13		2			0.915	0.085	
Kurekodori	12	9	3					0.875	0.125	
Taikankatsurachabo	9	9						1.000		
Onagadori	24	17	3	1	3			0.792	0.187	0.021
Gifujidori	30	30						1.000		
Ingie fowl	94	21	50		23			0.489	0.510	
Koshamo	7	5		2						
Nagoya	5	5								
Tosajidori	7	7								
Tosakukin	3	3								
Totenko	4	4								
Minohiki	3	3								
Darumachabo	5	5								
Kumamoto	5	5								
Philippine native fowl	63	33	19		11			0.675	0.325	
Indonesian native fowl (No. 1)	36	29	4		3			0.861	0.139	
Indonesian native fowl (No. 2)	138	106	26		6			0.862	0.138	
Red Jungle Fowl (Philippine)	6	6						1.000		
Red Jungle Fowl (Thailand)	6	6						1.000		
Ceylonese Jungle Fowl	3	3						1.000		
Black or Green Jungle Fowl	3	2	1					0.833	0.167	
Grey Jungle Fowl	9	9						1.000		

現型(－)と(＋)は、対立遺伝子 *Akp-2^o* と *Akp-2^a* により支配され、(－)型は(＋)型に対して優性である⁸⁷⁾。

表4に示したように、先ず *Akp-akp* 座位については、実用鶏、日本鶏およびフィリッピン、インドネシア在来鶏ともに一般に *akp* の頻度が高い傾向が得られた。さらに野鶏でも、赤色野鶏(フィリッピン)とセイロン野鶏、緑えり野鶏および灰色野鶏ではS型の分布が多く、赤色野鶏(タイ)では逆にF型を示す個体が多かった。他方、*Akp-2* 座位に関しては、本研究に用いた供試鶏では *Akp-2^o* のみか、あるいは *Akp-2^o* が *Akp-2^a* に比してその頻度が高かった。*Akp-2^a* が検出されたのは、大冠桂チャボ、インギー鶏、熊本種、フィリッピンおよびインドネシア在来鶏ならびに緑えり野鶏であった。

4) 血漿アルブミン (*Alb*)

血漿アルブミンは、常染色体上の同一座位上の3つの複対立共優性遺伝子 *Alb^A*、*Alb^B* および *Alb^C* により支配されており、6つの表現型が観察されている¹⁹⁾。本研究において、緑えり野鶏に新たな変異 BD と DD 型が検出された(図1参照)。すなわち、DバンドはCバンドよりも移動性の遅い域に検出される。BC型とBD型の血漿を *in vitro* で等量混じ泳動した結果は、BCDという3本のバンドが発現した。この場合、BバンドはC、Dバンドに比して2倍多く含まれるので濃く現われている。これらの変異の遺伝的支配様式の解明はまだ行っていないが、恐らく *Alb^A*、*Alb^B* あるいは *Alb^C* 遺伝子と共優性関係にある *Alb^D* によって支配されていると仮定して遺伝子頻度の推定を行った。その結果は、表5のとお

Table 4. Distribution of phenotypes and gene frequencies of plasma alkaline phosphatase (*Akp-akp*, *Akp-2*) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	No. of birds	Phenotypes		Gene frequencies		Phenotypes		Gene frequencies	
		F	S	<i>Akp</i>	<i>akp</i>	+	-	<i>Akp-2^a</i>	<i>Akp-2^o</i>
White Leghorn (S)	137	27	110	0.104	0.896		137		1.000
White Cornish (B)	90	9	81	0.057	0.943		90		1.000
White Plymouth Rock (dw)	97	7	90	0.037	0.963		97		1.000
Rhode Island Red	12	8	4	0.423	0.577		12		1.000
Satsumadori	98	52	46	0.315	0.685		98		1.000
Kurekodori	12		12		1.000		12		1.000
Taikankatsurachabo	9		9		1.000	1	8	0.333	0.667
Onagadori	25	12	13	0.279	0.721		25		1.000
Gifujidori	26	2	24	0.039	0.961		26		1.000
Ingie fowl	16		16		1.000	1	15	0.250	0.750
Koshamo	7	1	6				7		
Nagoya	5		5				5		
Tosajidori	7		7				7		
Tosakukin	3		3				3		
Totenko	3	2	1				3		
Minohiki	3	2	1				3		
Darumachabo	5		5				5		
Kumamoto	5		5			1	4		
Philippine native fowl	61	32	29	0.311	0.689	7	54	0.339	0.661
Indonesian native fowl (No. 1)	40	18	22	0.258	0.742	1	39	0.158	0.842
Indonesian native fowl (No. 2)	138	31	107	0.119	0.881	6	132	0.209	0.791
Red Jungle Fowl (Philippine)	5	2	3	0.225	0.775		5		1.000
Red Jungle Fowl (Thailand)	6	5	1	0.592	0.408		6		1.000
Ceylonese Jungle Fowl	3	1	2	0.184	0.816		3		1.000
Black or Green Jungle Fowl	3		3		1.000	2	1	0.816	0.184
Grey Jungle Fowl	9	3	6	0.184	0.816		9		1.000

Fig. 1. Four phenotypic patterns of plasma albumin. BC+BD is a mixture of BC and BD types.

りである。

本研究に用いた実用鶏，日本鶏，フィリッピンおよび

Fig. 2. Three phenotypic patterns of erythrocyte 6-phosphogluconate dehydrogenase detected on the anode side. AA+BB is a mixture of AA and BB types.

Table 5. Distribution of phenotypes and gene frequencies of plasma albumin isozyme (*Alb*) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	No. of birds	Phenotypes										Gene frequencies			
		AA	AB	AC	AD	BB	BC	BD	CC	CD	DD	<i>Alb^A</i>	<i>Alb^B</i>	<i>Alb^C</i>	<i>Alb^D</i>
White Leghorn (S)	43					43							1.000		
White Cornish (B)	142					142							1.000		
White Plymouth Rock (dw)	96					96							1.000		
Rhode Island Red	13					13							1.000		
Satsumadori	100					100							1.000		
Kurekodori	12					12							1.000		
Taikankatsurachabo	9					9							1.000		
Onagadori	33					32	1						0.985	0.015	
Gifujidori	47					47							1.000		
Ingie fowl	67					67							1.000		
Koshamo	7					7									
Nagoya	5					5									
Tosajidori	7					7									
Tosakukin	3					3									
Totenko	3					3									
Minohiki	2					2									
Darumachabo	5					5									
Kumamoto	4					4									
Philippine native fowl	64					64							1.000		
Indonesian native fowl (No. 1)	39					37	2						0.974	0.026	
Indonesian native fowl (No. 2)	138					134	3		1				0.982	0.018	
Red Jungle Fowl (Philippine)	6					6							1.000		
Red Jungle Fowl (Thailand)	6					6							1.000		
Ceylonese Jungle Fowl	3					2	1						0.833	0.167	
Black or Green Jungle Fowl	3					1		1			1		0.500		0.500
Grey Jungle Fowl	12					8	4						0.833	0.167	

インドネシア在来鶏ならびに4種の野鶏ともに *Alb^A* の保有は認められなかった。そして実用鶏はすべて *Alb^B* のみを保有しており、日本鶏では尾長鶏に *Alb^C* が検出されたが、その遺伝子頻度は著しく低く (0.015)、他の品種はすべて *Alb^B* のみを有していることが確かめられた。フィリピン在来鶏は、*Alb^B* のみ観察されたが、インドネシア在来鶏では *Alb^B* (0.974~0.982) のほかに、*Alb^C* も低い頻度 (0.018~0.026) で検出された。野鶏では、赤色野鶏は *Alb^B* のみ保有していたが、セイロン野鶏と灰色野鶏は、*Alb^B* のほかに *Alb^C* がそれぞれ検出された。そして緑えり野鶏において、*Alb^B* のほかに *Alb^D* の保有が確かめられた。

5) 血漿トランスフェリン (*Tf*)

血漿トランスフェリンには、6つの表現型が観察され

ており、常染色体上の同一座位に存在する共優性遺伝子 *Tf^A*, *Tf^B* および *Tf^C* により支配されている¹⁹⁾。

本研究においては、インドネシア在来鶏 (No. 2) および緑えり野鶏以外のすべての家鶏および野鶏は、*Tf^B* のみを保有していた (表 6)。インドネシア在来鶏 (No. 2) では、*Tf^B* の頻度が最も高かったが (0.992)、その他 *Tf^A* (0.004) および *Tf^C* (0.004) も検出され、また緑えり野鶏でも表現型 BB のほかに BC および CC 型が観察された。インドネシア在来鶏のうち、第1次調査の分は *Tf^B* のみを保有しており、第2次調査による分析結果とは差異がみられた。第2次調査による血液サンプルで検出された *Tf^A* と *Tf^C* は、第1次調査では採血されなかったスマトラ島のバンダアチェとバリ島のダワン地方で採血された在来鶏において検出された。

Table 6. Distribution of phenotypes and gene frequencies of plasma transferrin (*Tf*) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	No. of birds	Phenotypes						Gene frequencies		
		AA	AB	AC	BB	BC	CC	<i>Tf</i> ^A	<i>Tf</i> ^B	<i>Tf</i> ^C
White Leghorn (S)	43				43				1.000	
White Cornish (B)	142				142				1.000	
White Plymouth Rock (dw)	96				96				1.000	
Rhode Island Red	13				13				1.000	
Satsumadori	100				100				1.000	
Kurekodori	12				12				1.000	
Taikankatsurachabo	9				9				1.000	
Onagadori	33				33				1.000	
Gifujidori	47				47				1.000	
Ingie fowl	67				67				1.000	
Koshamo	7				7					
Nagoya	5				5					
Tosajidori	7				7					
Tosakukin	3				3					
Totenko	3				3					
Minohiki	2				2					
Darumachabo	5				5					
Kumamoto	4				4					
Philippine native fowl	64				64				1.000	
Indonesian native fowl (No. 1)	39				39				1.000	
Indonesian native fowl (No. 2)	137		1		135	1		0.004	0.992	0.004
Red Jungle Fowl (Philippine)	6				6				1.000	
Red Jungle Fowl (Thailand)	6				6				1.000	
Ceylonese Jungle Fowl	4				4				1.000	
Black or Green Jungle Fowl	3				1	1	1		0.500	0.500
Grey Jungle Fowl	9				9				1.000	

6) 赤血球ホスホグルコン酸脱水素酵素アイソザイム (6-PGD)

鶏の 6-PGD アイソザイムに関しては、これまで遺伝的変異の報告がなされていないのが現状である。しかし、本研究に供試したインドネシア在来鶏において、多型が検出された。

その結果は、図 2 および表 7 に示したように、3つの表現型 AA, AB および BB が検出された。すなわち、A A 型および BB 型は、それぞれ 1 本のバンドが発現したが、AB 型ではハイブリッドバンドが観察される 3 本のバンドが認められた。また AA 型と BB 型の赤血球を等量混合した結果では、本来の AA 型と BB 型のバンドが現われる位置にそれぞれのバンドが現われ、計 2 本のバンドが認められた。インドネシア在来鶏の血液は、現地で

採血したものを日本に持ち帰ったもので交配実験ができず、6-PGD の遺伝的支配様式が解明できないのが残念である。しかし、前述のバンドの現われ方から、恐らくニホンウズラ^{20,38)} やプタ^{39,40)} などの赤血球 6-PGD と同様に、2 個のサブユニットからなる 2 量体 (dimer) であることが示唆される。いま鶏の 6-PGD を支配する遺伝子を 6-PGD^A および 6-PGD^B と仮定すると、インドネシア在来鶏のうち第一次調査の分の遺伝子頻度は、6-PGD^A 0.063, 6-PGD^B 0.937 となり、また第 2 次調査で採血した在来鶏は、6-PGD^A 0.045, 6-PGD^B 0.955 と推定された。一方、本研究に供試した他の実用鶏、日本鶏ならびに野鶏では、すべて monomorphic で BB 型のみが検出された。庄武ら⁴¹⁾ は、マレーシアにおける赤色野鶏、在来鶏およびその交雑種の 6-PGD につ

Table 7. Distribution of phenotypes and gene frequencies of erythrocyte 6-phospho-gluconate dehydrogenase (6-PGD) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	No. of birds	Phenotypes			Gene frequencies	
		AA	AB	BB	6-PGD ^A	6-PGD ^B
White Leghorn (S)	56			56		1.000
White Cornish (B)	33			33		1.000
White Plymouth Rock (dw)	45			45		1.000
Rhode Island Red	13			13		1.000
Satsumadori	69			69		1.000
Kurekodori	11			11		1.000
Taikankatsurachabo	9			9		1.000
Onagadori	25			25		1.000
Gifujidori	53			53		1.000
Ingie fowl	28			28		1.000
Koshamo	7			7		
Nagoya	5			5		
Tosajidori	7			7		
Tosakukin	3			3		
Totenko	4			4		
Minohiki	3			3		
Darumachabo	5			5		
Kumamoto	5			5		
Indonesian native fowl (No. 1)	40		5	35	0.063	0.937
Indonesian native fowl (No. 2)	132	3	6	123	0.045	0.955
Red Jungle Fowl (Philippine)	6			6		1.000
Red Jungle Fowl (Thailand)	6			6		1.000
Ceylonese Jungle Fowl	3			3		1.000
Black or Green Jungle Fowl	4			4		1.000
Grey Jungle Fowl	9			9		1.000

いて分析した結果、在来鶏 3 羽に変異型すなわち、AC 型が検出されたが、調査した他の鶏種はすべて A 型であったことを報告している。庄武らの報告によるマレーシアの野鶏、在来鶏およびその交雑種では、B 型は検出されずに逆に A 型が多く存在するが、本研究における結果では、A 型はインドネシア在来鶏のみで、他の野鶏、日本鶏および実用鶏などでは B 型のみで A 型はこれまでのところ検出されていない。マレーシア在来鶏との比較実験をしていないので断言はできないが、もし庄武らの報告した A 型が本研究での B 型に相当するものであれば、大多数の鶏は B 型であるところから理解しやすくなり、庄武らの AC 型は BC 型となり、6-PGD アイソザイムに関しては、A、B および C の 3 つのバンドの組合わせによる表現型が存在することになる。今後、さらに多くの鶏

種について 6-PGD の変異型の検出を行う必要がある。

7) 赤血球エステラーゼアイソザイム (Es-8)

鶏の赤血球エステラーゼアイソザイムには、3 つの表現型 AA、AB および BB が検出され、これらは常染色体上に座位する 1 対の共優性遺伝子 *Es-8^A* および *Es-8^B* によって支配されている¹⁷⁾。

本研究における *Es-8* エステラーゼアイソザイムの表現型分布と遺伝子頻度は、表 8 に示したとおりである。

まず、実用鶏の白色レグホーンは *Es-8^A* の頻度が高く、白色コーニッシュおよび白色プリマスロックは、逆に *Es-8^B* の頻度が高いという結果が得られた。日本鶏では、久連子鶏、大冠桂チャボ、インギー鶏などは *Es-8^A* の頻度が高かったが、薩摩鶏および尾長鶏では逆に

Table 8. Distribution of phenotypes and frequencies of erythrocyte esterase (*Es-8*) in various chicken breeds and jungle fowls

Breeds or species	No. of birds	Phenotypes			Gene frequencies	
		AA	AB	BB	<i>Es-8^A</i>	<i>Es-8^B</i>
White Leghorn (S)	53	43	4	6	0.850	0.150
White Cornish (B)	29	1	6	22	0.140	0.860
White Plymouth Rock (dw)	37		3	34	0.040	0.960
Rhode Island Red	13	3	8	2	0.540	0.460
Satsumadori	100	12	34	54	0.290	0.710
Kurekodori	11	11			1.000	
Taikankatsurachabo	9	9			1.000	
Onagadori	25	4	8	13	0.320	0.680
Gifujidori	56	20	11	25	0.455	0.545
Ingie fowl	24	21	1	2	0.896	0.104
Koshamo	7	5	2	1		
Nagoya	12		10	2	0.417	0.583
Tosajidori	7	6	1			
Tosakukin	3	3				
Totenko	4	3		1		
Minohiki	3	3				
Darumachabo	5	5				
Kumamoto	5	5				
Indonesian native fowl (No. 1)	40	16	4	20	0.450	0.550
Indonesian native fowl (No. 2)	52	24	23	5	0.683	0.317
Red Jungle Fowl (Philippine)	4	1		3	0.250	0.750
Red Jungle Fowl (Thailand)	2			2		
Ceylonese Jungle Fowl	4		2	2	0.250	0.750
Black or Green Jungle Fowl	4	2	1	1	0.625	0.375
Grey Jungle Fowl	9	3		6	0.333	0.667

Es-8^B の頻度が高いことが確かめられた。インドネシア在来鶏の第1次調査の分では *Es-8^B* が、また第2次調査の場合には *Es-8^A* がそれぞれやや高い傾向が認められた。野鶏では、赤色野鶏（タイ）、赤色野鶏（インドネシア）、セイロン野鶏および灰色野鶏では、表現型 BB 型を有する個体がやや多く、緑えり野鶏では逆に AA 型の分布がやや多いという結果が認められた。

2. 種の異なる野鶏間の交雑種 (F_1) における蛋白質型

種の異なる野鶏間の交雑や野鶏と家鶏との交雑は、これまで家鶏と野鶏との類縁関係を解明するための分析方法として、交雑可能性や雑種の稔性をしらべるために種々研究が行われている⁴²⁾。本研究では、野鶏と家鶏との関連を知るための一連の研究の1つとして、先ず種の異なる野鶏間の交雑から得られた F_1 個体について、蛋白

質多型現象の観点から分析を行った。

赤色野鶏雌×灰色野鶏雄および灰色野鶏雌×緑えり野鶏雄の親および F_1 個体の蛋白質型は、表9に示したとおりである。

すなわち、種の異なる野鶏間の交雑から得られた F_1 個体は、両親の血漿あるいは赤血球中には存在しない雑種特有のバンドは認められず、その蛋白質型の表現型は家鶏の表現型と全く一致し、各遺伝子座の遺伝的支配様式に基づいてそれぞれ分離した。つぎに、両親の蛋白質型に関する表現型は不明であるが、種の異なる野鶏間の交雑、すなわち赤色野鶏雌×セイロン野鶏雄、赤色野鶏雌×灰色野鶏雄から得られた F_1 個体の表現型の分離を、しらべた結果、やはり家鶏の表現型と同じ表現型を示し、野鶏特有のバンドは検出されなかった（表10）。

Table 9. Phenotypic segregation of various protein types in Red Jungle Fowl, Grey Jungle Fowl and their hybrid, and Grey Jungle Fowl, Black or Green Jungle Fowl and their hybrid

Matings	Observed No.	<i>Es-1</i>	<i>Amy-1</i>	<i>Akp-akp</i>	(Presumptive) <i>Akp-2</i> (genotype)	(Presumptive) <i>Alb</i> (genotype)
Red Jungle Fowl (RJF) ♀	1	A B	A A	F	<i>Akp-akp</i>	—
						{ <i>Akp-2°/Akp-2°</i> <i>Akp-2^a/Akp-2^a</i> } B B
RJF ♀ × GJF ♂ F ₁	1	A B	A A	S	<i>akp/akp</i>	—
						" B B
Grey Jungle Fowl (GJF) ♂	1	B B	A A	F	<i>Akp/akp</i>	—
						" B B
Grey Jungle Fowl ♀	1	B B	A A	F	<i>Akp/akp</i>	—
						{ <i>Akp-2°/Akp-2°</i> <i>Akp-2°/Akp-2^a</i> } B B
GJF ♀ × BJF ♂ F ₁	1	B C	A A	S	<i>akp/akp</i>	—
						<i>Akp-2°/Akp-2^a</i> B B
Black or Green Jungle Fowl (BJF) ♂	1	B C	A A	S	<i>akp/akp</i>	+
						<i>Akp-2^a/Akp-2^a</i> B B

Table 10. Phenotypic segregation of various protein types in the progenies from interspecific mating

Matings	Observed No.	<i>Es-1</i>			<i>Amy-1</i>			<i>Akp-akp</i>			<i>Akp-2</i>		
		AA	AB	AC	BB	BC	CC	AA	AB	AC	BB	CC	F S + —
RJF ♀ × CJF* ♂ F ₁	1		1					1				1	1
RJF ♀ × GJF ♂ F ₁	3	1	1		1			3				3	3
Matings	<i>Alb</i>												<i>Hb-1</i>
	AA	AB	AC	AD	BB	BC	BD	CC	CD	DD	AA	AB	BB AA AB BB
RJF ♀ × CJF* ♂ F ₁					1						1	1	1
RJF ♀ × GJF ♂ F ₁					3						3	3	3

* Ceylonese Jungle Fowl

Table 11. Matrices of genetic distance between the respective pair of 15 fowl breeds, used on 18 loci, calculated by using Nei's equation

Breeds or species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 White Leghorn (S)	0														
2 White Cornish (B)	0.0700	0													
3 White Plymouth Rock (dw)	0.0960	0.0056	0												
4 Rhode Island Red	0.0201	0.0293	0.0477	0											
5 Satsumadori	0.0745	0.0065	0.0150	0.0231	0										
6 Kurekodori	0.0510	0.0604	0.0857	0.0469	0.0227	0									
7 Taikankatsurachabo	0.0652	0.0635	0.0892	0.0560	0.0527	0.0087	0								
8 Onagadori	0.0671	0.0056	0.0102	0.0210	0.0015	0.0520	0.0545	0							
9 Gifuji-dori	0.0582	0.0234	0.0515	0.0317	0.0215	0.0334	0.0335	0.0284	0						
10 Ingie fowl	0.0497	0.0453	0.0627	0.0240	0.0452	0.0252	0.0224	0.0388	0.0393	0					
11 Indonesian native fowl	0.0465	0.0216	0.0379	0.0229	0.0153	0.0199	0.0139	0.0153	0.0150	0.0127	0				
12 Red Jungle Fowl	0.0794	0.0058	0.0177	0.0288	0.0016	0.0506	0.0503	0.0052	0.0141	0.0488	0.0157	0			
13 Ceylonese Jungle Fowl	0.0832	0.0064	0.0167	0.0330	0.0035	0.0524	0.0522	0.0061	0.0171	0.0502	0.0170	0.0019	0		
14 Black or Green Jungle Fowl	0.1132	0.1023	0.1304	0.1021	0.1023	0.0968	0.0642	0.1056	0.0770	0.0706	0.0635	0.0963	0.0942	0	
15 Grey Jungle Fowl	0.0754	0.0083	0.0210	0.0294	0.0039	0.0443	0.0440	0.0067	0.0133	0.0245	0.0129	0.0022	0.0005	0.0888	0

3. 品種間の遺伝的距離

前述したように本研究において多型が認められた8座位(表2~8)と多型を示さない10座位の合計18座位について、遺伝子頻度を求め、これから Nei の方法に従って各2品種間の遺伝的距離を算出した(表11)。さらにこの結果から、SOKAL and SNEATH の unweighted-pair-group 法によって、デンドログラムを作成した(図3)。家鶏では、供試数が10羽以上の品種について分析を行い、また野鶏については供試数が少ない難点があるが、より多くの野鶏を供試することは現時点では困難であるので、比較分析に用いることにした。

本研究に供試した野鶏、日本鶏および実用鶏についてその関連性をしらべると、先ず野鶏では灰色野鶏とセイロン野鶏とが関係が近く、これらはまた赤色野鶏とも比較的近いが、緑えり野鶏とは類縁関係が遠いことが判明した。家鶏では、薩摩鶏と尾長鶏が近く、これらは他の実用鶏あるいは日本鶏よりも赤色、灰色およびセイロン野鶏に近いことが示された。また熊本県原産の九連子鶏と大冠桂チャボ、それにインギー鶏とインドネシア在来鶏とが近いことが明らかにされた。さらに実用鶏では、肉用種である白色コーニッシュと白色プリマスロックと

Fig. 3. Dendrogram showing genetic similarities among 15 fowl breeds, estimated from 18 loci.

が関係が近く、また卵用種の白色レグホーンは兼用種のロードアイランドレッドと近いが、両者の関係は遠いことが示された。小穴²⁾は、古文書と形態の観察などから日本鶏成立の血縁関係を明らかにしている。小穴によると、薩摩鶏は小国と軍鶏との交雑から成立し、また尾長鶏は尾羽の数や配列が日本古来の地鶏とは異なり小国と同じであるところから、小国が起源であるとしている。本研究では、小国と軍鶏の分析を行っていないのでこれらとの関連は不明であるが、薩摩鶏が垂長尾鶏に属することを考えると、本研究での供試品種の中で尾長鶏に近い関係が得られても不思議ではないと思われる。

インギー鶏は、1894年英国船ドラメルタン号が鹿児島種子島の南種子町前之浜に座礁した際、町民が献身的に救助したお礼として乗組員から船内で食料用として飼育していた11羽の鶏を贈られたのがはじまりで、以後南種子町の農家で大事に飼いつがれている鶏である。当時、種子島では英国のことをインギーと呼んでいたところからインギー鶏と名付けられた³²⁾。ドラメルタン号は当時長崎、上海、香港を中心に広く東南アジアに航路をもつ貿易船であり、インギー鶏も寄港先で食料用として買こまれたものらしいが、本研究に用いた種々の品種の中でインドネシア在来鶏と遺伝的類似性があるというのも興味あることといえる。

野鶏と家鶏との関連については、赤色野鶏のみが家鶏の唯一の祖先であるとする一元説^{43,44)}と赤色野鶏以外に灰色、セイロンあるいは緑えり野鶏なども関与しているとする多元説⁴⁴⁾とが唱えられている。この問題に関する蛋白質多型現象の観点からのアプローチとしてはつぎのような研究がある。すなわち、STRATIL⁴⁵⁾は家鶏とセイロン野鶏との卵白蛋白質を比較した結果、セイロン野鶏のG₂オボグロブリン部位に差がみられ、家鶏とは異なることを報告した。さらにBAKER and MANWELL⁴⁶⁾は、家鶏、赤色野鶏、灰色野鶏および赤色野鶏と灰色野鶏の交雑F₁の卵白蛋白質について比較分析を行った。その結果、家鶏と赤色野鶏とは卵白蛋白質のザイモグラムが同じであるが、灰色野鶏では3つの卵白蛋白質、すなわちG₃オボグロブリン、G₂オボグロブリンおよびグルタミルペプチダーゼに違いがみられることを明らかにし、家鶏の祖先は赤色野鶏であろうと推測している。

一方、著者らによる鶏の血清アミラーゼアイソザイムに関する遺伝学的分析では、4種の野鶏、すなわち赤色・灰色・セイロンならびに緑えり野鶏はそれぞれ家鶏と同じ表現型を有し、野鶏特有のアイソザイムは認められなかったことから、4種の野鶏とも、家鶏の成立に関与したのではないかと推論している。また本研究における

Table 12. Existence (P) or not (—) of genetic polymorphism at 18 loci in 15 fowl breeds

Breeds or species	Locus of protein type																	No. of poly loci	
	<i>Es-1</i>	<i>Amy-1</i>	<i>Amy-3</i>	<i>Akp-akp</i>	<i>Akp-2</i>	<i>Alb</i>	<i>Tf</i>	<i>Es-8</i>	<i>Es-8II</i>	<i>6-PGD</i>	<i>PGM</i>	<i>PHI</i>	<i>To</i>	<i>MDH</i>	<i>LDH</i>	<i>Es-D</i>	<i>Hb-1</i>		<i>Hb-2</i>
White Leghorn (S)	P	P	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
White Cornish (B)	P	P	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
White Plymouth Rock (dw)	P	P	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Rhode Island Red	P	P	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Satsumadori	P	P	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Kurekadori	P	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
Taikankatsurachabo	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
Onagadori	P	P	—	P	—	P	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
Gifujiadori	P	—	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
Ingie fowl	P	P	—	—	P	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Indonesian native fowl	P	P	—	—	P	P	P	P	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	8
Red Jungle Fowl	P	—	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
Ceylonese Jungle Fowl	P	—	—	P	—	—	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Black or Green Jungle Fowl	P	—	—	—	P	P	P	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Grey Jungle Fowl	P	—	—	P	—	P	—	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4

種々の酵素、蛋白質型についての分析結果も、上述のアミラーゼアイソザイムの場合と同様の結果が得られ、家鶏と野鶏のアイソザイムは電気泳動的に全く一致することが確認された。著者らは、卵白蛋白質型についての分析は行っていないが、卵白蛋白質型に関しては家鶏と野鶏とで差異があり、一方血液中の酵素、蛋白質型については両者に違いがみられないということの理由は、現在のところ不明である。

家鶏の類縁性に関する蛋白質多型現象の観点からの研究において、田名部ら¹³⁾は日本鶏24品種、蛋白質型16座位、渡辺ら¹⁴⁾は10品種、4座位および岡田ら¹⁰⁾は6品種、血液型4システム、アイソザイム3座位の遺伝子頻度からそれぞれの遺伝的距離を算出し、デンドログラムを作成して解析を行っている。本研究においては、4種の野鶏および実用鶏と比較するために供試した日本鶏の品種の数が少ないため、田名部らの日本鶏に関する分析結

果との比較ができなかったが、しかし田名部らや渡辺らおよび岡田らの結果と本研究での結果とを合わせ考察すれば、血液中の蛋白質型を支配する遺伝子を標識として、野鶏と家鶏との関連、さらに家鶏の品種の相互関係や系統間差異を明らかにすることが可能であるといえよう。

4. 鶏の遺伝的変異性

これまで述べた電気泳動法によって検出された鶏の蛋白質の1次構造の変異を、全遺伝子プールからの無作為標本とみなして、鶏種の異なる各集団での遺伝的変異性を定量した。対象とした座位は18座位で、尺度としては、多型遺伝子座の割合 (P_{poly})、個体当たり、座位当たり平均ヘテロ接合の割合 ($\bar{H}$)、座位当たり対位遺伝子の有効数 (N_e) の3つを使用した。各鶏種の蛋白質型における多型遺伝子座の数は表12に、また遺伝的変異性の値は表13に示したとおりである。

すなわち、実用鶏: $P_{poly}=0.2222$, $\bar{H}=0.0336$ ~

Table 13. Quantification of genetic variability in 15 breeds of fowls

Breeds or species	$P_{poly} \pm S. E.$	$\bar{H} = 1 - \frac{\sum q_i^2}{n}$	$N_e = 1 / \frac{\sum q_i^2}{n}$
White Leghorn (S)	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0554	1.06
White Cornish (B)	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0628	1.07
White Plymouth Rock (dw)	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0336	1.03
Rhode Island Red	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.1090	1.12
Satsumadori	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0796	1.09
Kurekodori	0.1111 $\pm$ 0.0741	0.0464	1.05
Taikankatsurachabo	0.1111 $\pm$ 0.0741	0.0614	1.07
Onagadori	0.2778 $\pm$ 0.1056	0.0860	1.09
Gifujidori	0.1667 $\pm$ 0.0878	0.0482	1.05
Ingie fowl	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0866	1.09
Indonesian native fowl	0.4444 $\pm$ 0.1171	0.1050	1.12
Red Jungle Fowl	0.1667 $\pm$ 0.0878	0.0672	1.07
Ceylonese Jungle Fowl	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0790	1.09
Black or Green Jungle Fowl	0.3333 $\pm$ 0.1111	0.1346	1.16
Grey Jungle Fowl	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0838	1.09

Table 14. Quantification of genetic variability in Indonesian native fowl

Locality	No. of birds	$P_{poly} \pm S. E.$	$\bar{H} = 1 - \frac{\sum q_i^2}{n}$	$N_e = 1 / \frac{\sum q_i^2}{n}$
Sumatra	40	0.3889 $\pm$ 0.1149	0.0872	1.10
Madura	25	0.2222 $\pm$ 0.0980	0.0784	1.09
Slawesi	22	0.3333 $\pm$ 0.1111	0.1065	1.12
Sumbawa	25	0.2778 $\pm$ 0.1056	0.0884	1.10
Bali	25	0.3889 $\pm$ 0.1149	0.1040	1.12

0.1090, $N_e=1.03\sim1.12$; 日本鶏: $P_{poly}=0.1111\sim0.2778$, $\bar{H}=0.0464\sim0.0866$, $N_e=1.05\sim1.09$; インドネシア在来鶏: $P_{poly}=0.4444$, $\bar{H}=0.1050$, $N_e=1.12$; 野鶏: $P_{poly}=0.1667\sim0.3333$, $\bar{H}=0.0672\sim0.1346$, $N_e=1.07\sim1.16$ を示した。インドネシア在来鶏の遺伝的変異性の値が、他の鶏種に比してやや高いが、これを採血した地区別にわけると、その値は実用鶏、日本鶏あるいは野鶏の値とほぼ同じである(表 14)。

遺伝的変異性は、一般に無脊椎動物では高く、脊椎動物では低い傾向がみられるが、野生動物の地域集団では、 P_{poly} の値は 0.20~0.40, $\bar{H}$ の値は 0.05~0.15 程度となり、これらの値はその種の分類学的位置にかかわらず、特殊の生態的条件下に生息するもの以外は、大体一定の値をとることが知られている⁴⁷⁾。家畜、家禽では、山羊⁴⁸⁾(日本ザーネン: $P_{poly}=0.1481$, $\bar{H}=0.0510$; シバヤギ: $P_{poly}=0.0370\sim0.1851$, $\bar{H}=0.0018\sim0.0178$)、牛⁴⁹⁾(和牛: $P_{poly}=0.6957\sim0.8696$, $\bar{H}=0.205\sim0.262$; ホルスタイン: $P_{poly}=0.7857$, $\bar{H}=0.223$)、馬²⁸⁾(日本在来馬: $P_{poly}=0.1428\sim0.4000$, $\bar{H}=0.0349\sim0.1210$; サラブレッド: $P_{poly}=0.333$, $\bar{H}=0.1277$; アラブ: $P_{poly}=0.4285$, $\bar{H}=0.1501$) およびウズラ($P_{poly}=0.516^{50)}$, $0.761^{51)}$; $\bar{H}=0.167^{50)}$, $0.285^{51)}$ が報告されている。本研究での結果は、実用鶏、日本鶏および野鶏の P_{poly} , $\bar{H}$ とともに、SELANDER の示した値にほぼあてはまることが明らかとなった。

本研究を行うにあたり、血液の採取にご協力いただいた熊本県養鶏試験場 松崎正治氏に感謝の意を表する。

本研究は、文部省科学研究費 No. 236026 および No. 336027 の補助を受けた。

文 献

- 小穴 彪, 日本鶏の歴史. 増補版. 日本鶏研究社. 東京. 1951.
- 芝田清吾, 日本古代家畜史の研究. 学術書出版会. 東京. 1969.
- 加茂儀一, 家畜文化史. 法政大学出版会. 東京. 1973.
- 西田隆雄, 在来家畜調査団報告, 2: 2-24. 1967.
- 西田隆雄, 化学と生物, 12: 319-328. 1974.
- 野澤 謙・西田隆雄, 科学, 40: 29-35. 1970.
- 野澤 謙, 化学と生物, 9: 710-718. 1971.
- 藤尾芳久, 在来家畜調査団報告, 5: 5-12. 1972.
- NISHIDA, J. and T. NISHIDA, Jap. J. vet. Sci., 37: 95-99. 1975.
- 岡田育穂・豊川好司・高安一郎, 家禽会誌, 17: 337-343. 1980.
- 田名部雄一, 家禽会誌創立 25 周年記念号, 3-14. 1979.
- TANABE, Y., Proc. 16th Worlds Poult. Congr. Rio de Janeiro, R 12: 1829-1834. 1978.
- 田名部雄一・水谷正俊, 家禽会報, 17: 116-121. 1980.
- WATANABE, S. and S. SUZUKI, J. Agr. Sci. Tokyo Univ. Agr., 22: 85-94. 1977.
- HASHIGUCHI, T., S. B. LOH, Y. MAEDA and M. TAKETOMI, Anim. Blood Grps biochem. Genet., 7: 65-72. 1976.
- HASHIGUCHI, T., M. YANAGIDA, Y. MAEDA and M. TAKETOMI, Japan. J. Genet., 45: 341-349. 1970.
- HASHIGUCHI, T., K. SHIHARA, Y. MAEDA and M. TAKETOMI, Japan. Poultry Sci., 16: 166-171. 1979.
- 田名部雄一・杉浦秀次・伊藤和喜, 家禽会誌, 14: 19-26. 1977.
- STRATIL, A., Comp. Biochem. Physiol., 24: 113-121. 1968.
- MANWELL, C. and C. M. A. BAKER, Comp. Biochem. Physiol., 28: 1007-1028. 1969.
- BENGTSOON, S. and K. SANDBERG, Anim. Blood Grps biochem. Genet., 4: 83-87. 1973.
- BAUR, E. W. and R. T. SHORR, Science, 166: 1524-1525. 1969.
- DAVIDSON, R. G. and J. A. CORTNER, Nature, 215: 761-762. 1967.
- 渡辺 誠喜・芝田 猛・河原 孝忠, 家禽会誌, 14: 66-70. 1977.
- WASHBURN, K. W., Poultry Sci., 47: 561-564. 1968.
- NEI, M., Amer. Nat., 106: 283-292. 1972.
- SOKAL, R. R. and P. H. A. SNEATH, Principles of Numerical Taxonomy, Freeman, San Francisco, 1972.
- NOZAWA, K., T. SHOTAKE and Y. OHKURA, Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol., 93: 60-74. 1976.
- GRUNDER, A. A., Can. J. Genet. Cytol., 10: 961-967. 1968.
- GRUNDER, A. A., E. S. MERRITT and F. K. KRISTJANSSON, Poult. Sci., 49: 769-774. 1970.
- 木村 正雄・横山 晋人, 家禽会誌, 8: 124-126. 1971.
- HASHIGUCHI, T., T. FUJISAKI, Y. MAEDA and M. TAKETOMI, Br. Poult. Sci., 19: 487-490. 1978.
- 根占正嘉, 南九州産の日本鶏について, 13-16. 著者自刊. 熊本. 1953.
- 吉倉 真, 熊本県文化財調査報告, 第 8 集: 106-116. 1967.
- 田名部雄一・杉浦秀次・藤岡広郎, 家禽会誌, 14: 173-178. 1977.
- WILCOX, F. H., Genetics, 53: 799-805. 1966.
- 木村 正雄・合田 之久・磯貝 岩弘, 家禽会誌, 16: 266-270. 1979.
- LEUNG, E. S. and L. E. HALEY, Biochem. Genet., 11: 221-230. 1974.

- 39) 大嶋 博・田中 一栄, 日畜会報, **45**: 129-132. 1974.
- 40) SAISON, R., Proc. XIth Eur. Conf. on Anim. Blood Grps and Biochem. Polymorph., 321-328. Warsaw. 1968.
- 41) 庄武孝義・大倉よし子・玉置禎紀・T. I. Azmi, 在家畜調査団報告, **7**: 65-69. 1976.
- 42) MOREJOHN, G. V., Evolution, **22**: 576-582. 1968.
- 43) DARWIN, C., The Variation of Animals and Plants under Domestication. 2nd ed., Appleton & Company. New York. 1890.
- 44) HUTT, F. B., Origin of the fowl. In "Genetics of the Fowl". 9-12. McGraw-Hill Book Company, New York. 1949.
- 45) STRATIL, A., Thesis, Czechoslovak Academy of Science, Laboratory of Physiology and Genetics of Animals, Liběchov. 1968.
- 46) BAKER, C. M. A. and C. MANWELL, Anim. Blood Grps biochem. Genet., **3**: 101-107. 1972.
- 47) SELANDER, R. K., S. Y. YANG, R. C. LEWONTIN and W. E. JOHNSON, Evolution, **24**: 402-414. 1970.
- 48) 野澤 謙・加納 康彦・沢崎 徹・西田隆雄・阿部恒夫・庄武孝義・松田 洋一, 実験動物, **27**: 413-422. 1978.
- 49) 阿部恒夫, 昭和53年度科学研究費補助金(総合研究A)研究成果報告書(課題番号 336027), 91-103. 1979.
- 50) 木村正雄・石黒基嗣・伊藤 慎一・磯貝岩弘, 家禽会誌, **17**: 312-322. 1980.
- 51) LUCOTTE, G. et M. KAMINSKI, Arch. Internat. Physiol., **83**: 683. 1975.

Phylogenetic Relationships Determined by the Blood Protein Types of Fowls

Tsutomu HASHIGUCHI, Mitsuru TSUNEYOSHI, Takao NISHIDA*,
Hisashi HIGASHIUWATOKO** and Eiichi HIRAOKA***

Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima-shi 890

*Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo-ku 113

**Kagoshima Prefectural Poultry Experiment Station, Sendai-shi 895

***Kochi Prefectural Livestock Experiment Station, Kochi-ken
Sagawa-cho 789-12

Gene constitutions of jungle and domestic fowls were compared by using the data of gene frequencies at 18 loci controlling blood protein types. Of 18 loci analysed by electrophoresis, polymorphism was detected at the following 8 loci: plasma esterase (*Es-1*), plasma amylase (*Amy-1*), plasma alkaline phosphatase (*Akp-akp*; *Akp-2*), plasma albumin (*Alb*), plasma transferrin (*Tf*), erythrocyte 6-phosphogluconate dehydrogenase (*6-PGD*) and erythrocyte esterase (*ES-8*). Other 10 loci, *Amy-3*, *Es-8II*, *Es-D*, *PGM*, *PHI*, *MDH*, *To*, *LDH*, *Hb-1* and *Hb-2*, were monomorphic. In the present study, a variation was found in the erythrocyte 6-phosphogluconate dehydrogenase locus. Three phenotypes were the fast mobile band, the slow mobile band and the triple band, the last one being composed of the fast, slow and an intermediate bands. These phenotypes were designated as AA, BB and AB, respectively. The frequency of *6-PGD*^A was low (0.045~0.063) and was found only in the Indonesian native fowl. In other domestic and jungle fowls the allele, *6-PGD*^B, was observed to fix. Plasma albumin of the fowl are controlled by four autosomal codominant alleles, *Alb*^A, *Alb*^B and *Alb*^C (Stratil, 1968) and *Alb*^D (found newly). *Alb*^D was observed only in Black or Green Jungle Fowl. Although the numbers of jungle fowls tested were small, it was confirmed that the phenotypes in their various protein types were entirely the same as the ones observed in the domestic fowls. Genetic distance between pairs of the chickens and jungle fowls were estimated by numerical taxonomic method. Grey Jungle Fowl and Ceylonese Jungle Fowl were noted to be quite closely related; it was ascertained that those two species were more closely related with Red Jungle Fowl than with other fowls, being quite alien from Black or Green Jungle Fowl. Close genetic similarities were found between Satsumadori and Onagadori, between Ingie fowl and Indonesian native fowl, and between White Cornish and White Plymouth Rock. Furthermore, the proportion of polymorphic loci (P_{poly}), the expected average heterozygosity per individual ($\bar{H}$) and the effective number of alleles per locus (N_e) were assayed to estimate the genetic variabilities in domestic and jungle fowls.

	P_{poly}	$\bar{H}$	N_e
Commercial chickens	0.2222	0.0336~0.1090	1.03~1.12
Japanese native fowls	0.1111~0.2778	0.0464~0.0866	1.05~1.09
Indonesian native fowls	0.4444	0.1050	1.12
Jungle fowls	0.1667~0.3333	0.0672~0.1346	1.07~1.16

Jpn. J. Zootech. Sci., 52 (10): 713-729, 1981