

日本ウズラの体重大方向への選抜限界

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・造成した体重大系統(LL)を引き続き体重大方向へ10世代選抜を行うと同時に、選抜74世代の大系統から、従来の選抜方向と逆選抜(LS)を10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、この体重大系統の選抜限界を追究した。

10世代におけるLLの選抜反応は小さく、LSの6週齢体重は逆選抜3世代目で雌雄ともLLに比較して有意に小さい結果となった。LSでは世代が進むにつれて雌雄とも徐々に平均体重が小さくなって逆選抜反応が得られたが、8世代以降反応が小さかった。LLの実現遺伝率は、雌雄ともほぼ0に近い値が得られ、体重の遺伝変異は小さいと考えられた。一方、LSの選抜反応から求めた雌雄平均の遺伝率で0.60~0.68と高い値が得られたことから、本系統は体重を小さくする遺伝子を有しており、体重小系統(SS)と同様、適応力の低下により体重選抜限界に近いと考えられた。

キーワード: 選抜限界, 体重大系統, 逆選抜反応, 実現遺伝率, 日本ウズラ

緒 言

朴ら(2004)は、6週齢体重を指標として体重小方向へ選抜を行うと同時に、体重小系統(SS)の66世代から、従来の選抜方向と逆方向へ12世代選抜を行った集団(SL)から得られたデータを解析した。その結果、長期間の選抜によって体重小系統は、相加的に作用する遺伝子群を小数ではあるがヘテロで持っているが、今後選抜によって選抜反応は期待できず、ほぼ選抜限界に近いと考えられた。一方、SLの6週齢体重は、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得られたが、9世代以降選抜反応が得られなかった。実現遺伝率においては、SSが雌雄平均で0.314、SLが0.384であり、両系統とも中程度の遺伝率が得られたが、SLでは逆選抜5世代からRRと変わらない値まで適応力が回復した。また、適応力及び産卵4形質(初産日齢、100日齢までの産卵数と総卵重ならびに平均卵重)において体重大方向への選抜に伴う顕著な間接選抜反応を認

めた(家禽学会誌投稿中)。体重大方向への直接選抜反応と間接選抜反応の報告(Collins and Abplanalp, 1968; Collinsら, 1970; Marks, 1971, 1978a, b, 1979, 1991, 1993, 1995, 1996; 磯貝ら, 1974; 岡本, 1981a, b; 岡本ら, 1989a, b; Okamotoら1992, 1996; Nestorら, 1982a, b, 1996a, b; Darden and Marks, 1988; Carronら, 1990; Oguzら, 1996)は多い。いずれの報告においても、選抜開始後10世代までの反応が大きく、その後も大方向への選抜効果を認め、また、体重、孵化成績及び産卵成績においても顕著な間接選抜反応を得ている。Marks(1980)は、4週齢体重を指標に選抜・造成した体重大系統から5世代逆選抜した結果、選抜方向は大と小で異なるが朴ら(2004)の結論と大きく異なる結果を報告している。

本研究は、6週齢体重を指標として造成した体重大系統を引き続き体重大方向への選抜を行うと同時に、選抜74世代の大系統から、従来の選抜方向と逆選抜(Reverse selection)10世代のデータを解析することにより、本系統の体重選抜限界を追究した。

材料及び方法

1. 供試ウズラ及び飼育方法

本研究には、日本ウズラの6週齢体重を指標として体重大方向へ選抜を継続してきた体重大系統(LL)、LLからの逆選抜集団(LS)及び対照閉鎖集団(RR)を用い

2004年4月19日受付, 2004年8月9日受理

連絡者: 朴 君

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

TEL: 0952-28-8734

FAX: 0952-28-8735

E-mail: a0584@cc.saga-u.ac.jp

た。体重大系統は 74 世代～84 世代、LL74 世代から 10 世代逆選抜を行って得られている集団、及び閉鎖集団として長期間維持してきている対照閉鎖集団の 6 週齢体重のデータを用いた。

飼育環境と給与飼料、飼養管理方法及び体重の測定項目は前報 (朴ら, 2004) と同じであった。

2. 選抜方法及び交配方法

選抜方法は原則として各系統 (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、LL は 6 週齢体重を指標に体重大方向へ、LS は体重小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 (表 1)。

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、RR は同一ケージ内に雌雄を同居させた。一方、LL と LS (逆選抜 6 世代まで) では交配による雌の産卵低下を防ぐため、1 日 1 回、約 30 分間雌を手で保定するという介助交配を行った。

3. 統計分析方法

分析した 6 週齢体重については、スミルノフの棄却検定法 (新城, 1996) により異常値を除外し、5% 水準で異常値を棄却したデータを用いた。なお、体重に関しては、LL において異常に大きい個体と LS において異常に小さい個体は、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、選抜強度及び実現遺伝率の計算は前報 (朴ら, 2004) と同じ方法で求めた。

結 果

1. 選抜圧と選抜強度

74 世代から 84 世代までの LL, LS 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及び選抜圧と選抜差ならびに選抜強度を表 2 に示した。

LS と RR の平均育成羽数は 219.2 羽と 216.5 羽であり、LL が 199.0 羽でやや少なかった。次世代に子孫を残した両親の平均羽数は LL が 63.1 羽、LS が 67.8 羽、RR が 68.7 羽となり、LS と RR が LL に比較してやや多かったが、各系統とも 60 羽 (30 対) 以上であった。

各系統の選抜圧は、世代によって多少の変動はあるが、各世代平均では LL が 32.4%, LS は 31.5%, RR は 32.3% であって、系統間差は小さかった。選抜差は、選抜世代後半では LL 及び LS とも小さくなる傾向であった。選抜強度では、LL が 0.34～0.85 と世代間でかなり異なったが、平均値は 0.55 で、LS の平均は -0.49 とほぼ同じであり、84 (10) 世代では LL が 0.34, LS は -0.38 と小さくなった。一方、RR の平均は 0.04 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

74 世代から 84 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 示した。

逆選抜 1 世代目から LS 雄が LL に比較して有意 ($P < 0.01$) に小さく、一方、LS 雌では 2 世代目から、3 世代目からは雌雄とも 3 系統間に有意 ($P < 0.01$) な系統間差が得られた。

LL 雄は 77 世代で 76 世代より 10.2 g 大きくなり、有意 ($P < 0.01$) な選抜反応があったが、82 世代において

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
LL	大 Large	30～36	8	1	1
LS	小 Small	30～36	8	1	1
RR	無 Non	30～36	8	1	1

LL: 体重大系統 LL: Large line.

LS: LL74 世代から逆選抜を行って得られた集団

LS: Reverse selected population derived from LL in 74 generations.

RR: 対照閉鎖集団 RR: Randombred population.

表 2. 各系統における選抜圧と選抜差及び選抜強度

Table 2. Selection pressure, selection differential and selection intensity in LL, LS and RR

項目 Item	系統 Line	世 代 Generation											平均値± 標準偏差 Mean±S.D.
		74(0)	75(1)	76(2)	77(3)	78(4)	79(5)	80(6)	81(7)	82(8)	83(9)	84(10)	
育成羽数 ¹⁾ Survival birds	LL	194	212	224	228	158	223	183	169	172	236	190	199.0±26.9
	LS	194	232	232	224	199	271	268	210	176	198	207	219.2±30.0
	RR	204	247	204	208	198	195	312	192	225	202	195	216.5±35.5
選抜羽数 Number of birds selected	LL	64	48	68	70	66	64	68	72	60	52	62	63.1±7.4
	LS	70	64	70	70	68	70	64	72	68	66	64	67.8±2.9
	RR	68	72	72	68	66	72	70	68	68	68	64	68.7±2.6
選抜圧(%) Selection pressure (%)	LL	33.0	22.6	30.4	30.7	41.8	28.7	37.2	42.6	34.9	22.0	32.6	32.4±6.7
	LS	36.1	27.6	30.2	31.3	34.2	25.8	23.9	34.3	38.6	33.3	30.9	31.5±4.4
	RR	33.3	29.1	35.3	32.7	33.3	36.9	22.4	35.4	30.2	33.7	32.8	32.3±3.9
選抜差(g) Selection differential (g)	LL	16.3	9.6	15.3	9.1	8.6	12.1	9.1	7.4	5.7	8.8	6.4	9.9±3.4
	LS	-12.3	-8.3	-7.0	-13.9	-4.6	-9.9	-8.6	-8.3	-7.4	-6.5	-5.9	-8.4±2.7
	RR	-0.5	0.6	3.1	0.9	1.0	-1.0	0.5	1.8	0.6	1.1	-0.5	0.7±1.1
選抜強度 Selection intensity	LL	0.77	0.58	0.85	0.51	0.59	0.60	0.43	0.42	0.42	0.49	0.34	0.55±0.16
	LS	-0.57	-0.46	-0.39	-0.60	-0.30	-0.65	-0.55	-0.56	-0.47	-0.45	-0.38	-0.49±0.11
	RR	-0.11	-0.06	0.03	0.15	0.02	-0.10	0.05	0.25	0.07	0.14	-0.03	0.04±0.11

¹⁾ 育成羽数 Survival birds up to 6 weeks of age.

²⁾ [] 内の数値は LS の世代数を示す Number in parentheses means generation of LS line.

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	LL	LS	RR	LL	LS	RR
世代 Generation	74(0)	242.5 ^{aBD}	—	103.3 ^{bB}	271.5 ^{aABC}	—	117.5 ^{bA}
	75(1)	237.0 ^{aDEF}	226.0 ^{bAB}	101.4 ^{cB}	254.6 ^{aE}	253.0 ^{aA}	117.8 ^{bA}
	76(2)	238.8 ^{aCDE}	230.5 ^{bA}	106.8 ^{cA}	257.4 ^{aDE}	250.4 ^{bA}	113.4 ^{cB}
	77(3)	249.0 ^{aA}	224.7 ^{bB}	98.9 ^{cC}	272.0 ^{aAB}	248.9 ^{bA}	109.2 ^{cCD}
	78(4)	233.4 ^{aEF}	215.8 ^{bCD}	102.5 ^{cB}	263.4 ^{aCD}	236.1 ^{bB}	117.3 ^{cA}
	79(5)	240.7 ^{aBD}	217.3 ^{bC}	101.5 ^{cB}	271.2 ^{aABC}	239.0 ^{bB}	114.0 ^{cB}
	80(6)	245.2 ^{aAB}	208.7 ^{bE}	102.1 ^{cB}	269.7 ^{aABC}	225.1 ^{bC}	115.6 ^{cAB}
	81(7)	245.5 ^{aAB}	212.8 ^{bDE}	98.1 ^{cC}	265.3 ^{aBC}	228.1 ^{bC}	113.8 ^{cB}
	82(8)	232.8 ^{aF}	195.2 ^{bF}	99.2 ^{cC}	254.4 ^{aE}	210.8 ^{bD}	107.5 ^{cD}
	83(9)	244.1 ^{aABC}	196.4 ^{bF}	103.0 ^{cB}	277.5 ^{aA}	205.8 ^{bDE}	110.9 ^{cC}
84(10)	242.2 ^{aBD}	192.0 ^{bF}	101.7 ^{cB}	268.6 ^{aBC}	203.7 ^{bE}	115.5 ^{cAB}	

¹⁾ 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 ($p < 0.01$) among lines.

²⁾ 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 ($p < 0.01$) among generations.

³⁾ [] 内の数値は LS の世代数を示す Number in parentheses means generation of LS line.

は、81 世代より 12.7 g 小さい値となりその後は大きな選抜反応が得られなかった。雌においても雄と同様、77 世代で体重が増加し、その後は選抜反応が得られなかったが、83 世代では 82 世代に比較して体重が増加した。一方、LS では、逆選抜 1 世代目において雌雄とも小さくなり、3 世代目では LL に比較して明らかに小さくなった。また、8 世代目までは逆選抜反応が得られたが、9 世代目からは選抜反応は小さかった。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

LL 及び LS における 74 世代から 84 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 (74 世代雌雄平均体重を基準) を図 1, LL 及び LS と RR との差をそれぞれ図 2 と図 3 に示した。

LL の実測値 (雌雄平均体重) において、75 世代と 76 世代で有意な選抜反応が得られず、74 世代より小さくなったが、77 世代では体重は増加しており、有意 ($P < 0.01$) な選抜反応が得られた。その後、78 世代で有意 ($P < 0.01$) に小さくなり、79 世代から 80 世代にかけて体重は増加し、80 世代及び 81 世代では 74 世代及び 77 世代と有意差は得られなかった。82 世代では、有意 ($P < 0.01$) に小さくなり、83 世代の体重は増加したが、74, 77, 79, 80, 81 世代とは有意差が得られず、84 世代では雌雄とも体重がやや減少した。一方、LS では世代が進

むにつれて雌雄とも徐々に平均体重が小さくなって逆選抜反応が得られたが、8 世代以降反応が小さかった。

累積選抜差に対する選抜系統と RR との差において、LL-RR では累積選抜差に対する選抜反応とほぼ同じ結果であるが、LS-RR では世代が進むにつれて雌雄とも徐々に RR との差が小さくなっている結果が得られた。

4. 実現遺伝率

LL と LS の 6 週齢体重の実測値について累積選抜差に対する選抜反応、LL と LS における RR との差及び各世代における LL と LS の差から求めた実現遺伝率を表 4 に示した。

LL は雌雄平均で 0.038 というほぼ 0 に近い値が得られた。一方、LS においては、雄で 0.596, 雌で 0.763, 雌雄平均では 0.679 という高い遺伝率が得られた。

選抜系統と RR の差について累積選抜差に対する選抜反応から求めた実現遺伝率から見ても、LL-RR では雄で 0.044, 雌で 0.111 という低い値が得られ、雌雄平均で 0.077 というほぼ 0 に近い値が得られた。それに対して LS-RR では雌雄平均で 0.599 という高い遺伝率が得られ、雄で 0.495, 雌で 0.703 となり、雌体重での推定値が高かった。また、同時に孵化した LL と LS の差から得られた実現遺伝率は LS の実測値から推定した遺伝率と同様であった。

5. 選抜限界

本研究に用いている LL は長期間の選抜により選抜限

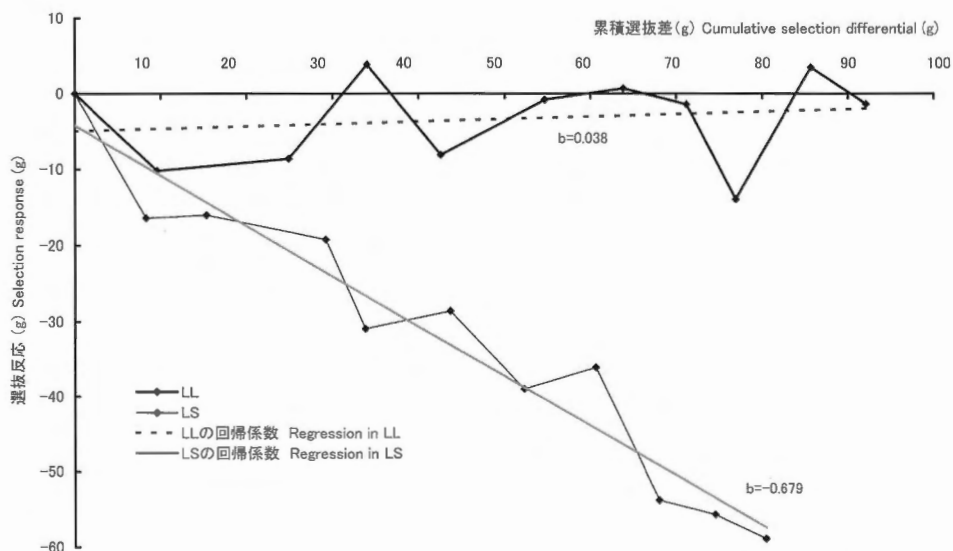


図 1. LL 及び LS における 74 (0) 世代から 84 (10) 世代までの 6 週齢体重の累積選抜差に対する選抜反応
 Fig. 1. Selection response of 6-week body weight against the cumulative selection differential from 74 (0) to 84 (10) generations in LL or LS.

界に近づいていることが考えられ、Falconer (1993) の選抜限界推定法から求めた結果を表5に示した。

LL, LS及びSSの6週齢体重の平均から求めた観察値割合は、LLは、世代が進むと雌雄ともに大きな値を示していたが、84世代目では83世代よりいずれも小さ

な値となって、11世代の平均値は、雄が5.09, 雌が5.25でほぼ同じ値が得られた。また、LSでは雌雄共に、世代が進んでもほぼ変わらない値を示していたが、選抜8世代目と10世代目でどちらも値が小さくなり、平均値は雄が4.52, 雌が4.60でありLLより低い値を示した。

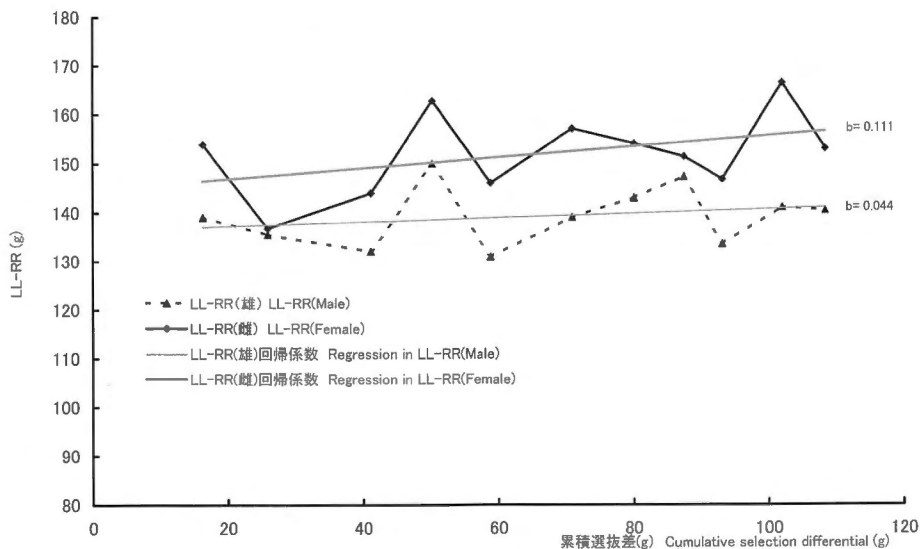


図 2. 累積選抜差に対する6週齢体重のLLとRRの差

Fig. 2. Differences between LL and RR of 6-week body weight against the cumulative selection differential from 74 (0) to 84 (10) generations.

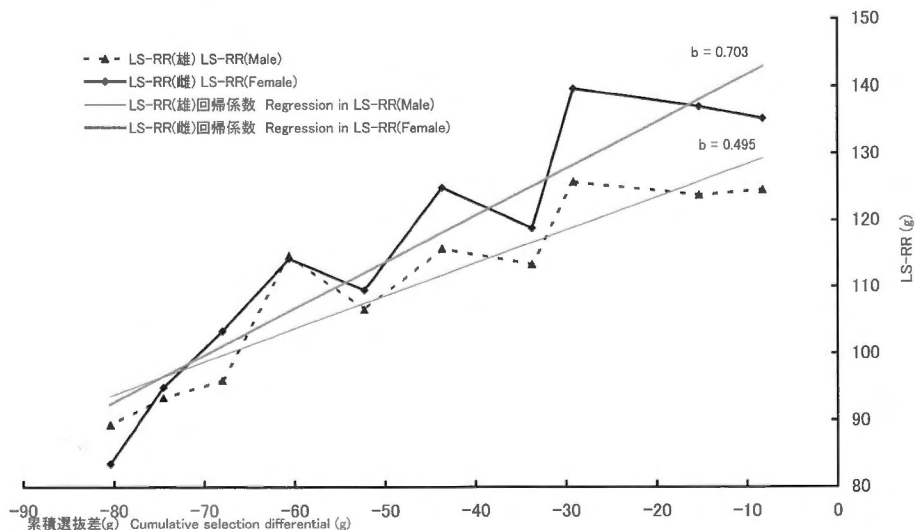


図 3. 累積選抜差に対する6週齢体重のLSとRRの差

Fig. 3. Differences between LS and RR of 6-week body weight against the cumulative selection differential from 74 (0) to 84 (10) generations.

次に、RR における 6 週齢平均体重の標準偏差に対する LL, LS 及び SS における 6 週齢平均体重の差から求められた観察値幅は、LL は雌雄共に世代によって多少変化があったが、特に雄の 81 世代目で 44.51 と高い値を示し、変動が大きく、平均値は雄が 30.73、雌が 21.67 となった。一方、LS でも、世代によって値が変化しており、LL と同様、81 世代目で 37.20 と高い値を示した。平

均値は、雄が 26.92、雌が 18.64 となり、LL より雌雄とも多少低い値を示し、両系統とも雄で求めた値が大きかった。

考 察

日本ウズラにおける 6 週齢体重の遺伝率は 0.4~0.6 (岡本, 1970) であるので、体重大方向へ個体選抜を行う

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 LL and LS estimated by three methods

系統 Line	雄 Male	雌 Female	平均 Mean
LL ¹⁾	0.024 ±0.073	0.052 ±0.096	0.038 ±0.084
LS ¹⁾	0.596**±0.109	0.763**±0.137	0.679**±0.121
LL-RR ²⁾	0.044 ±0.136	0.111 ±0.145	0.077 ±0.140
LS-RR ²⁾	0.495**±0.133	0.703**±0.149	0.599**±0.141
LL-LS ³⁾	0.478**±0.232	0.712**±0.102	0.595**±0.167

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

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

¹⁾実測値 Actual weight.

²⁾実測値と RR の差 Difference between LL (LS) and RR of 6-week body weight.

³⁾各世代の実測値における LL と LS の差
Difference between LL and LS of actual 6-week body weight.

表 5. 各系統の 6 週齢体重から求めた観察値割合と観察値幅

Table 5. Indices concerning selection limit for large body weight at 6 weeks of age

項目 Item	系統 Line	性 Sex	世 代 Generation											平均値 (標準偏差) Mean (S.D)
			74(0)	75(1)	76(2)	77(3)	78(4)	79(5)	80(6)	81(7)	82(8)	83(9)	84(10)	
観察値割合 (ORM ¹⁾)	LL	♂	4.88	4.90	4.85	5.17	5.01	5.04	5.19	5.43	5.12	5.46	4.98	5.09(0.21)
		♀	5.03	4.97	4.97	5.48	5.38	5.32	5.52	5.42	4.89	5.69	5.08	5.25(0.27)
	LS	♂	4.88	4.71	4.69	4.67	4.64	4.55	4.44	4.70	4.10	4.39	3.95	4.52(0.28)
		♀	5.03	4.91	4.84	5.04	4.81	4.69	4.62	4.67	4.05	4.22	3.85	4.61(0.40)
観察値幅 (OR ²⁾)	LL	♂	25.73	34.31	25.19	25.76	29.14	37.82	28.70	44.51	29.21	26.95	30.73	30.73(5.97)
		♀	21.50	18.61	25.79	19.17	22.43	20.39	19.20	21.21	23.43	24.86	21.79	21.67(2.33)
	LS	♂	25.73	32.64	24.19	22.67	26.45	33.24	23.57	37.20	27.35	20.50	22.76	26.94(5.25)
		♀	21.50	18.32	24.90	17.28	19.47	17.41	15.28	17.62	21.46	17.07	15.23	18.69(2.93)

¹⁾観察値割合=LL (LS) 体重/SS 体重 ORM (Observed ratio of means)=Mean body weight in LL(LS)/Mean body weight in SS.

²⁾観察値幅=R/P : R=LL (LS) 体重-SS 体重 P=RR6 週齢体重の標準偏差
OR (Observed range)=(Mean body weight in LL(LS)-Mean body weight in SS)/Standard deviation of body weight in RR.

³⁾{ } 内の数値は LS の世代数を示す Number in parentheses means generation of LS line.

と選抜効果が期待できる。Marks (1990) は、無選抜集団及び体重大系統ウズラの体重形質の遺伝率は0.2~0.5であり、加齢とともに高くなると報告している。また、選抜実験によって得られる実現遺伝率は、親子回帰法から推定された遺伝率よりもやや低い値が得られ、世代が進むに従ってさらに低い値を報告している。本実験で使用した体重大系統は、6週齢体重を指標として73世代という長期間選抜が行われており、遺伝変異が小さい系統であると考えられる。表2に示しているように10世代の平均選抜強度は0.55と大きいにも関わらず74世代以降選抜反応が認められず、実現遺伝率は0に近い値であった。一方、逆選抜集団の10世代平均選抜強度は0.49であったが、顕著な選抜反応が得られ、その雌雄平均の実現遺伝率は0.60~0.68という高い値であり、雄子から推定された遺伝率がやや高い傾向であった。このことは、選抜74世代目においてもLLは遺伝変異を有しており、特に体重小方向に働く遺伝子を持っていたことを意味している。しかし、逆選抜8世代以降において雌雄とも選抜反応が小さく、現時点における12世代の雌雄平均体重は10世代の体重と有意差は得られていない(岡本, 未発表I)。また、Marks (1980) は、4週齢体重を指標として造成したウズラの体重大系統から小方向へ5世代逆選抜を行い、この大系統の選抜反応が小さいこと、及び5世代目で体重が15.2gと変化が小さいことから、この体重大系統は選抜平衡に達していると報告した。本実験における5世代目のLLとLSの体重差はMarksらの4週齢と選抜週齢は異なるが、雌雄平均で27.8g(LLに対して10.8%)も小さくなっているためLL74世代目は体重に関する遺伝変異が存在していたことは明らかであった。さらに、体重小系統から逆選抜を行った朴ら(2004)は体重大方向への選抜反応を認め、中程度の遺伝率を報告しているが、この場合小系統においても中程度の遺伝率を得ている。LL実測値からは有意な遺伝率が得られていないので、また選抜開始世代及び選抜方向も異なるので今後さらに検討が必要であると思われるが、LS及びSLの選抜反応が大小2系統とも8世代以降で認められなかった。表4及び図1、図2及び図3で求めた回帰係数(実現遺伝率)から理解できるように、直接選抜反応と各世代の対照閉鎖集団(RR)との差で求めた回帰係数には差が認められず、両遺伝率を比較するとLS雄子から求めた値がRRで補正しない値から求めた実現遺伝率に比較してやや小さかった。また、同一時期に孵化した各世代におけるLLとLSの差から求めた実現遺伝率でも実測値及び実測値とRRとの差で得られた遺伝率と同様な結果を得ているのでLLに遺伝変異があったと確認できた。体重小系統を用いて逆選抜

を行った結果、本実験と同じ方法で求めた実現遺伝率はSL, SSとも中程度の遺伝率が得られたと朴ら(2004)は報告している。長期間の選抜により造成した体重大小選抜系統に遺伝変異は認められたが、大系統から求めた実現遺伝率が0に近い値であったことは両系統で異なった。

次に、ウズラでは近親交配により受精率及び孵化率の低下ならびに近交度の上昇とともに体重も小さくなるという多くの報告(Sittmann, 1966: 新城ら, 1972 a, b: Narayan, 1976: 前田ら, 1978: 岡本ら, 1979: Satoら, 1984)がある。本実験に用いた3系統とも4世代血統を遡って共通祖先を持たない雄、雌を組み合わせることで次代の子孫を得ているが、集団サイズが199~219羽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LLの近交係数は60%以上であった。朴ら(2003)は本実験と同じLL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0.817と高く評価している。このように遺伝子のホモ化の程度は高いと思われるが、本研究で採用した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。しかし、LLにおいて大型種に良く見られる脚弱が散見されたことは繁殖面から選抜に対して負の制限が働いたと考えられた。

さらに、Falconer (1993)が提唱している選抜限界法のうち、観察値割合(ORM)から得られた値はLL及びLSとも世代による変動幅も小さく、両系統とも選抜限界にほぼ達していると考えられた。しかし、観察値幅から得られた値は両系統間で大きく異なり、雄子と雌子による値も異なり、世代による変動も大きかった。

以上のように体重に関して選抜あるいは逆選抜反応及び得られた両系統の実現遺伝率の結果から、LL74世代目の体重大系統には体重形質に関与してかなり多くの遺伝子はホモ化しておらず、体重を小さくする方向に作用する遺伝子を有していたと考えられる。LL74世代から10世代体重大方向へ選抜したにも関わらず直接選抜反応が得られなかった原因は体重小系統の場合と同じく適応力の低下に原因していると考えられた。

引用文献

- 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.
- 朴 君・岡本 悟・小林 真・和田康彦. 日本ウズラの体重小方向への選抜限界. 日本家禽学会誌, 41: J8-J18. 2004.
- 朴 君・岡本 悟・小林 真・和田康彦. 体重小方向への長期選抜に伴う日本ウズラの体重と繁殖形質の変

- 化. 日本家禽学会誌, 41 : J216-J226. 2004.
- Carron NF, Minvielle F, Desmarais M and Poste LM. Mass selection for 45-day body weight in Japanese quail : Selection response, carcass composition, cooking properties, and sensory characteristics. Poultry Science, 69 : 1037-1045. 1990.
- Collins WM and Abplanalp H. Changes in body weight and organ weights of Japanese quail selected for 6-week body weight. Poultry Science, 9 : 231-242. 1968.
- Collins WM, Abplanalp H and Hill WG. Mass selection for body weight in quail. Poultry Science, 49 : 926-933. 1970.
- Darden JR and Marks HL. Divergent selection for growth in Japanese quail under split and complete nutritional environments. 1. Genetic and correlated responses to selection. Poultry Science, 67 : 519-529. 1988.
- 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.
- 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. Selection for four-week body weight in Japanese quail under two nutritional environments. Poultry Science, 50 : 931-937. 1971.
- Marks HL. Long-term selection for four week body weight in Japanese quail under different nutritional environments. Theoretical Applied Genetics, 52 : 105-111. 1978 a.
- Marks HL. Growth curve changes associated with long term selection for body weight in Japanese quail. Growth, 42 : 129-140. 1978 b.
- Marks HL. Changes in unselected traits accompanying long-term selection for four-week body weight in Japanese quail. Poultry Science, 58 : 269-274. 1979.
- Marks HL. Reverse selection in a Japanese quail line previously selected for 4-week body weight. Poultry Science, 59 : 1149-1154. 1980.
- Marks HL. Genetics of growth and meat production in other galliforms (Japanese quail, Guinea Fowl and Ring necked pheasants). pp. 677-690. In : Poultry Breeding and Genetics, R.D. Crawford, ed. Elsevier Science Publishers Co., New York, NY. 1990.
- 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.
- Marks, H.L. Carcass composition, feed intake and feed efficiency following long-term selection for four-week body weight in Japanese quail. Poultry Science, 72 : 1005-1011. 1993.
- 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 a.
- Nestor KE and Bacon WL. Divergent selection for body weight and yolk precursor in *Coturnix coturnix japonica*. 3. Correlated responses in mortality, reproduction traits and adult body size. Poultry Science, 61 : 2137-2142. 1982 b.
- Nestor KE, Bacon WL, Anthony NB and Noble DO. 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 WL, 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.
- Oguz I, Aetan O, Kirkpinar F and Settari P. Body weights, carcass characteristic, organ weights, abdominal fat, and lipid content of liver and carcass in two lines of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*), unselected and selected for four week body weight. British Poultry Science, 37 : 579-588. 1996.
- 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. 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 a.
- 岡本 悟. 2 栄養水準下におけるウズラの 6 週齢体重に対する間接選抜反応. 佐賀大学農学部彙報, 51 : 39-46. 1981 b.
- 岡本 悟・長田伸一・小林 真・松尾昭雄. 光周期と飼育密度の違いが体重大小 2 系統のウズラの成長及び飼

- 料要求率に及ぼす影響. 日本家禽学会誌, 26 : 150-156. 1989 a.
- 岡本 悟・小林 真・松尾昭雄. 体重大小2系統のウズラにおける増体量及び産卵量に対する飼料要求率. 日本家禽学会誌, 26 : 227-234. 1989 b.
- Okamoto S, Kobayashi S and Okada I. Changes in unselected traits following long term selection for 6-week body weight in Japanese Quail. Proceedings of the Sixth AAAP Animal Science Congress, Bangkok. Vol. 3. 251. 1992.
- Okamoto S, Kobayashi S and Matuo T. Changes of moisture, crude protein of *M. pectoralis superficialis* following long term selection for 6-week body weight in Japanese quail. Proceedings of the seventh AAAP Animal Congress. Bali. Vol. 2. 419-420. 1996.
- Sato K, Yamamoto T, Ito S, Kobayashi H and Ino T. The effect of inbreeding on fertility, hatchability and viability in Japanese quail. Japanese Journal of Zootechnical Science, 55 : 315-321. 1984
- 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.

Study on the Selection Limit for Large 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 study was to examine whether the selection for large body weight at 6 weeks of age in Japanese quail had reached the selection limit after the long term selection over 84 generations. In this study, 3 lines were established as follows ; LL was selected for large body weight at 6 weeks of age over 84 generations ; LS (reverse selection) was selected for small body weight at the same age to an opposite direction during the 10 generations from 74 generations in LL ; RR was produced by random mating in a closed population as the control.

Selection responses in LL male and female were small in 10 generations, but the response in LS male and female decreased significantly after three generations. Though 6-week body weight became small gradually as a reverse generation proceeded with LS, LS response was small with the male and female as well after 8 generations. The realized heritability of LL was about close to 0 in both sexes, and considered that the hereditary variation of body weight was small. On the contrary, could get high values with the realized heritability estimates obtained from the LS selection response with 0.68 from 0.60.

These facts suggested that selection limit for large body weight in the large line was gradually reached at limit level, as well as the small line due to the decline of the fitness traits.

(*Japanese Journal of Poultry Science*, 41 : J207-J215, 2004)

Key words : selection limit, selected line for large body weight, reversed selection response, realized heritability, Japanese quail