

遺伝子技術を活用した豚の改良育種の試験研究

藤木美佐子・相馬由和・津田和之・真原隆治¹⁾

Test research of improvement breeding of pig that uses genetic technique

Misako FUJIKI, Yoshikazu SOUMA, Kazuyuki TSUDA and Ryuji MABARA

要 約

これまで体型や増体などの表現型によって選抜されてきた種豚について、その指標に遺伝子技術 (QTL 情報) を加えることによってより効率的な育種改良が期待できる。そこで所内飼養豚および導入したデュロック種種豚計 28 頭について Mx1 遺伝子 (抗病性に関与), FSHR 遺伝子 (産子数に関与), Tubby 遺伝子 (筋肉内脂肪含量に関与) のそれぞれの遺伝子型を調査したところ Mx1 遺伝子型と FSHR 遺伝子型は多型性が低かった。Tubby 遺伝子型は AA 型 (脂肪蓄積型) 5 頭, AG 型 13 頭, GG 型 (脂肪非蓄積型) 10 頭で AA 型を作出していくことが可能であることが判った。これらの供試豚を交配して生産されたデュロック種子豚 58 頭および三元交配豚 23 頭を肥育し、産肉性および筋肉内脂肪含量等の肉質検査を実施したが遺伝子型による差は認められなかった。

また、Tubby 遺伝子型の判明している当所飼養のデュロック種種雌豚にアメリカ IBS 社より輸入した凍結精液 3 頭分を交配して生産した子豚の Tubby 遺伝子型はそれぞれ AA 型 1 頭, AG 型 11 頭, GG 型 8 頭で輸入精液によってもそれぞれの遺伝子型を作出していくことが可能であることが判った。

キーワード: デュロック種, 筋肉内脂肪含量, QTL

緒 言

養豚農家において肉豚を生産する際は、ランドレース種と大ヨークシャー種を交配して生まれた雌豚に止め雄としてデュロック種を交配して生まれた三元交配豚を肉豚として肥育する。

そのため肉豚の品質にはデュロック種の能力が大きく影響する。これまでデュロック種は体型や増体などの表現型によって選抜されてきたが、これらの選抜方法に近年発展が著しいゲノム解析情報を利用した改良を加えることによりさらに効率的な選抜が期待できる。そこで今回、遺伝子技術 (QTL 情報) を活用してデュロック種における 3 つの量的形質遺伝子座 (Mx1: 抗病性に関与、FSHR: 産子数に関与、Tubby: 筋肉内脂肪含量に関与)^{1) 2)} の遺伝子型と表現型との関連性を調査し、効率的かつより確実に高能力種豚を生産できる技術としての有効性について

検討した。

材料および方法

1 供試豚

1) 遺伝子型調査

平成 20 年度導入の A 系統豚 5 頭 (♂2, ♀3), B 農場 5 頭 (♂2, ♀3), C 系統豚 5 頭 (♂2, ♀3), 平成 21 年度導入の D 系統豚 5 頭 (♂1, ♀4), E 系統豚 3 頭 (♂1, ♀2) および既存の場内飼養豚 5 頭について Mx1, FSHR, Tubby 遺伝子型を検査した。

2) 産肉性および肉質検査

1) の導入及び場内飼養豚を交配して生産したデュロック種 89 頭、三元交配豚 99 頭の Tubby 遺伝子検査を実施し、そのうちデュロック種 58 頭、三元交配豚 23 頭について産肉性および筋肉内脂肪含量等の肉質検査を実施した。

1) 現所属: 茨城県畜産課

2 遺伝子検査

検査対象遺伝子は Mxl, FSHR, Tubby 遺伝子の 3 領域とした。毛根を材料として DNeasy Blood & Tissue Kit (株式会社キアゲン) を用いて DNA 抽出後, PCR 法により DNA を増幅し QP 法³⁾にて遺伝子型を判定した。

3 肉質検査

1) 飼養方法

デュロック種、三元交配豚ともに体重 70kg 時まで当所の慣行法に従い群飼とし、その後デュロック種は群飼、三元交配豚は単飼で市販の肥育後期飼料を不断給餌した。

2) 産肉性

試験豚の 105 kg 到達日齢, 一日平均増体重(体重 30 kg~105 kg 時)を調査し 110 kg に到達した時点で 24 時間絶食後, と殺した。と殺翌日にと体形質を調査し肉質検査のための採材に供した。

3) 肉質検査の供試部位

左半丸枝肉の第 4, 5 胸椎間より最後腰椎前端までの胸最長筋(ロース)を採取した。筋肉内脂肪含量測定にはロース前端, ロース後端および採取したロース中央部の 3 か所を供した。その他の肉質検査にはロース前端より 15 cm~35 cm までの部位を用いた。

4 筋肉内脂肪含量

ソックスレー脂肪抽出法にて約 12 時間エーテル抽出を行った。

5 輸入凍結精液

アメリカ IBS 社より平成 15 年 7 月 2 日, 平成 22 年 7 月 12 日, 平成 22 年 9 月 30 日にそれぞれ採取された計 3 頭分のデュロック種凍結精液を輸入し、既存の場内種雌豚との交配に供した。

結果

1 遺伝子型診断

Mxl 遺伝子については AA 型 22 頭, AC 型 6 頭, CC 型 0 頭であった事から CC 型(欠損型)の豚を排除することは容易に可能であるということが判った。また, FSHR は供試豚 28 頭すべて CC 型(非多産系)でありデュロック種に関して多産系の改

良は難しい事が判った。Tubby 遺伝子については AA 型(脂肪蓄積型) 5 頭, AG 型 13 頭, GG 型(脂肪非蓄積型) 10 頭であり AA 型を持つ豚を作出していくことが可能であることが判った(表 1)。

表 1 供試豚の遺伝子型

Mxl 遺伝子型	AA	AC	CC
頭数	22	6	0
FSHR 遺伝子型	GG	GC	CC
頭数	0	0	28
Tubby 遺伝子型	AA		GG
頭数	5	13	10

また遺伝子型を導入元別に比較すると、A 系統豚: AA2 頭, AG3 頭, B 農場: AA1 頭, AG2 頭, GG2 頭, C 系統豚: AG1 頭, GG4 頭, D 系統豚: AG2 頭, GG3 頭, E 系統豚: AG2 頭, GG1 頭であり、同一系統内では多型性が低いと推察された(表 2)。

表 2 供試豚の導入元別 Tubby 遺伝子型(頭)

Tubby 遺伝子型	AA	AG	GG
A 系統豚	2	3	0
B 農場	1	2	2
C 系統豚	0	1	4
D 系統豚	0	2	3
E 系統豚	0	2	1

2 デュロック種における産肉性と肉質検査

供試豚を交配して生産したデュロック種 89 頭について Tubby 遺伝子検査を実施したところ AA 型 26 頭, AG 型 41 頭, GG 型 22 頭であった。このうち肥育試験に適している AA 型 17 頭(♀9 頭, 去 8 頭), AG 型 27 頭(♀11 頭, 去 16 頭), GG 型 14 頭(♀6 頭, 去 8 頭)について肥育後, 産肉性調査および筋肉内脂肪含量等の肉質検査を実施した。

♀における筋肉内脂肪含量割合はすべての測定部位で AG 型が高かったが有意差は認められず、産肉性およびその他の肉質検査項目においてもそれぞれの遺伝子型間で差は認められなかった(表 3)。

表3 デュロック種 (♀) における Tubby 遺伝子型と産肉性および肉質検査

Tubby 遺伝子型	AA	AG	GG
供試頭数	9	11	6
105kg 到達日齢 (日)	183.5±16.5	169.2±22.4	189.6±23.4
一日平均増体重 (g)	709.3±66.9	739.3±100.6	701.0±123.1
冷と体重 (kg)	78.5±2.45	78.2±2.50	80.9±2.51
と体長 (cm)	90.7±1.89	90.5±1.58	91.3±3.77
背腰長 I (cm)	75.7±3.35	75.3±1.72	76.3±0.98
背腰長 II (cm)	65.2±2.10	65.6±1.90	66.9±1.30
と体幅 (cm)	33.6±1.22	33.5±1.69	34.8±0.88
背脂肪厚 (cm)			
肩	3.27±0.44	3.07±0.67	3.02±0.34
背	2.10±0.61	2.07±0.49	1.88±0.52
腰	3.22±0.82	3.30±0.32	3.02±0.58
コース長 (cm)	51.1±1.82	49.9±2.55	51.1±1.39
筋肉内脂肪含量 (%)			
前端部	3.97±0.92	4.95±1.63	3.66±0.98
中央部	3.15±1.24	3.31±1.21	2.48±0.75
後端部	4.40±1.35	6.46±2.63	5.20±1.31
平均	3.84±1.04	4.91±1.52	3.78±0.79
水分含量 (%)	73.3±0.67	73.2±1.00	73.4±0.33
保水力 (%)	61.9±3.54	63.0±3.99	59.6±7.00
pH	5.52±0.29	5.62±0.19	5.52±0.29
クッキングロス (%)	34.0±3.08	34.7±3.00	34.3±3.81

± 標準偏差

去勢豚における筋肉内脂肪含量割合は前端部で GG 型が高く、中央部および後端部では AG 型が高かった。各部位の平均測定値は AA 型が最も低か

ったが有意差は認められず、産肉性およびその他の肉質検査項目においてもそれぞれの遺伝子型間で有意な差は認められなかった (表4)。

表4 デュロック種（去）における Tubby 遺伝子型と産肉性および肉質検査

Tubby 遺伝子型	AA	AG	GG
供試頭数	8	16	8
105kg 到達日齢（日）	168.6±10.0	172.7±9.01	164.3±26.7
一日平均増体重（g）	782.9±71.0	752.1±62.7	823.1±131.6
冷と体重（kg）	77.9±1.12	79.9±2.61	78.4±2.44
と体長（cm）	90.5±2.58	91.6±1.86	89.7±4.42
背腰長Ⅰ（cm）	74.1±2.37	75.3±1.70	73.3±2.34
背腰長Ⅱ（cm）	64.7±2.44	65.8±1.71	63.9±2.11
と体幅（cm）	34.5±1.63	34.6±1.68	33.7±1.22
背脂肪厚（cm）			
肩	3.55±0.48	3.76±0.43	3.65±0.59
背	2.36±0.44	2.37±0.54	2.40±0.46
腰	3.16±0.20	3.31±0.67	3.49±0.58
コース長（cm）	50.4±1.08	51.6±2.15	49.4±1.98
筋肉内脂肪含量（%）			
前端部	4.62±0.98	4.95±1.81	5.17±1.10
中央部	3.34±0.59	4.00±1.74	3.95±1.26
後端部	6.84±3.74	7.54±4.60	6.36±3.05
平均	4.93±1.64	5.50±2.27	5.16±1.65
水分含量（%）	73.5±0.64	73.3±0.72	73.4±0.72
保水力（%）	59.0±2.11	61.6±6.78	59.0±2.87
pH	5.31±0.20	5.50±0.21	5.27±0.32
クッキングロス（%）	35.2±1.69	33.4±2.83	35.5±2.83

± 標準偏差

3 三元交配豚における産肉性および肉質検査

三元交配豚についても同様に Tubby 遺伝子検査を実施したところ AA 型 19 頭、AG 型 57 頭、GG 型 23 頭であった。このうち肥育試験に適している 23

頭について肥育後、105kg 到達日齢、一日平均増体重、飼料要求率の産肉性を調査し、筋肉内脂肪含量等の肉質検査を実施した。産肉性においてはすべての項目で AA 型の成績がやや良好であった

がバラツキが大きく、有意な差は認められなかった。筋肉内脂肪含量の割合は前端部、中央部でAG型が、後端部ではGG型が高く平均測定値はAA型が最も低い値となったが、有意差は認められず、

産肉性およびその他の肉質検査項目においてもそれぞれの遺伝子型間で有意な差は認められなかった(表5)。

表5 三元交配豚における Tubby 遺伝子型と産肉性および肉質検査

Tubby 遺伝子型	AA	AG	GG
供試頭数	6	9	8
105kg 到達日齢 (日)	154.6±6.84	159.8±6.34	155.3±7.19
一日平均増体重 (g)	833.1±54.0	805.5±47.8	804.7±60.4
飼料要求率	2.90±0.62	3.76±0.42	4.67±1.54
冷と体重 (kg)	80.3±3.82	80.5±2.59	79.5±1.80
と体長 (cm)	96.1±2.72	94.9±2.06	95.3±2.11
背腰長Ⅰ (cm)	77.7±1.26	77.7±2.95	78.1±1.32
背腰長Ⅱ (cm)	67.1±0.65	67.9±2.60	69.3±1.33
と体幅 (cm)	33.8±1.26	34.5±0.83	32.9±1.59
背脂肪厚 (cm)			
肩	3.10±0.79	3.29±0.54	3.00±0.30
背	1.93±0.57	2.06±0.40	1.93±0.43
腰	3.17±0.70	3.29±0.44	3.35±0.51
ロース長 (cm)	53.2±0.87	52.9±2.62	53.9±1.02
筋肉内脂肪含量 (%)			
前端部	2.58±0.70	3.01±0.64	2.57±0.83
中央部	1.82±0.46	2.16±0.72	1.70±0.49
後端部	4.54±0.90	4.24±1.66	4.92±1.25
平均	2.98±0.64	3.06±0.82	3.06±0.82
水分含量 (%)	74.9±0.32	74.2±0.80	74.3±0.75
保水力 (%)	63.3±3.17	63.6±4.14	62.2±3.63
pH	5.55±0.21	5.59±0.15	5.55±0.29
クッキングロス (%)	33.3±1.30	33.3±3.72	35.3±2.39

± 標準偏差

4 輸入凍結精液による産子の Tubby 遺伝子保有状況

Tubby 遺伝子型の判明している所内飼養の種雌豚 3 頭 (AG 型 2 頭, GG 型 1 頭) にアメリカ IBS 社より輸入したデュロック種の凍結精液 (No3440, No3402, No3389) をそれぞれ交配し, 生産した産子の Tubby 遺伝子検査を実施した。

No3440 の交配母の Tubby 遺伝子型は AG 型で産子 6 頭の遺伝子型は AA 型 1 頭, AG 型 1 頭, GG 型 4 頭であった。No3402 の交配母の Tubby 遺伝子型は AG 型で産子 6 頭の遺伝子型は AA 型 0 頭, AG 型 2 頭, GG 型 4 頭であった。No3389 の交配母の Tubby 遺伝子型は GG 型で産子 8 頭の遺伝子型はすべて AG 型であった (表 6)。この結果より No3440 は AG 型, No3402 は GG 型, No3389 は AA 型であることが推察され, 輸入凍結精液を利用してそれぞれの遺伝子型を作出していくことが可能であることが判った。

表 6 輸入凍結精液による産子の Tubby 遺伝子保有状況 (頭)

Tubby 遺伝子型		AA	AG	GG
精液 No	母豚の Tubby 遺伝子型			
3440	AG	1	1	4
3402	AG	0	2	4
3389	GG	0	8	0

考 察

近年の遺伝子解析技術の発展はめざましく⁴⁾, 家畜の育種改良分野でもいくつかの経済形質に關与する量的形質遺伝子座が報告されており⁵⁾, これらの情報を利用して優良遺伝子を保有する家畜を選抜できれば家畜改良の効率が飛躍的に上昇すると期待される。

Mx1 遺伝子と FSHR 遺伝子について今回の供試豚群では多型性が低かったため Mx1 遺伝子については容易に欠損型の排除が可能であり FSRH 遺伝子については排除できないことが判った。

Tubby 遺伝子型については, デュロック種で多型性が認められたためデュロック種および三元交配豚における Tubby 遺伝子型と産肉性, 筋肉内脂肪含量を含むいくつかの肉質検査項目との関連性を調査した。各遺伝子型と表現型との関連はデュロック種, 三元交配豚とも認められなかった。

今回肥育, 肉質検査に供したデュロック種の種豚はいずれも同一系統内では Tubby 遺伝子型の多型性が低いと思われる各系統豚と多型性の見られる場内飼養豚および種豚農家からの導入豚であったが, 交配の組み合わせによりいくつかの傾向が見られた。例えば A 系統豚×B 農場, A 系統豚×D 系統豚, A 系統豚×E 系統豚の 3 腹では遺伝子型に関係なく平均筋肉内脂肪含量は 4% 超であったが各腹で 1 頭ずつ極端に低値の個体があった。また, 場内飼養豚×C 系統豚, 場内飼養豚×E 系統豚, D 系統豚×E 系統豚の 3 腹では遺伝子型に関係なく母が 3%, 去勢が 5% 超という傾向がみられた。その他, AG 型の平均が 6% 超, GG 型の平均が 4% 強という腹も見られた。これらのことから実際に同腹豚による併用検定で筋肉内脂肪含量を指標としてデュロック種の選抜を実施する際には Tubby 遺伝子型だけではなく種豚の系統等による傾向を考慮し, 慎重に行わなければならない。

三元交配豚においても遺伝子型と表現型との関連は認められなかった。また, 試験豚の種雄豚は多数が A 系統豚であったため, 種雄豚の系統による傾向を正確に把握することはできなかったが, この A 系統種雄豚を用いたデュロック種の試験豚群では平均筋肉内脂肪含量が 6% 近い成績で, 三元交配豚では 3.2% であった。これは C 系統種雄豚を止め雄とした三元交配豚の平均筋肉内脂肪含量 2.68% より高かったが, 検体数に偏りがあるためさらに調査豚数を増やして検討する必要がある。

また, 今回ロースの部位別に採取して筋肉内脂肪含量を測定したところ, 後端部, 前端部, 中央部の順に高いことが判明し, 前端部の測定値がそれらの平均値に最も近い値であった。ロースにおける筋肉内脂肪含量を測定する際は, 一部分を採取して測定することにより全体の平均値を推測できると考えられるが, 一部の系統では前端部, 後端部, 中央部の順に測定値が高く, 平均値を推察する場合も系統等を考慮するべきであると考えられた。

輸入凍結精液による交配試験では購入した 3 頭がそれぞれ AA 型, AG 型, GG 型であったと推察されたことから, Tubby 遺伝子が筋肉内脂肪含量と関連するデュロック種の母集団においてはそれぞれの遺伝子型を作出するために輸入凍結精液を利用することは有用であると考えられる。

今回の調査では Tubby 遺伝子型以外にも筋肉内脂肪含量に關与する因子が多数存在することが示唆された。今後筋肉内脂肪含量を選抜指標とする際には, 母集団におけるその他の量的形質遺伝子座の状況や種豚の系統, 環境等様々な条件を考慮

して判断する必要がある。

参考文献

- 1) Atsushi ASANO et.al. 2002-12-25,
Polymorphisms and the Antiviral Property of
Mx1 Protein, The journal of veterinary
medical science 64(12), 1085-1089
- 2) 三橋忠由ら, 2008. 3, AFLP 及び発現遺伝子解
析を用いたブタ筋肉中脂肪量遺伝子座の解明,
農林水産技術会議研究成果シリーズNo456,
p80-83
- 3) 蔵田信也, 蛍光消光プローブ新規遺伝子検出定
量法 (QP法), (株)シーエムシー出版「複合微
生物系の産業利用と新産業創出」7月(2006年),
14-20
- 4) 小林栄治, 2010, ゲノム解析と育種研究の現状,
家畜育種研究における最近の成果と今後の展
望, 平成 22 年度問題別研究会資料
- 5) 小林栄治ら, 2008. 3, ブタ筋肉内脂肪蓄積に関す
る遺伝子の単離と昨日解析, 農林水産技術会議
研究成果シリーズNo456, p84-87