Genetic Variations of Blood Groups and Biochemical Polymorphisms in NIH Miniature Pigs

Takao Oishi, Hiroyuki Maruno*, Hiroshi Kawaida*, Kaoru Sakamoto**
and Hiroshi Ujino***

National Institute of Agrobiological Resources,
Tsukuba Norinkenyudanchi 305

*Kagoshima Prefectural Animal Husbandry Experiment Station,
Kokubu 899-44

**Sakura National Hospital, Sakura 285

***South Japan Grain Terminal Ltd., Kagoshima 891-01

Abstract The genetic variations of blood groups and biochemical polymorphisms in NIH miniature pigs were investigated in this study. The blood samples were collected from ten animals (6 males and 4 females) of this strain which was maintained in Kagoshima Prefectural Animal Husbandry Experiment Station. Blood types investigated comprised eight blood groups, five serum proteins, five red cell enzymes and two serum allotypes, 20 loci in total.

The results were as follows.

1) NIH miniature pigs showed polymorphic variations at A, F, G, H, K, O, Pa, Hp, PHI, EsD, PSA-I and PSA-II, 12 loci in total. When the gene frequencies in NIH miniature pigs were compared with those in the four miniature pig strains of Ohmini, Pitman-Moore, Göttingen and CLAWN-mini, NIH miniature strain showed characteristic frequencies in A, H, K, L and Pa loci.

2) The genetic variability of NIH miniature pigs based on the gene frequencies of 20 blood type loci was higher than those of Ohmini and CLAWN-mini, and equal to Göttingen and Pitman-Moore.

3) Using the gene frequencies at the 20 loci, the genetic distances between NIH miniature pigs and seventeen pig breeds were calculated on the basis of the formulae of Rogers (1972) and Nei (1975), and the dendrograms showing genetic similarities among eighteen pig populations were prepared. NIH miniature pigs showed far genetic distances from Chinese pig breeds and relatively close distances to Landrace, Hampshire and Pitman-Moore among Euro-American breeds. It was clarified from the dendrogram that NIH miniature pigs belonged to Euro-American pig group, and was situated at the furthest distance among Euro-American breeds.

Key words: NIH miniature pigs, blood groups, biochemical polymorphism, genetic variability, genetic distance

NIHミニブタの血液型および蛋白質型特性

大石 孝雄・丸野 弘幸*・川井田 博*・
坂本 薫**・宇治野 裕**

農林水産省農業生物資源研究所、筑波農林研究団地、つくば市 305

* 鹿児島県畜産試験場、国分市 899-44

** 国立佐倉病院、佐倉市 285

*** 南日本グリーンセンター、鹿児島市 891-01

近年小型豚が、医学、畜産学分野の研究用実験動物として注目されている。世界的にみて、米国を中心に10種類以上のミニブタが開発されており、わが国でもオーミニとクラウンミニの2系統が開発されている。米国で開発された系統の1つに、国立保健研究所 (NIH) で作出された NIH ミニブタがある (Sachs ら, 1976)。このブタは、ある特定の主要組織適合性複合体 (MHC) タイプに固定されたミニブタであり、新しいミニブタを作出するための素材として、現在わが国の鹿児島県畜産試験場に導入され飼育されている。

著者らはこれまで、わが国に飼養されている豚の品種・系統を中心に、その遺伝的特性の分析の1つとして、血液型および蛋白質型を調査してきた。ミニブタの系統については、すでにオーミニ (Oishi & Tomita, 1976)、ピッツマンムーア (Oishi & Tomita, 1976)、ゲッチンゲン (Oishi ら, 1980a) およびクラウンミニ (大石ら, 1991) の4系統の集団の遺伝的変異を調査し報告している。今回は NIH ミニブタの遺伝的位置付けを考察するために、血液型および血液蛋白質型を調査し、他のミニブタなどの豚集団と比較してみた。

材料および方法

血液材料は、鹿児島県畜産試験場に南日本グリーンセンターを介して導入された NIH ミニブタ10頭 (雄6, 雌4) から採取した。そしてその血液を用いて、赤血球抗原型8座位 (A, E, F, G, H, K, L, O)、血清蛋白質型5座位 (Tf, Pa, Hp, Cp, Am)、赤血球酵素型5座位 (PHI, 6PGD, PGM, ADA, EsD)、血清アロタイプ2座位 (PSA-I, PSA-II) の合計20遺伝子座位を調査した。これら座位の検出方法は、既報に示したとおりである (大石, 1980b, 1980c, 1980d; Oishi ら, 1979)。

遺伝的特性の分析には、遺伝的変異性を示す4つの指標を用い、また品種間相互の遺伝的類縁関係については、遺伝的距離係数を用いて分析した。遺伝的変異の指標としては、遺伝子頻度による均質指数 (H.I.)、個体当たり、座位当たり平均ヘテロ接合の割合 ($\bar{H}$)、多型遺伝子座位の割合 (P poly)、座位当たり対立遺伝子の有効な数 (N_e) を用いた (Nozawa ら, 1976)。また豚集団間の遺伝的類縁関係の分析には、Rogers (1972) および Nei (1975) の遺伝的距離係数を算出し、Sokal and Sneath (1963) の unweighted pair group method を用いて枝分かれ図を作成した。

結果および考察

NIH ミニブタの血液型および蛋白質型の遺伝子頻度を表1に示した。調査20座位のうち、NIH ミニブタは、A, F, G, H, K, O, Pa, Hp, PHI, EsD, PSA-I および PSA-II の12座位で多型を示した。そのうちとくに、K, PHI, PSA-I 座位で個体変異が大きかった。NIH ミニブタの遺伝子頻度を、これまでに報告しているオーミニ (Oishi & Tomita, 1976)、ピッツマンムーア (Oishi & Tomita, 1976)、ゲッチンゲン (Oishi ら, 1980a)、クラウンミニ (大石ら, 1991) の4系統のミニブタのそれらと比較すると、A, H, K, L および Pa 座位で特徴を示した。すなわち、A (-)、 H^b 、 Pa^B の多い、 K^a 、 Pa^A の少ない、そ

Table 1. Gene frequencies at the 20 loci of blood groups and biochemical polymorphisms in NIH miniature pigs

Locus	Allele	Frequency	Locus	Allele	Frequency
A *	A	0	Hp	Hp^{if}	0
	O	0.300		Hp^j	0.400
	—	0.700		Hp^g	0.600
E	E^{uq}	0	Cp	Hp^g	0
	E^{vde}	1.000		Cp^A	0
	E^{vde}	0		Cp^B	1.000
F	E^{fd}	0	Am	Am^A	0
	F^a	0.800		Am^B	1.000
	F^b	0.200		Am^C	0
G	G^a	0.632	PHI	PHI^A	0.350
	G^b	0.368		PHI^B	0.650
H	H^a	0.350	6PGD	$6PGD^A$	1.000
	H^b	0.650		$6PGD^B$	0
	H^{ab}	0	PGM	PGM^A	0
	H^-	0		PGM^B	1.000
K	K^a	0.550	ADA	ADA^A	1.000
	K^b	0.450		ADA^B	0
	K^-	0		ADA^O	0
L	L^{hk}	0	EsD	EsD^A	0.850
	L^h	0		EsD^B	0.150
	L^-	1.000	PSA-I	I^{ab}	0.106
O	O^a	0.106		I^a	0.447
	O^-	0.894		I^o	0.447
Tf	Tf^A	0	PSA-II	I^a	0.163
	Tf^B	1.000		I^o	0.837
Pa	Pa^A	0.200			
	Pa^B	0.800			

* Frequencies of the three phenotypes

してL座位ではL^aを欠きL⁻のみという特徴を有していた。

遺伝子頻度を基にして遺伝的変異を示す指数値を算出したところ、NIHミニブタは、遺伝子頻度による均質指数(H.I.)が0.600、個体当たり、座位当たり平均ヘテロ接合の割合($\bar{H}$)が0.226、多型遺伝子座位の割合(P poly)が0.600、座位当たり対立遺伝子の有効な数(Ne)が1.292であった。これらの数値を、これまでに報告しているミニブタ4系統のそれら(大石ら、1991)と比較すると、オーミニとクラウンミニより変異性が大きく、ゲッチングンおよびピッツマンムーアと同等の変異性であった。NIHミニブタの基礎となった個体が2頭である(Sachsら、1976)ことを考えると、予想以上に遺伝的変異性が高いといえる。

表2に NIHミニブタと17豚集団の間で計算した平均遺伝的距離係数を示した。17豚集団の中には、中国系6品種(金華豚、梅山豚、民豚、桃園種、小耳種、北京黒豚)、欧米系7品種(ランドレース、大ヨークシャー、ハンプシャー、デュロック、パークシャー、中ヨークシャー

、ハイパー豚)、ミニブタ4系統が含まれており、これらの遺伝子頻度は既報のものを用いた。RogersおよびNeiの両式に基づく遺伝的距離は、ほぼ似た傾向を示した。その結果、NIHミニブタは中国系品種とは明らかに遠い距離を示し、欧米系品種ともそれほど近くはなかったが、そのうちランドレース、ハンプシャー、ピッツマンムーアとは比較的近い距離であった。これは NIHミニブタが、米国で作出されたミクロネシア起源のホーム系ミニブタの雌と米国インディアナ州の研究所で飼われていた雄(品種不明)を基に作出され(Sachsら、1976)、アジアやヨーロッパ起源でないことが関係しているものと思われた。

NIHミニブタと既報17豚品種(表2)の計18品種相互で算出した遺伝的距離係数を基にして、18品種の遺伝的類縁関係を示す枝分かれ図を作成した。その結果は、図1(Rogers)と図2(Nei)に示した。なお NIHミニブタを除く17品種の間の遺伝的距離係数は、既報のものを用いた(Oishi & Tanaka, 1992)。RogersおよびNeiのいずれの遺伝的距離を用いた場合も、NIHミニブタはほぼ同じ位置を占めていた。

すなわち、NIHミニブタは欧米系品種のグループに属してはいるが、その中では他のものと最も離れる位置にあった。これは前述したように、アジア系の豚とは完全に起源を異にしているが、欧米系の中ではミクロネシア系豚の血を引くということもあり、他の品種とは遠く離れたものと考えられた。このように他のミニブタ系統と比較して、遺伝的には少し特異な位置を占めるが、その中では北アメリカのフロリダ半島起源のピッツマンムーアミニブタと比較的に近いと思われた。

Table 2 Genetic distances by Rogers and Nei between NIH miniature pigs and seventeen pig breeds

Breed or strain	Genetic distance	
	D _R ¹⁾	D _N ²⁾
Taoyuan breed	0.587	0.448
Ohmini pigs	0.575	0.422
Jinhua pigs	0.570	0.411
Meishan pigs	0.534	0.353
Short-ear breed	0.513	0.329
Göttingen miniature pigs	0.504	0.318
Min pigs	0.484	0.317
CLAWN miniature pigs	0.464	0.278
Beijing Black pigs	0.454	0.291
Middle Yorkshire breed	0.430	0.226
Duroc breed	0.424	0.241
Hypor bigs	0.420	0.215
Large White breed	0.407	0.213
Berkshire breed	0.406	0.229
Landrace breed	0.382	0.178
Hampshire breed	0.365	0.175
Pitman-Moore miniature pigs	0.362	0.186

¹⁾ Rogers(1972)

²⁾ Nei (1975)

Fig. 1 Dendrogram showing genetic similarities among eighteen pig populations drawn from the Rogers' genetic distance

Fig. 2 Dendrogram showing genetic similarities among eighteen pig populations drawn from the Nei's genetic distance

要 約

鹿児島県畜産試験場に導入された NIH ミニブタ10頭から血液を採取、血液型と蛋白質型を調査した。調査した20座位のうち、NIH ミニブタは12座位で多型を示した。他のミニブタ（オーミニ、クラウンミニ、ゲッチング、ピッツマンムーア）と比較すると、A, H, K, L およびPa座位で特徴がみられた。遺伝子頻度を基に遺伝的異性を示す4指標値(H.I., $\bar{H}$, P poly, Ne)を算出したところ、NIH ミニブタはミニブタ5系統の中でオーミニとクラウンミニより変異性が大きく、ゲッチングおよびピッツマンムーアと同等の変異性であった。NIH ミニブタとこれまでに調査した17豚品種との間でRogersおよび Neiの式に基づく遺伝的距離を計算したところ、NIH ミニブタは中国系品種とは明らかに遠い距離を示し、欧米系品種ともそれほど近くはなかったが、そのうちランドレース、ハンプシャー、ピッツマンムーアとは比較的近い距離であった。18豚集団の遺伝的類縁関係を示す枝分かれ図を作成したところ、NIH ミニブタは欧米系品種のグループに属し、その中では他のものと最も離れる位置を占めていた。

キーワード：NIH ミニブタ、血液型、蛋白質型、遺伝的変異性、遺伝的距離

文 献

- Nei, M., 1975. Molecular Population Genetics and Evolution, 288pp. North-Holland Publ. Amsterdam.
- Nozawa, K., T. Shotake & Y. Ohkura, 1976. Blood protein variations within and between the east Asian and European horse populations. Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol. 93:60-74.
- Oishi, T. & T. Tomita, 1976. Blood groups and serum protein polymorphisms in the Pitman-Moore and Ohimini strains of miniature pigs. Anim. Blood Grps biochem. Genet. 7:27-32.
- Oishi, T., T. Abe & M. Komatsu, 1979. Three serum allotypic antigens detected in pigs. Jpn. J. Zootech. Sci. 50:173-181.
- Oishi, T., K. Esaki & T. Tomita, 1980a. Genetic relationship among Göttingen miniature, European and East Asian pigs investigated from blood groups and biochemical polymorphism. Jpn. J. Zootech. Sci. 51: 226-228.
- 大石孝雄, 1980b. 豚の血液型と蛋白質多型の研究と応用(2) II. 赤血球抗原型の判定技術とその分類. 畜産の研究 34:1155-1158.
- 大石孝雄, 1980c. 豚の血液型と蛋白質多型の研究と応用(3) III. 血清蛋白質の判定技術とその分類. 畜産の研究 34:1263-1266.
- 大石孝雄, 1980d. 豚の血液型と蛋白質多型の研究と応用(4) IV. 赤血球酵素型の判定技術とその分類. 畜産の研究 34:1503-1506.
- Oishi, T., & K. Tanaka, 1992. Genetic variations of blood groups and biochemical polymorphisms in seven Chinese pig breed. Proc. Intern. Symp. Chinese Pig Breeds p.192-200, Harbin, 1992, 8.
- 大石孝雄・中西喜彦・田中一栄, 1991. 血液型および蛋白質型によるクラウン系ミニブタの遺伝的分析. 日豚会誌 28:126-132.
- Rogers, J.S., 1972. Measures of genetic similarity and genetic distance. University of Texas Publ. 7213:145-154.
- Sachs, D. H., G. Leicht, J. Cone, S. Schwarz, L. Stuart & S. Rosenbery, 1976. Transplantation in miniature swine I. Fixation of the major histocompatibility complex. Transplantation 22: 559-567.
- Sokal, P.R. & P.H.A. Sneath, 1963. Principles of Numerical Taxonomy, Freeman, San Francisco and London.