

日本ウズラの体重小方向への選抜限界

朴 君・岡本 悟・小林 真・和田康彦

佐賀大学農学部, 佐賀市本庄町 840-8502

本研究は、日本ウズラの6週齢体重を指標として選抜・造成した体重小系統(SS)を引き続き体重小方向へ選抜を行うと同時に、選抜66世代の小系統から、体重大方向へ逆選抜(SL)を12世代行い、対照閉鎖集団(RR)の6週齢体重と比較することにより、この小系統の体重選抜限界を追及した。

各系統は世代ごとに30~36の対交配を行い、交配は血統を4世代遡り共通祖先を有しない個体間で行った。

SSの6週齢体重は世代が進むにつれて雌雄とも徐々に低下を続けていたが、世代当たり0.73gと小さい値であった。SSの66から78世代の選抜反応と中程度の実現遺伝率が得られたことから、この系統は選抜限界にまだ達していないと思われた。一方、SLでは世代が進むにつれて雌雄とも徐々に平均体重が大きくなって逆選抜反応が認められたが、9世代目からは選抜反応が得られなかった。しかし、SSとSLの体重差から得られた実現遺伝率は小さく、また、観察値割合から得られた選抜限界値は一定していたことから、体重小系統は体重選抜限界に近いと考えられた。

キーワード: 選抜限界, 体重小系統, 実現遺伝率, 日本ウズラ

緒 言

家畜・家禽において長期間選抜を継続すると、選抜反応が小さくなり、ついに反応が認められなくなる選抜平衡(Selection plateau)あるいは選抜限界(Selection limit)に達することが知られている(Roberts, 1966a, b; Falconer, 1960, 1971, 1993)。この選抜限界に達する世代数及びその限界値は、実験に用いた動物種や選抜方向及び選抜環境によって大きく異なるが、選抜集団の大きさ、近親交配の程度と選抜形質に関する遺伝変異などによる。選抜限界に関する原因としてFalconer(1993)は、選抜集団の大きさ、選抜形質に係る遺伝子数及び相加的遺伝分散の消失、近親交配による遺伝的固定、選抜された個体の繁殖力の低下、自然選抜と人為選抜の拮抗作用など多くの原因を提唱している。このように多くの原因により選抜限界に達している集団を、それまでと逆方向へ選抜(Reverse selection)するとその遺伝的

固定度を推定できる(Marks, 1980; Falconer, 1993)。実験動物において、特定形質に関して逆方向への選抜は、選抜初期の集団では容易に選抜基礎集団の水準まで回復することが認められている(Falconer, 1993)。

日本ウズラは、Padgett and Ivy (1959)とWilsonら(1961)がその有用性を報告して以来、体重及び産卵形質を指標とした選抜実験がなされている。体重大方向あるいは小方向への選抜はMarks and Lepore (1968), Marks (1971, 1996), Collinsら(1970), 磯貝ら(1974), Macha and Becker (1976)及び岡本(1981)が行っており、Marks (1996), Nestorら(1996a), 及びSudaら(2002)の選抜世代は60世代以上となっている。体重小方向へ長期間選抜を行った報告(Marks, 1995; Anthonyら1996; Nestorら1996a)は少なく、Sudaら(2002)は本研究と同じ体重小系統の60~65世代の選抜反応を解析した結果、この系統はわずかながら小方向への選抜反応と遺伝変異を認めている。多くの研究者による体重を指標とした選抜実験では、選抜開始後の10世代までの選抜反応が大きく、特に体重大方向への選抜反応はその後引き続き認められている。

本研究は6週齢体重を指標として造成した体重小系統を引き続き体重小方向への選抜を行うと同時に、選抜66世代の小系統から、従来の選抜方向と逆方向へ選抜した12世代の6週齢体重を解析した。65世代の選抜によっ

2003年10月8日受付, 2003年12月8日受理

連絡者: 朴 君

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地 佐賀大学農学部 動物生産学研究室

TEL: 0952-28-8734

FAX: 0952-28-8735

Email: a0584@cc.saga-u.ac.jp

て造成された体重小系統のウズラは選抜反応が小さく、適応度も低下 (Suda and Okamoto, 2003) していることから選抜限界に近づいていると考えられる。この系統をそれまでの選抜と逆方向へ選抜することにより体重増加あるいは減少に関与している遺伝子の固定度を推測した。

材料及び方法

1. 供試ウズラ、選抜方法及び交配方法

本研究には、日本ウズラの6週齢体重を指標として造成した体重小系統 (SS)、SSからの逆選抜集団 (SL) 及び対照閉鎖集団 (RR) を用いた。SSは66世代~78世代、SS66世代から12世代逆選抜を行って得られているSL及び閉鎖集団として長期間維持してきているRRの6週齢体重のデータを用いた。また、SSと同じ期間に同一条件下で6週齢体重を指標に体重大方向へ選抜・造成した体重大系統 (LL) の6週齢体重を選抜限界の推定の際に用いた。

選抜方法は表1に示すとおりで、原則として選抜66世代から各系統 (集団) とも30~36 pairを用い、1母親当たり雌雄それぞれ4羽ずつ計8羽の雛を育成した。SSは6週齢体重を指標に体重小方向へ、SLは体重大方向へ家系当たり雌雄1羽ずつを選抜して次世代の親とした。RRでは6週齢に家系当たり雌雄1羽ずつを無作為に選び、次世代の親とした。

交配は、各系統とも雌雄1対のPair-matingを行った。近親交配を避けるために血統を4世代さかのぼって共通祖先を持たない雌雄同士で交配する組を決定し、同一ケージ内に雌雄を同居させた。

2. 飼育方法

各世代の飼育環境を一定にするため飼育温度は、孵化時には約35℃、1週齢で約30℃、2週齢で約28℃、3週齢で約25℃であり、それ以降は15℃から25℃の鶏舎内で飼育した。照明時間は原則として2~3週齢までは24時間連続照明とし、それ以後は3日間で暗期を増やして、明期14時間、暗期10時間に一定させた照明条件の下で飼育した。飼料は粗蛋白質含量24%で代謝エネルギー2,710 Kcalの市販のウズラ産卵用配合飼料に良質魚粉を加えて粗蛋白質含量を約28%に調整した飼料を100日齢まで自由に摂取させ、水は不断給水とした。

3. 統計分析法

体重の分析に関しては、スミルノフの棄却検定法 (新城, 1996) により異常値 (5%水準で有意であったデータ) を除外した。しかし、SSでは異常に小さい個体とSLでは異常に大きい個体は、飼養管理の不備が原因でない限りデータとして取り込んで分析した。

選抜圧は、親集団の全羽数に対する次世代に子を残した親羽数の割合 (%) で求め、選抜強度は各世代における6週齢体重の標準偏差に対する選抜差の比で求めた。選抜差は、各世代で選抜されて次世代に貢献した個体の平均値とその世代における集団平均値との差で求めた。

選抜週齢である6週齢体重は、実測データを系統 (集団) と性を主効果とする2元配置の分散分析を行い、3系統の世代間差も検討した。実現遺伝率は、66世代からの累積選抜差に対する選抜反応の回帰係数から求めたが、累積選抜差は毎世代の雌雄平均の選抜差を加算して求めた。次に6週齢体重の選抜反応は、孵化した全個体の集団平均値と後代に子孫を残した親の集団平均値の差

表 1. 選抜方法
Table 1. Method of selection in this experiment

系統 Line	選抜方向 Direction for selection	交配親数 No. of pairs	交配当たりの子数 No. of offspring per pair	交配当たり選抜子数 No. of offspring selected per pair	
				雄 Male	雌 Female
SS	小 Small	30~36	8	1	1
SL	大 Large	30~36	8	1	1
RR	無 Non	30~36	8	1	1

SS : 体重小系統 SS : Small line
SL : SS66 世代から逆選抜を行って得られた集団
SL : Reverse selected population derived from SS in 66 generations
RR : 対照閉鎖集団 RR : Randombred population

で求め、SS と SL の実測データ、実測データと RR との差及び SS と SL の各世代の系統間差の 3 通りで求めた。Falconer が提案している選抜限界推定法 (Falconer, 1993) に従い、観察値割合と観察値幅からの 2 通りで求めた。観察値割合は SS と SL の 66 (0) 世代から 78 (12) 世代における雌雄別 6 週齢体重の平均値と体重大系統の平均値の比、及び両系統と LL の平均値の差を RR6 週齢体重の表型標準偏差で割って計算した。

結 果

1. 選抜圧、選抜差及び選抜強度

66 (0) 世代から 78 (12) 世代までの SS と SL 及び RR における各世代の育成羽数、次世代に貢献した親の羽数、選抜圧と選抜差及び選抜強度を表 2 に示した。

SL と RR の平均育成羽数は 223.0 羽と 213.1 羽であり、SS が 176.4 羽で明らかに少なく、78 世代では 104 羽であった。次世代に子孫を残した親の平均羽数は SL と RR が SS に比較して多かったが、各系統とも 12 世代平均で 60 羽 (30 対) 以上であった。

選抜圧は世代によって多少の変動はあるが、各系統の世代平均は、SS では 35.3%, SL は 32.0%, RR は 30.5% であり、SS が SL より高い値を示し、特に 78 世代は 45.2% と高く、この原因は育成率が低下したことによる。選抜差は、SL の平均が 3.6 g で、SS の平均 -1.8 g に比較して大きな値であり、特に SS の 78 世代では平均値より大きい個体が次世代に子孫を残した。選抜強度でも、SL の平均が 0.72 で、SS の平均 -0.40 に比較して大きな値であったが、RR の平均は 0.02 で、ほぼ 0 に近い値であった。

2. 6 週齢平均体重の世代及び系統間差

66 世代から 78 世代までの各系統における雄及び雌の 6 週齢平均体重を表 3 に示した。

SS の雄は、71 世代でわずかに大きくなっているものの選抜世代が進むにつれて体重は徐々に低下が続けているが、世代当たりの低下量は雌雄平均で 0.73 g と小さい値であった。SS の雌においても、世代間で小さな変動が認められるが全体的に徐々にではあるが有意 ($P<0.01$) に低下しており、雌雄とも 77 及び 78 世代の平均体重は

表 2. 各系統における選
Table 2. Selection pressure, selection differential

項目 Item	系統 Line						
		66 (0)	67 (1)	68 (2)	69 (3)	70 (4)	71 (5)
育成羽数 ¹⁾ Survival birds	SS	276	195	147	196	192	178
	SL	276	193	208	155	251	239
	RR	251	232	245	209	226	195
選抜羽数 Number of birds selected	SS	56	66	70	70	64	66
	SL	68	70	70	72	68	70
	RR	72	62	72	64	64	68
選抜圧(%) Selection pressure (%)	SS	20.3	33.8	47.6	35.7	33.3	37.1
	SL	24.6	36.3	33.7	46.5	27.1	29.3
	RR	28.7	26.7	29.4	30.6	28.3	34.9
選抜差(g) Selection differential (g)	SS	-3.7	-2.1	-1.2	-2.1	-2.8	-1.3
	SL	2.8	3.7	3.9	3.4	4.0	4.1
	RR	-2.9	-1.9	-0.4	2.1	0.0	0.2
選抜強度 Selection intensity	SS	-0.88	-0.50	-0.35	-0.45	-0.67	-0.36
	SL	0.59	0.85	0.94	0.50	0.84	0.81
	RR	0.05	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.03

1) 育成羽数 Survival birds up to 6 weeks of age
2) 66 世代の値を除いた平均値 Mean±standard deviation except the 66th generation
3) () 内の数値は SL の世代数を示す。 SL generation in parentheses

小さくなった。一方、SL では、SS から逆選抜を行った 1 世代目において雌で大きく、3 世代目では SS に比較して雌雄とも明らかに大きくなった ($P<0.01$)。また、逆選抜 8 世代目までは選抜反応が得られたが、9 世代目からは選抜反応が得られなかった。RR では雌雄とも各世代で多少の変動はみられたもののほぼ一定した値で推移していた。

3. 選抜反応

SS 及び SL における 66 世代から 78 世代までの 6 週齢体重について累積選抜差に対する選抜反応を図 1、選抜系統と RR との差を図 2 と図 3 に雄及び雌別に示した。

SS は、70 世代と 71 世代で有意な選抜反応が得られず、69 世代より大きくなった。72 世代で小方向への選抜反応が得られたが、73 世代では選抜反応が得られなかった。74 世代で再び小方向への選抜反応が得られ、75 世代では選抜反応が得られなかったが、その後の世代では小方向への選抜反応が得られた。また、78 世代では小さい個体を選抜したにも関わらず、プラスの雌雄平均の選抜

差であった。一方、SL は逆選抜 7 世代までは大方向への選抜反応が得られたが、8 世代以降選抜反応が認められなかった。

逆選抜 12 世代における雌雄平均の累積選抜差は SL が 43.9 g で、SS の 19.2 g より明らかに大きい値であった。選抜反応は雄に比較して雌において大きかった。

4. 実現遺伝率

SS と SL における 6 週齢体重の累積選抜差に対する選抜反応と各世代における SL と SS の差から求めた実現遺伝率を表 4 に示した。

SS の遺伝率は雌雄平均が 0.314 で、SL では、雌雄平均で 0.384 であり、両系統とも中程度の遺伝率が得られた。選抜系統と RR との体重差について選抜反応の累積選抜差から求めた実現遺伝率では、雄で 0.352 という中程度の遺伝率が得られたが、雌では 0.145 という低い値が得られた。それに対して SS と同様に求めた SL の雄の実現遺伝率は 0.316、雌では 0.395 という中程度の遺伝率が得られた。また、同時に孵化した SL と SS の差から得られた遺伝率は明らかに他の方法で得られた値

抜圧と選抜差及び選抜強度
and selection intensity in SS, SL and RR

世代 Generation							平均値±標準偏差 Mean±S.D.
72 (6)	73 (7)	74 (8)	75 (9)	76 (10)	77 (11)	78 (12)	
168	162	168	216	184	207	104	176.4 ± 30.1 ²⁾
192	206	232	219	236	221	205	213.1 ± 26.0 ²⁾
226	254	204	247	204	208	198	223.0 ± 21.3
68	68	68	60	56	50	47	62.2 ± 7.7
72	68	72	70	64	62	62	68.3 ± 3.5
68	62	68	72	72	68	66	67.5 ± 3.8
40.5	42.0	40.5	27.8	30.4	24.2	45.2	35.3 ± 8.1
37.5	33.0	31.0	32.0	27.1	28.1	30.2	32.0 ± 5.7
30.1	24.4	33.3	29.1	35.3	32.7	33.3	30.5 ± 3.2
-2.4	-1.1	-1.9	-2.3	-1.9	-1.2	1.1	-1.8 ± 1.1
2.9	4.0	4.7	3.0	3.9	2.4	3.9	3.6 ± 0.6
0.7	0.3	-0.5	0.6	3.1	0.9	1.0	0.2 ± 1.5
-0.55	-0.22						
0.56	0.76						
0.10	0.09	-0.35	-0.26	-0.68	-0.16	0.23	-0.40± 0.28
		0.85	0.73	0.66	0.53	0.73	0.72± 0.14
		-0.11	-0.06	0.03	0.15	0.02	0.02± 0.07

表 3. 各系統の 6 週齢体重の系統間及び世代間差 (g)

Table 3. Line and generation differences of 6-week body weight in three lines

性 Sex		雄 Male			雌 Female		
系統 Line		SS	SL	RR	SS	SL	RR
世代 Generation	66 (0)	54.7 ^{bA}	—	98.3 ^{aE}	58.4 ^{bA}	—	119.2 ^{aA}
	67 (1)	54.9 ^{bAB}	55.8 ^{bF}	105.3 ^{aAB}	56.8 ^{cAB}	58.6 ^{bDE}	117.7 ^{aA}
	68 (2)	52.9 ^{cBC}	56.1 ^{bEF}	103.5 ^{aBCD}	54.6 ^{cDE}	57.1 ^{bE}	119.3 ^{aA}
	69 (3)	51.8 ^{cCD}	57.5 ^{bE}	101.6 ^{cCD}	54.5 ^{cDE}	64.3 ^{bC}	113.5 ^{aB}
	70 (4)	50.2 ^{cEFG}	56.8 ^{bEF}	102.5 ^{aCD}	52.8 ^{cFG}	60.0 ^{bD}	116.5 ^{aAB}
	71 (5)	52.0 ^{cCD}	59.0 ^{bD}	104.0 ^{aBC}	55.2 ^{cBCD}	65.2 ^{bC}	113.1 ^{aB}
	72 (6)	51.1 ^{cDE}	61.4 ^{bC}	104.0 ^{aBC}	56.1 ^{cBC}	67.8 ^{bB}	117.3 ^{aA}
	73 (7)	50.6 ^{cDEF}	61.9 ^{bC}	103.3 ^{aBCD}	53.4 ^{cEF}	64.4 ^{bC}	119.2 ^{aA}
	74 (8)	49.8 ^{cEFGH}	64.4 ^{bAB}	103.3 ^{aBCD}	53.9 ^{cDEF}	70.2 ^{bAB}	117.5 ^{aA}
	75 (9)	48.4 ^{cGHI}	63.9 ^{bB}	101.4 ^{aD}	51.5 ^{cG}	69.3 ^{bAB}	117.8 ^{aA}
	76 (10)	49.1 ^{cFGH}	65.0 ^{bAB}	106.8 ^{aA}	51.9 ^{cFG}	70.9 ^{bA}	113.4 ^{aB}
	77 (11)	48.2 ^{cHI}	64.7 ^{bAB}	98.9 ^{aE}	49.6 ^{cH}	70.6 ^{bA}	109.2 ^{aC}
	78 (12)	46.5 ^{cI}	65.6 ^{bA}	102.5 ^{aCD}	49.0 ^{cH}	69.0 ^{bAB}	117.3 ^{aA}

- 1) () 内の数値は SL の世代数を示す SL generation in parentheses
- 2) 小文字の異符号間に 1% 水準で系統間に有意差あり
In each generation in male (female) means with different superscripts of small letter are significant (p < 0.01) between lines
- 3) 大文字の異符号間に 1% 水準で世代間に有意差あり
In each line in male (female) means with different superscripts of capital letter are significant (p < 0.01) between generations

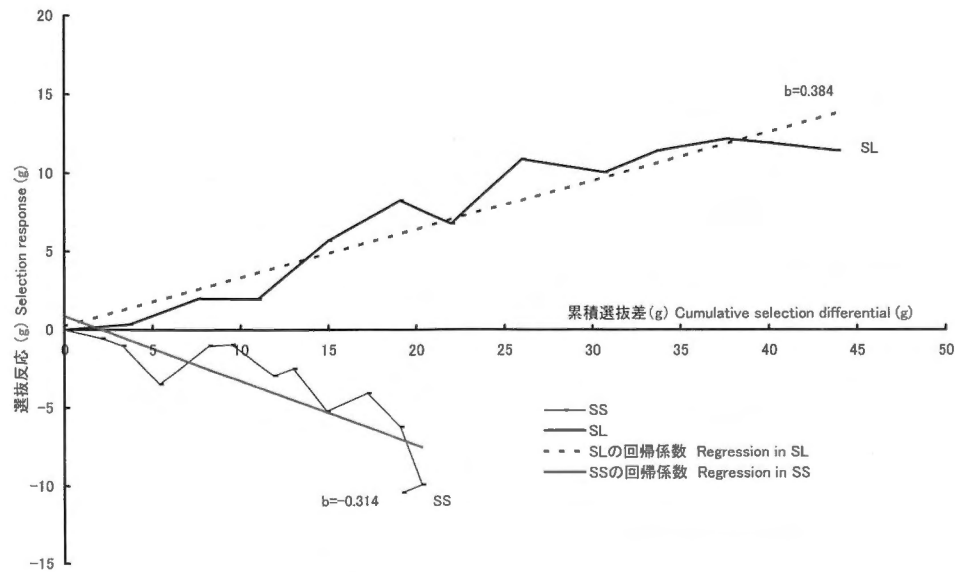


図 1. SS 及び SL における 66 (0) 世代から 78 (12) 世代までの 6 週齢体重の累積選抜差に対する選抜反応
Fig 1. Selection response of 6-week body weight against the cumulative selection differential from 66 (0) to 78 (12) generations in SS or SL

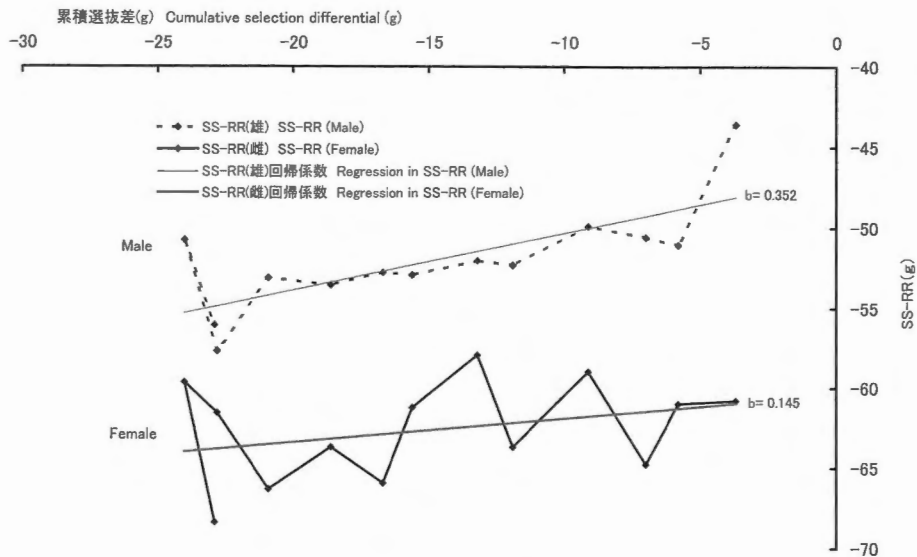


図 2. 累積選抜差に対する 6 週齢体重の SS と RR の差

Fig 2. Differences between SS and RR of 6-week body weight against the cumulative selection differential

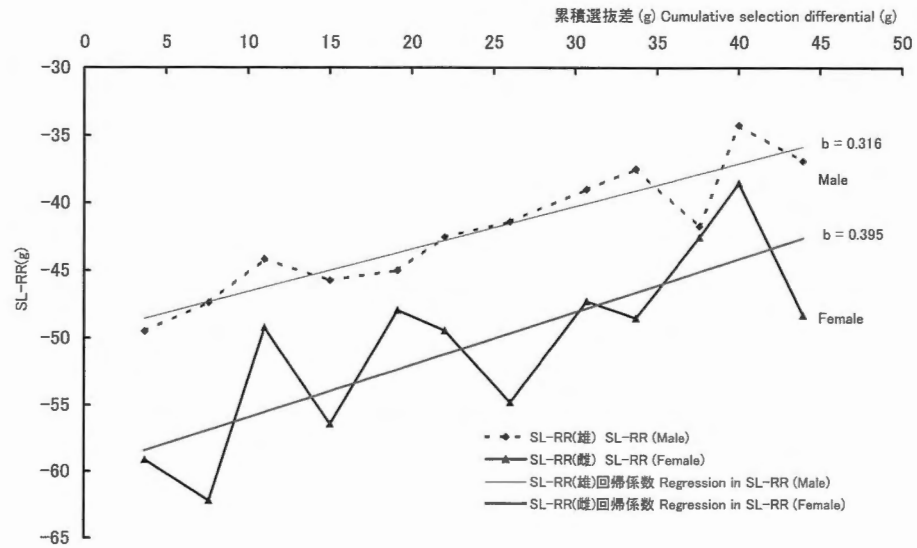


図 3. 累積選抜差に対する 6 週齢体重の SL と RR の差

Fig 3. Differences between SL and RR of 6-week body weight against the cumulative selection differential

に比較して小さかった。

5. 選抜限界

SS 及び SL の 6 週齢体重から求めた観察値割合と観察値幅による選抜限界を表 5 に示した。

SS, SL 及び LL の 6 週齢体重の平均から求めた SS と SL の観察値割合 (ORM) は、雌雄差はなかったが、SS の 0.21 に対して SL では 0.26 と大きくなった。

次に、RR における 6 週齢平均体重の標準偏差に対する SS と SL 及び LL における 6 週齢平均体重の差から

求められた観察値幅 (OR) は、SS は雌雄共に世代によってかなり大きな変化があるが、平均値は雄が -28.5、雌が -19.8 で性差が得られた。SL についても、世代によって値が大きく変化しているが、雄の平均値は -27.0、雌は -18.7 であり、雌雄とも SS と差がなかった。

考 察

日本ウズラにおける体重形質の遺伝率は、その推定方法にもよるが、0.3~0.5 の中程度値が得られているので

表 4. 各系統における 6 週齢体重の実現遺伝率
Table 4. Realized heritabilities of 6-week body weight in SS and SL estimated by three methods

系統 Line	雄 Male	雌 Female	平均 Mean
SS ¹⁾	0.297**±0.030	0.332**±0.049	0.314**±0.036
SL ¹⁾	0.360**±0.024	0.314**±0.045	0.384**±0.036
SS-RR ²⁾	0.352**±0.047	0.145 ±0.060	0.249**±0.052
SL-RR ²⁾	0.316**±0.049	0.395**±0.060	0.355**±0.051
SS-SL ³⁾	0.159 ±0.135	0.179 ±0.111	0.169 ±0.123

実現遺伝率±標準誤差 Realized heritabilities±standard error

1) 実測値 Actual weight

2) 実測値 SS (SL) と RR の差 Difference between SS (SL) and RR

3) 実測値 SS と SL の差 Difference between SS and SL

** 1% 水準で有意差あり ** Significant at 1% level

表 5. 各系統の 6 週齢体重か
Table 5. Indices concerning selection limit

項目 Item	系統 Line	性 Sex						
			66 (0)	67 (1)	68 (2)	69 (3)	70 (4)	71 (5)
観察値割合 (ORM ¹⁾)	SS	♂	0.24	0.24	0.22	0.22	0.21	0.23
		♀	0.24	0.23	0.21	0.21	0.20	0.22
	SL	♂	0.24	0.25	0.23	0.24	0.24	0.26
		♀	0.24	0.23	0.22	0.25	0.22	0.26
観察値幅 (OR ²⁾)	SS	♂	-32.62	-23.44	-28.14	-22.44	-36.78	-30.70
		♀	-16.41	-17.28	-18.09	-17.70	-19.30	-21.59
	SL	♂	-32.62	-23.24	-27.67	-21.76	-35.49	-29.49
		♀	-16.41	-17.12	-17.90	-16.85	-18.68	-20.50

1) 観察値割合=SS (SL) 体重/LL 体重 ORM (Observed ratio of means)=Mean body

2) 観察値幅=R/P : R=SS (SL) 体重-LL 体重 P=RR 6 週齢体重の標準偏差

OR (Observed range)=(Mean body weight in SS (SL)-Mean body weight in LL)/

3) () 内の数値は SL の世代数を示す SL generation in parentheses

個体選抜により改良が期待できる (Marks and Lepore, 1968 ; 岡本, 1970 ; Kawahara and Saito, 1976 ; Aggrey and Cheng, 1994)。本実験の SS66 世代から 12 世代における平均選抜強度は -0.40 であったが、世代が進むに従って小さくなった。選抜 78 世代では体重小方向へ選抜したにも関わらず、SS の平均体重より大きいペアが次世代に子孫を残した結果、選抜強度がプラス 0.23 となった。表 3 の値を基にして算出した世代当りの体重低下量は雄: 0.68 g, 雌: 0.78 g, 雌雄平均で 0.73 g と小さくなっており、選抜反応は小さかった。一方、SL の逆選抜反応は、選抜強度が 12 世代平均で 0.72 ± 0.14 と一定した高い選抜強度が得られているため、明らかな逆選抜反応を認めた。12 世代における雌雄平均は世代当り 0.92 g で、逆選抜 8 世代目までの反応が大きく、その後 12 世代までは選抜反応が認められなかった。SS 及び SL の相加的遺伝子効果による実現遺伝率は、雌雄平均で SS : 0.31, SL : 0.38 であり、RR の変動を考慮して求めた SL の遺伝率は 0.36 であったが、図 3 でも示しているように雄に比較して雌の変動が大きく、SS においても同様な変動が得られた。しかし、同時に孵化した SL と SS の差から求めた遺伝率は低く、標準誤差も大きいので相加的に作用する遺伝子の変異は小さく、遺伝的固定度も高いと考えられる。

次に、ウズラでは Sittmann ら (1966), 新城ら (1972 a, b), Narayan (1976), 前田ら (1978), 岡本と松尾 (1979) は近親交配による受精率及び孵化率の低下と近

交度の上昇とともに体重も小さくなると報告している。SS の交配は 4 世代血統を遡って共通祖先を持たない雄、雌を組み合わせ次代の子孫を得ているが、集団サイズが 170 羽前後の閉鎖集団であるので近交度も高くなってきている。各世代の平均有効サイズから得られる SS78 世代の近交係数は 60% 以上であった。朴ら (2003) は、本実験と同じ SS 系統の 83 世代の血液を材料として AFLP 法によって得られた BS (Band sharing) 値は 0.810 と評価している。このように遺伝子のホモ化の程度は高いと思われるが、本研究の交配法を用いれば近交度の上昇による体重への悪影響は小さいと考えられた。

SS の実現遺伝率が 0.3 前後で有意な値であり、選抜 66 世代においても SS は低いながらも相加的に作用する遺伝子の変異が認められることから、Suda ら (2002) の 60~65 世代における分析を考慮すると、今後も小さいながら選抜反応が期待できる。このことは、選抜 78 世代の SS の体重が、無選抜ウズラ (RR) に比較して約 1/2, LL に比較して 1/5 となっていること、及びその後の 84 世代までの選抜反応の結果 (岡本ら, 未発表) から証明できた。しかし、78 世代目で得られているように子孫を残せない交配ペア及び育成率の低下により選抜限界に近づいていると考えられた。また、観察値割合から求めた SS の選抜限界値は一定しており、選抜限界に近づいていることを裏付けている。Suda ら (2002) は、本実験と同じ SS の 60 世代から 65 世代のデータを分析し同様な結論を得ている。

求めた観察値割合と観察値幅
for small body weight at 6 weeks of age

世代 Generation							平均値 [標準偏差] Mean [S.D]
72 (6)	73 (7)	74 (8)	75 (9)	76 (10)	77 (11)	78 (12)	
0.20	0.21	0.21	0.20	0.21	0.19	0.20	0.21 [0.02]
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.18	0.19	0.21 [0.02]
0.25	0.26	0.27	0.27	0.27	0.26	0.28	0.26 [0.01]
0.24	0.24	0.26	0.27	0.27	0.26	0.26	0.25 [0.02]
-28.74	-26.94	-25.73	-34.31	-25.19	-25.77	-29.14	-28.46 [4.24]
-21.92	-17.57	-21.50	-18.61	-25.79	-19.17	-22.44	-19.80 [2.67]
-27.25	-25.33	-23.79	-31.49	-23.01	-23.65	-26.16	-27.00 [4.21]
-20.78	-16.68	-19.88	-16.99	-23.35	-17.30	-20.35	-18.68 [2.12]

weight in SS (SL)/Mean body weight in LL

Standard deviation of body weight in RR

一方, SL の選抜反応は逆選抜 7 世代までが顕著であったが, その後 4 世代では反応を認めることが出来なかった。この結果, SS66 世代において長期間の選抜にも関わらず体重を大きくする相加的遺伝子が残っていたが, その遺伝子の変異が少なかったと考えられる。体重小方向へ選抜した間接選抜反応についての報告 (Nestor ら, 1982, 1996 b; Marks, 1991 a, b) がある。これらの報告とは, 受精率低下などの適応力が低くなった点では一致している。しかし, 60 世代以上小方向へ選抜・造成した体重小系統に関する間接選抜反応の報告は現在のところ Suda and Okamoto (2003) のみである。彼らは受精率の低下と初産日齢の遅れなどの適応力低下を認めており, 本実験の育成羽数も低下していることから, 繁殖力の低下による選抜限界が考えられた。

以上の結果から, ウズラの 6 週齢体重を指標として 78 世代体重小方向へ選抜を行うと体重は対照閉鎖集団の 1/2 以下となったが, 長期間の選抜にも関わらず体重を大きくする相加的遺伝子を有していた。しかし, 長期間体重小方向への選抜結果, SS はいまだに体重大及び小方向へ相加的に作用する遺伝子を少数であるがヘテロで持っており, 体重選抜によって直接選抜反応は期待できず, 本系統はほぼ選抜限界に近いと考えられた。

引 用 文 献

- Aggrey SE and Cheng KM. Animal model analysis of genetic (co) variances for growth traits in Japanese quail. *Poultry Science*, 73 : 1822-1828. 1994.
- Anthony NB, Nestor KE and Marks HL. Short-term selection for four-week body weight in Japanese quail. *Poultry Science*, 75 : 1192-1197. 1996.
- 朴 君・下桐 猛・前田芳實・岡本 悟. AFLP 法による日本ウズラ選抜系統の遺伝的特性の分析. *日本家禽学会誌*, 40 : J13-J20. 2003.
- Collins WM, Abplanalp H and Hill WG. Mass selection for body weight in quail. *Poultry Science*, 49 : 926-933. 1970.
- Falconer DS. Selection of mice for growth on high and low planes of nutrition. *Genetical research* 1, 91-113. 1960.
- Falconer DS. Improvement of litter size in a strain at selection limit. *Genetical Research*, 17 : 215-235. 1971.
- Falconer DS. *Introduction to Quantitative Genetics* (Third edition). Longman Group UK Ltd. London. 1993.
- 磯貝岩弘・大塚裕司・木村正雄. ウズラの体重・径長に対する同時選抜. *岐阜大学農学部研究報告*, 36 : 291-297. 1974.
- Kawahara T and Saito K. Genetic parameters of organ and body weights in the Japanese quail. *Poultry Science*, 55 : 1247-1252. 1976.
- Macha AM and Becker WA. Comparison of Predicted with actual body weight selection gains of *Coturnix coturnix japonica*. *Theoretical and Applied Genetics*, 47 : 251-255. 1976.
- 前田芳實・伊集院正敏・橋口 勉・武富萬治郎. ウズラの近交系作出の試み. *日本家禽学会誌*, 18 : 86-97. 1978.
- Marks HL and Lepore PD. Growth rate inheritance in Japanese quail 2. Early responses to selection under different environments. *Poultry Science*, 47 : 1540-1546. 1968.
- Marks HL. Selection for four-week body weight in Japanese quail under two nutritional environments. *Poultry Science*, 50 : 931-937. 1971.
- Marks HL. Reverse selection in a Japanese quail line previously selected for 4-week body weight. *Poultry Science*, 59 : 1149-1154. 1980.
- Marks HL. Divergent selection for growth in Japanese quail under split and complete nutritional environments. 4. Genetic and correlated responses from generations 12 to 20. *Poultry Science*, 70 : 453-462. 1991 a.
- Marks HL. Divergent selection for growth in Japanese quail under split and complete nutritional environments. 5. Feed intake and efficiency patterns. *Poultry Science*, 70 : 1047-1056. 1991 b.
- Marks HL. Divergent selection in Japanese quail under split and complete nutritional environments 8. Progress from generations 18-30 following change of selection criterion. *Poultry Science*, 74 : 237-246. 1995.
- Marks HL. Long-term selection for body weight in Japanese quail under different environments. *Poultry Science*, 75 : 1198-1203. 1996.
- Narayan AD. Inbreeding components of body weight and growth rate in Japanese quail. *British Poultry Science*, 17 : 225-230. 1976.
- Nestor KE, Bacon WL and Lambio AL. Divergent selection for body weight and Yolk precursor in *Coturnix coturnix japonica*. 1. Selection response. *Poultry Science*, 61 : 12-17. 1982.
- Nestor KE, Bacon WL, Anthony NB and Noble DD. Divergent selection for body weight and yolk precursor in *Coturnix coturnix japonica*. 10. Response to selection over thirty generations. *Poultry Science*, 75 : 303-310. 1996 a.
- Nestor KE, Bacon L, Anthony NB, and Noble DO. Divergent selection for body weight and yolk precursor in *Coturnix coturnix japonica*. 11. Correlated responses to selection over thirty generations. *Poultry Science*, 75 : 472-477. 1996 b.
- 岡本 悟. 異なる栄養水準で育成されたウズラの量的特質に関する遺伝率およびこれら特質遺伝相関について

- て、佐賀大学農学彙報, 30 : 33-43, 1970.
- 岡本 悟・松尾昭雄. ウズラの量的特質に及ぼす近親交配の影響. 佐賀大学農学彙報, 46 : 9-16, 1979.
- 岡本 悟. ウズラの体重選抜効率に及ぼす栄養水準の影響. 佐賀大学農学部彙報, 51 : 29-37, 1981.
- Padgett C and Ivy WD. Coturnix quail as a laboratory Animal. Science, 129 : 267-268, 1959.
- Roberts RC. The limits to artificial selection for body weight in the mouse. 1. The limits attained in early experiments. Genetical Research, 8 : 347-360, 1966 a.
- Roberts RC. The limits to artificial selection for body weight in the mouse. II. The genetic nature of the limits. Genetical Research, 8 : 361-375, 1966 b.
- 新城明久・水間 豊・西田周作. 日本ウズラにおける近交退化に関する研究. 日本家禽学会誌, 8 : 231-237, 1972 a.
- 新城明久・水間 豊・西田周作. 近交系間交配ウズラにおける近交退化と遺伝的荷重. 日本家禽学会誌, 8 : 254-260, 1972 b.
- 新城 明久. 生物統計学入門—計算マニュアル—. 新版, 44 頁. 朝倉書店, 1996.
- Sittmann K, Abplanalp H and Fraser RA. Inbreeding depression in Japanese quail. Genetics, 54 : 371-379, 1966.
- Suda Y, Imakawa K and Okamoto S. Long term selection for small body weight in Japanese quail. 1. Direct selection response from 60 to 65 th generations. Journal of Poultry Science, 39 : 274-284, 2002.
- Suda Y and Okamoto S. Limit of long term selection for small size of body weight in Japanese quail II. Changes in reproductive traits from 60 to 65 th generations. Journal of Poultry Science, 40 : 30-38, 2003.
- Wilson WO, Abott UK and Abplanalp H. Evaluation of coturnix (Japanese quail) as pilot animal for Poultry. Poultry Science, 40 : 651-657, 1961.

Study on the Selection Limit for Small Body Weight in Japanese Quail

Jun Piao, Satoru Okamoto, Shin Kobayashi and Yasuhiko Wada

Graduate School of Agriculture, Saga University, Saga 840-8502

The aim of this research was to examine whether the selection for small body weight at 6 weeks of age in Japanese quail had reached the selection limit after the long term selection over 78 generations. In this study, following 3 lines were established ; SS was selected for small body weight at 6 weeks of age over 78 generations ; SL (reverse selection) was selected for large body weight at same age to an opposite direction during the 12 generations from 66 generations in SS ; RR was produced by random mating in a closed population as a control for the 33 years.

Each line was composed of 30~36 single pair matings. To avoid close inbreeding, matings were between birds with no common ancestor in the four preceding generations.

Six-week body weight in SS decreased gradually with the generation, but selection responses for small body weight were small in 0.73 g per generation. Judging from the selection response in SS from 66 to 78 generations and the moderate realized heritability of 6-week body weight the SS line had not reached the selection limit. Contrarily, selection responses for large in SL increased with the generation, but selection response in SL was not obtained after the 9 generation. The realized heritability estimated by the body weight differences between SS and SL were low and the observed ratio of mean body weight in SS to that in LL was constant with the generation. These facts suggested that selection response for small body weight in this line was gradually reached at limit level.

(Japanese Journal of Poultry Science, 41 : J8-J18, 2004)

Key words : selection limit, small body weight line, realized heritability, Japanese quail