

脂肪酸組成等に関するQTLのファインマッピング

新居 雅宏・山口 智美・堀北直樹*・松家 憲子

要 約

日本イノシシの大ヨークシャー種への戻し交配家系から、第15染色体の脂肪酸組成QTL領域に染色体間で組み換えの生じた雄を選抜し、大ヨークシャー種雌に交配した後代産子についてハプロタイプの受け渡しと脂肪酸組成等形質の分離の有無を解析し、発育性、脂肪形質および肉質形質に関わるQTL領域の特定を試みた。

1) 産肉形質については、SW1989(29cM)-SW1673(35cM)マーカーの6cM領域に発育性等に関わるQTLの存在が示唆された。

2) 脂肪形質については、組換え個体を用いたQTL解析および連関解析により、SW1673-KS158(44cM)マーカー間およびSW1989-SW1673マーカー間にそれぞれ脂肪酸組成に関わるQTLの存在が示唆された。

3) 肉質については、SW1527(11cM)-SW1989マーカー間に日本イノシシアリルが保水性等に対して正の効果、KS158以降に負の効果を示すQTLの存在が示唆された。

目 的

食肉の口触りや風味は脂肪の融点によって大きく影響され、その融点は脂肪を構成する脂肪酸の組成によって左右される¹⁾²⁾。日本イノシシと大ヨークシャー種の交雑家系を用いた遺伝解析の結果、複数の量的形質遺伝子座 (QTL) が染色体上に位置づけられた³⁾⁴⁾。また、肉質に関わるQTLのうち第6 および15染色体については、マーカーアシスト導入手法により、日本イノシシの特定の染色体領域を豚に導入した新しい系統を開発中である⁵⁾。一方、第15染色体(Sus Scrofa Chromosome: SSC)の前部から中央部にはブロードなピークを示すパルミチン酸 (C16:0) 割合、オレイン酸 (C18:1) 割合、総飽和脂肪酸割合(SFA)、および脂肪融点等に関わるQTLも検出され、日本イノシシの特徴である脂肪の特性を新系統に保持させるためにはQTLの詳細な位置づけと効果の特定が必要となる。そこで、日本イノシシの大ヨークシャー種への戻し交配家系から、SSC15の脂肪酸組成等QTL領域に染色体間で組み換えの生じた雄を選抜し、ハプロタイプの受け渡しと後代産子

の形質調査により脂肪酸組成の分離の有無を解析し、QTLのファインマッピングを目的とした。

材料および方法

1) 実験家系の造成

日本イノシシ(JWB)と大ヨークシャー種(W)の交雑豚(F1)雄を異なるW雌に交配した産子を戻し交配1世代(BC1)、BC1にWを交配した産子を戻し交配2世代(BC2)、同様にWに交配することで戻し交配を進めた戻し交配3～5世代豚の中からSSC15の脂肪酸組成等QTL付近に組み換えの生じた個体を選定した。最終的には7頭の雄由来の243頭について形質を調査し(平成20年11月～平成23年11月)、238頭についてハプロタイプの構造を解析した。

2) 形質の測定

産肉形質、肉および脂肪の理化学的性質等の測定は既報⁶⁾のとおりである。

3) QTL解析

第15染色体上の12個のマイクロサテライトマーカー:CHR1-4(0cM), SW1118(9cM), SW1527

(11cM), SW964(22cM), 1509(25cM), 1507 (26cM), SW1989(29cM), SW1673(35cM), SW2131 (36cM), KS158(44cM), SW2083(53cM)および SW2608(67cM)について, DNAシーケンサー (Applied Biosystems)を用いてマーカー型を判定した。マーカー型と平成20-22年度までの134頭の形質情報を基にHalf-SibモデルのQTL解析をweb上(QTLexpress <http://qtl.cap.ed.ac.uk/>)で行った。

4) ハプロタイプの構造解析

3) QTL解析に用いたマイクロサテライトマーカーにより各個体のハプロタイプを推定し, Leftハプロタイプ (Lハプロタイプ), Rightハプロタイプ (Rハプロタイプ) として区別した。

5) 統計処理

雄間の形質の差あるいは各雄におけるハプロタイプの効果はStatView(HULINKS, Inc.)により分散分析を行った。

結果および考察

1) 実験家系の造成

第15染色体の前～中央部で日本イノシシ(JWB)由来アリルと大ヨークシャー種(W)で組み換えの生じた個体のうち, まず, 3頭の雄を選抜し, Wへの交配を開始した。更に, その産子の中からそれぞれ1頭以上の雄を選抜し, 同様にWへの交配による調査豚を作出した(図4 1504-901, 3808-

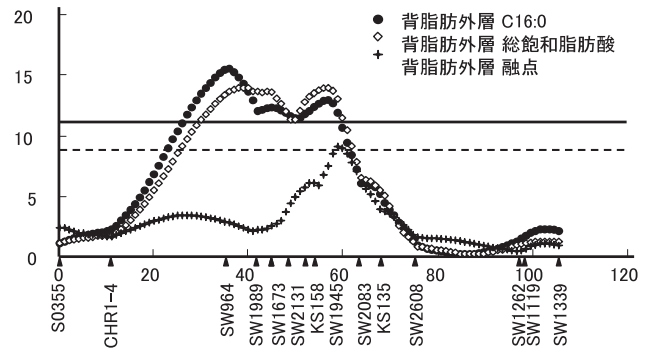


図1 F2兄妹交配家系における脂肪形質に関するQTL解析

3204,3209, 305-1003)。しかしながら, 使用した雄の事故あるいは組み換え領域の重なりから, 調査豚の頭数が個体によって7頭から97頭までばらついた。

また, 産肉能力, 脂肪形質, 肉質形質について多くの形質で雄豚間に差がみられた。(表1～3)

2) QTL解析

30cM付近にF値10.86の背脂肪外層C18:0およびF値8.76のSFAを検出した。また, 34cM付近にF値10.33の背脂肪外層C18:1のQTLを検出した。これらのQTLはいずれもJWB由来のアリルがC18:0, SFA割合を高め, C18:1割合を下げる効果として検出された(図2)。

肉質については, SW1989より上方にサジェスティブレベルの保水性に関わるQTLが検出された(図3)。

表1 産肉能力に関する雄豚間の比較

父豚	305		901		1003		1504		3204		3209		3808		全体		F値
	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	
n	7		7		20		106		9		10		68		243		
出荷日齢	180	0	197	2.44	200.5	5.64	208.5	10.13	203.2	0.44	205.8	1.03	197.6	8.02	202.5	10.14	24.3 ***
出荷体重	111.36	8.59	111.91	9.32	114.45	8.13	107.64	8.63	112.44	7.16	113.2	6.81	112.78	8.07	110.44	8.65	3.86 ***
ADG(g)	694.6	52.18	643.9	55.34	639.2	45.86	579.5	60.84	616.1	40.65	618	41.06	637.8	62.15	612.6	65.19	11.57 ***
背腰長II(cm)	62.4	0.97	70.2	2.55	70.3	1.84	70.0	2.54	72.7	2.45	73.6	1.77	71.7	2.26	70.6	2.88	21.45 ***
椎骨数	21.3	0.76	21.2	0.74	21.0	0.46	21.4	2.03	21.6	0.53	21.5	0.53	21.5	0.61	21.4	1.38	0.40
ロース断面積(cm ²)	23.6	2.01	19.7	3.34	21.2	3.18	18.9	2.76	19.0	2.11	17.2	2.23	18.2	1.83	19.0	2.79	8.3 ***
肩脂肪(cm)	4.03	0.49	4.45	0.48	4.65	0.54	4.6	0.73	4.51	0.49	4.13	0.35	4.59	0.53	4.53	0.63	1.88
背脂肪(cm)	1.90	0.38	2.27	0.43	2.12	0.37	2.18	0.58	2.26	0.34	1.96	0.29	2.23	0.51	2.18	0.51	0.87

***:P<0.001, **:P<0.01, *:P<0.05

表2 脂肪の融点および脂肪酸組成に関する雄豚間の比較

父豚	305		901		1003		1504		3204		3209		3808		全体		F値
	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	
n	7		23		20		106		9		10		68		243		
背脂肪外層																	
融点(°C)	39.54	0.71	34.66	3.4	35.69	4.75	34.89	3.41	38.13	0.5	37.7	2.17	35.22	2.73	35.44	3.33	4.54 ***
ミリスチン酸(C14:0%)	1.55	0.07	1.49	0.20	1.44	0.08	1.51	0.14	1.43	0.17	1.68	0.11	1.5	0.13	1.51	0.15	3.86 ***
パルミチン酸(C16:0%)	24.98	0.58	28.48	1.85	26.75	0.64	27.67	1.09	26.23	0.59	27.54	0.75	26.57	0.91	27.23	1.31	19.57 ***
パルミトレイン酸(C16:1%)	2.17	0.14	1.92	0.24	1.83	0.31	1.85	0.25	1.85	0.23	1.88	0.20	1.93	0.25	1.90	0.26	2.35 *
ステアリン酸(C18:0%)	15.9	0.94	14.28	2.21	14.69	2.18	14.25	1.70	14.82	0.91	16.17	1.46	14.16	1.16	14.41	1.65	3.62 ***
オレイン酸(C18:1%)	40.67	1.95	43.29	3.26	44.01	2.17	43.1	2.32	42.64	0.78	39.36	1.83	43.29	1.94	42.94	2.41	6.61 ***
リノール酸(C18:2%)	11.74	1.12	10.08	1.25	10.71	1.03	11.07	1.89	12.35	0.95	12.65	1.15	11.92	1.26	11.36	1.65	7.26 ***
リノレン酸(C18:3%)	0.63	0.07	0.46	0.11	0.56	0.07	0.55	0.11	0.68	0.05	0.72	0.08	0.63	0.08	0.58	0.12	15.72 ***
総飽和脂肪酸(%)	42.44	1.32	44.26	4.04	42.89	2.24	43.43	2.49	42.48	0.96	45.39	2.16	42.23	1.68	43.15	2.48	4.42 ***
背脂肪内層																	
融点(°C)	44.39	1.56	39.1	3.55	40.43	4.53	39.32	3.10	40.69	0.76	42.49	1.38	40.48	2.25	40.06	3.07	5.54 ***
ミリスチン酸(C14:0%)	1.4	0.07	1.45	0.21	1.33	0.09	1.41	0.14	1.35	0.09	1.50	0.12	1.41	0.14	1.41	0.15	2.53 *
パルミチン酸(C16:0%)	26.27	0.59	29.98	1.92	27.8	0.56	28.74	1.08	27.18	0.54	28.21	0.86	27.63	1.05	28.32	1.38	21.14 ***
パルミトレイン酸(C16:1%)	1.6	0.07	1.56	0.21	1.38	0.21	1.44	0.24	1.52	0.21	1.42	0.16	1.54	0.24	1.49	0.24	2.85
ステアリン酸(C18:0%)	19.38	0.80	17.65	2.24	18.52	2.16	18.10	1.99	18.21	1.13	19.71	1.30	17.7	1.47	18.08	1.85	2.84
オレイン酸(C18:1%)	39.61	2.17	41.39	3.29	42.09	2.35	41.73	2.60	41.58	0.63	38.49	1.57	42.28	1.93	41.63	2.49	4.73 ***
リノール酸(C18:2%)	9.35	1.00	7.61	1.35	8.45	1.04	8.18	1.72	9.65	0.44	10.12	0.98	8.98	1.26	8.59	1.57	6.96 ***
リノレン酸(C18:3%)	0.48	0.06	0.36	0.08	0.44	0.06	0.40	0.09	0.52	0.03	0.55	0.06	0.46	0.07	0.43	0.09	14.48 ***
総飽和脂肪酸(%)	47.05	1.35	49.08	4.07	47.65	2.23	48.24	2.66	46.74	0.96	49.42	2.06	46.74	1.94	47.8	2.62	4.56 ***
腹腔内脂肪																	
融点(°C)	46.46	0.68	44.18	2.23	44.22	3.24	44.39	2.73	46.49	1.48	46.84	0.94	45.98	1.72	45.05	2.47	6.07 ***
ミリスチン酸(C14:0%)	1.51	0.07	1.54	0.25	1.43	0.14	1.48	0.16	1.36	0.09	1.61	0.09	1.47	0.14	1.49	0.16	3.1 ***
パルミチン酸(C16:0%)	28.4	0.61	31.48	2.01	29.19	0.74	30.36	1.05	28.25	0.53	30.2	0.69	29.38	1.11	29.95	1.39	18.76 ***
パルミトレイン酸(C16:1%)	1.23	0.21	1.11	0.16	1.12	0.21	1.15	0.19	1.08	0.20	1.16	0.20	1.11	0.24	1.14	0.21	0.71
ステアリン酸(C18:0%)	24.31	1.10	22.44	2.47	22.17	2.03	22.31	2.08	23.15	2.00	23.38	1.31	22.95	1.82	22.6	2.00	2.00
オレイン酸(C18:1%)	34.38	1.03	36.31	3.86	37.48	2.81	37.24	2.71	36.75	1.54	34.47	1.86	36.62	2.15	36.74	2.67	3.19 ***
リノール酸(C18:2%)	7.82	0.64	6.77	1.02	8.16	1.1	7.10	1.43	8.91	0.65	8.69	0.95	8.03	1.42	7.62	1.45	8.45 ***
リノレン酸(C18:3%)	0.42	0.04	0.35	0.07	0.44	0.06	0.37	0.08	0.49	0.04	0.49	0.07	0.44	0.07	0.41	0.09	13.62 ***
総飽和脂肪酸(%)	54.21	1.07	55.46	4.46	52.8	2.34	54.15	2.49	52.77	1.99	55.19	1.51	53.8	2.24	54.04	2.63	2.73

***:P<0.001, **:P<0.01, *:P<0.05

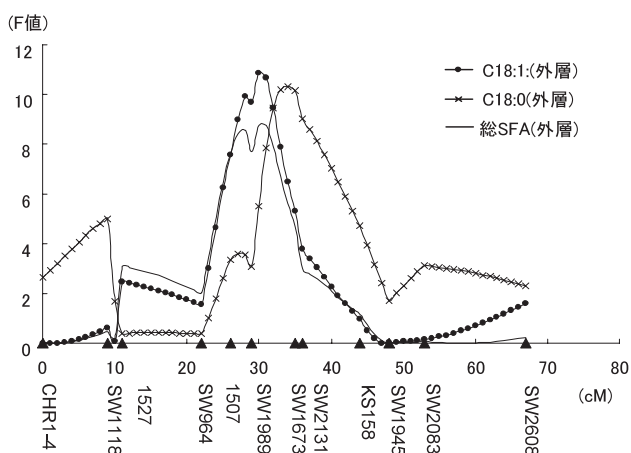


図2 脂肪形質に関する主なQTL解析結果 (SSC15 : BC家系138頭)

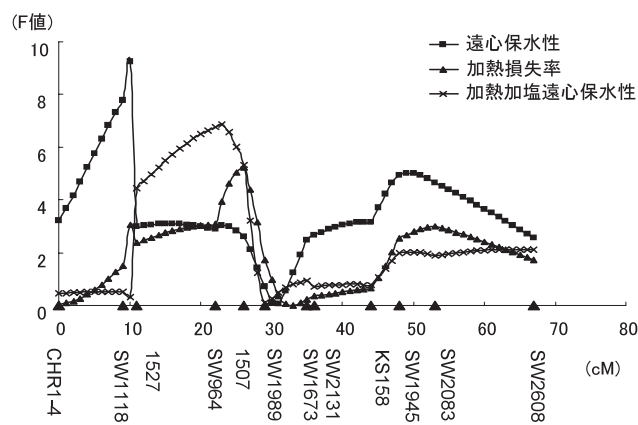


図3 肉質形質に関する主なQTL解析結果 (SSC15 : BC家系138頭)

表3 肉の理化学形質に関する雄豚間の比較

父豚	305		901		1003		1504		3204		3209		3808		全体		F値
	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	Ave.	Std.	
n	7		23		20		106		9		10		68		243		
pH	5.59	0.05	5.62	0.06	5.59	0.08	5.60	0.10	5.56	0.05	5.66	0.07	5.54	0.08	5.58	0.09	3.26 ***
加圧保水性(%)	77.58	2.46	82.46	3.12	79.29	3.68	80.44	5.85	77.55	4.00	78.74	4.49	75.83	2.89	79.04	5.05	9.33 ***
遠心保水性(%)	67.54	4.16	65.05	3.31	64.39	3.95	65.31	4.46	68.80	4.29	70.03	3.93	67.3	5.74	66.32	4.90	3.71 ***
伸展率(%)	26.48	2.14	23.01	4.03	23.80	3.08	25.97	3.71	23.30	2.25	24.91	3.24	22.17	2.73	24.34	3.72	10.9 ***
水分率(%)	74.79	0.5	74.08	1.07	74.43	0.98	74.00	0.77	74.17	0.70	74.48	0.68	74.11	0.64	74.10	0.80	1.96
加熱損失率(%)	27.74	1.94	26.62	1.78	27.47	2.15	27.25	1.82	27.70	1.59	28.68	1.75	26.48	1.73	27.07	1.88	2.09
圧搾肉汁(%)	40.61	1.11	44.59	2.30	43.55	2.45	43.06	1.99	38.22	3.89	39.83	2.90	42.31	2.10	42.67	2.53	13.64 ***
剪断力価(kg)	6.03	1.35	3.83	1.30	4.65	0.84	4.16	1.16	4.09	0.9	4.71	1.13	4.23	0.88	4.26	1.12	4.58 ***
ヘマチン(mg/100g)	3.3	0.2	3.54	0.35	3.42	0.35	4.10	0.58	4.18	0.41	3.88	0.65	4.25	0.59	4.00	0.61	11.92 ***
加熱加塩保水(%)	70.35	4.34	67.84	4.98	66.82	6.81	70.63	7.63	73.83	9.71	70.61	5.66	71.67	4.48	70.51	6.61	2.49 *
PCS	4.00	0.50	3.86	0.67	4.08	0.69	4.54	0.76	4.22	0.67	4.20	0.63	4.57	0.64	4.40	0.73	4.83 ***
マープリングスコア	1.64	0.38	1.37	0.53	1.43	0.63	1.61	0.53	1.28	0.26	1.70	0.48	1.52	0.47	1.57	0.56	1.41
しまり	1.43	0.79	1.96	0.74	1.68	0.91	1.66	0.89	2.17	1.22	1.95	1.14	1.27	1.02	1.59	0.96	2.77 *
Minolta L*値	50.51	2.47	50.31	2.37	50.42	3.88	49.79	3.88	49.37	3.53	49.84	2.35	49.16	2.68	49.76	3.32	0.69
Minolta b*値	6.76	0.76	6.86	1.16	7.52	1.16	8.65	1.38	8.97	1.83	7.46	1.47	8.78	1.08	8.31	1.45	11.61 ***
Minolta a*値	2.01	0.54	2.50	0.87	2.26	0.98	2.51	1.10	2.97	1.41	2.25	0.94	2.58	0.62	2.50	0.95	1.06
Minolta L*値(発色後)	51.2	2.64	50.66	2.98	50.17	4.03	49.36	4.05	50.67	4.87	49.6	1.49	49.08	2.66	49.63	3.48	1.13
Minolta b*値(発色後)	8.59	0.94	8.76	1.31	9.99	1.87	10.43	1.80	11.19	2.09	9.11	1.46	11.39	1.54	10.39	1.87	10.45 ***
Minolta a*値(発色後)	5.78	0.73	6.74	0.91	6.78	1.57	6.92	1.57	7.14	1.56	6.32	1.26	7.34	1.06	6.94	1.37	2.35 *
全糖(g/100g)	1.28	0.39	1.18	0.38	1.18	0.32	1.09	0.37	1.22	0.10	1.12	0.29	1.30	0.36	1.18	0.37	2.51 *
筋肉内脂肪含量(%)			2.12(23)	0.96	2.23(20)	0.92	2.47(99)	0.88	1.79(9)	0.68	1.47(10)	0.47	1.77(9)	0.64	2.27(147)	0.90	9.87 ***

PCS(豚肉標準色模型により視覚で判定)、マープリングスコア(PCIモデルにより視覚で判定)、しまり(視覚により肉のしまりの程度を判定(低い値ほどしまりが良い))

筋肉内脂肪含量の()内は調査頭数 ***:P<0.001, **:P<0.01, *:P<0.05

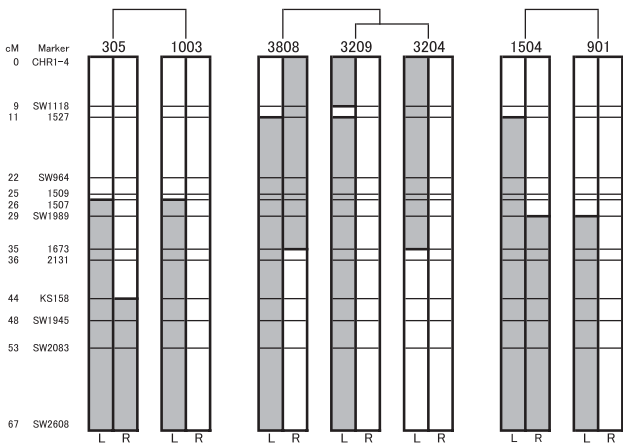


図4 各雄のハプロタイプの構造 (濃い部分が、日本猪由来ハプロタイプ)

3) ハプロタイプの比較

雄豚305ではJWB染色体を約26cM以降を持つLハプロタイプと約44cM以降を持つRハプロタイプを比較したところ、産肉形質では出荷時体重、4週齢から出荷時までの1日平均増体重(ADG)でRハプロタイプが増体能力に優れる傾向が示唆された(表4)。脂肪形質については、背脂肪外層

のC18:1 (P<0.10)、背脂肪内層C18:0およびC18:1でLハプロタイプがRに比べ飽和脂肪酸を高めることが示唆された(P<0.05, 表5)。肉の理化学的性質では、遠心保水性でLハプロタイプが高い傾向がみられた(表6)。

305のLハプロタイプ(26cM以降JWBハプロタイプ)が後代に受け継がれた雄豚1003の後代検定では、JWB由来ハプロタイプが受け継がれたLハプロタイプと全くJWBアレルが伝達されなかったRハプロタイプでは、産肉性に関しては出荷体重(P<0.10)およびADGでRハプロタイプが優れる傾向が示唆された。また、脂肪形質では背脂肪外層および内層脂肪ともにLハプロタイプが飽和脂肪酸を高める傾向が示唆された。

これらのことより、産肉性に関しては305、1003ともに一貫して26cM以降JWBハプロタイプを持つ群で増体に劣ることが示唆された。305については、両ハプロタイプ間で染色体構造が異

表4 産肉形質に関するLRハプロタイプ間の比較

Ave. Std.	305		901		1003		1504		3204		3209		3808	
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
n	3	4	12	11	9	11	51	48	5	4	3	7	33	35
出荷日齢	180.0	180.0	197.9	196.1	200.5	200.5	207.5	209.6	203.3	203.3	205.0	206.1	198.1	197.1
	0.0	0.0	2.0	2.6	5.9	5.7	10.1	9.9	0.5	0.5	0.0	1.1	8.1	8.0
出荷体重	109.9	113.3	108.9	115.2	110.8	116.9 +	108.2	106.8	110.5	115.8	110.0	114.6	112.9	112.7
	11.72	2.25	10.78	6.39	4.21	9.29	9.00	8.02	8.66	5.68	5.20	7.30	7.13	8.97
ADG(g)	688.1	703.4	624.9	664.7 +	619.4	652.4	582.7	574.9	603.4	635.9	597.9	626.6	637.0	638.5
	71.54	17.06	61.40	40.96	25.97	52.25	61.89	58.45	50.68	28.92	32.37	43.49	60.99	64.11
背腰長Ⅱ(cm)	61.88	63.00	68.92	71.55 **	69.81	70.54	70.46	69.60	71.75	73.38	71.83	74.29 *	71.15	72.29 +
	1.03	0.36	2.48	1.88	2.37	1.42	2.52	2.43	1.85	3.20	0.29	1.60	2.44	1.95
椎骨数	21.0	21.7	21.0	21.5	21.0	21.0	21.3	21.6	21.5	21.5	21.3	21.6	21.3	21.6
	0.82	0.58	0.85	0.52	0.53	0.43	2.71	0.49	0.58	0.58	0.58	0.53	0.69	0.50
胸断面積(cm ²)	23.42	23.94	20.38	18.86	21.99	20.65	18.51	19.18	17.62	19.74	17.52	17.09	18.46	17.92
	1.67	2.78	2.46	4.08	2.39	3.61	2.59	2.93	0.75	2.25	3.23	1.92	1.94	1.72
肩脂肪(cm)	3.98	4.10	4.32	4.59	4.40	4.81 +	4.58	4.60	4.43	4.73	4.23	4.09	4.70	4.49
	0.68	0.10	0.41	0.53	0.39	0.58	0.74	0.72	0.40	0.57	0.32	0.37	0.51	0.54
背脂肪(cm)	1.90	1.90	2.21	2.33	2.08	2.14	2.17	2.19	2.15	2.43	2.17	1.87	2.34	2.13 +
	0.51	0.20	0.33	0.53	0.42	0.36	0.58	0.56	0.29	0.38	0.15	0.30	0.54	0.47

**P<0.01,*P<0.05,+P<0.10

なるのは本研究におけるマーカー密度では26～44cM領域であることを考慮するとその間の18cMの中に成長に関わるQTLの存在が示唆された。同様に、脂肪酸組成についても飽和脂肪酸量を高める効果のQTLの存在が示唆された。

雄個体3808は11cM以降JWBアリルを持つLハプロタイプ33頭と0-35cMをJWBアリルを持つRハプロタイプ35頭で各形質を比較した。産肉性については、背腰長ⅡはRハプロタイプが長い傾向を示したが、成長についてはハプロタイプ間に差はなかった(表4)。一方、脂肪酸組成については背脂肪外層C18:2およびC18:3の多価不飽和脂肪酸はLハプロタイプで高く、モノ不飽和脂肪酸であるC18:1はRハプロタイプで高い傾向を示し、飽和脂肪酸については差はみられなかった。背脂肪内層についても同様の傾向であった。一方、肉質については遠心保水性、伸展率および剪断力価等の形質でRハプロタイプが高く、肉のしまりも良い傾向が示唆された。3808のLハプロタイプがRハプロタイプと上方で組み換えの生じたハプロタイプを持つ3209も3808由来のハプロタイプをL、W由来のものをRとして、各形質を比較した。

結果、産肉形質では、背腰長Ⅱ(P<0.05)、出荷体重、ADG等でRハプロタイプが大きい傾向を示した。また、脂肪形質については背脂肪外層C16:0、C18:0割合は、Lハプロタイプで高く、相反してC18:2(P<0.01)、C18:3(P<0.05)はRハプロタイプが高い傾向が示唆された。

また、3808のRハプロタイプを引き継いだ3204では、3808由来のハプロタイプをL、W由来のものをRとして、ハプロタイプ間の差を検討した。結果、有意性を示す差はみられなかったものの、W由来のRハプロタイプが出荷体重、ADGともに高い傾向を示した。また、脂肪形質についてはハプロタイプ間にほとんど差はみられなかった。一方、肉質については加圧保水性、遠心保水性および加熱加塩遠心保水および圧搾肉汁率等の形質ではLハプロタイプで高い傾向が示唆され、伸展率では有意差もみられた(表6)

雄1504では11cM以降JWBアリルを持つLハプロタイプと29cM以降を持つRハプロタイプで差を比較した。結果、産肉形質、脂肪形質および肉質形質ともに差がなかった。一方、Lハプロタイプが後代に引き継がれた901では、引き継いだハ

表5 脂肪形質に関するLRハプロタイプ間の比較

Ave. Std.	305		901		1003		1504		3204		3209		3808	
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
n	3	4	12	11	9	11	51	48	5	4	3	7	33	35
背脂肪外層														
融点(°C)	39.65	39.40	35.15	34.14	35.21	36.01	35.05	34.84	38.03	38.29	36.82	38.08	35.61	34.85
	0.57	1.00	3.79	3.01	4.37	5.15	3.28	3.56	0.69	0.36	4.31	0.56	2.73	2.72
ミリスチン酸(C14:0%)	1.57	1.53	1.50	1.49	1.45	1.44	1.51	1.52	1.33	1.51	1.69	1.67	1.51	1.50
	0.07	0.08	0.21	0.20	0.08	0.09	0.14	0.14	0.18	0.13	0.14	0.11	0.14	0.13
パルミチン酸(C16:0%)	25.15	24.76	28.47	28.50	26.94	26.63	27.64	27.82	25.83	26.60 +	28.17	27.26 +	26.52	26.61
	0.51	0.69	1.84	1.95	0.74	0.58	1.09	1.14	0.47	0.54	0.30	0.73	1.03	0.79
パルミトリン酸(C16:1%)	2.12	2.23	1.88	1.97	1.75	1.89	1.88	1.83	1.72	1.95	1.88	1.88	1.90	1.96
	0.17	0.07	0.20	0.28	0.36	0.28	0.27	0.22	0.16	0.28	0.34	0.15	0.26	0.25
ステアリン酸(C18:0%)	16.39	15.25	14.29	14.26	15.48	14.17	14.14	14.40	14.81	14.95	17.25	15.71	14.30	14.03
	0.97	0.37	2.28	2.24	2.53	1.84	1.75	1.59	1.10	0.95	1.14	1.38	1.36	0.93
オレイン酸(C18:1%)	39.59	42.11 +	42.92	43.69	43.15	44.59	43.12	42.91	43.18	42.35	39.09	39.47	42.86	43.70 +
	0.97	2.12	3.37	3.25	2.11	2.10	2.53	2.10	0.17	0.85	2.08	1.88	1.98	1.83
リノール酸(C18:2%)	12.00	11.39	10.45	9.67	10.69	10.72	11.15	10.98	12.44	11.98	11.27	13.24 **	12.26	11.60 *
	0.68	1.67	1.31	1.11	0.77	1.21	1.93	1.82	0.98	0.90	0.91	0.59	1.21	1.24
リノレン酸(C18:3%)	0.64	0.60	0.49	0.42	0.56	0.56	0.55	0.54	0.69	0.65	0.64	0.75 *	0.65	0.60 *
	0.05	0.10	0.09	0.12	0.05	0.08	0.12	0.11	0.05	0.04	0.09	0.06	0.09	0.07
総飽和脂肪酸(%)	43.11	41.54	44.26	44.25	43.86	42.24	43.30	43.74	41.97	43.06	47.11	44.64 +	42.33	42.14
	1.39	0.43	4.18	4.08	2.40	1.97	2.52	2.47	1.05	0.73	1.27	2.09	2.00	1.34
背脂肪内層														
融点(°C)	44.84	43.78	39.24	38.95	41.29	39.85	39.11	39.64	40.80	40.58	42.57	42.46	40.52	40.45
	0.84	2.29	3.73	3.52	3.23	5.28	2.68	3.45	1.09	0.58	0.95	1.59	1.98	2.51
ミリスチン酸(C14:0%)	1.41	1.38	1.47	1.43	1.33	1.32	1.41	1.41	1.36	1.32	1.52	1.49	1.42	1.40
	0.05	0.09	0.23	0.20	0.08	0.10	0.13	0.15	0.11	0.07	0.11	0.12	0.13	0.15
パルミチン酸(C16:0%)	26.44	26.04	30.06	29.89	27.95	27.70	28.69	28.87	27.10	27.24	28.70	28.00 +	27.66	27.60
	0.60	0.60	1.90	2.03	0.38	0.65	1.11	1.08	0.66	0.57	0.52	0.93	1.14	0.98
パルミトリン酸(C16:1%)	1.56	1.64	1.58	1.54	1.29	1.44	1.48	1.39 +	1.54	1.44	1.29	1.48	1.54	1.55
	0.08	0.04	0.20	0.22	0.20	0.20	0.26	0.21	0.20	0.24	0.01	0.16	0.22	0.26
ステアリン酸(C18:0%)	19.89	18.71 *	17.78	17.50	19.42	17.92	17.87	18.38	17.90	18.74	20.82	19.24 +	17.81	17.60
	0.60	0.45	2.28	2.29	2.23	1.97	2.01	1.91	0.97	1.31	0.18	1.29	1.52	1.44
オレイン酸(C18:1%)	38.27	41.39 *	40.79	42.04	41.20	42.68	41.78	41.62	41.92	41.32	37.97	38.71	41.86	42.67 +
	0.86	2.15	3.52	3.03	2.38	2.23	2.55	2.61	0.73	0.50	1.28	1.73	1.96	1.85
リノール酸(C18:2%)	9.74	8.83	7.94	7.25	8.37	8.50	8.36	7.94	9.66	9.45	9.20	10.51 *	9.23	8.74
	0.83	1.14	1.24	1.42	1.06	1.08	1.70	1.69	0.30	0.42	0.54	0.86	1.20	1.28
リノレン酸(C18:3%)	0.50	0.45	0.37	0.35	0.44	0.44	0.41	0.39	0.53	0.49 +	0.50	0.57 *	0.48	0.45 +
	0.05	0.07	0.08	0.08	0.06	0.06	0.09	0.09	0.02	0.03	0.06	0.04	0.07	0.06
総飽和脂肪酸(%)	47.74	46.13	49.31	48.82	48.70	46.94 +	47.97	48.67	46.36	47.29	51.04	48.73	46.90	46.59
	1.24	1.00	4.18	4.13	2.22	2.03	2.60	2.65	0.66	1.12	0.77	2.07	2.18	1.70
腹腔内脂肪														
融点(°C)	46.34	46.63	44.86	43.45	44.72	43.89	44.49	44.31	47.36	45.65	47.08	46.74	45.72	46.22
	0.89	0.34	2.19	2.14	2.02	3.90	1.99	3.33	1.61	1.15	0.38	1.11	1.62	1.80
ミリスチン酸(C14:0%)	1.54	1.47	1.60	1.48	1.44	1.42	1.50	1.48	1.40	1.32	1.61	1.61	1.48	1.46
	0.08	0.05	0.28	0.20	0.14	0.15	0.14	0.18	0.08	0.10	0.05	0.10	0.15	0.14
パルミチン酸(C16:0%)	28.65	28.06	31.85	31.08	29.25	29.16	30.32	30.46	28.31	28.04	30.55	30.05	29.61	29.16 +
	0.57	0.55	2.28	1.69	0.89	0.67	1.08	1.06	0.27	0.70	0.14	0.79	1.13	1.06
パルミトリン酸(C16:1%)	1.30	1.12	1.17	1.04 *	1.02	1.18 +	1.16	1.14	0.99	1.12	1.19	1.15	1.16	1.07
	0.25	0.07	0.15	0.13	0.16	0.21	0.19	0.19	0.21	0.21	0.04	0.24	0.24	0.23
ステアリン酸(C18:0%)	24.05	24.65	22.36	22.53	22.85	21.72	22.15	22.42	23.89	22.52	23.98	23.13	22.98	22.92
	1.42	0.53	2.71	2.30	1.14	2.39	2.05	2.06	2.62	1.57	0.72	1.46	2.10	1.53
オレイン酸(C18:1%)	34.04	34.82	35.74	36.94	37.33	37.58	37.19	37.28	35.88	37.65	34.39	34.51	36.30	36.92
	0.83	1.28	4.41	3.23	1.86	3.38	2.71	2.67	1.88	0.84	0.95	2.21	2.32	1.96
リノール酸(C18:2%)	7.98	7.60	6.94	6.59	7.69	8.48	7.30	6.86	9.03	8.85	7.86	9.04 +	8.04	8.03
	0.52	0.84	0.92	1.14	0.83	1.18	1.52	1.23	0.75	0.72	0.72	0.83	1.16	1.65
リノレン酸(C18:3%)	0.43	0.42	0.35	0.34	0.42	0.46	0.37	0.36	0.51	0.48	0.43	0.51 +	0.44	0.43
	0.03	0.06	0.07	0.08	0.05	0.06	0.09	0.07	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08
総飽和脂肪酸(%)	54.24	54.18	55.81	55.09	53.54	52.30	53.97	54.36	53.59	51.89	56.14	54.79	54.07	53.54
	1.48	0.36	5.15	3.77	1.49	2.72	2.38	2.56	2.55	1.46	0.83	1.59	2.54	1.92

**P<0.01,*P<0.05,+P<0.10

表6 肉質形質に関するLRハプロタイプ間の比較

Ave. Std.	305		901		1003		1504		3204		3209		3808	
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
n	3	4	12	11	9	11	51	48	5	4	3	7	33	35
pH	5.60	5.59	5.62	5.62	5.59	5.59	5.59	5.60	5.59	5.54	5.64	5.67	5.54	5.53
	0.07	0.04	0.07	0.04	0.09	0.06	0.09	0.12	0.05	0.03	0.07	0.07	0.06	0.09
加圧保水性(%)	77.55	77.64	81.78	83.19	80.03	78.80	80.65	80.61	80.18	75.80	79.23	78.54	75.48	76.16
	2.43	3.05	2.32	3.78	3.79	3.68	6.01	5.78	2.97	4.05	4.70	4.76	3.02	2.77
遠心保水性(%)	69.76	64.58	65.03	65.07	64.05	64.63	66.03	64.90	70.86	66.41	70.69	69.75	65.80	68.96 *
	2.20	4.65	3.46	3.30	4.16	3.97	4.52	4.58	5.65	1.83	4.61	3.96	4.79	6.32
伸展率(%)	26.06	27.04	22.58	23.47	23.62	23.92	26.03	26.16	25.14	21.37 **	23.33	25.58	21.42	22.89 *
	1.54	3.07	3.52	4.66	3.44	2.97	4.08	3.34	1.26	1.55	4.87	2.46	2.95	2.33
水分率(%)	74.61	75.02	74.51	73.60 *	74.65	74.28	74.04	73.91	74.31	73.85	74.54	74.45	74.07	74.14
	0.62	0.18	0.68	1.23	1.07	0.93	0.74	0.81	0.94	0.31	0.50	0.78	0.61	0.67
加熱損失率(%)	27.11	28.58	27.24	25.93 +	27.16	27.67	27.07	27.34	27.11	28.65	29.13	28.49	26.70	26.27
	1.29	2.64	1.53	1.85	2.68	1.81	1.80	1.87	1.88	0.92	2.10	1.73	1.84	1.62
圧搾肉汁(%)	40.36	40.96	44.73	44.43	44.26	43.08	43.21	42.97	39.28	35.74	35.92	41.14 +	42.07	42.54
	0.65	1.66	2.30	2.40	1.80	2.77	1.92	2.11	3.73	2.46	0.15	1.90	2.34	1.85
剪断力価(kg)	6.48	5.43	3.68	3.98	4.75	4.58	4.06	4.28	4.09	3.99	4.93	4.61	3.91	4.54 **
	1.52	1.05	1.35	1.28	0.79	0.90	1.12	1.23	1.34	0.52	1.26	1.16	0.80	0.84
ヘマチン(mg/100g)	3.40	3.16	3.40	3.70 *	3.51	3.37	4.12	4.04	3.98	4.36	3.83	3.91	4.29	4.22
	0.00	0.27	0.32	0.33	0.40	0.31	0.64	0.53	0.33	0.50	0.62	0.72	0.56	0.61
加熱加塩保水(%)	71.37	68.99	67.46	68.25	65.44	67.74	71.99	69.29	76.26	70.20	65.74	72.69 +	72.81	70.60
	4.04	5.22	5.77	4.19	6.78	6.96	7.50	7.50	13.68	5.57	2.91	5.32	4.79	3.95
PCS	4.13	3.83	3.90	3.82	4.25	3.96	4.57	4.49	4.25	4.00	4.50	4.07	4.55	4.60
	0.25	0.76	0.77	0.60	0.76	0.66	0.81	0.72	0.65	0.71	0.50	0.67	0.68	0.60
マープリングスコア	1.63	1.67	1.25	1.50	1.19	1.58	1.70	1.59	1.25	1.38	1.67	1.71	1.48	1.56
	0.25	0.58	0.34	0.67	0.37	0.73	0.66	0.50	0.29	0.25	0.58	0.49	0.48	0.47
しまり	1.25	1.67	2.00	1.91	1.75	1.63	1.60	1.70	1.88	2.63	2.33	1.79	1.58	0.99 *
	0.29	1.26	0.85	0.63	1.07	0.83	0.83	0.97	1.49	1.11	1.53	1.04	1.21	0.71
MinoltaL*値	49.67	51.64	49.99	50.66	49.23	51.22	49.55	50.09	49.28	50.03	49.82	49.85	49.09	49.23
	0.47	3.83	2.27	2.53	3.74	3.93	3.76	3.93	4.38	3.43	3.66	1.95	3.12	2.23
Minoltaa*値	6.99	6.46	6.87	6.84	7.56	7.49	8.68	8.49	8.45	9.71	7.39	7.49	8.68	8.89
	0.82	0.69	1.32	1.01	1.49	0.95	1.44	1.39	2.21	1.64	2.03	1.37	1.06	1.11
Minoltab*値	2.05	1.95	2.51	2.48	1.90	2.50	2.37	2.63	2.61	3.68	2.42	2.18	2.56	2.59
	0.63	0.51	0.92	0.85	1.26	0.71	0.96	1.22	1.38	1.35	1.72	0.56	0.66	0.59
MinoltaL*値(発色後)	50.64	51.96	51.11	50.18	49.60	50.55	48.98	49.85	50.33	52.02	49.78	49.52	49.68	48.51 +
	1.48	4.02	3.50	2.36	4.50	3.84	3.96	4.02	4.99	5.52	1.35	1.64	3.05	2.11
Minoltaa*値(発色後)	8.68	8.47	8.66	8.87	10.17	9.88	10.52	10.20	10.88	11.75	9.27	9.04	11.51	11.26
	1.26	0.49	1.56	1.04	2.39	1.55	1.82	1.83	2.38	2.25	1.59	1.53	1.50	1.60
Minoltab*値(発色後)	5.72	5.86	6.64	6.86	6.87	6.72	6.80	6.96	6.95	7.61	6.82	6.10	7.47	7.21
	0.97	0.42	0.97	0.87	2.19	1.10	1.43	1.71	2.00	1.32	1.88	1.01	1.05	1.08
全糖(g/100g)	1.42	1.10	1.19	1.17	1.18	1.18	1.07	1.09	1.17	1.22	1.18	1.09	1.25	1.36
	0.45	0.26	0.45	0.33	0.36	0.30	0.37	0.38	0.09	0.03	0.40	0.27	0.32	0.40
筋肉内粗脂肪含量(%)			1.80(12)	2.47(11) +	1.99(9)	2.38(11)	2.35(51)	2.56(48)	1.89(5)	1.86(4)	1.65(3)	1.39(7)	1.48(4)	2.01(5)
			0.52	1.21	0.77	1.01	0.83	0.89	0.97	0.36	0.65	0.41	0.67	0.57

筋肉内脂肪含量の()内は調査頭数 **P<0.01,*P<0.05,+P<0.10

プロタイプをL, W由来のものをRとして差を比較した。結果、産肉性についてはADG(p<0.10), 背腰長II (P<0.01)) でW由来のRハプロタイプが高い産肉性を示すと共に体重についても重い傾向が示唆された。脂肪形質については有意性を示す差はみられないものの, Lハプロタイプの融点が高く, C18:1割合が低い傾向が示唆された。一

方, 肉の理化学的性質については, 加熱損失率はLハプロタイプが高く(P<0.10), ヘマチン量は低かった(P<0.05)。また, 筋肉内粗脂肪含量についてはハプロタイプ間にサジェスティブレベルの差がみられた(P<0.10)。

以上の結果をまとめ, QTLの絞り込みを検討した。産肉性については, 出荷体重, ADGあるいは

背腰長Ⅱに関する後代検定の結果は、1504および3808は差がなく、それ以外の雄では、平均値に差の傾向がみられた(901, 1003は $P<0.10$)。1504および3808は後代数が99頭および68頭であり、本研究のサブファミリーでは、頭数も多く信頼度は高い。両雄のL-Rハプロタイプ間に差がなく、JWBアリルが産肉性に関して負の効果を示すと仮定した場合、SW1989(29cM)-1673(35cM)間に成長等に関わるQTLの存在が示唆された。更に、本領域にQTLが存在すると仮定した場合、各雄の後代検定結果に矛盾はない。一方、F2交雑家系を用いたインターバルマッピングではSSC15のSW964(22cM)-KS158(44cM)の範囲にJWBアリルが増体に関して負の効果を示すQTLがマッピングされている。これらの結果は、SSC15のSW1989-1673の6cMの領域に増体に関するQTLの存在を強く支持する。

脂肪形質についても同様に絞り込みを試みた。雄305の後代は7頭のみであったが、背脂肪内層においてC18:0とC18:1に差がみられ ($P<0.05$)、3808はC18:1とC18:2等に差がみられた。これらることより、1673(35cM)-KS158(44cM)間に1つのQTLの存在が示唆された。一方、3808の上方についてJWBアリルを持つ3204でもJWBアリルを受け継ぐハプロタイプが飽和脂肪酸を高める傾向が示唆された。また、1504では差がないこと、更に、SW1989以降についてJWBアリルを持つ901の後代検定においてJWBアリルを持つハプロタイプのC18:1が少ない傾向がみられること等より、SW1989-SW1673間にもう1つのQTLの存在が示唆された。このことは、143頭を用いたQTL解析結果においてSW1989およびSW1673付近に2つQTLのピークの存在と一致する。

肉質については、3808では、35cMより上方をJWBアリルを持つハプロタイプが遠心保水性お

よび伸展率が高く、肉のしまりが良かった。また、3808より片方のアリルを受け継いだ3204では伸展率がJWBアリルで高く ($P<0.01$)、その他の保水性に関する形質も一貫して高い傾向を示した。これらのことは、1527より上方のJWBアリルが肉質に対して正の効果を持つ、あるいはSW1673より下方のJWBアリルが負の効果を持つことが推察された。一方、1504では、保水性に関してSW1989-1527間にJWBアリルを持つハプロタイプが正の効果を示す傾向がみられ、その産子901では加圧水性および加熱損失率でJWBアリルが保水性に関して負の傾向を示した。これらのことより、1527-SW1989間にJWBアリルが肉質に正の効果、KS158以降に負の効果を示すQTLの存在が示唆された。

文 献

- 1) Sasaki K, Nishioka T, Ishizuka Y, Saeki M, Kawashima T, Irie M, Mitsumoto M. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20, 1272-1277. 2007
- 2) 佐々木啓介, 本山三千代, 成田卓美, 澤田一彦, 吉野宗明, 齊藤真二, 石田藍子, 中島一喜, 橋内克弘, 勝俣昌也 日本養豚会誌 46:200-203. 2009
- 3) Nii, M, Hayashi T, Mikawa S, Tani F, Niki A, Mori N, and Awata T J. Anim. Sci. 83:308-315. 2005
- 4) Nii M, Hayashi T, Tani F, Niki A, Mori N, Awata T and Mikawa S Animal Genetics.37. 342-347. 2006
- 5) 新居雅宏, 山口知美, 松尾功治 徳島畜研報 10, 24-31. 2011
- 6) 新居雅宏, 山口知美, 浅野順司. 徳島畜研報 9, 29-34. 2010